

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

DOUGLAS HENRIQUE COSTA CRUZ

**SOLUÇÃO DE VOZ SOBRE IP PARA O CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

São Luís – MA

2016

DOUGLAS HENRIQUE COSTA CRUZ

**SOLUÇÃO DE VOZ SOBRE IP PARA O CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Estadual do Maranhão, como registro para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

São Luís – MA

2016

C955p

Cruz, Douglas Henrique Costa

Solução de voz sobre IP para o Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Estadual do Maranhão / Douglas Henrique Costa Cruz. – São Luís, 2016.

87 f. ; il. color.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Curso de Engenharia de Computação da Universidade Estadual do Maranhão.

Inclui bibliografia.

1. Internet Protocol – IP. 2. Voz sobre IP – VoIP. 3. Asterisk. 4. Elastix. 5. Session Initiation Protocol – SIP. I. Título. II. Oliveira, Carlos Henrique Rodrigues de.

CDU: 004.934(812.1)

DOUGLAS HENRIQUE COSTA CRUZ

**SOLUÇÃO DE VOZ SOBRE IP PARA O CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Estadual do Maranhão, como registro para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Trabalho _____. São Luís – MA, ____ de _____ de 2016.

Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira

Orientador

Prof. Dr. Luís Carlos Costa Fonseca

Primeiro membro

Prof. Dr. Reinaldo de Jesus da Silva

Segundo Membro

À minha mãe, Maria do Rosário, que contribuiu essencialmente para minha formação, tanto educacional quanto moral.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que insiste em me chamar de filho.

À minha mãe, Maria do Rosário, pelo incentivo e amor por mim.

À minha namorada, Bruna Camila, meu suporte emocional.

À minha família, por todo apoio.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira, por ter me orientado com excelência, além de ter sido excepcionalmente compreensivo em relação às minhas falhas.

Aos amigos e familiares que contribuíram direta ou indiretamente com o trabalho: Ana Paula Ferreira, Danilo Braga, Denner Araújo, Júnior Lima, Maurício José e Richardson Lima.

Aos professores e funcionários do curso de Engenharia de Computação por todo conhecimento e ajuda oferecida ao longo do curso.

E por fim, mas não menos importantes, a todos os meus amigos-irmãos, que não caberiam nesta página e que me deram a honra de fazer parte da minha vida.

“A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

(Albert Einstein)

RESUMO

Apresenta o processo de instalação, configuração e análise do servidor VoIP Asterisk, utilizado por meio da distribuição Elastix, dada sua aplicação no Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Estadual do Maranhão. Explora os principais *softphones freeware* existentes no mercado, tanto para computador pessoal quanto para *smartphone*. Dimensiona e mostra a topologia da rede IP utilizada na aplicação da solução VoIP. Mostra os ramais criados com base no quadro de alunos, funcionários e professores do CCT-UEMA. Faz a análise de CAPEX e OPEX da solução VoIP. E, finalmente, realiza teste de funcionamento da solução VoIP.

Palavras-chave: VoIP. Asterisk. Elastix. SIP.

ABSTRACT

It presents the process of installation, configuration and analysis of VoIP Asterisk server used by the Elastix distribution, given its application in the Technological Sciences Center, State University of Maranhão. Explores the major softphones freeware on the market for both personal computer and smartphone. Scales and shows the IP network topology used in the application of VoIP solution. It shows the extensions created based on the framework of students, faculty and staff of CCT-UEMA. Does the analysis of CAPEX and OPEX VoIP solution. And, finally, performs test operation of the VoIP solution.

