

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES

MARCOS ANTONIO TANCON

**UM ESTUDO COMPARATIVO DE VOIP (VOZ SOBRE IP) COM A TELEFONIA  
CONVENCIONAL NO BRASIL**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PATO BRANCO  
2018

MARCOS ANTONIO TANCON

**UM ESTUDO COMPARATIVO DE VOIP (VOZ SOBRE IP) COM A TELEFONIA  
CONVENCIONAL NO BRASIL**

Monografia de especialização apresentada ao III Curso de Especialização em Redes de Computadores – Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Rede, do Departamento Acadêmico de Informática, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Eden Ricardo Dosciatti

PATO BRANCO  
2018

---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **UM ESTUDO COMPARATIVO DE VOIP (VOZ SOBRE IP) COM A TELEFONIA CONVENCIONAL NO BRASIL**

por

**Marcos Antonio Tancon**

Esta monografia foi apresentada às 18h30min do dia 21 de novembro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de ESPECIALISTA, no III Curso de Especialização em Redes de Computadores – Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O acadêmico foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

---

Prof. Dr. Eden Ricardo Dosciatti  
Orientador / UTFPR-PB

---

Prof. Dr. Fábio Favarim  
UTFPR-PB

---

Prof. Dr. Dalcimar Casanova  
UTFPR-PB

---

Prof. Dr. Fábio Favarim  
Coordenador do III Curso de Especialização  
em Redes de Computadores

Dedico este trabalho à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Eden Ricardo Dosciatti, pela sabedoria e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais professores pela disponibilidade presencial e de compartilhamento de conhecimento e experiências.

A universidade e todos os responsáveis pela organização do curso.

Gostaria de registrar também todo o apoio recebido de minha família, que foi de extrema importância durante o andamento de todo o curso.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram com a realização dessa pesquisa.

“Se não estás prevenido ante os meios de comunicação, te farão amar o opressor e odiar o oprimido.”

Malcolm X

## RESUMO

TANCON, Marcos Antonio. Um estudo comparativo de VoIP (voz sobre IP) com a telefonia convencional no Brasil. 2018. (84 f). Trabalho de Conclusão de curso de especialização da III Especialização em Redes de Computadores, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. Pato Branco, 2018.

Devido aos avanços tecnológicos, as redes de computadores vêm sofrendo enormes alterações e suportando cada vez mais novos serviços, como é o caso de serviços baseados em VoIP (voz sobre IP). Para suportar serviços de telecomunicações, é necessário a garantia de desempenho e confiabilidade, do qual os protocolos de redes são responsáveis por cumprir com esse requisito. Assim, viu-se oportuno realizar um estudo analisando diversos fatores de desempenho de comunicações de voz sobre IP, bem como custos operacionais e estruturais, e comparando-os com a telefonia convencional no Brasil.

**Palavras-chave:** VoIP. Voz sobre IP. Redes. Telecomunicações.

## **ABSTRACT**

TANCON, Marcos Antonio. A comparative study of VoIP (voice over IP) with conventional telephony in Brazil. 2018. (84 f). Trabalho de Conclusão de curso de especialização da III Especialização em Redes de Computadores, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. Pato Branco, 2018.

Due to technological advances, the networks have been undergoing enormous changes and supporting more and more new services, as is the case of services based on VoIP (voice over IP). To support telecommunications services, performance and reliability assurance are required, where network protocols are responsible for meeting this requirement. Thus, it was opportune to carry out a study analyzing several performance factors of voice over IP communications, as well as operational and structural costs, and comparing them with conventional telephony in Brazil.

**Keywords:** VoIP. Voice over IP. Networks. Telecommunications.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Detalhamento básico de um sistema telefônico tradicional. Fonte: Tude (2014)	18
Figura 2 - Tronco entre redes locais. Adaptado de: Tude (2014)	19
Figura 3 - Arquitetura PABX tradicional. Adaptado de: Sato (2004)	20
Figura 4 - Central Tandem	23
Figura 5 - Diagramação com Centrais de Trânsito	24
Figura 6 - Sinais analógicos	28
Figura 7 - Funcionamento das centrais CPA-A e CPA-T. Fonte: Tancon (2018)	30
Figura 8 - Codificação AMI e HDB3	34
Figura 9 - Arquitetura do protocolo TCP/IP	36
Figura 10 - Componentes da Arquitetura H.323. Fonte: Arndt (2009)	42
Figura 11 - Componentes da arquitetura do protocolo SIP. Fonte: Tarouco (2003)	45
Figura 12 - SIP Trunking para comunicação entre sentrais SIP. Fonte: Sobral (2003)	47
Figura 13 - Interfaces FXO e FXS na telefonia convencional. Fonte: 3CX	49
Figura 14 - Comunicação FXS e FXO em um gateway FXO. Fonte: 3CX	50
Figura 15 - Exemplo de troncos E1. Fonte: Junior (2003)	51
Figura 16 - Códigos de área nacionais de acordo com as regiões. Fonte: Wikimedia	55
Figura 17 - Percentual de cumprimento de metas estabelecidas por prestadora de serviço. Fonte: Anatel (2018)	62
Figura 18 - Percentuais de cumprimento das metas por indicador. Fonte: Anatel (2018)	63
Figura 19 - Percentuais médios gerais dos indicadores por estado. Fonte: Anatel (2018)	64
Figura 20 - Percentual de cumprimento de metas por indicador em serviços de banda larga. Fonte: Anatel (2018)	67
Figura 21 - Percentual médio de cumprimento de metas por indicador em serviços de banda larga. Fonte: Anatel (2018)	68

## LISTA DE SIGLAS

<i>AMI</i>	<i>Alternate Mark Inversion</i>
Anatel	Agencia Nacional de Telecomunicações
ATA	Adaptador de Telefone Analógico
<i>AT&amp;T</i>	<i>American Telephone and Telegraph</i>
<i>CBWFQ</i>	<i>Class-Based Weighted Fair Queuing</i>
CPA-A	Controle por Programa Armazenado – Analógico
CPA-T	Controle por Programa Armazenado – Temporal
<i>DARPA</i>	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
DDD	Discagem Direta a Distância
DDR	Discagem Direta a Ramal
<i>DID</i>	<i>Direct Inward Dialing</i>
<i>DSP</i>	<i>Digital Signal Processor</i>
<i>FDDI</i>	<i>Fiber Distributed Data Interface</i>
<i>FXO</i>	<i>Foreign eXchange Office</i>
<i>FXS</i>	<i>Foreign eXchange Subscriber/Station</i>
<i>GK</i>	<i>Gatekeeper</i>
<i>GW</i>	<i>Gateway</i>
<i>HDB3</i>	<i>High Density Bipolar</i>
<i>HTTP</i>	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<i>IANA</i>	<i>Internet Assigned Numbers Authority</i>
<i>IAX</i>	<i>Inter-Asterisk eXchange</i>
<i>IETF</i>	<i>Internet Engineering Task Force</i>
<i>IP</i>	<i>Internet Protocol</i>
<i>ITU</i>	<i>International Telecommunication Union</i>
<i>ITU-T</i>	<i>International Telecommunication Union Telecommunication Standardization sector</i>
LDI	Longa Distância Internacional
LDN	Longa Distância Nacional
<i>MCU</i>	<i>Multipoint Control Unit</i>

<i>MEGACO</i>	<i>Media Gateway Control Protocol</i>
<i>MFC</i>	<i>MultiFrequencial Compelida</i>
<i>MGCP</i>	<i>Media Gateway and Control Protocol</i>
<i>MGW</i>	<i>Media Gateway</i>
<i>MLT</i>	<i>Multi-Level Transmit</i>
<i>MOS</i>	<i>Mean Opinion Score</i>
<i>NAT</i>	<i>Network Address Translation</i>
<i>NRZ</i>	<i>Non-return-to-zero</i>
<i>ONU</i>	<i>Organização das Nações Unidas</i>
<i>PABX</i>	<i>Private Automatic Branch Exchange</i>
<i>PCM</i>	<i>Pulse Code Modulation</i>
<i>PGP</i>	<i>Pretty Good Privacy</i>
<i>PSTN</i>	<i>Public Switched Telephone Network</i>
<i>QOS</i>	<i>Quality of Service</i>
<i>RAS</i>	<i>Remote Access Service</i>
<i>RFC</i>	<i>Request for Comments</i>
<i>RTP</i>	<i>Real Time Protocol</i>
<i>RTCP</i>	<i>Real Time Control Protocol</i>
<i>RTPC</i>	<i>Rede Telefônica Pública Comutada</i>
<i>RTSP</i>	<i>Real-time Streaming Protocol</i>
<i>RZ</i>	<i>Return-to-zero</i>
<i>SCM</i>	<i>Serviço de Comunicação Multimídia</i>
<i>SDP</i>	<i>Session Description Protocol</i>
<i>SGW</i>	<i>Signalling Gateway</i>
<i>S-HTTP</i>	<i>Secure Hypertext Transfer Protocol</i>
<i>SIP</i>	<i>Session Initiation Protocol</i>
<i>S/MIME</i>	<i>Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions</i>
<i>SRTP</i>	<i>Secure Real Time Transport Protocol</i>
<i>SSH</i>	<i>Secure Shell</i>
<i>SSL</i>	<i>Secure Sockets Layer</i>
<i>STFC</i>	<i>Serviço Telefônico Fixo Comutado</i>

<i>TCP</i>	<i>Transmission Control Protocol</i>
<i>TSL</i>	<i>Transport Layer Security</i>
<i>UAC</i>	<i>User Agent Client</i>
<i>UAS</i>	<i>User Agent Server</i>
<i>UDP</i>	<i>User Datagram Protocol</i>
<i>UHF</i>	<i>Ultra High Frequency</i>
<i>UN</i>	<i>United Nations</i>
<i>URL</i>	<i>Uniform Resource Identifier</i>
<i>VOIP</i>	<i>Voice Over IP</i>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Codecs de compressão de voz.....	37
Tabela 2 -Alguns códigos de áreas internacionais.....	53
Tabela 3 - Alguns prefixos utilizados para prefixos de chamadas. ....	53
Tabela 4 - Prefixos utilizados para serviços e utilidades públicas. ....	54
Tabela 5 - Indicadores de qualidade de serviço referente as redes STFC. ....	60
Tabela 6 - Indicadores de qualidade de serviço referente a reações de usuários da STFC .	61
Tabela 7 - Indicadores de qualidade de serviços de banda larga.....	66
Tabela 8 - Tarifas para realização de chamadas internacionais da prestadora Oi. ....	74
Tabela 9 - Tarifas variáveis por estado de origem e impostos atribuídos da prestadora Oi.	74
Tabela 10 - Tarifas para chamadas LDN da prestadora Vivo (Valor por minuto). ....	75
Tabela 11 - Tarifas da modalidade LDI da prestadora Vivo para alguns países (Valor por minuto). ....	75
Tabela 12 - Tarifação nacional da prestadora DirectCall (Valor por minuto).....	76
Tabela 13 - Tarifação para celulares nacionais da prestadora DirectCall (Valor por minuto). ....	76
Tabela 14 - Tarifação da modalidade LDI da prestadora DirectCall para alguns países (Valor por minuto).....	77
Tabela 15 - Comparativo de tarifas LDI entre prestadoras. ....	77

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	15
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	15
1.2 JUSTIFICATIVA .....	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 TELEFONIA CONVENCIONAL .....	17
2.1.1 <i>Redes de Acesso e Centrais Telefônicas</i> .....	17
2.1.1.2 <i>Telefonia Em Ambientes Internos Corporativos</i> .....	19
2.1.2 <i>Central Tandem</i> .....	22
2.1.3 <i>Centrais De Trânsito</i> .....	23
2.1.4 <i>Processo De Comunicação</i> .....	24
2.1.5 <i>A Transmissão Da Voz</i> .....	27
2.2 TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO EM AMBIENTES EMPRESARIAIS .....	28
2.2.1 <i>Digitalização Das Telecomunicações</i> .....	29
2.2.1.1 <i>Codificação Da Voz</i> .....	32
2.3 TECNOLOGIA VOIP .....	35
2.3.1 <i>Digitalização E Codificação Da Voz</i> .....	37
2.3.2 <i>Fatores De Qualidade De Serviço</i> .....	38
2.3.2.1 <i>Latência</i> .....	38
2.3.2.2 <i>Perda De Pacotes</i> .....	38
2.3.2.3 <i>Jitter</i> .....	39
2.3.2.4 <i>Atraso Fim-A-Fim</i> .....	40
2.3.3 <i>Protocolos De Sinalização</i> .....	40
2.3.3.1 <i>H323</i> .....	41
2.3.3.2 <i>SIP</i> .....	43
2.3.4 <i>Comunicação Entre Centrais Sip</i> .....	46
2.3.5 <i>Comunicação Com A Telefonia Convencional</i> .....	48
2.3.6 <i>Plano De Numeração E Ramais</i> .....	52
2.3.7 <i>Plano De Tarificação</i> .....	56
<b>3 MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>58</b>
3.1 MATERIAIS .....	58
3.2 MÉTODO .....	58
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
4.1 H323 E SIP .....	70
4.2 ANÁLISE DE CUSTOS .....	72
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

VoIP (*Voice over IP*), ou Voz Sobre IP, é uma tecnologia que consiste na utilização das redes de dados de banda larga, constituídas no conjunto de protocolos de redes IP (TCP - *Transfer Control Protocol*, UDP - *User Datagram Protocol* e IP - *Internet Protocol*) para a transmissão de voz em formato digital.

Utilizando-se do protocolo TCP, a tecnologia pode ser considerada eficiente e segura, devido ao fato do protocolo possuir alta confiabilidade e ser indicado para programas e serviços que dependem de uma entrega confiável de dados (BATTISTI 2009).

Com o avanço da tecnologia, surgiram serviços de comunicação para usuários finais, tanto domésticos como empresariais, como por exemplo o Cloud Phone da Algar Telecom e planos tradicionais e corporativos da Locaweb e DirectCall, para chamadas e comunicação de voz em geral, serviços esses que utilizam de protocolos adicionais e codificadores/decodificadores de áudio, também conhecidos como *codecs*, para transporte de voz com qualidade semelhante a disponibilizada por serviços convencionais de comunicação, tanto fixos quanto móveis.

Além de serviços inovadores que surgiram ao longo dos anos fazendo utilização de VoIP, também surgiram soluções por parte das próprias provedoras de serviços convencionais, muitas delas também detentoras de infraestruturas avançadas e de grande escala de Internet e redes, que utilizaram a tecnologia em serviços paralelos para aumento do leque de opções para as necessidades diversas das telecomunicações.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo sobre a tecnologia VoIP, analisando questões de estabilidade, latência, perda de pacotes, disponibilidade, custos operacionais e estruturais, apresentando as vantagens em relação aos serviços de telefonia convencional oferecidos no Brasil.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever a tecnologia VoIP, seus protocolos de sinalização H.323 e SIP, seus codificadores/decodificadores;
- Descrever a telefonia convencional;
- Gerar uma comparação entre estas duas tecnologias, destacando benefícios específicos de utilização das mesmas;
- Avaliar e comparar o custo/benefício da utilização de VoIP em relação ao custo da telefonia convencional, focando preferencialmente em ambientes empresariais.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Com o avanço das tecnologias relacionadas a redes de computadores, as telecomunicações sofreram grandes alterações, como novas formas de realizar comunicação, tanto em áudio como em vídeo, como também grandes melhorias e avanços nos formatos já existentes.

Também houve, nos últimos anos, um período de ascensão da tecnologia VoIP no Brasil, no qual surgiram diversos serviços para usuários domésticos e empresariais.



A opção por desenvolver um estudo a respeito da tecnologia VoIP nos dias atuais, ocorreu devido à grande utilização desta, ao longo dos anos, desde um momento em que possuía grandes e claros benefícios em questão de custos, tanto quanto o avanço desta tecnologia, que gerou maior estabilidade e confiabilidade devido a novas estruturas e equipamentos. Assim, o estudo se baseará nos avanços ocorridos com base na tecnologia VoIP, e terá como foco um comparativo nos dias atuais, tanto na parte de evolução, quanto custos e acessibilidade.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

No Capítulo 2 é apresentado o referencial teórico sobre a tecnologia VoIP, suas características, estruturas e fatores de desempenho.

No Capítulo 3 são apresentados os materiais referentes a pesquisa da tecnologia e método utilizado.

No Capítulo 4 é apresentado o resultado final do estudo desenvolvido, descrevendo as comparações, análises e demais pontos que foram identificadas.

No Capítulo 5 é apresentada a conclusão do estudo e suas considerações, finalizando com as referências bibliográficas que fundamentaram esse trabalho de conclusão de especialização.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica utilizada para o estudo relacionado as telecomunicações e aos serviços baseados na tecnologia VoIP.

### **2.1 TELEFONIA CONVENCIONAL**

As redes de telefonia convencionais, englobadas na RTPC, ou Rede Telefônica Pública Comutada (do Inglês, PSTN - *Public Switched Telephone Network*), utilizam acessos analógicos e digitais, para disponibilizar serviços de telefonia de forma analógica aos seus usuários. Essas redes de acesso consistem em cabeamento de pares metálicos ligados nas centrais telefônicas e em terminais telefônicos que fazem a comutação de chamadas telefônicas locais ou a distância.

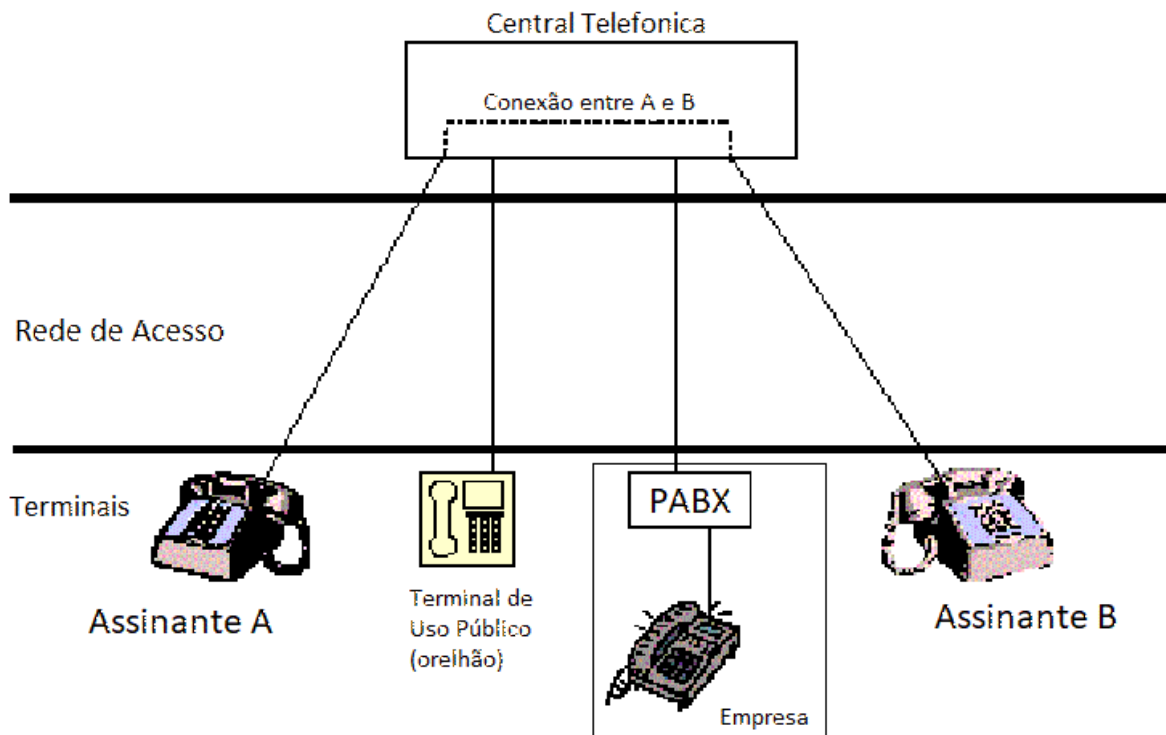
De acordo com a Anatel, a prestação de serviços de telefonia fixa no Brasil é denominada de Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC), e consideram os serviços de comunicação local, longa distância nacional e de longa distância internacional.