Key-words: VoIP. Asterisk. Elastix. SIP.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cenário de comunicação VoIP entre dois computadores/notebooks/smartphones	27
Figura 2 - Cenário de comunicação VoIP entre dois telefones IP	27
Figura 3 - Cenário de comunicação VoIP de um computador para um telefone comum	28
Figura 4 - Estrutura do datagrama IPv4	34
Figura 5 - Estrutura do segmento TCP	36
Figura 6 - Estrutura do segmento UDP	38
Figura 7 - Componentes H.323	40
Figura 8 - Processo de registro de um terminal a um gatekeeper	41
Figura 9 - Processo para localizar outro terminal	42
Figura 10 - Estabelecimento de uma chamada H.323	43
Figura 11 - Sintaxe de uma mensagem SIP	46
Figura 12 - Registro de um agente usuário SIP	48
Figura 13 - Redirecionamento de uma chamada SIP	49
Figura 14 - Estabelecimento de uma chamada SIP	50
Figura 15 - Estabelecimento de uma chamada SIP via servidor proxy	50
Figura 16 - Esquema geral dos componentes do Elastix	58
Figura 17 - Topologia da rede IP utilizada para o serviço de VoIP no CCT-UEMA	61
Figura 18 - Média mensal dos valores gastos pela UEMA em telefonia para os anos de 2013, 2014 e 2015	64
Figura 19 - Valores totais gastos pela UEMA em telefonia nos anos de 2013, 2014 e 2015	64
Figura 20 - Registro de um usuário ao servidor VoIP	66
Figura 21 - Estabelecimento e encerramento da chamada	67
Figura 22 - Troca de mídia	67
Figura 23 - Processo de instalação de Asterisk-Elastix 1	74
Figura 24 - Processo de instalação de Asterisk-Elastix 2	75
Figura 25 - Configurações de data e hora	75
Figura 26 - Configurações de rede	76
Figura 27 - Início da instalação, definição de senha de root e criação de conta de administrador do servidor VoIP	77
Figura 28 - Tela de login da interface web	78
Figura 29 - Interface principal do X-Lite	80
Figura 30 - Janela de Configuração de Conta	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de codificadores de sinais de voz.....	31
Tabela 2 - Comparação entre o H.323 e o SIP	51
Tabela 3 - Demonstração das listas de ramais	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACELP	<i>Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction</i>
ACK	<i>Acknowledgement</i>
ADPCM	<i>Adaptive Differential Pulse Code Modulation</i>
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CCT	Centro de Ciências Tecnológicas
CDR	<i>Call Detail Record</i>
CPCT	Central Privada de Comutação Telefônica
CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i>
CS-ACELP	<i>Conjugate Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction</i>
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
EUA	Estados Unidos da América
GCF	<i>Gatekeeper Confirm</i>
GRJ	<i>Gatekeeper Reject</i>
GRQ	<i>Gatekeeper Request</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
HTTPS	<i>Hypertext Transfer Protocol Secure</i>
IAB	<i>Internet Activities Board</i>
IAX	<i>Inter-Asterisk eXchange</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IFPB	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
IHL	<i>Internet Header Length</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISDN	<i>Integrated Service Digital Network</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
ITU-T	<i>Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LDCELP	<i>Low-Delay Code Excited Linear Prediction</i>
MCU	<i>Multipoint Control Unit</i>
MEGACO	<i>Media Gateway Control</i>
MGCP	<i>Media Gateway Control Protocol</i>

MP3	<i>MPEG Layer 3</i>
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>
MP-MLQ	<i>Multiple Maximum Likelihood Quantization</i>
NAT	<i>Network Address Translation</i>
NS	<i>Network Servers</i>
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
PBX	<i>Private Branch eXchange</i>
PCM	<i>Pulce Code Modulation</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RAS	<i>Registration, Admission and Status</i>
RCF	<i>Registration Confirmation</i>
RFC	<i>Requests for Comments</i>
RNP	Rede Nacional de Pesquisa
RRJ	<i>Registration Reject</i>
RRQ	<i>Registration Request</i>
RTCP	<i>Real-Time Transport Control Protocol</i>
RTP	<i>Real-Time Transport Protocol</i>
RTPC	Rede Telefônica Pública Comutada
RTSP	<i>Real Time Streaming Protocol</i>
SDP	<i>Session Description Protocol</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SRTP	<i>Secure Real-Time Transport Prococol</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TOS	<i>Type of Servise</i>
TTL	<i>Time to Live</i>
UA	<i>User Agents</i>
UAC	<i>User Agent Client</i>
UAS	<i>User Agent Server</i>
UCF	<i>Unregister Confirmation</i>
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
URA	Unidade de Resposta Audível

URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
URJ	<i>Unregister Reject</i>
URQ	<i>Unregister Request</i>
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i>
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
WAV	<i>Waveform Audio Format</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Motivação	16
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Apresentação da Pesquisa	17
1.4 Trabalhos Relacionados	18
2 REFENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Voz Sobre IP	22
2.1.1 Comutação de circuitos versus comutação de pacotes	23
2.1.2 Vantagens e desvantagens da utilização de VoIP.....	23
2.1.2.1 <i>Vantagens</i>	23
2.1.2.2 <i>Desvantagens</i>	25
2.1.3 Cenários de comunicação VoIP.....	26
2.1.3.1 <i>Entre dois computadores/smartphones</i>	26
2.1.3.2 <i>Entre dois telefones IP</i>	27
2.1.3.3 <i>Do computador para um telefone comum</i>	28
2.1.3.4 <i>Outras consideração acerca dos gatekeepers e gateways</i>	28
2.2 Componentes VoIP	29
2.2.1 Digitalização da voz	29
2.2.2 Conversão analógico-digital	30
2.3 Codecs	30
2.4 Protocolos TCP/IP	32
2.4.1 Protocolo IP	33
2.4.2 Protocolo TCP	35
2.4.3 Protocolo UDP.....	37
2.5 Protocolos VoIP	39
2.5.1 Padrão H.323	39
2.5.1.1 <i>Componentes do H.323</i>	39
2.5.1.2 <i>Operação do H.323</i>	41
2.5.1.2.1 <i>Registro de um terminal H.323 a um gatekeeper</i>	41
2.5.1.2.2 <i>Localizando outro terminal H.323</i>	42
2.5.1.2.3 <i>Estabelecimento de uma chamada H.323</i>	42
2.5.2 Protocolo SIP.....	43
2.5.2.1 <i>Componentes do SIP</i>	45

2.5.2.1.1 Agente Usuário SIP	45
2.5.2.1.2 Servidores de Rede SIP	45
2.5.2.2 Mensagens SIP	46
2.5.2.3 Solicitações SIP	47
2.5.2.4 Respostas SIP	47
2.5.2.5 Operação do SIP	48
2.5.3 Comparação entre o H.323 e o SIP.....	51
2.6 Asterisk e Elastix	52
2.6.1 Asterisk.....	52
2.6.2 O que é um PBX?	53
2.6.3 Asterisk versus PBX.....	54
2.6.4 Principais funções oferecidas pelo Asterisk	54
2.6.5 Elastix	57
3 METODOLOGIA.....	59
3.1 Levantamento Bibliográfico	60
3.2 Topologia da Rede IP Utilizada para a Aplicação da Solução VoIP	60
3.3 Quantificação de Ramais para o CCT.....	61
3.4 Instalação e Configuração do Servidor VoIP Asterisk-Elastix	62
3.5 Instalação e Configuração dos Clientes Softphones	63
3.6 Análise de CAPEX e OPEX da Solução VoIP	63
4 RESULTADOS	65
4.1 Testes de Funcionamento	66
5 CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICE A – Instalação e Configurações do Asterisk-Elastix.....	74
A.1 Instalação.....	74
A.2 Configurações.....	78
APÊNDICE B - Instalação e Configuração dos Sofphones	79
B.1 X-Lite	80
B.1.1 Opções de configuração de conta	80
B.1.2 Configurando um ramal	81
B.2 CSipSimple	82
B.3 Zoiper	83
APÊNDICE C – Listas de Ramais do CCT.....	85

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da internet e com a evolução da telecomunicação, da computação e conseqüentemente das redes de computadores, bem como das tecnologias e equipamentos relacionados a elas, caminha-se para o que é conhecido como convergência IP (*Internet Protocol*), ou seja, serviços (como televisão, rádio, telefonia, etc.) que possuíam suas próprias plataformas, agora tem a possibilidade de utilizar/compartilhar uma mesma plataforma ou meio, as redes IP. Surge então uma nova modalidade de comunicação, isto é, a tecnologia ou serviço conhecido como VoIP (*Voice over Internet Protocol – Voz sobre IP*). Esse surgimento começou na metade da década de 90, quando o VoIP foi gradualmente se tornando uma tecnologia madura para difusão no mercado. Mais tarde, já no fim da década de 90, começaram os primeiros testes-piloto, fazendo a tecnologia se ajustar e novas aplicações surgirem. Hoje, o serviço já está altamente difundido, com alta taxa de adesão e grande potencial de expansão (OLIVEIRA; LOURAS, 2005).