#### **2.1.1 Redes de Acesso e Centrais Telefônicas**

As Redes de Acesso são normalmente construídas utilizando cabos de fios metálicos em que um par é dedicado a cada assinante. Este par, combinado aos recursos da central que são dedicados ao assinante, é conhecido como acesso ou linha telefônica (TUDE; SOUZA, 2014).

O conceito de linha telefônica de usuário é justamente baseado na estrutura telefônica tradicional. A conexão dessa linha com a rede de acesso torna o serviço funcional, porém é nas centrais telefônicas que tudo realmente é processado. Através dessas centrais a linha de origem que pertence a um determinado usuário terá conexão com uma linha de destino para a comunicação ocorrer. Esse processo de contato e comunicação entre as duas linhas é denominado comutação.

A Figura 1 apresenta a estrutura básica do sistema telefônico tradicional, exibindo a ligação desde equipamentos utilizados por usuários finais, até a central telefônica.

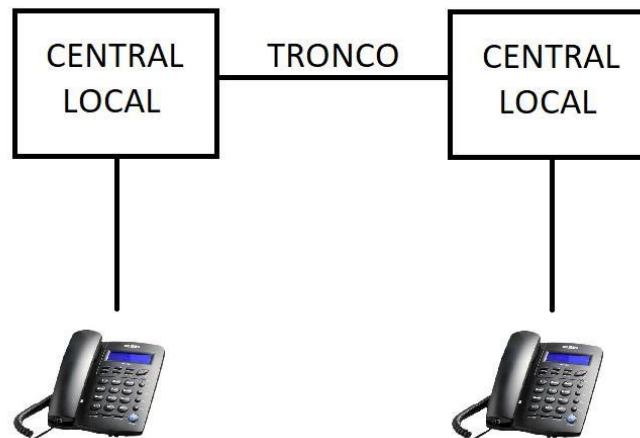


**Figura 1 - Detalhamento básico de um sistema telefônico tradicional.**  
**Fonte: Tude (2014)**

No processo de evolução das telecomunicações tradicionais, as centrais telefônicas têm por função automatizar o processo de comutação para formação dos circuitos telefônicos, antes exercido por telefonistas. A central de comutação estabelece circuitos temporários entre as linhas de usuários, permitindo o compartilhamento de meios e otimização de recursos.

Dentro da telefonia fixa, a modalidade de serviço local realiza uma divisão de assinantes por região, onde esses são conectados a uma central local. Todas as ligações que ocorrem dentro da área delimitada da região são gerenciadas pela própria central local.

A comunicação entre usuários de diferentes regiões é possibilitada através de conexões entre duas centrais, que são denominados circuitos troncos, conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2 - Tronco entre redes locais.**  
Adaptado de: Tude (2014)

### 2.1.1.2 Telefonia Em Ambientes Internos Corporativos

Dentro da estrutura das redes e centrais telefônicas locais, existe a parte interna e de ponta do processo, o usuário. As enormes estruturas têm por objetivo fazer com que o usuário se conecte as redes locais, que se conectarão com as demais centrais, e tem por objetivo, independente da distância ou caminho percorrido nas estruturas, conectar usuários.

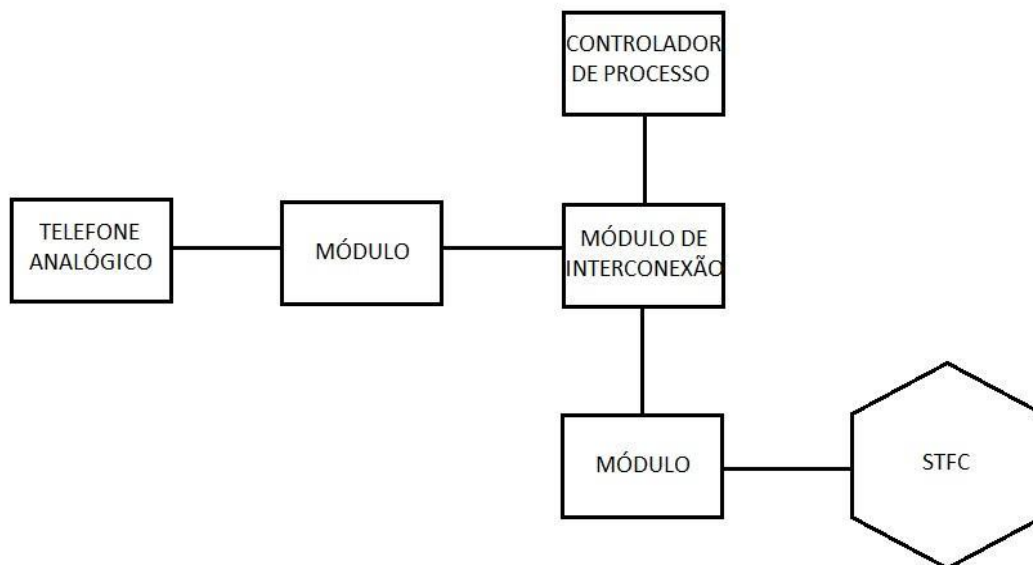
Em ambientes corporativos, começaram a surgir demandas elevadas de telecomunicações, das quais se fazia necessário a utilização de várias linhas telefônicas para desempenho de suas atividades. Nos primórdios, o processo era complicado, caro e desorganizado, no qual a quantidade de linhas necessárias era exatamente a mesma quantidade de linhas que deveriam ser adquiridas para utilização junto da prestadora de serviços. Para facilitar esse cenário foi iniciado o desenvolvimento do PABX - *Private Automatic Branch Exchange* (Troca Automática de Ramais Privados).

Com o PABX, começou a implementação do esquema de ramais na telefonia. Eram basicamente centrais telefônicas que ficavam dentro das empresas, onde seria sua única área de atuação.

Segundo Sato (2004) “Em meados dos anos 80, quando os PABXs tradicionais foram desenvolvidos, tanto os computadores quanto os microprocessadores, eram muito limitados e com custo muito elevado. A rede de dados era ainda desconhecida e era baseada na comutação de circuitos, por exemplo o X.25 (conjunto de protocolos de comunicações).”

No início do desenvolvimento, o processo também era considerado caro, utilizavam tecnologias proprietárias das fabricantes para execução de serviços adicionais e o processo de manutenção e configuração dependia de profissionais especializados, com isso, aumentando os custos. Faziam a utilização do conjunto de protocolos X.25, que eram padronizados pela ITU (*International Telecommunication Union*), uma agência da ONU (Organização das Nações Unidas), especializada em tecnologias de comunicações, e eram baseados na estrutura de rede analógica.

A Figura 3 apresenta a arquitetura tradicional de um PABX.



**Figura 3 - Arquitetura PABX tradicional.**  
Adaptado de: Sato (2004)

A arquitetura tradicional de um PABX é constituída de:

- Controlador de processo: executa o *software* de comunicação e operação do sistema.
- Dispositivos de ponta (telefones analógicos): acessam a estrutura de rede para usufruir das funcionalidades e serviços.
- Módulos: cartões de interfaces que fazem a ligação com dispositivos de ponta ou STFC, através de diferentes tipos de interfaces.
- Módulos de interconexão: interconexão de portas em diferentes módulos.

O PABX implantado se torna um grande facilitador, pois replica o processo de distribuição das centrais dentro do ambiente corporativo, removendo a necessidade de quantidades elevadas de linhas telefônicas, fazendo com que a quantidade de ramais também possa ser elevada, e possuir uma única linha, por exemplo. Nessa forma de utilização, o PABX ficaria responsável por conectar todos os ramais de utilização interna, e da linha central da operadora, responsável pela parte das comunicações externas ao ambiente.

A forma de utilização padrão para sistemas de comunicação internos gerenciados pelo PABX costuma ser baseada na divisão de ramais em números de 4 dígitos, para que cada usuário final que possuir uma linha tenha um número de ramal associado. A comunicação interna entre usuários não gera custos vinculados a operadoras, pois essa comunicação não necessita da utilização da linha, ou seja, pode ser utilizada da forma que for necessária, ininterrupta, e sem custos. Outro benefício gerado para a comunicação interna é a possibilidade de conexão dos vários ramais simultâneos, tornando possível diálogo entre vários usuários de vários departamentos, utilizando sempre de uma conexão com qualidade de sinal garantida.

Para uso de comunicação externa, normalmente utiliza-se uma tecla padrão para abrir a conexão com a linha central da empresa, atrelada a uma operadora, podendo assim realizar uma ligação de forma convencional, tanto local como a distância.

Os benefícios gerados, além de corte de custos relacionado a linhas telefônicas, também são atribuídos a capacidade de gerenciamento da central interna, como facilitar a

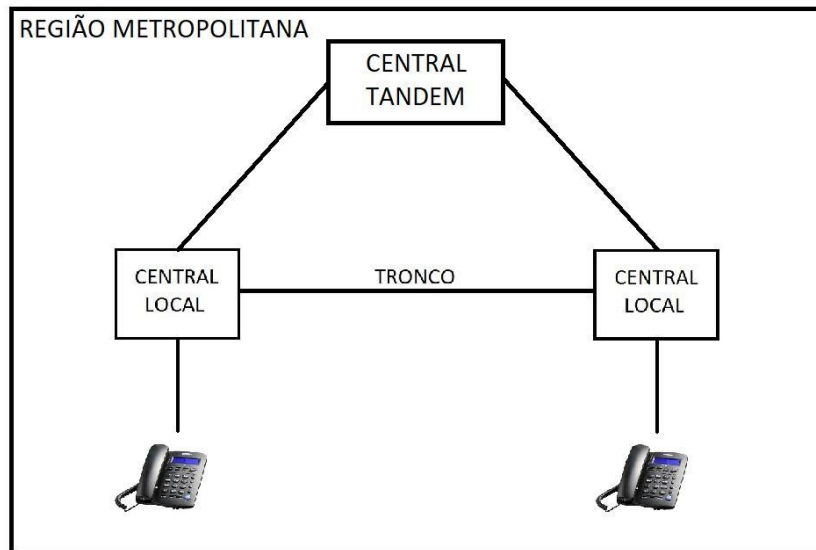
comunicação interna, possibilidade de criar estruturas internas personalizadas de comunicação, permitir a gerência de permissões de usuários e grupos, bloqueio de ligações de origem e destino para números personalizados e bloqueio de ligações da rede fixa para móvel. A central, através da modularização, também pode permitir que se utilize uma interface para comunicação com celulares, de forma que ao se identificar o destino da ligação, ocorrerá um redirecionamento que não utilizará a linha fixa de comunicação, e sim a interface referente a mesma operadora de serviços nesse caso, possibilitando que todas as formas de ligação sejam efetuadas para comunicação externa, com uma enorme redução de custos.

### **2.1.2 Central Tandem**

Em uma região metropolitana existem diversas centrais locais distribuídas, em que além de troncos, podem ser interligadas através de uma Central Tandem. Esse tipo de central não possui ligação direta com os assinantes, ou seja, tem função exclusiva de se conectar apenas a outras centrais para encaminhar o tráfego.

No processo de interligação de centrais locais, a central tandem e centrais de trânsito são semelhantes, porém, as centrais tandem são empregadas para otimização do encaminhamento de tráfego em áreas com número de centrais locais elevadas, do qual elas realizam um processo de mediação, não sendo usado um tronco direto para as ligações locais.

A Figura 4 apresenta um exemplo de central tandem e tronco.



**Figura 4 - Central Tandem**

### 2.1.3 Centrais De Trânsito

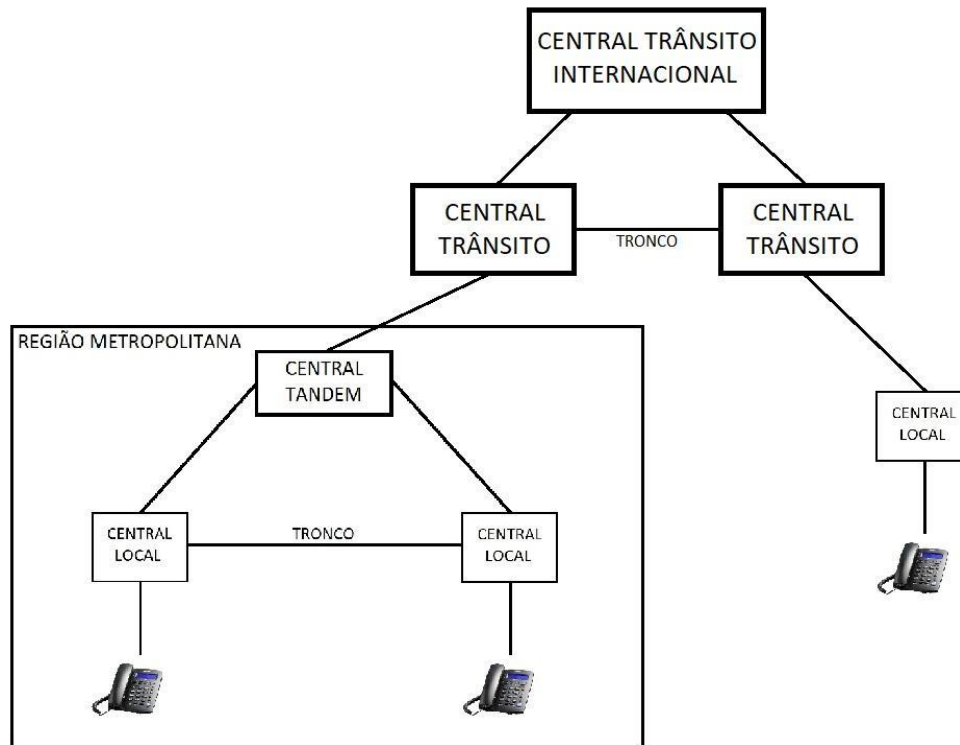
Na modalidade de longa distância nacional, além das estruturas de centrais citadas, existe a necessidade de conectar toda essa rede de telecomunicações a nível nacional. Para esse processo ocorrer, são utilizadas centrais de comutação intermediárias, chamadas de Centrais de Trânsito. Se dentro da região metropolitana, tudo já está conectado, para que essas regiões possam se comunicar entre si é preciso que as centrais de trânsito realizem a comutação.

O serviço de longa distância internacional também faz uso dessa forma de estrutura, na qual as centrais de trânsito nacionais fazem comunicação com centrais de trânsito internacionais, tornando a estrutura de telecomunicação abrangente entre vários países.

Centrais de trânsito possuem forma de hierarquia baseada em área de abrangência, do qual as responsáveis por ligações internacionais ficam no topo da hierarquia.



A Figura 5 exibe um diagrama da estrutura de rede, exemplificando as centrais de trânsito até as que saem para comunicação internacional.



**Figura 5 - Diagramação com Centrais de Trânsito**

#### 2.1.4 Processo De Comunicação

A eletricidade, segundo Pinheiro (2004), é responsável por toda a modernidade tecnológica atual, onde poucas máquinas funcionariam sem o uso dela.

Segundo o ciclo evolutivo levantado por Pinheiro (2004), as descobertas iniciais foram próximas do ano 600 AC, onde os gregos descobriram a habilidade de atrair pequenas plumas ao esfregar um retalho de pelo animal ao âmbar. No século XVI, William Gilbert provou que muitas substâncias apresentavam efeitos elétricos, utilizando o vidro e a eletricidade vítrea, descobrindo assim o que conhecemos por cargas positivas e negativas. Ao longo dos anos, com os avanços de estudos relacionados a eletricidade, surgiram também os conceitos de voltagem.

Em torno de 1790 na França, Claude Chappe, e seus quatro irmãos, desenvolveram o Telégrafo de Chappe, sistema de retransmissão de sinais ópticos baseados em cadeias de torres com braços móveis, começando o processo de utilização dos avanços tecnológicos em prol da comunicação.

Aproximadamente na mesma época, começaram a surgir os primeiros conceitos de eletromagnetismo, porém, a maioria das teorias e estudos relacionados surgiram no século XIX, por parte de vários físicos, onde James Clerk Maxwell foi responsável pelo trabalho de unificação de diversas pesquisas em uma teoria única, mostrando a existência dos campos eletromagnéticos.

Ainda antes dessa unificação, em 1837, a utilização dos avanços elétricos fora empregada novamente nas comunicações, onde Samuel Morse criou o telégrafo, sistema composto por fios, permitindo o envio de mensagens de forma quase que instantânea em longas distâncias através de sinais de pulso elétrico. A forma de comunicação também foi desenvolvida por Morse, e ocorria utilizando um código composto por pontos e traços, correspondentes a sinais curtos e longos, enviados alternadamente e interpretados na outra ponta, que foi batizado de código morse.

Em 1887, Heinrich Hertz utilizando um aparelho oscilador identificou que faíscas geradas por duas esferas de cobre também atravessavam um arco de metal de ponta a ponta, exemplificando as teorias anteriores relacionadas a eletromagnetismo. Alguns anos depois, em 1889, foram realizados estudos por Almond Brown Strowger que resultariam no surgimento da primeira central telefônica automática.

Conforme exemplifica Fiorese (2005), foi inaugurada em 3 de novembro de 1892, em La Porte (Indiana), a primeira central telefônica automática do mundo, com 56 telefones, aplicando sua invenção, cujos primeiros resultados bem-sucedidos são de 1889.

No Brasil, as primeiras transmissões de sinais telegráficos e transmissão de voz humana ocorreram em 1893. Seguindo a cronologia apresentada por Fiorese (2005), ocorreram em:

- 1896: Inauguração da Companhia Rede Telefônica Bragantina, que, atuando até 1916, talvez tenha sido a maior a operar em território brasileiro com 1641 quilômetros de linhas telefônicas.
- 1922: Inaugurada em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, a primeira central telefônica automática do país, e terceira das Américas.
- 1928: Inaugurada a primeira central telefônica automática na cidade de São Paulo (quarta dentro do país), utilizando prefixo 5.
- 1929: Inaugurada a primeira central telefônica automática na então capital da República, Rio de Janeiro.
- 1957: Após 4 anos de trabalho, foi posto em pleno funcionamento o primeiro sistema de ligações por micro-ondas da América Latina, ligando as cidades de São Paulo e Campinas.
- 1958: Surgimento do sistema de discagem direta a distância (DDD). Ligava as cidades de São Paulo e Santos através de cabo coaxial. Primeira da América do Sul.

Avançando na cronologia também ocorreram surgimento dos primeiros satélites relacionados a comunicação, surgimento da fibra óptica e sua futura utilização, ampliação do sistema de micro-ondas e cabamentos submarinos, compondo assim a estrutura próxima a dos dias atuais, para utilização do aparelho telefônico fixo e móvel.

O aparelho telefônico, segundo Campos (2007) é um dos aparelhos mais simples que se pode existir, funcionando da mesma forma a aproximadamente um século. Possui como composição básica, o transmissor, o receptor, a campainha, um emissor de sinais numéricos e o circuito de transmissão.