VoIP, basicamente, permite a transmissão de voz por IP, isto é, o sinal de voz é digitalizado, comprimido e convertido em pacotes IP para depois serem transmitidos por meio da rede IP. Para isso, além da utilização de codecs e dos conhecidos protocolos TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), existem os chamados protocolos de sinalização, utilizados para a configuração, estabelecimento e finalização das chamadas, esses protocolos carregam as informações necessárias para localizar usuários e para negociar recursos. Os principais protocolos de sinalização existentes são o SIP (*Session Initiation Protocol*) e o padrão (ou conjunto de recomendações) H.323 (ARORA, 1999; PEREIRA et al., 2013).

Assim, com foco no protocolo SIP, pretende-se neste trabalho instalar, configurar e fazer a análise do servidor VoIP Asterisk por meio da plataforma Elastix a partir da sua aplicação no Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

1.1 Motivação

Os fatores motivacionais que levaram ao desenvolvimento deste trabalho experimental inicial estão relacionados principalmente à redução de custos que a implementação da solução VoIP trará para a UEMA, uma vez que as chamadas utilizando exclusivamente VoIP tem custo zero, independente da distância ou diferença de localização geográfica (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011), ao contrário das chamadas realizadas via PSTN (*Public Switched*

Telephone Network), que são tarifadas por chamada e possuem preços maiores para chamadas interurbanas ou internacionais, por exemplo (TELECO, 2016).

Outro ponto a se destacar é a questão do ganho de produtividade, sabendo que a solução VoIP poderá oferecer ramais para todos os funcionários, uma vez que os ramais são criados em *software*, assim, em relação às secretárias, professores e diretores de curso, haverá economia do tempo gasto com o deslocamento a pé pelos mesmos, que passarão a poder se contatar através das chamadas via VoIP. Além disso, o serviço de VoIP, em conjunto com redes Wi-Fi, proporciona um ganho de mobilidade por parte de seus usuários, que poderão realizar chamadas por meio de *softphones* em seus *notebooks* ou até mesmo em seus *smartphones*, desde que haja cobertura de uma rede Wi-Fi.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Implantar uma solução de voz sobre IP no CCT-UEMA, utilizando o servidor VoIP Asterisk, por meio da distribuição Elastix.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Instalar e configurar o servidor Asterisk-Elastix, e fazer a análise de funcionamento da solução;
- b) Dimensionar e apresentar a topologia da rede IP onde será aplicado o serviço de VoIP;
- c) Mostrar os principais *softphones* existentes e como configurá-los;
- d) Mostrar os ramais criados com base no quadro de funcionários e alunos do CCT;
- e) Fazer a análise de CAPEX (*Capital Expenditure*) e OPEX (*Operational Expenditure*) do serviço de VoIP.

1.3 Apresentação da Pesquisa

Este trabalho está dividido em 5 capítulos, sendo que o capítulo de 1 trata dos aspectos introdutórios, com a introdução, apresentação das motivações, objetivos, organização do trabalho e trabalhos relacionados. A partir do capítulo 2, o trabalho está disposto da seguinte maneira:

- a) O capítulo 2 apresenta toda a literatura científica que serve como referencial teórico para o desenvolvimento do trabalho, onde inicialmente são feitas considerações gerais a respeito do serviço de VoIP, as vantagens e desvantagens que o serviço possui, bem como os principais cenários de aplicação do mesmo. Após isso são apresentados os componentes do serviço (*codecs*, protocolos de transporte, protocolos de sinalização, servidores), dando detalhes sobre cada componente em seguida. E por fim, é falado sobre o Asterisk, sobre os PBXs, sobre o Elastix, plataforma utilizada neste trabalho para a implementação da solução VoIP;
- b) O capítulo 3 traz a metodologia utilizada, onde são citadas e descritas as etapas do processo do desenvolvimento do trabalho;
- c) O capítulo 4 mostra os resultados do trabalho, ou seja, testes e demonstrações do funcionamento da solução VoIP;
- d) E finalmente, o capítulo 5 expõe as conclusões obtidas após a finalização do trabalho, bem como as últimas considerações acerca do mesmo, além das possibilidades para trabalhos futuros.

1.4 Trabalhos Relacionados

Com o objetivo de formar uma base de conhecimento prévia para o desenvolvimento desta pesquisa, foi necessária a busca de artigos, dissertações/monografias e outras fontes cujos temas estivessem relacionados ao deste trabalho e que se propusessem a fazer algo semelhante ao que este trabalho propõe. Deste modo, seguem os principais trabalhos encontrados relacionados ao serviço de VoIP e suas aplicações.