As principais evoluções foram com relação ao emissor de sinais numéricos, dos quais existem três tipos:

- Decádico: envia informações para a rede telefônica utilizando sequências de pulsos.
- Multifrequencial: envia informações utilizando combinações de pares de frequências associadas a cada tecla;

- Digital: envio de informações em formato de dados, de forma que sejam interpretados e tratados nesse formato.

A formação do circuito de transmissão consiste em um par de fios bidirecionais com tensão contínua de -48 V. Quando o circuito se fecha devido a abertura da linha, uma corrente de 20 mA é iniciada, indicando para a rede que o aparelho está apto para fazer a utilização dos serviços.

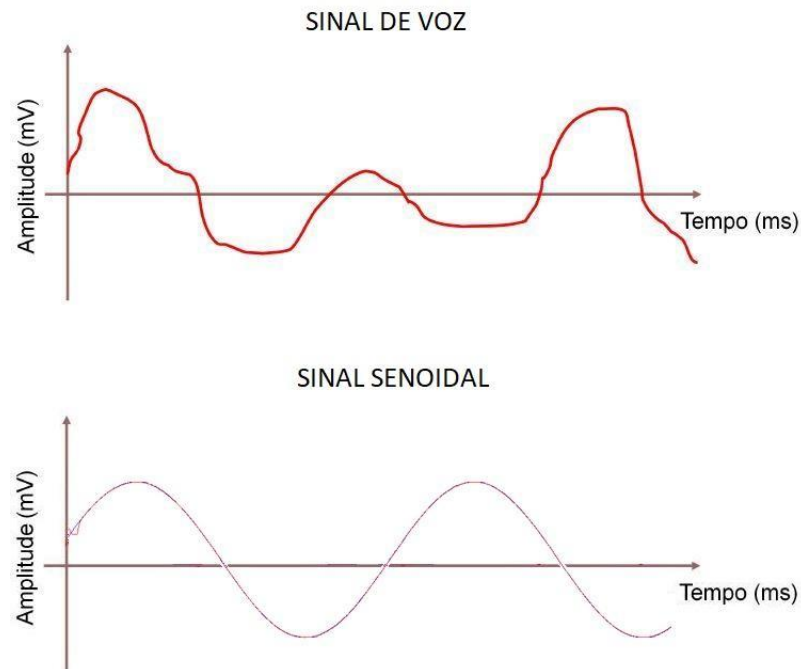
Considerando toda a estrutura de rede, o processo de comunicação é iniciado através do ponto do assinante e ocorre baseado na estrutura física de conexão.

### **2.1.5 A Transmissão Da Voz**

A voz humana, é por natureza um sinal analógico (Pinheiro, 2004).

A maior parte da voz humana esta compreendida em uma pequena faixa de frequências, onde dentro do sistema telefônico fica compreendida entre 300 e 3400 Hz.

A utilização de sinais analógicos na transmissão da voz ocorre através de valores contínuos, no qual, por exemplo, através de utilização de um osciloscópio, pode-se verificar que uma onda contínua corresponde as vibrações acústicas da voz, conforme mostrado na Figura 6.



**Figura 6 - Sinais analógicos**

Durante a segunda guerra mundial, surgiram sistemas de rádio ponto-a-ponto utilizando UHF (*Ultra High Frequency*), que operava no intervalo de frequências de 300 MHz a 3 GHz.

Também em torno de 1945, os laboratórios Bell realizavam testes de transmissão de telefonia móvel nas faixas de 150 MHz, entrando comercialmente em uso no ano seguinte, também operando com canais na faixa de 35 MHz, onde se concluíram que frequências menores tinham alcance elevado e menos interferência do ambiente.

## 2.2 TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO EM AMBIENTES EMPRESARIAIS

Segundo Rosseti (2007) o papel principal da TI é dar suporte à gestão de conhecimento, ampliando o alcance e acelerando a velocidade de transferência do conhecimento. É identificar, desenvolver e implantar tecnologias que apoiem a comunicação empresarial, o compartilhamento e a gestão dos ativos de conhecimento.

De acordo com Porter e Millar (1985), em todas as organizações, a TI caracteriza-se como uma vantagem competitiva, tanto no que se refere aos custos, quanto no que se refere a diferenciação dos produtos ou serviços.

A base da tecnologia de informação nos processos organizacionais tem como foco ser uma facilitadora de processos funcionais, buscando sempre novas formas de melhorias dos mesmos, redução de custos e aumento de eficiência. Para cumprir com tais funções, um ponto essencial é a utilização de serviços de comunicação, tanto para utilização interna como também externa.

### **2.2.1 Digitalização Das Telecomunicações**

Na década de 60 a telefonia não era algo acessível, porém sua amplitude já era de nível global. A digitalização teve como consequências de fácil observação: o aumento contínuo do software, e a compactação progressiva do hardware. Também neste período ocorreu acentuadamente o crescimento e a evolução das redes de comunicação de dados (PINHEIRO, 2004).

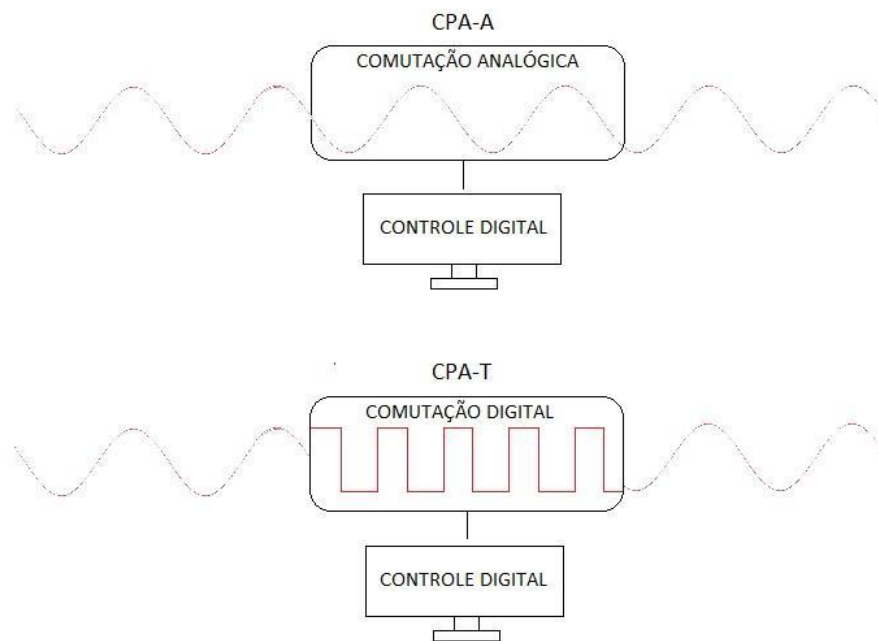
O processo de digitalização das telecomunicações, segundo Tude e Sato (2014), se iniciou nos anos 70, onde as centrais telefônicas começaram a passar por uma evolução de concepção analógica para digital. Tudo se deu pela substituição dos componentes eletromecânicos por processadores digitais, estendendo-se a áreas periféricas das centrais, dando origem as centrais digitais CPA-T (Controle por Programa Armazenado - Temporal).

A utilização de infraestrutura de transmissão da telefonia fixa começou a ser compartilhada, porém com algumas diferenças de transmissão e gerenciamento. Em torno de 1964 a telefonia móvel celular também deixou de ser somente um experimento e começou a passar por um processo de melhorias para sua utilização prática.

Em 1965 estava em processo de desenvolvimento a primeira central telefônica digital, por parte da AT&T (*American Telephone and Telegraph*), e assim como as demais que surgiram na sequência, era do tipo CPA-A (Controle por Programa Armazenado - Analógico), em que apenas o controle e gerência eram digitais e toda a comutação permanecia de forma analógica. Nas centrais CPA-T os sinais são comutados digitalmente

através das matrizes de comutação, de forma que os enlaces que entram e saem da comutação são digitais, ou também passam pela multiplexação por código de pulsos (PCM, *Pulse Code Multiplexing*).

Conforme a Figura 7 exemplifica, centrais CPA-A possuem comutação analógica e centrais CPA-T passam por multiplexação.



**Figura 7 - Funcionamento das centrais CPA-A e CPA-T.**

**Fonte: Tancon (2018)**

O *PCM (Pulse Code Modulation)* é um método de representação digital de amostras de sinais analógicos, do qual o sinal analógico tem sua magnitude mostrada regularmente em intervalos uniformes, para que cada amostra seja quantizada para o valor mais próximo dentro de um intervalo de passos digitais. Possui como propriedades básicas determinantes para fidelidade ao sinal analógico as taxas de amostragem, que é a velocidade de transição entre amostras, e a profundidade de bits, que definem a qualidade atribuída a amostra utilizada. Na telefonia, o *PCM* faz a utilização de 8 bits por canal, e tem uma frequência em torno de 8 KHz, onde dessa forma, a taxa de transmissão de bits é de 64 kbit/s.

As centrais digitais possibilitaram grande evolução, de modo que a sinalização ocorre no mesmo canal onde a chamada telefônica é processada, trazendo benefícios diversos para a comunicação, quanto para novos serviços fazendo utilização da rede.

O processo de sinalização, segundo Moecke e Silva (2006), tem como objetivo a transmissão de informações auxiliares entre as estações de comutação, de modo a controlar o processo e possibilitar gerenciamento da rede. A sinalização pode ser feita das seguintes formas:

- Sinalização por *MFC (MultiFrequencial Compelida)*: sinalização de áudio utilizada somente entre centrais telefônicas, mesma utilizada em sistemas analógicos, porém com sinais convertidos digitalmente pelos codificadores.
- Sinalização no byte, canal por canal: o bit menos significativo do PCM é reservado para sinalização, causando degradação imperceptível na qualidade de transmissão telefônica, porém com alta restrição para a transmissão de dados.
- Sinalização fora do byte, canal por canal: além dos bits PCM, cada canal possui um ou vários bits de sinalização, de forma distribuída ou agrupada.
- Sinalização por canal comum: o conjunto de bits reservado para sinalização forma um canal para comunicação de dados, utilizado conforme a necessidade de todos os canais. Utiliza mensagens rotuladas, indicando para qual canal a mensagem pertence. Sinalização adequada para transmissão direta de informações auxiliares entre processadores de centrais CPA.

De modo geral, com a aplicação da digitalização, os benefícios trazidos constituíam que os processos de operação e manutenção agora poderiam ocorrer em grande parte de forma remota, e também com custos reduzidos para manutenção, processamento de contas, e com redução de espaço físico das centrais. Processos de instalação ocorriam com maior rapidez com as novas tecnologias utilizadas, e cada vez com custos de terminais e equipamentos digitais reduzidos. A empregabilidade de softwares era um ponto vantajoso na questão de controle e ativação dos serviços. Alguns facilitadores que puderam ser implementados para clientes finais, além da melhor qualidade de ligações locais e a



distância, foram, discagem abreviada, atendimento simultâneo, serviços de redirecionamento de ligações, conhecidos também como siga-me e bloqueios de chamadas.

No Brasil, desde o início do processo de digitalização, grande parte do tempo a rede possuía grandes características híbridas devido à quantidade elevada de equipamentos tanto analógicos quanto digitais, nas mesmas redes. As tarefas de comunicação nesse período eram constituídas por frequentes processos de conversão analógica para digital e vice-versa.

Conforme processos de manutenção e atualização das redes eram realizados, a tendência foi a diminuição de equipamentos analógicos, sendo substituídos pelos digitais. Conforme dados apresentados pela Anatel, em março de 2004 o índice de digitalização já alcançava 98,85% da planta nacional de telefonia (PINHEIRO, 2004).

### **2.2.1.1 Codificação Da Voz**

Com a digitalização das telecomunicações, a voz necessita passar por um processo, onde logo após a captura seja transformada em sinais digitais, onde também o processo contrário é realizado para a audição do usuário final da outra ponta.

Para a transmissão digital, existe o método de codificação em linha, que pode trabalhar de forma unipolar, no qual possui funcionamento simplificado utilizando somente um nível de tensão, polar, em que se utilizam dois níveis de tensão, bipolar, que faz utilização de três níveis de tensão, e multitransição, em que também se utilizam três níveis de tensão, juntamente de uma regra complexa para redução de largura de banda.

- *NRZ-Level (non-return-to-zero)*: polar, no qual as representações são dependentes do estado do bit.
- *NRZ-Invert (non-return-to-zero)*: polar, no qual as representações são dependentes do estado anterior, onde na ocorrência de um bit 1 o sinal é invertido.
- *Manchester*: polar, em que se realizam inversões no meio de cada estado para representação e sincronia, onde bit 1 representa transmissão positiva e bit 0 negativa.

- *Manchester Diferencial*: polar, em que nas inversões na transição o bit utilizado é 0, e nos demais casos bit 1.
- *AMI*: bipolar, três níveis de tensão e RZ (*return-to-zero*), pois quando um canal está ocioso a linha é mantida em zero, e em transmissões utiliza estados de voltagem positiva e negativa.
- *MLT-3*: multitransição, trabalha em três níveis, no qual o bit 0 não realiza alterações, e o bit 1 é subtraído ou somado de acordo com a sequência anterior.

Os enlaces PCM fazem utilização de um código de linha chamado de HDB3 (*High Density Bipolar*), que é baseado no método de codificação bipolar, também conhecido como *AMI* (*Alternate Mark Inversion*), o qual trabalha com três zeros de tolerância máxima antes da substituição de valor. Isso ocorre pois é necessário assegurar um número mínimo de transições no sinal codificado, limitando longas sequências de nível 0 no sinal, que nesse caso é feito com uma violação da regra bipolar.

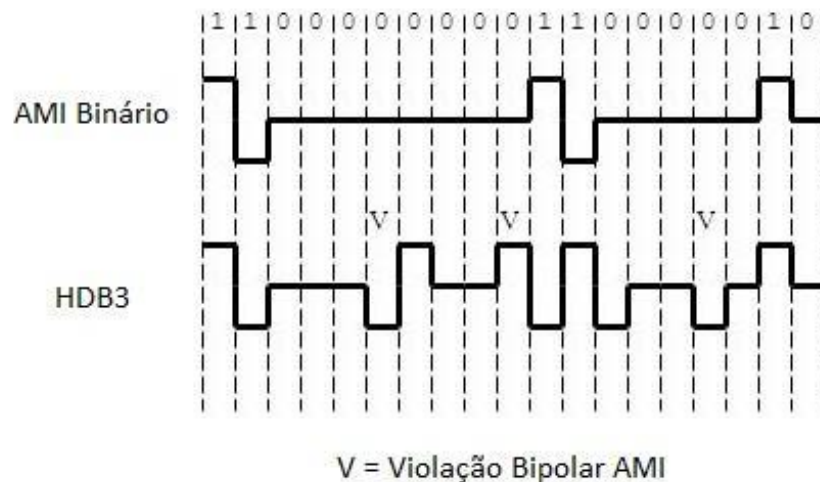
A codificação HDB3 tem como característica, fazer a análise do sinal digital, para que em cada sequência de quatro zeros consecutivos encontrada, é introduzido um pulso conhecido como “V” referente a violação, que é equivalente a substituição por outra sequência padrão do formato.

Dentro das regras de substituição HDB3, existem duas formas de codificação para as substituições:

- Se a última violação efetuada no sinal for oposta ao 1, é adicionado um novo pulso de violação depois do terceiro zero, com a mesma polaridade do pulso 1 anterior.
- Se a última violação de sinal for igual ao 1, é inserido o pulso falso, que consiste na inserção de um bit 1 de polaridade oposta ao bit de referência, e definindo os próximos dois intervalos como zero seguidos de um pulso de violação com a polaridade idêntica à do pulso falso.

Essas regras são utilizadas para se manter as vantagens do sinal AMI, como a possibilidade de eliminação de componentes de ruídos, e diretamente evitar as desvantagens relacionadas, como possíveis problemas no relógio de sincronismo.

Conforme apresentado na Figura 8, as formas de codificação utilizando *AMI* e *HDB3*.



**Figura 8 - Codificação AMI e HDB3.**

No momento de recepção dos dados, o decodificador tem como função fazer a verificação de todas as violações *AMI* e analisar a quantidade de zeros precedentes, determinando assim se o último pulso da transmissão também caracteriza uma violação. Essa tarefa é realizada verificando se existem dois pulsos de mesma polaridade na recepção, separados por três zeros, de forma que o segundo pulso é caracterizado violação, e é eliminado. Para a mesma situação, em que a separação entre pulsos ocorre por dois zeros, os dois caracterizam violação e são removidos.

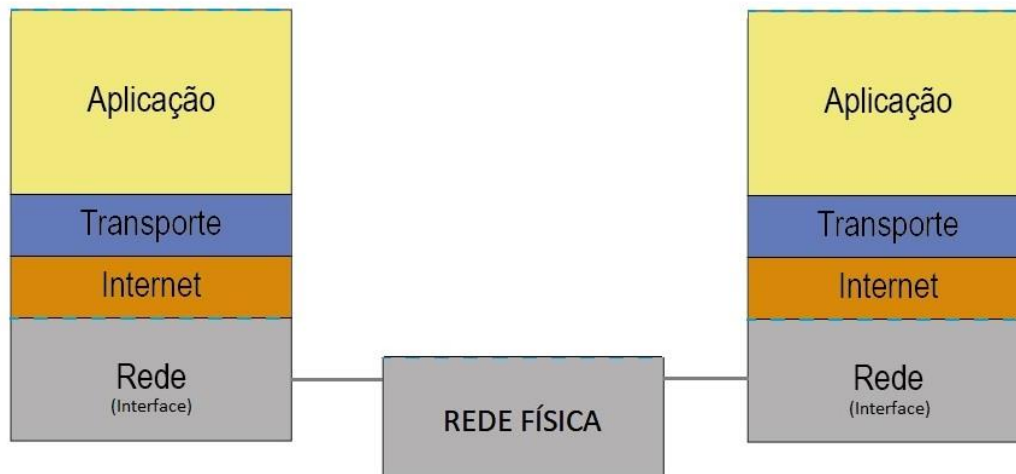
### 2.3 TECNOLOGIA VOIP

A tecnologia de comunicação de Voz em Redes IP, conforme Filho (2008), consiste no uso das redes de dados que utilizam o conjunto dos protocolos das redes IP (TCP, UDP e IP) para a transmissão de sinais de voz em tempo real na forma de pacotes de dados.

Segundo Soares (2008), TCP/IP é um grupo de protocolos que funcionam conjuntamente, estabelecendo comunicação e transferência de dados entre computadores conectados em rede.

O desenvolvimento dessa arquitetura e protocolos teve seu início por parte da *DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency)*, agência que surgiu com objetivo de manter os Estados Unidos como uma potência tecnológica em áreas militares, e obter vantagens sobre os demais países, principalmente adversários. Respondem diretamente ao Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

Conforme mostrado na Figura 9, uma conexão entre dois equipamentos baseadas no protocolo TCP/IP ocorre através da utilização das camadas, na qual Aplicação é onde são executadas as aplicações de acesso a serviços, Transporte tem o processo inicial de interpretar os dados e realizar comunicação de forma confiável, seguindo uma sequência correta de envio e recebimento, Internet faz o tratamento dos dados passados entre os dois equipamentos, indicando quais informações serão enviadas para qual equipamento específico e encapsulando as informações, e Interface de Rede que é o nível mais baixo, o qual recebe os datagramas IP da camada de Internet e os envia através da rede específica utilizando endereços físicos e lógicos.



**Figura 9 - Arquitetura do protocolo TCP/IP**

O objetivo do VoIP é a disponibilização do serviço de comunicação de forma alternativa, através da utilização das funcionalidades tradicionais da telefonia, e também inovadoras, provendo qualidade, e fazendo utilização das estruturas de rede para transporte dessas informações.

Para a transmissão da voz em meio digital, são utilizados algoritmos de compressão de voz, utilizados principalmente visando otimização do consumo de banda das redes. Os pontos principais desse tipo de comunicação estão relacionados a transmissão em tempo real da voz, mantendo baixa latência, visando valores abaixo de 300 ms. Também há utilização de procedimentos e protocolos adicionais de sinalização no serviço, para utilização em casos de conferências, e facilitadores de chamadas, como identificação e espera de ligações.

Na parte estrutural, utiliza equipamentos semelhantes a telefonia convencional, como terminais telefônicos IP para utilização por parte dos usuários, e como central telefônica o PABX IP, com funcionamento semelhante ao PABX tradicional.

### 2.3.1 Digitalização E Codificação Da Voz

Serviços baseados na tecnologia VoIP fazem a utilização de algoritmos de compressão de voz, devido a questões de ocupação de banda, trazendo uma economia determinante dentro da utilização da comunicação.

Para os processos de codificação e digitalização da voz são utilizados os *codecs* (codificadores). Da mesma forma que ocorre na telefonia convencional de processo digitalizado, o sinal de voz naturalmente analógico precisa ser convertido para o formato de bits, para dessa forma ser possível a transmissão por uma rede. Nos equipamentos físicos de VoIP esse processo é realizado através de um *DSP (Digital Signal Processor)*, que é um processador responsável pelo tratamento do sinal de voz. A utilização dos processadores de voz contribuiu diretamente para o desenvolvimento de novas tecnologias de codecs.

Cada Codec possui características diferentes na forma de lidar com a voz, fazendo a utilização de taxas de transferência de dados variadas, apresentando fatores de *delay* (atraso) diferentes entre eles, pontos esses que afetam diretamente a qualidade da transmissão.

Conforme exibido na Tabela 1, principais *codecs* de compressão de voz, apresentando algoritmos utilizados, taxas de transferência, atrasos e qualidade.

**Tabela 1 - Codecs de compressão de voz.**

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	ACELPMP-MLQ	5,36,3	67-97	Razoável
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-ACELP	8	25-35	Boa
G.729 Anexo A	CS-ACELP	8	25-35	Boa

**Fonte: Filho (2008)**

Para medição da qualidade da voz transmitida, normalmente se utiliza a medida *MOS* (*Mean Opinion Score*), que consiste em uma média de avaliação por parte dos usuários ouvintes, baseada em uma avaliação de 1 a 5, em que 1 representa uma qualidade ruim de comunicação e 5 uma qualidade excelente. A partir dessa forma de avaliação, atribui-se o a média *MOS* para a amostra específica.

### **2.3.2 Fatores De Qualidade De Serviço**

Para que os serviços de comunicação VoIP sejam oferecidos com qualidade semelhante ou superior ao da telefonia comutada, as redes e estruturas precisam atender a alguns requisitos mínimos.

#### **2.3.2.1 Latência**

A latência é a definição do tempo em que um pacote de voz leva para ir de seu ponto de origem ao ponto de destino, dentro de uma rede *IP*. Se tem como objetivo que a transmissão de dados deve ocorrer imediatamente entre pontos, mas devido a própria propagação e transmissão de pacotes isso não é possível, gerando sempre um atraso de milissegundos. De acordo com a norma G.114 da *ITU-T*, recomenda-se uma latência mínima de 150ms em um único sentido, tempo máximo necessário para que o pacote percorra qualquer ponto dentro da rede VoIP e interfaces de clientes.

#### **2.3.2.2 Perda De Pacotes**

Segundo Ross (2007), a perda de pacotes em uma rede é inevitável, como a possibilidade de erros nos mesmos, onde não existe retransmissão na utilização de UDP e RTP, e também por se tratar de um tipo de dado em tempo real. O valor máximo de perdas de pacotes aceitável é de 1%. Ocorrendo uma perda de pacotes acima de 5% do total, uma conversa utilizando VoIP já fica comprometida.

Segundo Cavanagh (2006), utilizando o *codec* G.729, até mesmo uma perda de 1% poderá implicar em degradação significativa de uma chamada VoIP. Outros *codecs* que fazem utilização de compressão de dados são ainda mais intolerantes com perdas de pacotes.

### 2.3.2.3 Jitter

O termo Jitter é usado para se referir a flutuação de latência, ou seja, a variação de tempos de retardo em uma sequência de pacotes, que podem resultar em pacotes de voz distorcidos resultando uma má qualidade do serviço. Podem ocorrer por diversos fatores da estrutura de rede em pontos de acúmulo de pacotes.

O Jitter compromete a compreensão de pacotes em casos onde uma sequência de pacotes é recebida com baixo delay, porém as sequências de pacotes seguintes possuem um atraso elevado, gerando problemas na conversação. As definições e formas de medição de Jitter são definidas através das normas internacionais *RFC 3550 RTP* e *RFC 3611* da *IETF*.

Para melhor desempenho, começaram a implementar *buffers* de pacotes VoIP em produtos, gerando um efeito de compensação e evitando perda de desempenho e qualidade de voz. A utilização desses buffers costuma requerer uma variação de atraso menor que 100 milissegundos para sua plena utilização. De modo geral, Jitter é o fator que dentro das redes IP deve ser reduzido para assegurar a semelhança com os serviços convencionais de telefonia.

Os principais pontos de congestionamento estão relacionados a roteadores clientes, que podem possuir interfaces com baixa largura de banda, backbones de prestadoras de serviço na forma de lidar com as prioridades de pacotes, e roteadores de saída de rede entre provedores, que em caso de falta de gerenciamento de filas de pacotes podem fazer com que os mesmos transbordem. A tecnologia *CBWFQ (Class-Based Weighted Fair Queuing)* costuma ser utilizada para definir as classes de tráfego e aplicar parâmetros específicos para largura e limites de fila, gerando assim um melhor controle da rede, aumento de eficiência e qualidade elevada de entrega dos serviços aos clientes.



#### 2.3.2.4 Atraso Fim-A-Fim

Fatores relacionados diretamente ao atraso de pacotes do momento do envio do primeiro bit até a sua recepção dentro da rede, de natureza fixa ou variável, que podem causar demora na escuta por um dos pontos, onde uma nova fala pode ser inserida na conversa causando uma sobreposição. De acordo com a recomendação G.114, o limite máximo de atraso estabelecido de fim-a-fim deve ser de 300ms. Alguns dos principais componentes desses atrasos são:

- Atraso por propagação: tempo de propagação do sinal no meio de transmissão. Depende do tipo de meio, distâncias percorridas, e constitui um atraso fixo. Para realizar o seu cálculo, utiliza-se a regra padrão de 10ms/1000 milhas.
- Atraso de inserção: tempo necessário para inserção de novos pacotes na rede. De acordo com o tamanho do pacote, para sua inserção ser realizada leva determinada quantidade de milissegundos, que dependendo da rede de acesso pode gerar um acúmulo de novos pacotes enfileirados, gerando atraso antes mesmo de deixar o equipamento do cliente

#### 2.3.3 Protocolos De Sinalização

Protocolos de sinalização telefônica são aqueles destinados a passar informações entre dois terminais da chamada telefônica sobre o estado do canal portador de dados (voz). Na sinalização podem ser enviadas informações como ocupação de canal, atendimento, desconexão, número chamado, estado do número chamado, identificação do número chamador, entre outras (BARROS, 2013).

Conforme explica Batistti (2009), o protocolo IP é um protocolo de endereçamento e roteamento, que fornece uma maneira de identificar unicamente cada máquina da rede, e encontrar um caminho entre a origem e destino. Para realizar o transporte dos dados necessita também dos protocolos *TCP* e *UDP*.

A Comunicação de Voz sobre IP ocorre baseada totalmente na estrutura e protocolos de rede, e tem por base alguns protocolos como *IP*, *TCP* e *UDP*. Porém as comunicações baseadas em VoIP também contam com protocolos de comunicação exclusivos, para melhorias na estrutura de funcionamento e sinalização da transmissão de voz/dados.

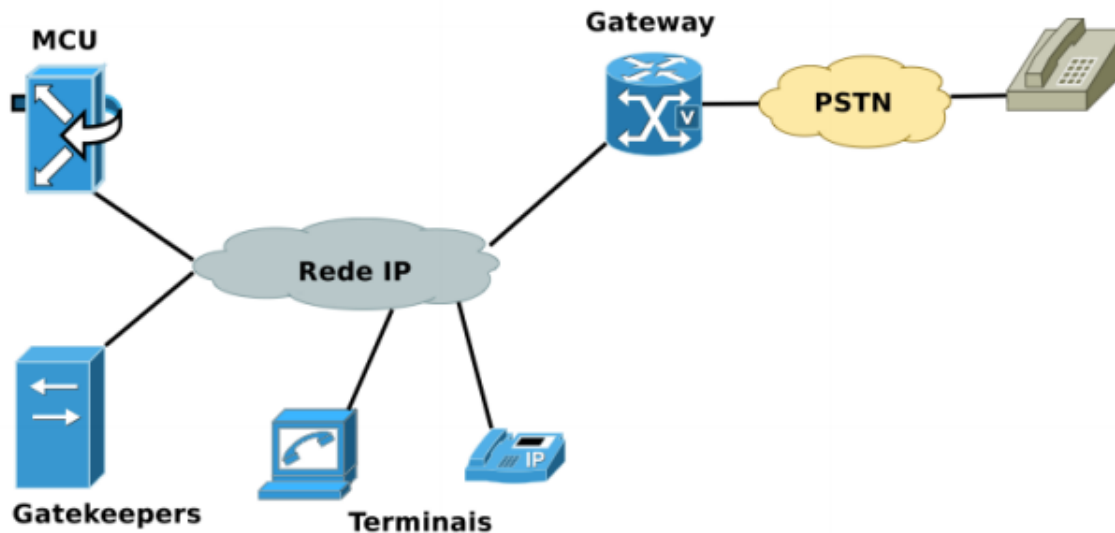
### 2.3.3.1 H323

O H.323 faz parte de um conjunto de recomendações de audioconferência e videoconferência para as primeiras implementações VoIP. Um padrão internacional *ITU* (*International Telecommunication Union*) (TANENBAUM, 2003).

O H.323 é um padrão comumente utilizado para sinalização e controle da transmissão de comunicações por rede, podendo ser utilizado entre terminais que suportam aplicações de áudio, vídeo e dados multimídia. Pode ser utilizado com tecnologias como Ethernet, Fast Ethernet, *Token Ring* e *FDDI* (*Fiber Distributed Data Interface*). A utilização de áudio se faz obrigatória no uso desse protocolo, porém ele pode lidar também com videoconferência, um exemplo do qual se utiliza áudio e vídeo.

Está incluído na família de recomendações da *ITU-T* (*International Telecommunication Union Telecommunication Standardization sector*), agência intergovernamental responsável por normatização de telecomunicações. É recomendado para comunicações multimídias em redes que não oferecem *QOS* (*Quality of Service*) implementado.

Segundo Kurose e Ross (2010), a arquitetura H.323 consiste num *gateway* realizando a conexão entre a Internet e rede de telefonia, terminais (hosts) que são os dispositivos de comunicação, e pode possuir um *gatekeeper* (guardião) para controle de terminais registrados em sua zona, de modo que o registro ocorre através de troca de mensagens em um canal *RAS* (*Remote Access Service*) usado pelo *gatekeeper* para fazer a associação entre dispositivos finais, números de telefone (padrão E.164) com endereço e porta *TCP/IP*.



**Figura 10 - Componentes da Arquitetura H.323.**  
**Fonte: Arndt (2009).**

O Gateway (GW) 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. Para simplificar o GW, o controle efetivo das chamadas em andamento é executado pelo Gateway Controller. Em sistemas de maior porte as funcionalidades de mídia e sinalização podem ser separadas em equipamentos distintos, chamados de Media Gateway (MGW) e Signalling Gateway (SGW) (FILHO, 2008).

O Gatekeeper (GK) é o equipamento responsável pelo gerenciamento de um conjunto de equipamentos dedicados a telefonia IP. Suas principais funções são: executar a tradução de endereçamento dos diversos equipamentos, controlar o acesso dos equipamentos à rede dentro de sua Zona, e controlar a banda utilizada. Outras funcionalidades opcionais podem ser adicionadas, entre elas: autorização de chamadas, localização de GW, gerenciamento de banda, serviços de agenda telefônica (lista) e serviços de gerenciamento de chamadas (FILHO, 2008).

Possui alguns benefícios, dos quais diretamente contribuíram para sua ampla utilização, como independência de plataforma, não sendo determinado hardware nem sistema operacional específico, assim podendo ser utilizado em equipamentos de várias funcionalidades. Também existe interoperabilidade entre equipamentos e aplicações, podendo existir comunicação entre equipamentos das mais variadas marcas, como dos grandes fornecedores Intel, Cisco e IBM. Utilização de computadores comuns como plataformas multimídia se tornaram elevadas.

### 2.3.3.2 SIP

O H.323 é complexo e vem da *ITU* (telefonia), enquanto o *SIP* (*Session Initiation Protocol*) é mais simples e vem da *IETF* (*Internet Engineering Task Force*) e toma emprestado muitos conceitos da Web, do *DNS* e do e-mail da Internet (KUROSE; ROSS, 2010).

O protocolo *SIP* é definido como recomendação pelo *IETF*, grupo internacional constituído de técnicos, fabricantes, agências e pesquisadores focados em desenvolvimento e padronização de tecnologias, através da *RFC* (*Request for Comments*) 2543. É responsável por controle e sinalização entre terminais que não utilizam H.323, implementando métodos de segurança e confiabilidade próprios.

Teve seu surgimento em torno de 1990, e uma de suas principais características é a de adicionar ou remover participantes de uma sessão *multicast* de forma dinâmica, algo que não era possível no H.323.

As mensagens *SIP* possuem processo de codificação ASCII, diferente de formatos binários compactos usados por outros protocolos, nesse caso as mensagens são adequadas a leitura, mas são maiores e não favoráveis a redes com baixos requisitos de processamento e banda.

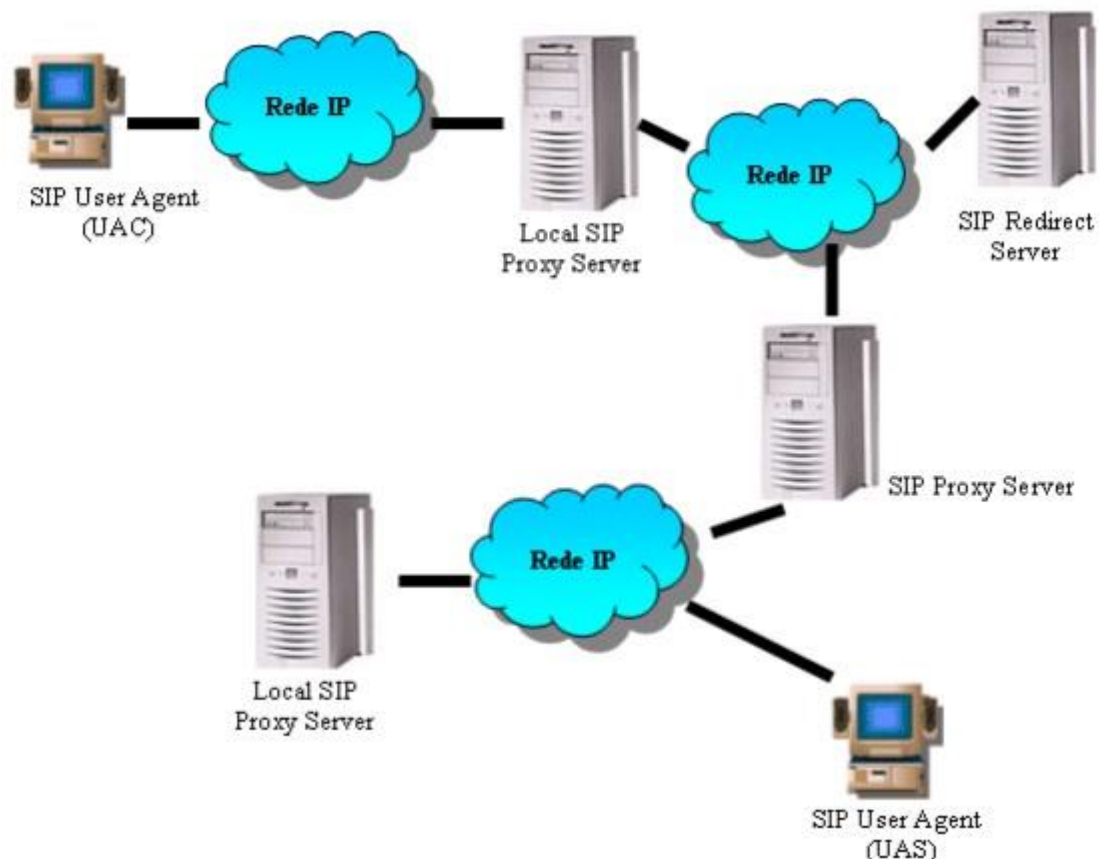
Conforme Colcher (2005), o protocolo *SIP* normalmente trabalha conjuntamente com outros protocolos, tais como:

- *MGCP (Media Gateway and Control Protocol)*, utilizado para controlar *gateway* de mídia sobre redes IP;
- *MEGACO – Media Gateway Control Protocol ou H.248*, que se trata de um protocolo de sinalização utilizado entre *Media Gateways* e *Media Gateways Controllers*, sendo uma versão desenvolvida a partir do *MGCP*, mas que possui mais recursos;
- *RTP e RTCP (Real Time Protocol e Real Time Control Protocol)*, que são usados para transportar dados e monitorar esse transporte;
- *RTSP (Real-time Streaming Protocol)*, usado para distribuição de conteúdo;
- *SDP (Session Description Protocol)*, que se especifica o formato para a descrição das informações em sessões multimídia.

O *SIP* possui sua arquitetura definida através de 4 componentes, dos quais são:

- *SIP User Agent*: é o equipamento que será utilizado por parte do usuário, como *SoftPhone* ou *TelefoneIP*. Pode enviar e receber requisições tanto como *UAC (User Agent Client)* como *UAS (User Agent Server)*;
- *SIP Proxy Server*: utilizado em infraestruturas VoIP de maior porte, como provedores. Tem atuação tanto cliente como servidor, porém recebe as requisições e as repassa para outros *SIP Servers* até o *UAC*;
- *SIP Redirect Server*: é um agente de redirecionamento, que gera respostas para as solicitações recebidas, direcionando o cliente a realizar contato com URLs específicas;
- *SIP Registrar Server*: servidor que aceita as solicitações de registro, inserindo as informações recebidas no serviço de localização para o domínio relacionado.

A Figura 11 apresenta visualmente os componentes que consistem na arquitetura do protocolo SIP:



**Figura 11 - Componentes da arquitetura do protocolo SIP.**  
 Fonte: Tarouco (2003)

Conforme Barreto (2012), o protocolo trabalha utilizando *URLs (Uniform Resource Identifier)* para identificação de usuários dentro de um domínio, em formato *usuario@dominio.br*, onde o usuário é representado no parâmetro inicial, e logo após o domínio SIP a qual pertence.