O trabalho da estudante Simone Harff, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, cujo título é “Requisitos e Proposta para Implantação de um Servidor VoIP”, faz um apanhado geral dos diversos aspectos envolvidos na implementação de um servidor VoIP, a saber, cenários de comunicação VoIP, protocolos de sinalização e transporte, *codecs*, NATs (*Network Address Translation*), *firewalls*, autenticidade, privacidade e QoS (*Quality of Service*) em VoIP, além de apresentar informações a respeito do Asterisk. Em seguida, fazendo uso de cada um dos pontos supracitados, o trabalho propõe uma solução de implantação VoIP na rede de uma empresa genérica e suas filiais, levando em conta alguns objetivos principais, como a comunicação entre a matriz e as filiais via VoIP, a interligação da central telefônica tradicional existente com o sistema VoIP, a qualidade e a confiabilidade semelhantes à telefonia

convencional, além da implementação dos serviços de URA (Unidade de Resposta Audível), correio de voz, registro e transferência de chamadas e vídeo conferência (HARFF, 2008).

Em “Análise e proposição de uma solução VoIP para o IFPB”, trabalho feito pelos estudantes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), A. M. A. Pereira, N. J. P. L. Ramos, T. P. M. de Alencar, S. E. N. Correia, M. C. Dias e A. G. D’Assunção Júnior, é proposta e validada uma solução VoIP considerando as necessidades de telefonia dos *campis* do IFPB. Onde, depois de feito o levantamento da topologia da rede de comunicação que interliga os *campis*, sugere-se a criação de uma rede telefônica *intercampi* integrada estabelecida utilizando a Rede IPÊ da RNP (Rede Nacional de Pesquisa) integrada aos sistemas existentes de telefonia de cada *campi*. O problema foi tratado em quatro cenários distintos: 1) Comunicação *intracampi* – neste cenário consideraram-se tanto as chamadas entre ramais VoIP quanto entre ramais VoIP e ramais analógicos do sistema de telefonia já existente. Desta forma, no *campus* de referência (João Pessoa) foi proposta a interligação do CPCT (Central Privada de Comutação Telefônica) – ou PBX (*Private Branch eXchange*), como são mais conhecidos – existente com um servidor VoIP utilizando o Asterisk. Além disso, foi especificado o SIP como protocolo de sinalização a ser utilizado, e o RTP (*Real-Time Transport Protocol*) encapsulado em pacotes SRTP (*Secure Real-Time Transport Protocol*), como protocolo de transporte de voz. Nos demais *campis* foi definido o uso de *hardwares* específicos; 2) Comunicação *intercampi* – aqui foram consideradas as chamadas realizadas entre ramais VoIP localizados em *campis* diferentes. Para isso, foi proposto o uso de VPNs (*Virtual Private Network*) e o uso do protocolo IAX (*Inter-Asterisk eXchange*), uma vez que o conjunto de protocolos SIP/SRTP poderia ser inviável, por questões relacionadas aos *firewalls*; 3) Comunicação com a RTPC (Rede Telefônica Pública Comutada) – engloba as chamadas realizadas entre a rede VoIP e a RTPC, e as chamadas entre um ramal de qualquer *campi* e telefones locais das cidades onde há *campis* do IFPB; 4) Mobilidade de ramais entre os *campi* – para este caso foi proposta a implantação de redes sem fio nas dependências do *campi* (João Pessoa), uma vez que foi constatado que cerca de 50% das chamadas realizadas são destinadas a telefones móveis. Após a especificação de cada cenário, com base nas informações de tráfego e topologia de rede, foi feita a simulação por meio do OPNET *Modeler*, com o objetivo de avaliar a qualidade das chamadas para os codecs G.711^a, GSM FR e G.729^a, além de testes em um cenário piloto. Com isso, o trabalho consegue demonstrar que a solução permitirá uma redução significativa do custo das chamadas *intercampi*, mobilidade entre as redes de cada *campi* e integração com a rede telefônica existente (PEREIRA et al., 2013).