Os métodos que tem definidos e que são utilizados pelos *User Agents* são: inicialização (*INVITE*), confirmação (*ACK*), termino (*BYE*). O *INVITE* carrega informações para identificação do UA origem e destino e informações adicionais de uso do *RTP* para a sessão de voz. Em caso de retorno positivo por parte do UA destino, a mensagem de resposta que ele envia é *OK*.

Após a resposta positiva do *INVITE*, é enviado um *ACK* para o destino com o intuito de se iniciar a transmissão de áudio, onde após receber um OK ela de fato é iniciada. Para encerramento da sessão de voz, uma mensagem *BYE* deve ser enviada tanto por origem quanto por destino.

No funcionamento de um PABX IP, um servidor *SIP*, também conhecido como *SIP Proxy*, é um dos principais componentes, realizando o gerenciamento de todas as ligações *SIP* dentro da rede. É responsável pela gerencia de sessões entre dois ou mais terminais.

O *SIP* também é responsável por negociar parâmetros de mídia e especificações para as suas sessões e cada terminal usando o protocolo *SDP*, onde se utilizam como parâmetros os endereços de IP utilizados, números de portas, tipos de mídia que se espera receber por parte do terminal, protocolo para troca de informações (tipicamente *RTP*) e as codificações de compressão que o terminal consegue trabalhar.

### 2.3.4 Comunicação Entre Centrais Sip

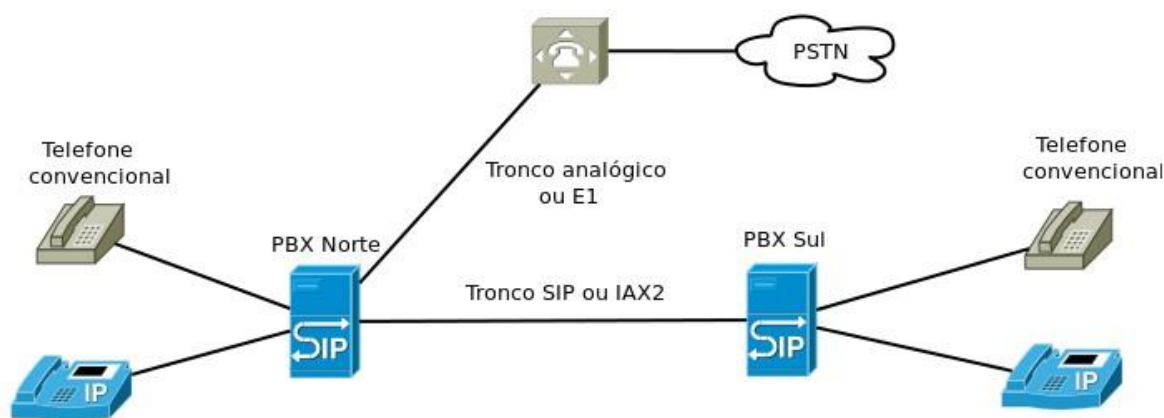
Para que seja possível realizar a comunicação entre os *SIP Proxys*, é necessário a utilização de *SIP Trunking*, permitindo assim a realização e recebimento de chamadas via Internet. Através de saídas para a Internet, é possível se fazer o roteamento público dos endereços de IP nas bordas externas dos roteadores. Um servidor de mediação faz a conversão de mídia e sinalização para interpretação, como quando conectado diretamente a um *gateway* corporativo.

Segundo Barreto (2012), se a implementação de *NAT* (*Network Address Translation*) operar até o nível de aplicação com suporte ao protocolo *SIP* e *SDP*, tanto as suas mensagens quando o trafego *RTP* podem ser tratados corretamente. Geralmente o *NAT* trabalha conjuntamente com o *Firewall*, conseguindo modificar os campos necessários dos cabeçalhos *SIP* e *SDP* para liberação do trafego *RTP* da sessão de voz.

Um Proxy *SIP* também possui suporte para configuração de um proxyRTP utilizado como intermediário da sessão de áudio entre os UAs. O proxy RTP age apenas recebendo uma sessão de áudio de um UA e a repassa para o outro UA da mesma sessão. Quando um

UA se registra em seu ProxySIP, ele identifica que o UA está atrás de NAT e mantém o seu mapeamento ativo no Firewall.

A Figura 12 apresenta uma estrutura de comunicação de servidores SIP, onde ocorre um *SIP Trunking* para comunicação entre eles.



**Figura 12 - SIP Trunking para comunicação entre centrais SIP.**  
Fonte: Sobral (2003).

A comunicação baseada em ProxySIP Bridge faz a utilização de recursos extras e um proxy RTP no mesmo equipamento. Para conexão à rede interna e à rede externa necessita ao menos de duas interfaces de rede. O tráfego SIP ocorre apenas na interface externa, que possui endereço IP público divulgado no registro SRV no *DNS* (ROSENBERG, 2002) para os UAs consultarem.

Dependendo do cenário de ligação VoIP, o tráfego da sessão de voz ocorre em ambas as interfaces com o proxy RTP operando em bridge (bridge RTP), originando o nome ProxySIP Bridge. O tráfego RTP de áudio não ocorre via Firewall/NAT, mas sim através do bridge RTP que atua como um intermediador de mídia.

Quanto à segurança, o ProxySIP Bridge não realiza roteamento entre suas interfaces, e o bridge RTP é acionado apenas quando existir um determinado fluxo RTP válido a partir de uma sinalização SIP autenticada, de forma que o risco de segurança para a rede interna tende a ser reduzido.



Também para comunicação entre servidores *SIP* pode-se utilizar o protocolo *IAX* (*Inter-Asterisk eXchange*), que conforme Spencer (2010) explica, é um protocolo de controle de camada de aplicação e mídia, para criar, modificar e encerrar sessões multimídia. Foi desenvolvido pela comunidade de código aberto e destina-se principalmente ao controle de chamadas VoIP, mas pode ser usado com *streaming* de vídeo e outros tipos de multimídia. Possui uma versão atualizada chamada de *IAX2*, e é regulamentado pela *RFC 5456* da *IETF*.

O *IAX* combina os serviços de sinalização e transporte de mídia, fazendo a utilização de um único fluxo de dados *UDP* (porta 4569) e simplificando a passagem do gateway de *NAT*, eliminando a necessidade de outros protocolos para seu contorno, tornando assim mais simples o gerenciamento de rede e firewall.

O protocolo *IAX* também incorpora uma codificação compacta, que diminui o uso da largura de banda e é adequada para os serviços de comunicação pela Internet. Por possuir uma natureza de código aberto, permite novas adições, que podem vir a ser necessárias para suportar serviços adicionais.

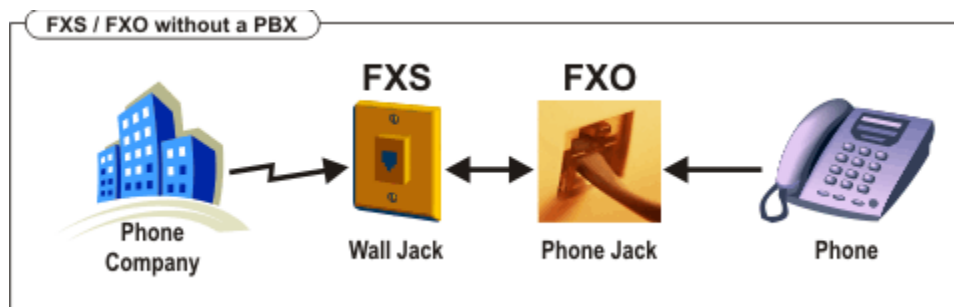
De pontos negativos, embora o *IAX* seja muito eficaz, atendendo a muitas das necessidades atuais de comunicação, ele possui algumas limitações. Faz uso de um mecanismo de negociação de codec ponto-a-ponto que limita a extensibilidade, no qual todo nó *IAX* em um caminho de chamada deve suportar todo *codec* usado em algum grau. A maioria das desvantagens do *IAX* são devido a problemas de implementação, em vez de questões de protocolo (SPENCER, 2010).

### **2.3.5 Comunicação Com A Telefonia Convencional**

Para que a comunicação entre as centrais VoIP ocorra juntamente com a telefonia convencional, é necessário que exista um entroncamento responsável por essa comunicação. Para esse entroncamento, são utilizadas as interfaces e portas *FXS* (*Foreign eXchange Subscriber/Station*) e *FXO* (*Foreign eXchange Office*).

*FXS* é a interface de fornecimento de linha analógica em um sistema convencional de telefonia através de um *plug* fêmea, tanto por parte de um *PABX* como diretamente a

porta *FXS* fornecida pela companhia telefônica, e *FXO* é a interface que faz o recebimento da linha analógica, como por exemplo um aparelho de telefone ou fax, que podem ser chamados de “dispositivos *FXO*”. São interfaces compostas por dois fios e conectores RJ-11. Interfaces *FXO* também são comumente encontradas em equipamentos de redes e computadores para comunicação com o serviço telefônico tradicional. A Figura 13 apresenta as interfaces *FXS* e *FXO* empregadas na telefonia convencional.

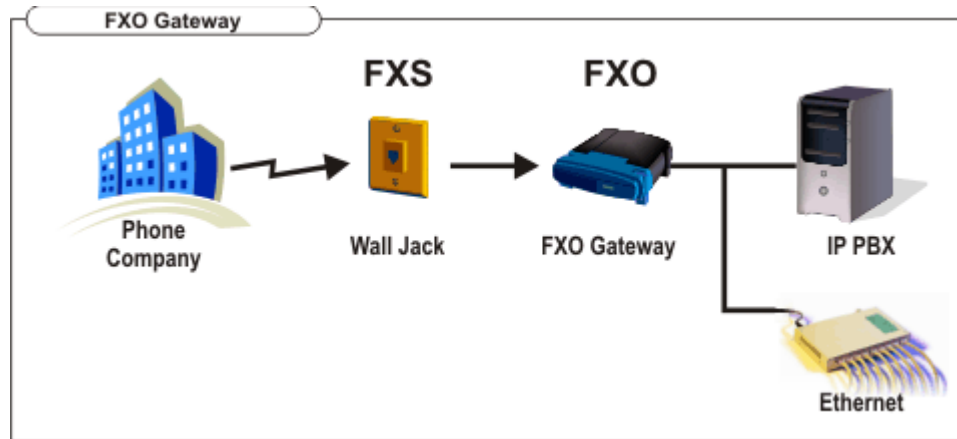


**Figura 13 - Interfaces *FXO* e *FXS* na telefonia convencional.**  
**Fonte: 3CX.**

Para que se ocorra comunicação juntamente com as redes VoIP, é necessário um *gateway VoIP*, também conhecido como *gateway FXO*. Esse *gateway FXO* é um aparelho adaptador responsável por possibilitar a conexão da porta *FXO* do PABX à porta do *gateway*, permitindo que a linha telefônica analógica seja conectada, realizando a conversão dos sinais de voz analógicos para o protocolo IP sendo interpretada em um IP-PBX.

Para que a comunicação de equipamentos analógicos ocorra em um sistema de telefonia VoIP, são utilizados adaptadores *FXS*, ou ATA (Adaptador de Telefone Analógico), onde o funcionamento ocorre através da conexão *FXO* do aparelho utilizado, diretamente no adaptador *FXS/ATA*, que realizará a comunicação com a rede de telefonia.

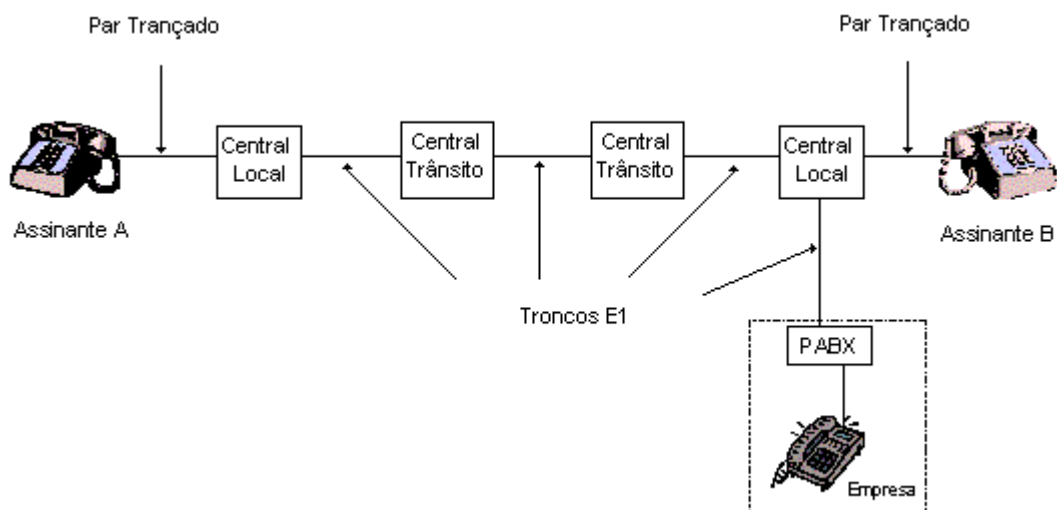
A Figura 14 exibe a comunicação realizando as interfaces de comunicação analógicas junto da utilização de um gateway FXO.



**Figura 14 - Comunicação FXS e FXO em um gateway FXO.**  
Fonte: 3CX.

Para o processo de comunicação convencional e VoIP, também pode ser utilizando os troncos E1 digitais. Segundo Junior (2003), conexão a centrais públicas da Rede Brasileira de Telefonia é feita através de troncos E1. A Interface para um Tronco E1 é um conjunto de dois cabos coaxiais, um para transmissão e outro para recepção, por onde passam 30 canais de voz digitalizados, do qual esses canais estão entre 01 a 15 e 17 a 31, e o canal 16 para sinalização telefônica.

A Figura 15 apresenta exemplos de troncos E1 em uma estrutura telefônica.



**Figura 15 - Exemplo de troncos E1.**  
**Fonte: Junior (2003).**

A sinalização em troncos E1 podem ocorrer de duas formas:

- Sinalização por Canal Associado: sinalização na qual sempre está associada fisicamente aos canais telefônicos que correm pelo respectivo tronco E1. É praticamente a mesma sinalização dos troncos analógicos a 6 fios;
- Sinalização de Linha: sinalização de estado da linha telefônica, correspondente à sinalização E/M (*Ear/Mouth*), também designada pela sigla R2. Pode ocorrer na forma E/M Contínua (R2 analógico), E/M Pulsada ou R2 Digital (MFCR2).

Os troncos digitais E1 fornecem a identificação do assinante chamador por padrão, bem com um *DID* (*Direct Inward Dialing*) utilizado normalmente para uso como DDR (Discagem Direta a Ramal) que possibilita que o ramal do PBXIP receba ligações diretamente da operadora.

O DID é fornecido pela operadora em faixas de 50 números para utilização de serviços ou ramais DDR, e normalmente dentro dessa faixa se pode definir um número para

ser divulgado como o tronco chave da empresa, que será responsável pelo recebimento e encaminhamento de chamadas.

Um PABX convencional ao receber um *DID* pode realizar o encaminhamento da chamada para um destino programado, como um ramal que passará a ser chamado de "Ramal DDR" ou encaminhar a chamada recebida para um serviço como uma URA ou uma fila.

As placas E1 VoIP para centrais podem se dividir em 32 canais, sendo 30 para ligações, onde os 2 últimos canais são reservados para sinalização, não sendo operável. Ele é comumente utilizado para consolidação do tráfego de voz e também para o acesso a redes públicas de telefonia comutada.

Com a possibilidade dos troncos E1 entregar até 30 linhas ao assinante, acaba tornando facilitado o aspecto do grande número de fios necessários para entregar a mesma quantidade de linhas em troncos FXS e FXO e permite a utilização de DDR.

Também para o processo de comunicação com a telefonia móvel, o entroncamento é realizado através de interfaces GSM. Cada interface pode ter mais de um chip permitindo que a mesma interface opere com números e operadoras diferentes a cada ligação. Algumas operadoras também permitem o entroncamento IP.

### **2.3.6 Plano De Numeração E Ramais**

Segundo Ferrari (1998), o plano de numeração determina como os assinantes são designados por números. Os números telefônicos dentro do território brasileiro são regulados pela Anatel (Agencia Nacional de Telecomunicações). Em âmbito global, o Brasil atua com o prefixo 55, utilizado para realização de chamadas externas ao país. Segundo recomendações da ITU, não se devem utilizar numerações iniciadas por zero ou um para assinantes, pois são numerações comumente reservadas. A Tabela 2 apresenta alguns prefixos de área internacionais.

Conforme Tude (2003), cada terminal do sistema telefônico, seja ele fixo ou celular, tem associado um conjunto de números ou códigos de acesso que permitem que ele seja

identificado de forma unívoca em todo o mundo. Para que isto seja possível a União Internacional de Telecomunicações (UIT) estabeleceu recomendações para atribuição e administração dos recursos de numeração e padronizou os códigos de cada país (country code).

**Tabela 2 - Alguns códigos de áreas internacionais.**

Prefixo do País	País
1	Estados Unidos
52	México
55	Brasil

Conforme cita Ferrari (1998): “o zero se presta a separação do fluxo de tráfego que se destina para fora da área numérica (tráfego nacional e internacional) e o um identifica os serviços especiais.” Para identificar os tipos de chamadas, são utilizados prefixos conforme exibidos na Tabela 3.

**Tabela 3 - Alguns prefixos utilizados para prefixos de chamadas.**

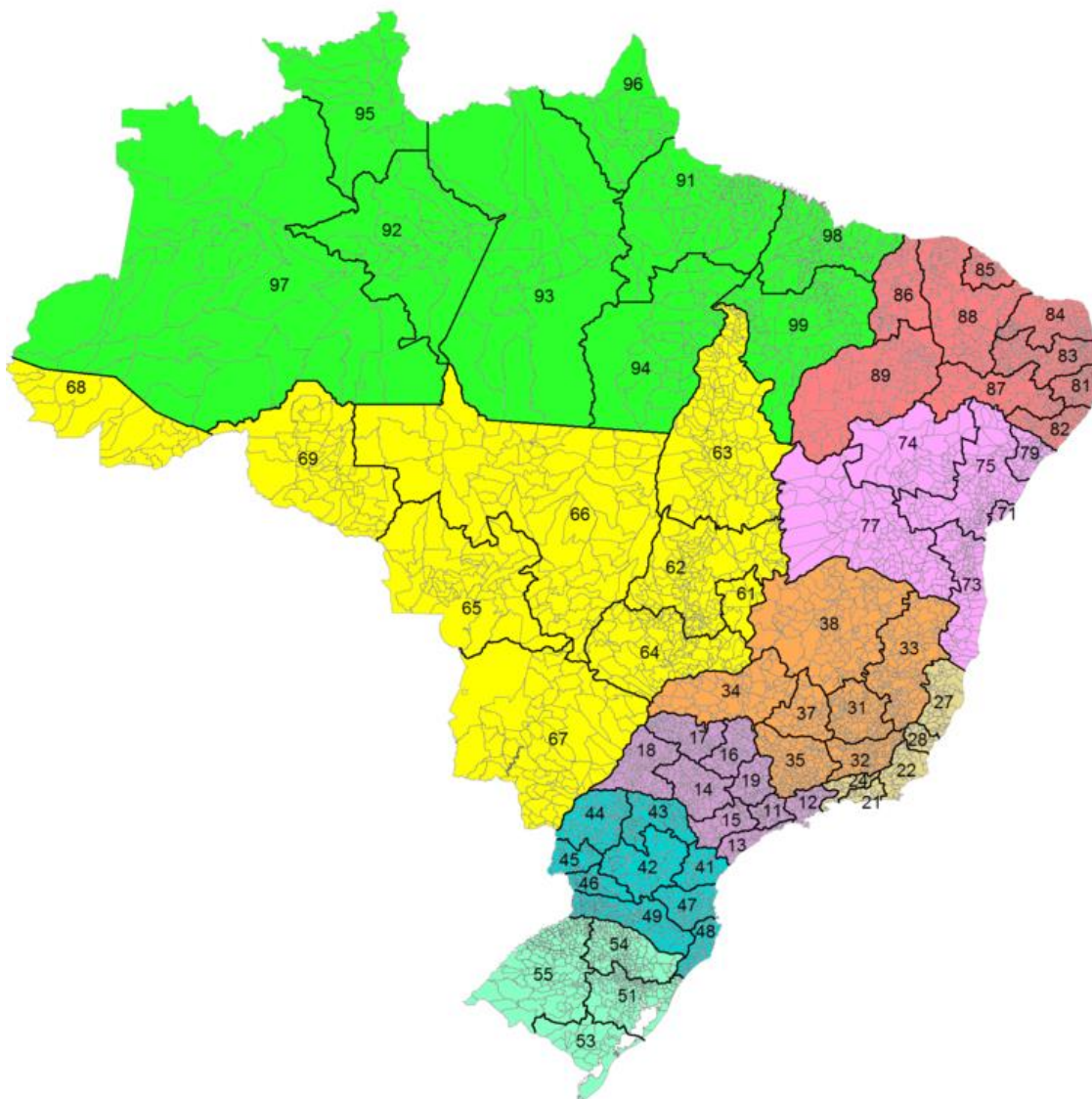
0	Prefixo nacional	Identifica chamada de longa distância nacional
00	Prefixo internacional	Identifica chamada de longa distância internacional
90	Prefixo de chamada a cobrar	Caracteriza uma chamada a cobrar no destino

Dentro do território nacional também existem os prefixos destinados exclusivamente ao acesso a serviços e utilidades públicas e de apoio, conforme exibidos na Tabela 4.