X. Wei, Y. Bouslimani e K. Sellal, autores do artigo “*VoIP Based Solution for the Use Over a Campus Environment*”, descrevem em seu trabalho uma solução baseada em VoIP projetada para o uso em um ambiente de *campus* levando em consideração o contexto e arquitetura das redes de computadores. Para tal, a partir do Asterisk, criaram um novo servidor VoIP chamado “MoosSip-box”, baseado no Ubuntu 10.10. No que se refere à arquitetura da solução, foi definida uma configuração simples, composta por um computador onde o servidor está instalado, um *switch* como um meio de conexão para um telefone IP, um roteador para o envio de sinais para um telefone Wi-Fi e um *gateway* para conexão a um telefone tradicional. Essa solução foi implementada em dois dos *campus* da Universidade de Moncton, no Canadá. Além disso, foram realizados diversos testes, tais como: mensuração da rede sem fio; suficiência de largura de banda; perda de pacotes; atraso de pacotes e *jitter* (WEI; BOUSLIMANI; SELLAL, 2012).

No trabalho “*Asterisk Voice Exchange: An Alternative to Conventional EPBX*”, M. A. Qadeer e A. Imran descrevem os aspectos de *design* e implementação da troca de voz baseada em VoIP Asterisk, destacando este como uma alternativa à utilização de uma PBX. Para a implementação, utilizaram a distribuição Linux Fedora 4, e para fazer a conexão dos clientes ao servidor, contaram com a ajuda do protocolo IAX. Além disso, neste trabalho, são introduzidos alguns conceitos principais sobre VoIP e sobre a arquitetura interna do Asterisk, bem como questões relacionadas a *codecs* e protocolos utilizados pelas redes de comutação de pacotes com base em PBX. Com isso, chegaram à conclusão que o Asterisk, como solução para a troca de voz, é uma alternativa muito melhor em relação a uma PBX, não só por questões econômicas, mas também por oferecer recursos que não são oferecidos por uma PBX (QADEER; IMRAN, 2008).

Em “*Challenges in Securing Voice over IP*”, T. J. Walsh e D. R. Kuhn descrevem os principais problemas e soluções relacionados à utilização do VoIP no que se refere à segurança, destacando os problemas que envolvem questões de QoS, infraestrutura, *trade-offs* de segurança e a necessidade por novas tecnologias.

Assim, a principal contribuição deste trabalho em comparação aos trabalhos mencionados neste item 1.4 é a de não apenas descrever ou propor, mas implantar uma solução, mostrar e analisar o seu funcionamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Voz Sobre IP

A transmissão de sinais de voz vem sendo feita via Rede Pública de Telefonia Comutada há mais de 100 anos. Este mercado movimentava cerca de 100 bilhões de dólares anualmente (SILVA JUNIOR, 2003).

Com o advento da internet a rede pública de telefonia passou a ser utilizada como sub-rede para a transmissão de dados. Em 1999, o número de *bits* de dados transferidos igualou-se ao número de *bits* de voz. Em 2002, o tráfego de dados já era dez vezes maior (TANENBAUM, 2003).

Considerando esses fatos em conjunto com a evolução da telecomunicação, da computação e, conseqüentemente, das redes de computadores, surge uma nova modalidade de comunicação, isto é, a tecnologia conhecida como VoIP, que tem mostrado grande potencial. Hoje, a combinação de VoIP com as redes sem fio, que permitem acesso à internet em qualquer lugar e a qualquer momento, tem se tornado uma forte rival para a telefonia tradicional (WEI; BOUSLIMANI; SELLAL, 2012).

Segundo Walker e Hicks (2002, p. 10) “voz sobre IP, ou VoIP, é simplesmente a transferência de sinais de voz como dados sobre uma rede IP”. De maneira um pouco mais detalhada, VoIP é uma aplicação baseada em rede IP, e, portanto, baseada na comutação de pacotes, onde o sinal de voz analógico enviado pelo originador da chamada é amostrado e codificado em pacotes e, em seguida, transmitidos para uma aplicação, após isso os pacotes digitais são convertidos de volta para a voz analógica (WEI; BOUSLIMANI; SELLAL, 2012).

De acordo com Walker e Hicks (2002), as seguintes etapas acontecem quando uma chamada é feita por meio de VoIP:

- a) O originador da chamada retira o monofone e ouve um tom de discagem;
- b) O originador da chamada digita o número ou ramal do telefone, o qual será mapeado para o endereço de IP do receptor;
- c) Protocolos de sinalização de chamada são utilizados para localizar o receptor e enviar um sinal para produzir um toque;
- d) O telefone de destino toca, o que indica ao receptor uma chamada entrante;
- e) O destinatário da chamada retira o monofone do gancho e inicia uma conversa de duas direções. A mensagem de áudio é codificada usando um *codec* e é transmitida por meio da rede IP usando um protocolo de transporte de voz (RTP, por exemplo);

f) A conversa termina, ocorre o encerramento da chamada, a faturação é realizada.

2.1.1 Comutação de circuitos versus comutação de pacotes

Existem duas abordagens fundamentais para a comunicação de dados por meio de uma rede de fios e comutadores: comutação de circuitos e comutação de pacotes. Em redes de circuitos, os recursos necessários ao longo de um caminho (circuitos de comunicação) são reservados pelo período da comunicação entre os usuários envolvidos na chamada. Já em redes de comutação de pacotes, esses recursos não são reservados, as mensagens de uma sessão de dados usam os recursos por demanda e, como consequência, poderão ter de esperar (isto é, entrar em uma fila) para conseguir acesso a um circuito de comunicação. Os profissionais e estudiosos que se opõem à comutação de pacotes argumentam principalmente que o seu uso não é satisfatório em serviços de tempo real (ligações telefônicas e videoconferência, por exemplo) por conta de seus atrasos fim a fim, que além de variáveis, são imprevisíveis. Por outro lado, defensores da comutação de pacotes argumentam que ela, além de oferecer melhor compartilhamento de banda, também possui implementação mais simples, mais eficiente e mais barata (KUROSE, 2010).

Existem três fases na comutação de circuitos: o estabelecimento do circuito (onde há a reserva do recurso necessário para a comunicação); a transferência da informação (onde há a troca de informações entre a origem e o destino); e a desconexão ou encerramento do circuito. Enquanto que na comutação por pacotes não há o prévio estabelecimento de um caminho físico para a transmissão dos dados. Os pacotes podem percorrer caminhos diferentes e chegar fora da ordem em que foram transmitidos. Portanto, a comutação por pacotes é mais tolerante a falhas (RIBEIRO, 2011).

Ainda que haja predominância de ambos os tipos de comutação nas redes de telecomunicação de hoje, a tendência é a comutação de pacotes (KUROSE, 2010).

2.1.2 Vantagens e desvantagens da utilização de VoIP

2.1.2.1 Vantagens

A partir do lançamento do Skype, em agosto de 2003, os aplicativos de VoIP atraíram a atenção dos consumidores e do mercado. De acordo com a Revista INFO (2005), a versão gratuita do Skype, até então, contava com 59 milhões de pessoas registradas, em 225 países.

Em 2013, segundo notícia do site EXAME (2013), a quantidade de usuários ativos já passava dos 300 milhões.

Esses sistemas agradam tanto usuários domésticos quanto usuários corporativos principalmente pela facilidade de utilização, pela necessidade mínima de infraestrutura e pela redução de custos com telefonia. Além disso, esse mercado também é promissor para produtores de *hardware*, desenvolvedores de *software* e criadores de aplicações (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

Lins, Barbosa e Nascimento (2011) apresentam algumas das vantagens dos sistemas de VoIP.

- a) Menores custos de ligações – Se comparadas às tarifas dos sistemas de telefonia convencional, a redução dos custos para o usuário final doméstico ou empresarial é de cerca de 80% ao adotarem sistemas de VoIP. É estimado que o usuário possa reduzir em 90% os custos de ligações locais, em 60% os custos das ligações nacionais e internacionais e em 100% os custos de chamadas entre usuários VoIP;
- b) Menores custos de equipamentos de rede – Os equipamentos de rede utilizados pelos sistemas de VoIP são os equipamentos comuns de rede (*gateways, switches, hubs, roteadores*), produzidos em grande escala para suprir o constante crescimento da Internet. Tal demanda aumenta a concorrência entre os fornecedores, causando queda nos preços. Em contrapartida, os equipamentos específicos para telefonia convencional são produzidos por um pequeno número de fabricantes, por conta do menor número de compradores e pela forte regulamentação do setor, tornando os preços de equipamentos mais altos;
- c) Facilidade de implantação devido a difusão do protocolo IP – VoIP pode utilizar a mesma infraestrutura estabelecida para acesso à Internet, que vem sendo difundida exponencialmente nos últimos anos, uma vez que há a tendência mundial de convergência IP;
- d) Integração entre voz e dados – Em VoIP, por conta da comutação de pacotes, voz e dados podem compartilhar ao mesmo tempo a mesma conexão. Isto não é possível na telefonia convencional, uma vez que a mesma utiliza comutação de circuitos, ou seja, seriam necessárias duas conexões distintas para que houvesse a transmissão de dados e voz ao mesmo tempo;
- e) Largura de banda melhor aproveitada – VoIP permite a transmissão de voz a 64 kbps, 32 kbps, 16 kbps, 6,3 kbps ou 5,3 kbps, devido a mecanismos de compressão