**Tabela 4 - Prefixos utilizados para serviços e utilidades públicas.**

<b>Código</b>	<b>Serviços Públicos de Emergência</b>
100	Secretaria dos Direitos Humanos
128	Serviços de Emergência no Mercosul
151	Fundação Procon
152	Ibama
153	Guarda Municipal
156	Serviço Público Municipal
180	Central de Atendimento à Mulher
181	Disque Denúncia
185	Salvamar
190	Polícia Militar
191	Polícia Rodoviária Federal
192	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
193	Corpo de Bombeiros
194	Polícia Federal
197	Polícia Civil
198	Polícia Rodoviária Estadual
199	Defesa Civil

Para identificação de uma área geográfica específica é utilizado o Código Nacional, também conhecido como DDD (Discagem Direta a Distância). Normalmente para cada estado são utilizados vários códigos de área de acordo com suas regiões, conforme exibido na Figura 14.



**Figura 16 - Códigos de área nacionais de acordo com as regiões.**  
**Fonte: Wikimedia.**

Nas modalidades de Longa Distância Nacional e Longa Distância Internacional também se faz o uso do CSP (Código de Seleção de Operadora), que são compostos por dois caracteres numéricos. Estes códigos são escolhidos pelos prestadores de serviço entre os números disponíveis estando reservados os números em que o primeiro dígito é zero e em que os dois dígitos são iguais. O CSP é utilizado antes do Código Nacional para realização das chamadas.



Dentro dos planos de numeração, o usuário possui um código de identificação único. O Código de Acesso de Usuário, Identifica de forma unívoca um assinante ou terminal de uso público e o serviço ao qual está vinculado. É formado por 8 dígitos embora em algumas regiões do Brasil ainda se utilize um código de 7 dígitos (TUDE, 2003).

As numerações de usuário podem partir de números de quatro dígitos até oito dígitos, onde a numeração costumeira é definida através de um número inicial entre 2 e 9, e todos os demais números entre 0 e 9.

Com uma numeração específica para um acesso final de comunicação, onde a ligação é direcionada a um usuário, podem haver divisões de ramais dentro de um sistema de comunicação interno, utilizando os ramais de quatro dígitos.

### **2.3.7 Plano De Tarifação**

O plano de tarifação é a forma em que será realizada a cobrança pelos serviços e estruturas utilizadas, onde ocorrem normalmente através de cobrança de taxas e tarifas.

Conforme explica Ferrari (1998), o plano de tarifação é de importância para a empresa providenciar recursos para aquisição de equipamentos, funcionários e despesas gerais.

As formas de cobrança costumam ser as seguintes:

- Tarifa fixa: Cobrança de valor fixo por assinatura, de forma que dentro de um período estipulado não haverá variação de custo de acordo com forma de utilização do mesmo;
- Tarifa por chamada completada: Considera a quantidade de chamadas realizadas, independente de tempo ou qualquer outro fator.
- Multimedição: Considera o tempo total das chamadas realizadas.
- Multimedição por tempo e distância: Considera tempos de chamadas realizadas e destinos.

Para comunicações baseadas em VoIP também são comuns a utilização de franquias pré-definidas para ligações, e aquisição de minutos para ligações, onde a limitação do usuário na utilização do serviço ocorre até o momento em que é excedido um limite determinado. O custo pode ser tanto fixo para qualquer tipo de ligação, como sofrer variações por localização

### **3 MATERIAIS E MÉTODO**

Este capítulo está dividido em duas seções, sendo a primeira voltada para descrever os materiais e a segunda para apresentar o método utilizado para a elaboração deste trabalho.

#### **3.1 MATERIAIS**

Tendo como base as tecnologias e pontos observados, foram utilizados materiais bibliográficos, análises de estudos de caso em ambientes práticos reais e dados estatísticos para os comparativos de tecnologias e análise de suas características.

#### **3.2 MÉTODO**

O trabalho possui ênfase no estudo das tecnologias, desde especificações, até as formas de funcionamento, quando implementadas, e protocolos. Foram analisadas as funcionalidades específicas, e pontos característicos comuns entre as tecnologias, para que possam ser devidamente comparados, identificando e apresentando vantagens tecnológicas, benefícios de utilização e questões de disponibilidade, também comparando os protocolos de sinalização H.323 e SIP, bem como custos de estrutura e tarifação.

## 4 RESULTADOS

No presente capítulo são apresentadas as constatações realizadas do estudo das tecnologias.

De comparativo direto entre telefonia comutada e VoIP, pode-se levar em consideração alguns pontos e principais características. A telefonia comutada possui garantias de qualidade e alta disponibilidade de serviços por parte das operadoras, porém, esses fatores são revertidos em custos aos usuários, devido a manutenção de uma quantidade elevada de equipamentos e redes de cobertura. Possui como características, no processo de comunicação, uma banda alocada totalmente para o processo de sessão de voz, onde a voz trafega em um circuito digital dedicado de 64 kbit/s e possui um percentual elevado de chamadas completadas. A comutação é realizada por circuito, no qual são eliminados os processos de fila e atrasos intermediários. Nas centrais, o sinal de voz passa por processos de conversão analógico para digital, porém, nas pontas de acesso ao usuário, o sinal sempre é convertido novamente para analógico para o recebimento das ligações. Também possui, como ponto positivo, um sistema de alimentação que é fornecido pelas próprias centrais telefônicas.

Segundo dados da Anatel (2018), a respeito dos indicadores de qualidade do Serviço de Telefonia Fixa (STFC), para períodos entre 2015 e 2016 e, também, de 2016 até o início de 2018, considerando as conclusões de chamadas nas redes comutadas, as metas definidas para ligações completadas para o centro de atendimento telefônico foram de 95%, para ligações locais, 93% e, para Longa Distância Nacional, considerando chamadas atendidas e chamadas estabelecidas sem atendimento, 92%.

A Tabela 5 detalha os indicadores de qualidade referentes as redes, descrevendo, cada um deles, e exibindo os valores definidos para as metas.

**Tabela 5 - Indicadores de qualidade de serviço referente as redes STFC.**

MNEMÔNICO	INDICADOR	DESCRIÇÃO	META EM VIGOR	APLICABILIDADE DA META	MODALIDADE(S) ASSOCIADA(S)
<b>OKC</b>	Taxa de Completamento de Chamadas para o Centro de Atendimento Telefônico	Atendimento das chamadas destinadas ao Centro de Atendimento da prestadora, em cada Período de Maior Movimento	≥ 95%	Área de Numeração (popular DDD)	Local
<b>OKL</b>	Taxa de Completamento de Chamadas Locais	Chamadas locais originadas completadas do total de tentativas, em cada Período de Maior Movimento	≥ 93%	Área de Numeração (popular DDD)	Local
<b>OKN</b>	Taxa de Completamento de Chamadas LDN Originadas	Chamadas de Longa Distância Nacional originadas completadas do total de tentativas, em cada Período de Maior Movimento	≥ 92%	Área de Numeração (popular DDD)	LDN
<b>OKI</b>	Taxa de Completamento de Chamadas LDI Terminadas	Chamadas de Longa Distância Internacional terminadas completadas do total de tentativas, em cada Período de Maior Movimento	≥ 92%	Área de Atuação	LDI

Fonte: Anatel (2018).

Para os mesmos períodos, porém, em relação a reação e reclamações de usuários, as metas definidas para reclamações da modalidade Local, Longa Distância Nacional, e total de reclamações prestadas referente a prestadoras de serviços junto a Anatel foram definidas como 2%, reclamações por documentos de cobrança com erros em 2,5%, e solicitações de reparos em 5%.

A Tabela 6 detalha os indicadores de qualidade referentes as reações de usuários, descrevendo cada um deles e exibindo os valores definidos para metas.

**Tabela 6 - Indicadores de qualidade de serviço referente a reações de usuários da STFC .**

MNEMÔNICO	INDICADOR	DESCRIÇÃO	META EM VIGOR	APLICABILIDADE DA META	MODALIDADE(S) ASSOCIADA(S)
REL	Taxa de Reclamações na modalidade Local	Reclamações recebidas na prestadora referente à modalidade local pelo total de acessos individuais em serviço	≤ 2%	Área de Numeração (popular DDD)	Local
RED	Taxa de Reclamação na(s) modalidade(s) de Longa Distância	Reclamações recebidas na prestadora referente às modalidades LDN e LDI pelo total de documentos de cobrança emitidos para essas modalidades	≤ 2%	Área de Numeração (popular DDD)	LDN, LDI
REA	Taxa de Reclamações na Anatel	Reclamações recebidas na Anatel sobre o total da prestadora, para todas as modalidades	≤ 2%	Área de Numeração (popular DDD)	Local, LDN e LDI
RAI	Número de Solicitações de Reparo de Acessos Individuais	Solicitações de reparo de acessos individuais recebidas na prestadora por 100 acessos individuais em serviço	≤ 2	Área de Numeração (popular DDD)	Local
TEP	Número de Solicitações de Reparo de TUP/TAP	Solicitações de reparo de TUP/TAP recebidas na prestadora concessionária das modalidades Local e LDN por 100 acessos coletivos em serviço	≤ 5	Área de Numeração (popular DDD)	Local e LDN
TEP2	Número de Solicitações de Reparo de TUP/TAP	Solicitações de reparo de TUP/TAP recebidas na prestadora concessionária das modalidades LDN e LDI por 100 acessos coletivos em serviço	≤ 5	Área de Atuação	LDN e LDI
DCE	Número de Documentos de Cobrança com Reclamação de Erro	Documentos de cobrança com reclamação de erro por 1.000 documentos de cobrança emitidos	≤ 2,5	Área de Numeração (popular DDD)	Local, LDN e LDI

Fonte: Anatel (2018).

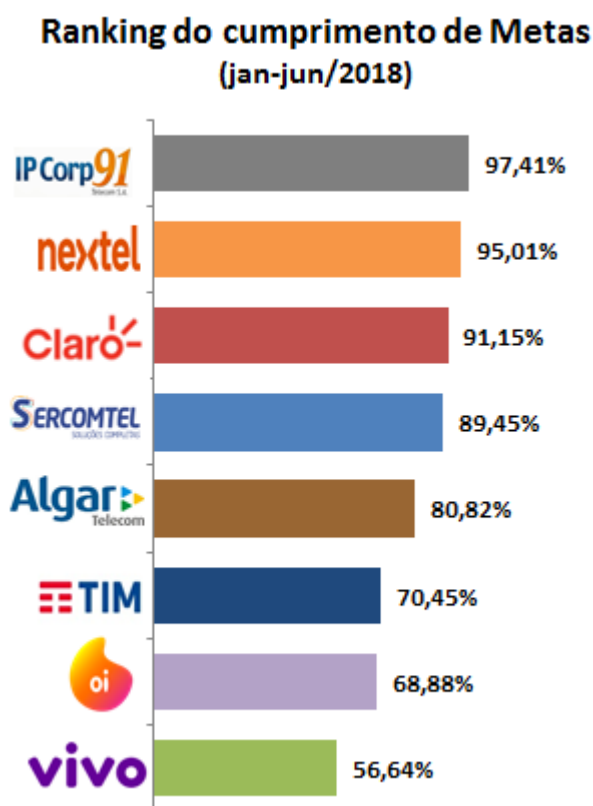
Além dos onze indicadores relacionados a rede e reação, existem também mais cinco referentes a questões de atendimento na telefonia comutada.

Segundo o acompanhamento de qualidade de serviços para a Telefonia Fixa, através do monitoramento dos indicadores de desempenho operacional das prestadoras de serviço, que devem ser alcançados mensalmente, em cada área geográfica baseada em sua área de

atuação, para o primeiro semestre de 2018 os cumprimentos de metas foram de 75%, considerando uma média dos tipos de indicadores utilizados para essa modalidade.

Levando em consideração a média em relação aos anos anteriores completos, esse resultado representa uma melhora comparado aos anos de 2013 (74,7%), 2014 (73,2%), 2015 (72,8%), entretanto, fica abaixo do verificado durante o ano de 2016 (77,5%) e 2017 (78,6%).

Conforme a Figura 17, são apresentados os percentuais médios de cumprimento de metas por prestadora de serviço em território nacional.



**Figura 17 - Percentual de cumprimento de metas estabelecidas por prestadora de serviço.**

**Fonte: Anatel (2018).**

De cumprimento individual de metas por indicador, as taxas de chamadas completadas para centrais de atendimento locais atingiram 94,9% e as de ligações locais completadas atingiram 87,6%. Para ligações de longa distância, em Longa Distância

Nacional as chamadas completadas atingem 82,9%, mostrando uma disponibilidade de serviço acima dos 82% para qualquer modalidade de ligação dentro do território nacional. A mesma efetividade não ocorre para as chamadas de Longas Distância Internacional, onde o percentual atingido fica na casa de 14,6%.

A Figura 18 apresenta os percentuais de cumprimento de meta por tipo de indicador utilizado para STFC.

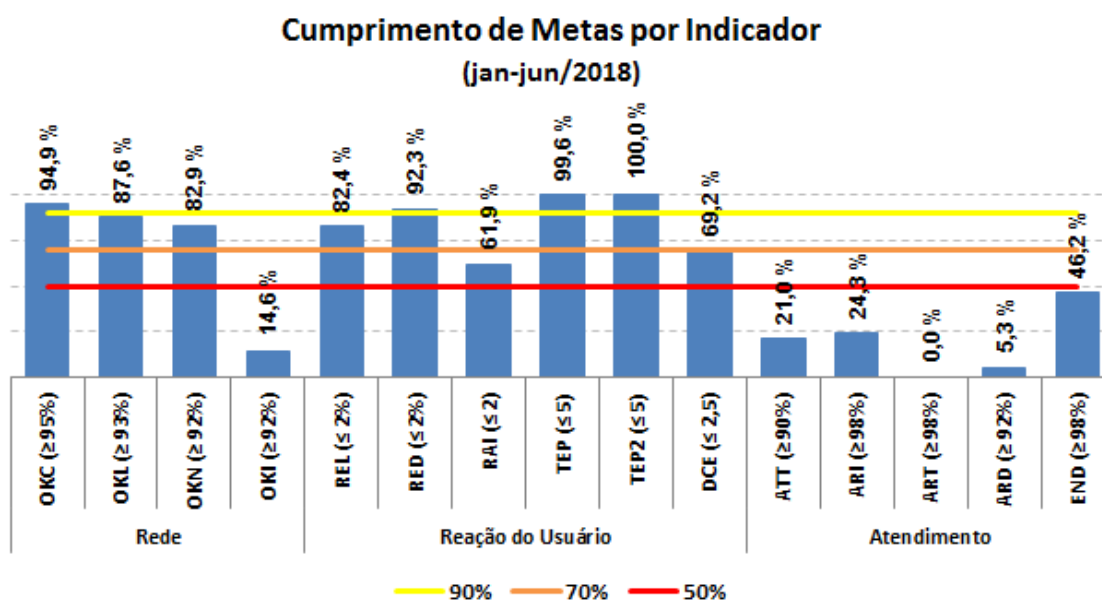
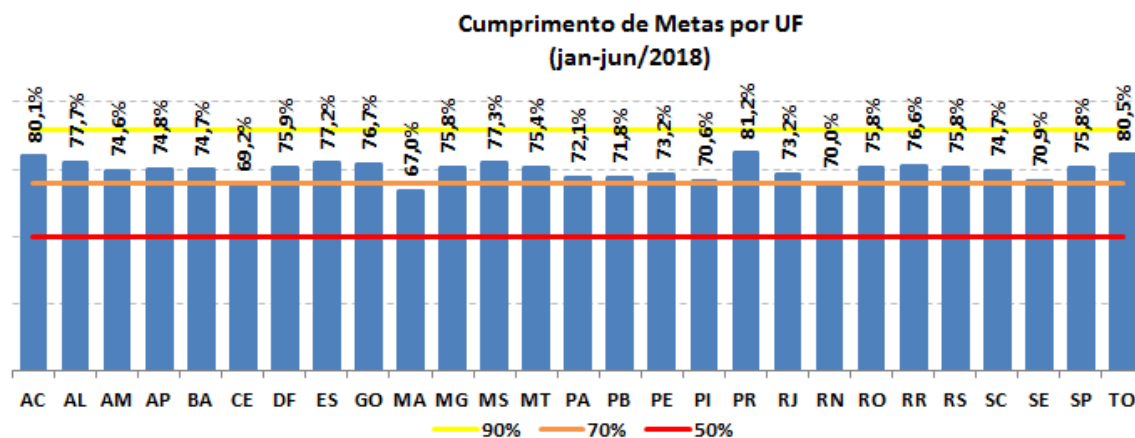


Figura 18 - Percentuais de cumprimento das metas por indicador.

Fonte: Anatel (2018).



A Figura 19 apresenta os percentuais médios gerais por estado dentro do cenário nacional.



**Figura 19 - Percentuais médios gerais dos indicadores por estado.**  
**Fonte: Anatel (2018).**

Observando as figuras 18 e 19, Maranhão e Ceará obtiveram os piores índices (67% e 69,2 respectivamente), e três estados atingiram números superiores a 80%, são eles, Paraná (81,2% - melhor resultado nacional), Tocantins (80,5%) e Acre (80,1%).

Do lado das comunicações por VoIP, a redução de custos é um dos principais fatores relacionados a sua implantação em ambiente empresarial. Tem também como características a possibilidade de ampliação de opções de comunicação, onde os serviços podem ser integrados em estações de trabalho, utilizados não somente para voz, como também para videoconferências e transmissão de dados em um ambiente convergente com compartilhamento de equipamentos e recursos. Sistemas internos baseados em VoIP também permitem um melhor gerenciamento das ferramentas e serviços.

Na questão de custos de utilização e tarifações, no ambiente interno da empresa, a comunicação ocorre sem custo, tendo uma estrutura VoIP implementada. Em ambiente externo, as prestadoras de serviço oferecem valores mais atraentes para a comunicação nacional entre códigos de área diferentes e também para ligações internacionais.

Como é um serviço que, para realização de chamadas externas, depende da qualidade de serviços de banda larga disponíveis e estabilidade dos mesmos, muitos dos fatores estão associados a essa qualidade de conexão e disponibilidade da rede, onde, nesse caso, apresenta maiores variações e problemas relacionados a instabilidade.

Através dessas instabilidades surgem problemas de atrasos, onde o tempo de chegada de pacotes é elevado, podendo gerar eco e sobreposição de sinal com efeito de linha cruzada. Existem fatores de atraso externos aos problemas de rede, como digitalização e codificação da voz. Relacionados as redes IP também existem as variações de atraso, onde, por características das redes, os pacotes são entregues com diferentes valores de *delay*, e perdas de pacotes, onde as redes podem não assegurar o recebimento de pacotes e nem a ordem correta de envio, onde pacotes podem inclusive se perder durante congestionamentos de rede. Mesmo com a tecnologia VoIP possuindo *buffers* para minimizar esses tipos de problemas, perdas de pacotes elevadas, como as superiores a 10%, inviabilizam as tratativas.

Alguns outros pontos de divergência, considerados negativos, entre eles a questão de o sistema não possuir sistema de alimentação elétrica disponibilizado diretamente por centrais e, em diversos casos não possuem acesso a números de serviços de emergência, e também questões de custo para ligações externas locais, onde, na telefonia comutada, em diversos casos foram removidas as tarifações e limites para essa modalidade.

Para controle de qualidade dos serviços de banda larga, a Anatel também faz utilização de indicadores de qualidade para os serviços de banda larga fixa, ou Serviço de Comunicação Multimídia (SCM). Da mesma forma como nos serviços de telefonia comutada, existem indicadores para rede, reação e reclamações de usuário e atendimento.

Segundo a Anatel (2018), as metas definidas para garantia da velocidade instantânea contratada (velocidade aferida em cada medição), latência para recebimento e envio inferiores a 80 milissegundos em conexões terrestres, variações de latência de no máximo 50 milissegundos, perda de pacotes inferiores a 2% e taxa de disponibilidade de rede superior a 99%, são os indicadores que tem como meta definida de 95%. Para garantia de velocidade média contratada (média de todas medições realizadas), a meta definida foi de 80%.

A Tabela 7 apresenta detalhadamente todos os indicadores de qualidade de serviços relacionados a rede em serviços de banda larga, como as metas definidas para cada indicador:

**Tabela 7 - Indicadores de qualidade de serviços de banda larga.**

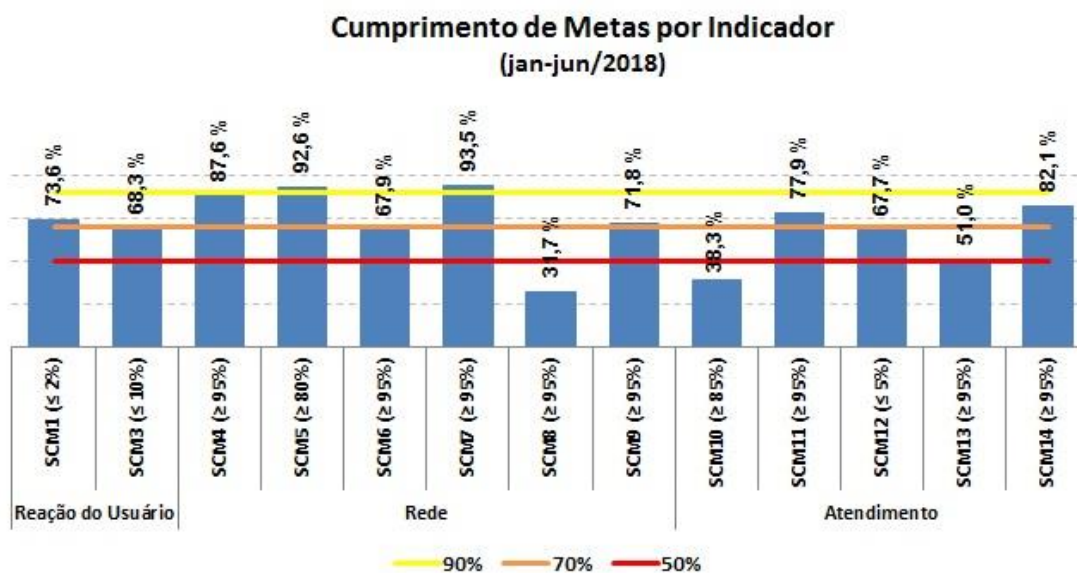
MNEMÔNICO	INDICADOR	DESCRIÇÃO	META EM VIGOR	APLICABILIDADE DA META
SCM4	Garantia de Velocidade Instantânea Contratada	Representa a velocidade aferida em cada medição. Deve atingir no mínimo 40% da velocidade contratada em 95% das medições realizadas, das 10h - 22h	≥ 95%	Unidade Federativa
SCM5	Garantia de Velocidade Média Contratada	Representa a média de todas as medições realizadas na rede da prestadora. Deve atingir no mínimo o percentual descrito à direita da velocidade contratada nas medições realizadas, das 10h - 22h	≥ 80%	Unidade Federativa
SCM6	Latência Bidirecional	Mede o tempo em que um pacote de dados percorre a rede até seu destino e retorna à sua origem. Representa o percentual de medições realizadas em que a latência atingiu no máximo, 80 milissegundos em conexões terrestres e 900 milissegundos em conexões por satélite, das 10h - 22h	≥ 95%	Unidade Federativa
SCM7	Variação de Latência	Mede a variação do atraso na transmissão de pacotes sequenciais de dados, o que impacta nas transmissões em tempo real. Representa o percentual de medições realizadas em que a variação da latência atingiu no máximo 50 milissegundos, das 10h - 22h	≥ 95%	Unidade Federativa
SCM8	Taxa de Perda de Pacote	Mede o percentual de pacotes de dados descartados em cada medição. Representa o percentual de medições realizadas em que a perda de pacote atingiu no máximo 2%, das 10h - 22h	≥ 95%	Unidade Federativa
SCM9	Taxa de Disponibilidade	Mede o tempo em que a rede da prestadora opera sem interrupção ou degradação do serviço. Representa o percentual de medições realizadas em que a disponibilidade da rede foi de no mínimo 99%, das 10h - 22h	≥ 95%	Unidade Federativa

Fonte: Anatel (2018).

Segundo o acompanhamento de qualidade de serviços para a banda larga fixa, através do monitoramento dos indicadores, para o primeiro semestre de 2018 os cumprimentos de metas foram de 68,5%, considerando uma média dos tipos de indicadores utilizados para essa modalidade.

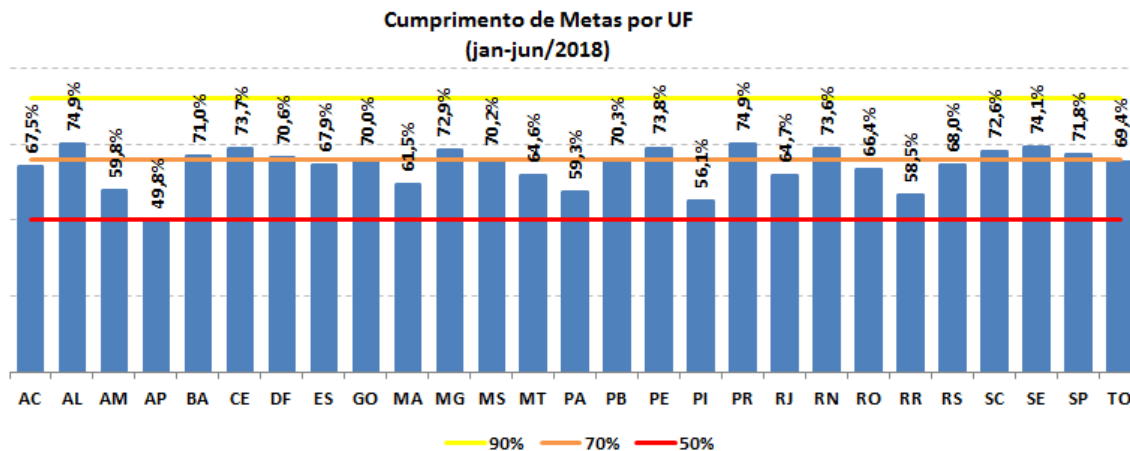
Em relação ao cumprimento individual de metas por indicador, a taxa de garantia de velocidade instantânea contratada atingiu 87,6% e a taxa de garantia de velocidade média atingiu 92,6%. Os valores atingidos para as taxas de latência bidirecional foram de 67,9%, e para variação de latência de 93,5%. O valor alcançado referente a perda de pacotes ficou bem abaixo da meta estipulada, onde foram definidos 95% de meta e alcançados 31,7%. As taxas de disponibilidade de serviço, onde o serviço deve ser prestado sem interrupção ou degradação, alcançaram os valores de 71,8%.

A Figura 20 apresenta os percentuais atingidos por indicador para os serviços de banda larga.



**Figura 20 - Percentual de cumprimento de metas por indicador em serviços de banda larga.**  
Fonte: Anatel (2018).

A Figura 21 apresenta os resultados médios separados por estado.



**Figura 21 - Percentual médio de cumprimento de metas por indicador em serviços de banda larga.**  
Fonte: Anatel (2018).

Diferentemente dos valores alcançados pela telefonia comutada em território nacional, os resultados alcançados para banda larga ficaram abaixo na consideração total dos indicadores. Comparando todos os fatores de disponibilidade e qualidade de serviços, para a telefonia fixa, a grande maioria dos estados conseguiram alcançar entre 70% e 80% das metas definidas, onde dois casos ficaram abaixo dos 70%, e três obtiveram resultados superiores a 80%. Para os serviços de banda larga, um estado obteve resultado de metas inferior a 50% (Amapá), quatro estados obtiveram metas alcançadas entre 50% e 60%, oito estados atingiram resultados entre 60% e 70% e os demais ficaram entre 70% e 80%. Nenhum estado conseguiu obter resultado superior a 80%.

Em um ambiente com as condições de rede adequadas, a comunicação se mantém com latência inferior aos limites, onde é possível manter uma comunicação de qualidade e eliminando problemas de atrasos, porém, com a incapacidade das redes de se manterem em uma eficiência elevada nas questões de disponibilidade, os serviços de comunicação são afetados por esses fatores. Tem-se por objetivo manter fatores de latência inferiores a 80 milissegundos, mas, conforme representação dos indicadores, em grande parte dos casos os valores oscilam ou são excedentes.

A perda de pacotes, que fica muito abaixo de valores desejáveis, também tem grande influência na qualidade da comunicação VoIP, onde a comunicação não pode ser executada ou se manter com qualidade. Também ficam claros os problemas de nível regional para utilização de VoIP, onde alguns estados apresentam resultados bem abaixo dos desejáveis, onde a probabilidade de conseguir utilizar serviços acaba ficando abaixo dos 50%, e tornando uma comunicação com determinadas regiões altamente comprometida.

Uma rede que possui exclusividade para utilização de serviços de dados e VoIP, com gerenciamento e estrutura adequada, pode por meio da implementação de mecanismos de controle de tráfego e de metodologias de QoS, atender requisitos de todos os serviços e prover comunicação VoIP com qualidade. Porém, considerando as estruturas de redes utilizadas pelos provedores de internet banda larga, onde ao longo dos anos e em diversas regiões não haviam controles efetivos de banda utilizadas e fornecimento de qualidade de serviço, não se podem garantir em diversos casos a disponibilidade dos serviços de comunicação e mídias em tempo real.

Segundo Filho (2008), alguns provedores de serviços de telefonia IP têm conseguido oferecer qualidade de serviço usando a Internet, especialmente para chamadas de longas distância. Sua estratégia é voltada para o gerenciamento da qualidade de serviço utilizando várias rotas no *backbone* da Internet. O processo ocorre com a utilização de equipamentos dedicados rodando aplicações de verificação de qualidade de serviço em tempo real por parte dos provedores, direcionando o tráfego de voz para as rotas com melhor QoS considerando os momentos de envio. Esse fator também é levado em consideração em questões de custo, onde a provedora de serviços de voz não precisa realizar um investimento em estruturas de rede, pois os custos de expansão são de responsabilidade do proprietário de cada rede, e assim, não há necessidade de repasse de custos aos usuários.

Em ambientes corporativos, diretamente ligados a questões de custo e qualidade, também existem fatores essenciais que são aplicados, como:

- Contratação de serviços de Internet de vários provedores, garantindo disponibilidade e qualidade dos serviços;

- Implantação de sistemas de gerenciamento de acesso à Internet, semelhantes aos utilizados por provedores de telefonia IP;
- Investimento em equipamentos de rede para garantia de serviços, aumentando o custo de operação.

#### 4.1 H323 E SIP

Por serem os protocolos mais utilizados ao longo dos últimos anos, hoje estão presentes na maioria dos sistemas de comunicação baseados em VoIP. Desde o processo de desenvolvimento, mesmo que para utilização semelhante, foram desenvolvidos com visões tecnológicas diferentes. A origem do protocolo H.323 se deu pela ITU-T, setor com foco em telefonia convencional e responsável por suas normatizações, e tinha como intuito ser um protocolo para realização de chamadas em LAN sem qualidade de serviço. O SIP surgiu através de estudos do IETF, entidade responsável por realizar estudos e processos de pesquisa da Internet e já possui uma visão relacionada com essa área.

Sobre qualidade de serviço, conforme explica Watanabe (2008), as diferenças entre os dois protocolos não influenciam no QoS para telefonia de Internet, visto que o protocolo que é responsável pelo transporte da mídia é o RTP em ambos os casos.

Devido ao H.323 possuir herança das redes de circuito comutado, tem um processo de implementação mais complexo, pois possui uma pilha de protocolos extensa e não se espelha em métodos do HTTP como o SIP. O SIP possui um cabeçalho simplificado, onde são definidos dezenas de elementos comparados com as centenas do H.323, e, cada um dos cabeçalhos também contém menos parâmetros. O H.323 também necessita de diversos protocolos trabalhando em paralelo para a execução de atividades, como os protocolos H.450, H.225.0 e H.245 usados em encaminhamentos de chamada, sendo mais um fator de complexidade.

Nas primeiras versões do protocolo, o H.323 apresentava problemas de tradução sobre *firewalls*, situação que se tornou recorrente, com alterações a cada versão e publicações de novas recomendações juntamente com a versão 6. A operação no H.323 é

*stateful*, diferentemente do SIP que dependendo da operação realizada pode variar entre *stateful* e *stateless*.

Para extensibilidade de estruturas, o protocolo H.323 exige compatibilidade total de versões anteriores com as novas versões, resultado em código maior e mais complexo para implementação. O SIP não faz uma definição de requisitos de compatibilidade, resultando em um código simplificado, porém, sem garantia que as novas versões suportarão recursos anteriores.

Conforme Watanabe (2008), o SIP possui mecanismos de extensibilidade embutidos no código, é baseado em texto e a maior parte de sua estrutura é modular. O H.323 é um tanto complexo para definição de novos recursos e serviços, requerendo o código de fabricantes para serem especificados.

O SIP pode desempenhar sua função trabalhando paralelamente com outros protocolos, não necessitando de maiores modificações em seu núcleo funcional. No H.323, a interação de diversos protocolos ocorre de forma não tão facilitada para sua integração. Não é necessário realizar registro de *codecs* utilizados no H.323 juntos ao *IANA (Internet Assigned Numbers Authority)*, diferentemente do SIP, em que se faz necessário antes das implementações.

Ambos protocolos têm suporte de serviços equivalentes, independentes da forma de implementação para cada caso. As padronizações de serviços para H.323 são feitas pelas recomendações da ITU-T, especificamente pela H.450, e o SIP através de suas RFC e *white papers*, sendo que nenhuma é definida como recomendação principal.

Watanabe (2008) também esclarece que o tempo para aquisição de serviços também é equivalente nos dois protocolos, quando utilizando UDP. A diferença é que o H.323 estabelece uma conexão de backup via TCP paralelamente ao UDP, enquanto o SIP o faz sequencialmente, após falha do UDP

A respeito de segurança, para o H.323 ela foi inicialmente implementada em sua versão 2 provendo vários níveis de segurança, dos quais não existiam em versões anteriores. Uma das mais notáveis adições de segurança foi o suporte ao *SRTP (Secure Real Time Transport Protocol)*. O SIP possui suporte a autenticação baseada nos mecanismos HTTP. Autenticações de segurança criptografada é suportada através de



*SSL/TSL (Secure Sockets Layer - Transport Layer Security)*, embora possa utilizar qualquer mecanismo da camada de transporte ou similares ao HTTP, como *SSH (Secure Shell)* ou *S-HTTP (Secure Hypertext Transfer Protocol)*. Também pode utilizar *PGP (Pretty Good Privacy)* e *S/MIME (Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions)* para autenticação criptográfica.

## 4.2 ANÁLISE DE CUSTOS

Para utilização de uma estrutura completa de telefonia em ambiente corporativo, é necessária a utilização de uma central telefônica, tanto analógica como IP. Em comparação direta de custos, para equipamentos de entrada, pode se considerar uma equivalência de valores, onde os preços são menores para centrais totalmente analógicas. Considerando os valores verificados durante o período de outubro e novembro de 2018, uma central PABX analógica Intelbras Impacta 40, da qual possui 4 linhas e 12 ramais era encontrada por valores em torno de R\$ 1.850,00 em território nacional. Uma central IP Intelbras modelo CIP 850, de nível equivalente, no mesmo período, era encontrada por valores em torno de R\$ 1.700,00. Existe a possibilidade de que as duas centrais trabalhem em conjunto, bem como expansão da central analógica para até 8 linhas e 32 ramais, incluindo possibilidade de linhas IP através de modularização do equipamento.

Com base nesses equipamentos, verifica-se que as centrais comercializadas com foco para uso analógico já estão preparadas para lidar com telefonia IP, mesmo que sem interfaces incluídas ou com baixas possibilidades de utilização. Uma central PABX, de entrada totalmente analógica, de modelo Intelbras Conecta Mais, com 2 linhas e 4 ramais, se encontrava com valores em torno de R\$ 780,00 reais, porém, verifica-se que os modelos também básicos Impacta 16 e Impacta 40, também de 2 linhas e 4 ramais e já preparados para lidar com telefonia IP, custavam em torno de R\$ 1.150,00 e R\$ 1.200,00 respectivamente.

Alternativas de PABX híbridos também são encontradas com grandes variedades, como por exemplo o modelo Intelbras Impacta 68i. A versão com 6 linhas e 12 ramais analógicos tinha custo em torno de R\$ 2.550,00. Essa versão já possuía um foco maior nas

comunicações VoIP, tendo possibilidade de trabalhar com até 6 linhas e 32 ramais analógicos, valores semelhantes ao de seus modelos inferiores, porém também trabalha com até 30 linhas IP e 30 ramais IP, diferentemente dos modelos mais simples de capacidade máxima de 4 linhas.

Para custos de equipamentos de utilização por parte de usuário, comparando aparelhos telefônicos analógicos e IP, os valores são consideravelmente mais altos para os de telefonia IP. Comparando também dois modelos simples de aparelhos com características semelhantes, o Intelbras Tc 60 Id era encontrado com valores em torno de R\$ 95,00 e o modelo Intelbras Tip 125 Poe era comercializado em média por R\$ 230,00 (CASA DO PABX, 2018).

Sobre as tarifações, também foram considerados os valores dentro do mesmo período, levando em conta valores cobrados para uma linha de plano ou pacote empresarial de ambos os serviços. Sobre os serviços, para telefonia convencional, serão utilizados planos das prestadoras Vivo e Oi e, para telefonia IP, da prestadora DirectCall.

A prestadora Oi apresenta um serviço de comunicação empresarial ilimitado em território nacional, onde estão incluídas ligações locais, e Longa Distância Nacional para fixos e celulares independentes de operadora de destino. Era o único plano disponível, no período, para empresas de pequeno e médio porte. O valor do plano era de R\$ 84,90 mensais e possuía uma taxa de adesão de R\$ 192,00. Como o plano não incluía chamadas de Longa Distância Internacional, existem valores pré-definidos de acordo com o tipo de ligação, e também tarifas variantes aplicadas de acordo com estado de origem, país de destino, com variações de impostos aplicadas, também sendo diferenciadas para destino fixo ou móvel, conforme apresentados nas tabelas 8 e 9.

**Tabela 8 - Tarifas para realização de chamadas internacionais da prestadora Oi.**

<b>Descrição</b>	<b>Preço</b>
Fixo ou Celular dos EUA ou Portugal.	R\$ 0,18/min
Fixo dos países Alemanha, Argentina, Austrália, Chile, Espanha, França, Israel, Itália, Japão, México, Paraguai, Reino Unido, Suíça e Uruguai.	R\$ 0,38/min
Celular dos países Alemanha, Argentina, Austrália, Chile, Espanha, França, Israel, Itália, Japão, México, Paraguai, Reino Unido, Suíça e Uruguai.	R\$ 1,09/min
Fixo ou Celular dos demais países.	R\$ 2,26/min

**Tabela 9 - Tarifas variáveis por estado de origem e impostos atribuídos da prestadora Oi.**

<b>País Destino</b>	<b>Alagoas (para Fixo)</b>	<b>Alagoas (para Celular)</b>	<b>Minas Gerais (para Fixo)</b>	<b>Minas Gerais (para Celular)</b>	<b>Rio de Janeiro (para Fixo)</b>	<b>Rio de Janeiro (para Celular)</b>
Alemanha	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Argentina	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Austrália	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Chile	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Espanha	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
EUA	0,17303	0,17303	0,16818	0,16818	0,17817	0,17817
França	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Israel	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Itália	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Japão	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
México	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Paraguai	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Portugal	0,17303	0,17303	0,16818	0,16818	0,17817	0,17817
Reino Unido	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Suíça	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Uruguai	0,36049	1,03821	0,35038	1,00911	0,37119	1,06904
Outros	2,16294	2,16294	2,10231	2,10231	2,22717	2,22717

A prestadora Vivo tem como plano empresarial de entrada o Ilimitado Local Empresas. A proposta do plano é oferecer ligações ilimitadas para fixos e celular, independente de operadora de destino e horário de ligação, para dentro da mesma cidade. O valor mensal de assinatura do plano é de R\$ 45,00 e não possui valor de adesão dos serviços. Para ligações de Longa Distância Nacional e Internacional são considerados

horários de tarifa normal (das 08:00 as 17:59) e horários de tarifa reduzidas (demais horários, domingos e feriados nacionais) e possuem tarifação independente conforme as tabelas 10 e 11:

**Tabela 10 - Tarifas para chamadas LDN da prestadora Vivo (Valor por minuto).**

Destino	Normal	Reduzido
Fixo	R\$ 1,13120	R\$ 0,96151
Móvel	R\$ 3,25492	R\$ 3,07242

**Tabela 11 - Tarifas da modalidade LDI da prestadora Vivo para alguns países (Valor por minuto).**

País	Tarifa Normal	Tarifa Reduzida
EUA	R\$ 1,41350	R\$ 1,25957
Canadá	R\$ 3,76305	R\$ 3,60912
Argentina	R\$ 2,21579	R\$ 2,06186
Portugal	R\$ 2,21579	R\$ 2,06186
Suécia	R\$ 3,58610	R\$ 3,43217
Guiné Bissau	R\$ 13,64131	R\$ 13,48738

A prestadora de serviços de telefonia IP trabalha com duas formas de comercialização de planos de telefonia empresarial, pré-pago e pós-pago. Os planos são definidos por faixa de valor de carga, da forma em que o valor é referente ao limite que o usuário terá para utilização, realizando as cargas nas formas de pagamento pré-pago ou pós-pago. A tarifação para ambos os casos tem valores por minuto reduzidos de acordo com o plano assinado, ou seja, quando maior o valor de carga, maior a redução de custo por minuto de ligação, que normalmente afeta todas as formas de ligação da modalidade Longa Distância Nacional. Essas reduções de tarifas ocorrem para ligações locais também, porém somente no plano pós-pago.

Será considerado somente o plano de entrada pós-pago, onde o valor predefinido para carga é de R\$ 250,00. Além do valor de carga, é cobrado um valor de configuração e ativação por linha, cobrado uma única vez, no valor de R\$ 25,00. Também há a cobrança de uma taxa de mensalidade e manutenção, por linha, no valor de R\$ 25,00 mensal.

Nos valores de tarifa para ligações Longa Distância Nacional, além de redução de tarifas de acordo com o valor de carga, também existem diferenças de tarifas de acordo com a identificação do número utilizado. Se você realizar ligações identificando para o seu destinatário um número fixo adquirido pela própria prestadora, identificando um número local para o código de área onde são realizadas as ligações, identificando número externo, ou identificando um número aleatório gerado pela prestadora somente para realização de chamadas sem retorno, as tarifas variam de acordo com essas opções. Essas variações também ocorrem para realização de ligações para telefones celulares.

Com a obtenção de um número da prestadora, ligações para outros números que também sejam adquiridos através dela não possuem cobrança de tarifa. A obtenção de números da prestadora pode ocorrer para qualquer código de área, independente de presença física. A tarifação ocorre conforme exibida na Tabela 12:

**Tabela 12 - Tarifação nacional da prestadora DirectCall (Valor por minuto).**

<b>Modalidade</b>	<b>Tarifa</b>
Local	R\$ 0,061
DDD identificando número da prestadora	R\$ 0,208
DDD identificando número aleatório	R\$ 0,140
DDD identificando número de telefonia local	R\$ 0,249
DDD identificando número externo	R\$ 0,322

A tarifação para ligações para celulares nacionais segue o mesmo formato de identificação de número, conforme exibido na Tabela 13.

**Tabela 13 - Tarifação para celulares nacionais da prestadora DirectCall (Valor por minuto).**

<b>Modalidade</b>	<b>Tarifa</b>
Celular nacional identificando ou não número da prestadora	R\$ 0,256
Celular nacional identificando número de telefonia local	R\$ 0,307
Celular nacional identificando número aleatório	R\$ 0,150
Celular nacional identificando número externo	R\$ 0,328

Para a realização de chamadas de Longa Distância Internacional, tanto para números fixos, quanto móveis, a tarifação pode ser a mesma ou sofrer alguma variação entre as modalidades de acordo com o país de destino ou código de área de destino. Nesse caso não existe uma tabela padrão de preços para diversos países, onde para cada um deles existe uma tarifa diferente aplicada. A Tabela 14 apresenta algumas tarifas para a modalidade LDI:

**Tabela 14 - Tarifação da modalidade LDI da prestadora DirectCall para alguns países (Valor por minuto).**

País	Tarifa
EUA	R\$ 0,223
Canada	R\$ 0,190
Portugal	R\$ 0,280
Nova Zelândia	R\$ 0,375
Suécia	R\$ 0,426

Considerando as tarifas por minuto para modalidade de Longa Distância Internacional, verifica-se que os custos de serviço da prestadora DirectCall são consideravelmente menores, se tornando claramente a melhor opção para ligações internacionais, levando em conta alguns dos países citados nas tabelas de tarifação anteriores.

A Tabela 15 exibe um comparativo direto de tarifas por minuto para a modalidade Longa Distância Internacional entre as prestadoras de serviços. Valores considerando tarifas em horários normais, e tarifas validas tanto para telefones fixos quanto celulares.

**Tabela 15 - Comparativo de tarifas LDI entre prestadoras.**

País	Oi	Vivo	DirectCall
EUA	R\$ 0,18	R\$ 1,41	R\$ 0,223
Canadá	R\$ 2,26	R\$ 3,76	R\$ 0,190
Portugal	R\$ 0,18	R\$ 2,21	R\$ 0,280
Nova Zelândia	R\$ 2,26	R\$ 6,74	R\$ 0,375
Suécia	R\$ 2,26	R\$ 3,58	R\$ 0,426

Para Longa Distância Nacional, dos planos analisados, a Oi apresenta vantagem por não realizar cobrança individual, somente o valor de mensalidade do plano de R\$ 84,90, onde somente não apresentaria clara vantagem para situações onde um número extremamente pequeno de ligações dentro do território fossem realizadas, onde a mensalidade teria valor superior as tarifações cobradas pelas demais prestadoras.

A DirectCall utilizando a telefonia IP representa uma segunda opção clara, onde possui tarifação nacional por minuto tanto para fixo quanto para móvel de valor máximo de R\$ 0,32, nesse caso ficando à frente de valores cobrados pela Vivo, e também por não possuir mensalidade fixa e trabalhar com valores de carga, onde as tarifas para Longa Distância Nacional podem ainda ser reduzidas de acordo com os valores de carga realizados.

Considerando um cenário empresarial onde se realizam 500 minutos de ligações locais, 500 minutos de ligações de Longa Distância Nacional para telefones fixos e 500 minutos de Longa Distância Nacional para celulares, compreendendo esse uso dentro de um mês e que todas sejam realizadas no horário comercial, para a prestadora Oi o valor cobrado seria somente a mensalidade de R\$ 84,90. Para a prestadora Vivo seriam cobrados R\$ 45,00 de mensalidade, R\$ 565,00 para Longa Distância Nacional fixa e R\$ 1.625,00 para Longa Distância Nacional para celulares, totalizando R\$ 2.235,00. Para a DirectCall os valores referentes a ligações locais seriam de R\$ 61,00, para Longa Distância Nacional Fixa R\$ 70,00 e para Longa Distância Nacional para celulares R\$ 75,00, totalizando R\$ 206,00 dentro de um plano de tarifação pós-paga com carga de R\$ 250,00.

Conclui-se com base nos valores cobrados pelos planos mais básicos, que serviços de comunicação de telefonia IP, como os oferecidos pela DirectCall, mesmo oferecendo tarifas menores em comparação direta com as tarifas cobradas por prestadoras convencionais, não tem como alcançar a redução de custos oferecida por planos que englobam todos os tipos de ligação em território nacional por um valor fixo.

Identificam-se planos que ainda realizam a tarifação por minuto para ligações de Longa Distância Nacional, como o plano da Vivo utilizado no comparativo, que não apresentam vantagens de utilização por custo, a menos que somente sejam realizadas

ligações locais, assim podendo fazer a utilização ilimitada do serviço local pelo menor valor oferecido pelas prestadoras analisadas. Se observa que a tendência dos planos é cada vez mais realizar a cobrança através de pacotes de minutos por modalidade, ou ligações ilimitadas em território nacional por uma taxa fixa de mensalidade, onde a própria Vivo possui alguns planos com valores superiores que trabalham dessa forma.



## 5 CONCLUSÕES

Através da realização dessa pesquisa e dos diversos fatores considerados que englobam as tecnologias estudadas, pode ser constatado que o processo de evolução das redes IP e, serviços que atuam em cima dessa estrutura, tem evoluído de forma muito rápida, através da criação e melhoria dos protocolos, e das estruturas físicas em si.

O processo de digitalização das comunicações foi fator essencial para a evolução dos serviços da própria telefonia convencional, disponibilizando-os com maior qualidade e trazendo o surgimento de serviços como redirecionamento de ligações.

Nas comunicações VoIP, a qualidade de ligação está se tornando cada vez melhor, e os serviços vem alcançando níveis de estabilidade cada vez maiores com os avanços relacionados a rede e a Internet. Na questão dos protocolos e codificadores utilizados, também se viram enormes avanços, onde, para a própria sinalização, independente de opção utilizada, desempenham basicamente as mesmas funções. Também passaram por diversas melhorias a cada nova versão. Também se vislumbra uma grande adoção do SIP, por estar relacionado mais diretamente com fatores de rede do que da própria telefonia tradicional, ter diversos facilitadores em seu uso e possuir equipamentos comercializados dentro de uma boa faixa de preço.

Analisando as estabilidades de serviços, se conclui que a telefonia IP consegue extrair ótimos resultados, tendo sempre uma melhoria e um aumento de qualidade acontecendo, por práticas realizadas por parte das prestadoras de serviços, e melhor qualidade de banda larga ao longo dos anos. Porém, ainda existem grandes problemas de disponibilidade, inclusive com alguns problemas regionais, que afetam diretamente a utilização dessas comunicações.

Analisando preços, pode-se dizer que já houve uma diferença maior entre a telefonia comutada e a telefonia IP, onde muitos planos tradicionais para usuários domésticos e empresariais acabaram se tornando mais competitivos. A utilização de tarifas ilimitadas para alguns tipos de ligação se tornaram mais frequentes, e também a redução de tarifas para os demais casos. A telefonia VoIP ainda apresenta ótimos valores para chamadas internacionais, e inclusive, interestaduais. Também se nota cada vez mais a grande

variedade de serviços que costumam ser atrelados aos planos de comunicação como facilitadores para o usuário.

Conclui-se então que a melhor forma é a utilização das duas tecnologias paralelas, extraindo o melhor de cada uma delas, e de equipamentos já preparados para trabalharem dessa forma. A tecnologia de comunicação comutada ainda está longe de ter seu uso diminuído drasticamente ou um fim, mas o que é totalmente claro é que os avanços nas comunicações estão relacionados com a Internet e a tecnologia VoIP.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANATEL. **Indicadores de Qualidade do Serviço de Banda larga Fixa (SCM)**. 2018. Disponível em < <http://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade/controle-banda-larga/110-qualidade/indicadores-de-qualidade/banda-larga-fixa/299-indicadores-de-qualidade-do-servico-de-banda-larga-fixa-scm> > Acesso em 09 de novembro de 2018.

ANATEL. **Indicadores de Qualidade do Serviço de Telefonia Fixa (STFC)**. 2018. Disponível em < <http://www.anatel.gov.br/dados/medidas-adicionais-como-funcionam/102-qualidade/indicadores-de-qualidade/291-indicadores-de-qualidade-do-servico-de-telefonias-fixa-stfc> > Acesso em 09 de novembro de 2018.

ANATEL. **Qualidade dos Serviços**. 2018. Disponível em < <http://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade> > Acesso em 09 de novembro de 2018.

ARNDT, Deise Monquelate. **Estudo e implantação do sistema de telefonia VoIP no CEFET-SC integrado ao serviço fone@RNP**. Monografia (Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) — Instituto Federal de Santa Catarina, maio 2009.

BARRETO, Fernando. **Proxysip Bridge: Uma abordagem para criar uma infraestrutura VoIP diferenciada**. RECIT. V. 3, N. 6, 2012.

BARROS, Douglas B. **Estudo e Implementação dos Principais Protocolos de Sinalização Utilizados em Telefonia Corporativa**. Monografia (Departamento Acadêmico de Eletrônica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

BATTISTI, Julio. **Conceitos TCP/IP UDP/IP**. 2009. Disponível em < [http://juliobattisti.com.br/artigos/windows/tcpip\\_p11.asp](http://juliobattisti.com.br/artigos/windows/tcpip_p11.asp) > Acesso em 07 de agosto de 2018.

CAMPOS, Alessandro de Souza. **Telefonia Digital: A Convergência de Voz em Dados**. 2007. Disponível em < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialconvdados/default.asp> > Acesso em 03 de setembro de 2018.

CASA DO PABX. **Casa do PABX**. 2018. Disponível em < <http://www.casadopabx.com.br> > Acesso em 10 de novembro de 2018.

CAVANAGH, Jim. *The Definitive Guide to Successful Deployment of VoIP and IP Telephony*. Realtime Publishers, 2006.

COLCHER, Sérgio. **VoIP – Voz sobre IP**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

FERRARI, Antonio Martins. **Telecomunicações: Evolução e Revolução**. 3. ed. São Paulo: Erica, 1998.

FILHO, Huber Bernal. **Telefonia IP**. 2008. Disponível em < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelip/default.asp> > Acesso em 19 de setembro de 2018.

FIGLIANO, Virgílio. **Wireless: Introdução às redes e operações de telecomunicações móveis celulares**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

JUNIOR, Flavio M. D. **Guia de Sinalização em Tronco E1**. 2003. Disponível em < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialgsin/default.asp> > Acesso em 03 de novembro de 2018.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de Computadores e a Internet: Uma abordagem TopDown**. 5. ed. Sao Paulo: Addison Wesley, 2010.

LEMOS, Guido; SOARES, Luiz Fernando Gomes; COLCHER, Sérgio. **Redes de Computadores: Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

MOECKE, Marcos; SILVA, Saul Caetano. **Telefonia Digital: Multiplexação por divisão de tempo e transmissão digital PDH e SDH**. São José: Cefet, 2006.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva – Técnicas para Análise de Industrias e da Concorrência**. 7. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

ROSENBERG, J. **SIP: Session Initiation Protocol (SIP)**. IETF RFC 3261, 2002. Disponível em: < <https://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> > Acesso em 23 de outubro de 2018.

ROSS, Julio. **VoIP Voz sobre IP**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Antenna, 2007.

ROSSETTI, Adroaldo G; MORALES, Aran B. Tcholakian. **O papel da tecnologia da informação na gestão do conhecimento**. (2017). Disponível em: < <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1191/1362> > Acesso em 27 de agosto de 2018.

SATO, Alberto Mitsuo. **PABX IP**. (2004). Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialpabx/default.asp> > Acesso em 1 de setembro de 2018.

SOBRAL, Marcelo Maia. **REDES MULTIMIDIA**. (2003). Disponível em: < <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/index.php/RMU-2013-1> > Acesso em 28 de novembro de 2018.

SPENCER, M. **IAX: Inter-Asterisk eXchange Version 2**. IETF RFC 5456, 2010. Disponível em: < <https://www.ietf.org/rfc/rfc5456.txt> > Acesso em 29 de outubro de 2018.

TANENBAUM, Andrew Stuart. **Redes de Computadores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

TAROUCO, Liane. **SIP – Session Initiation Protocol**. 2003. Disponível em: < <http://penta3.ufrgs.br/RNP/piloto/geral/sip/> > Acesso em 28 de novembro de 2018.

TUDE, Eduardo. **Numeração Telefônica no Brasil**. 2003. Disponível em: < <http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialnum.pdf> > Acesso em 06 de novembro de 2018.

TUDE, Eduardo; SOUZA, José Luis De. **Telefonia Fixa no Brasil**. 2014. Disponível em: < [http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialstfc/pagina\\_3.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialstfc/pagina_3.asp) > Acesso em 28 de agosto de 2018.

WATANABE, Gerson Takashi. **Análise Comparativa dos Protocolos H.323 e SIP**. Monografia (Setor de Ciências Exatas - Departamento de Informática) – Universidade Federal do Paraná, 2008.