de voz. Assim, vários usuários podem compartilhar uma mesma banda ao mesmo tempo, o que não seria possível na telefonia convencional;

- f) Lucros e geração de empregos – O ramo da telefonia é um dos mais rentáveis do planeta. A popularização do VoIP foi vista por empresas de telefonia, concessionárias de telecomunicações e provedores de internet como uma oportunidade de obter grandes lucros. A consequência direta disto é a geração de empregos para profissionais especializados e lucros da ordem de bilhões de dólares anuais. Wei, Bouslimani e Sellal (2012) dizem que inquéritos sobre as empresas americanas na metade da década de 2000 revelam que os prestadores de serviços de VoIP mais redes sem fio ganharam 18,6 bilhões de dólares nos EUA (Estados Unidos da América), enquanto na Europa, o ganho foi de 69 bilhões de dólares.

2.1.2.2 Desvantagens

Mesmo com as diversas vantagens dos sistemas de VoIP, ainda existem desafios reais que precisam ser superados para o estabelecimento do VoIP como o futuro da telefonia.

Lins, Barbosa e Nascimento (2011) apresentam algumas das desvantagens dos sistemas de VoIP.

- a) Pouca interoperabilidade entre os protocolos de sinalização – Vários protocolos de alto nível podem realizar a configuração de chamadas e o encerramento das mesmas em sistemas de VoIP, dentre os quais se destacam o protocolo SIP e o H.323 (WALKER; HICKS, 2002). Ambos estão bastante disseminados na Internet, diferem no modo de operação e, ainda que existam formas de realizar a interoperação entre eles, são incompatíveis. Outro protocolo que vem ganhando destaque é o IAX, que promete trazer inúmeras vantagens em relação ao SIP e o H.323, no entanto é de uso específico de servidores Asterisk;
- b) Segurança – As redes IP não são de uso exclusivo de sistemas de VoIP, assim, estes sistemas estão sujeitos às mesmas vulnerabilidades de segurança que qualquer outra aplicação em uma rede IP. Algumas dessas vulnerabilidades são: ataques aos servidores, roubo de dados dos usuários, utilização ilegal por parte de terceiros, fraudes, entrada de vírus, proliferação de spams, entre outros;
- c) Qualidade da Voz – O fluxo de voz, ao ser transportado via pacotes IP, está sujeito aos mesmos fatores degradantes que os pacotes de dados. Assim, devido as exigências em relação a qualidade da voz em conversações, existem limites para os atrasos e perdas de

pacotes de voz. Consequentemente, é requerido que sistemas de VoIP garantam uma qualidade de voz nas chamadas pelo menos semelhante à dos sistemas de telefonia convencional. Desenvolvimentos e melhorias realizadas em *codecs*, protocolos e equipamentos resolvem parcialmente isso;

- d) Confiabilidade e disponibilidade da rede – A telefonia convencional oferece atualmente um grau de disponibilidade de 99,999%, conhecido como 5 noves, que corresponde a 5,26 minutos indisponível por ano ou 25,92 segundos indisponível por mês, o que ainda não é garantido por sistemas de VoIP, uma vez que redes IP estão sujeitas a falhas, quedas de energia e problemas em seus servidores, além da falta de garantia de que o pacote IP chegará ao destino. Não obstante, por meio de técnicas de roteamento adaptativo e por múltiplos caminhos tem-se conseguido demonstrar que há a possibilidade da implementação de sistemas de VoIP tão confiáveis quanto os sistemas de Rede Pública de Telefonia Comutada.

2.1.3 Cenários de comunicação VoIP

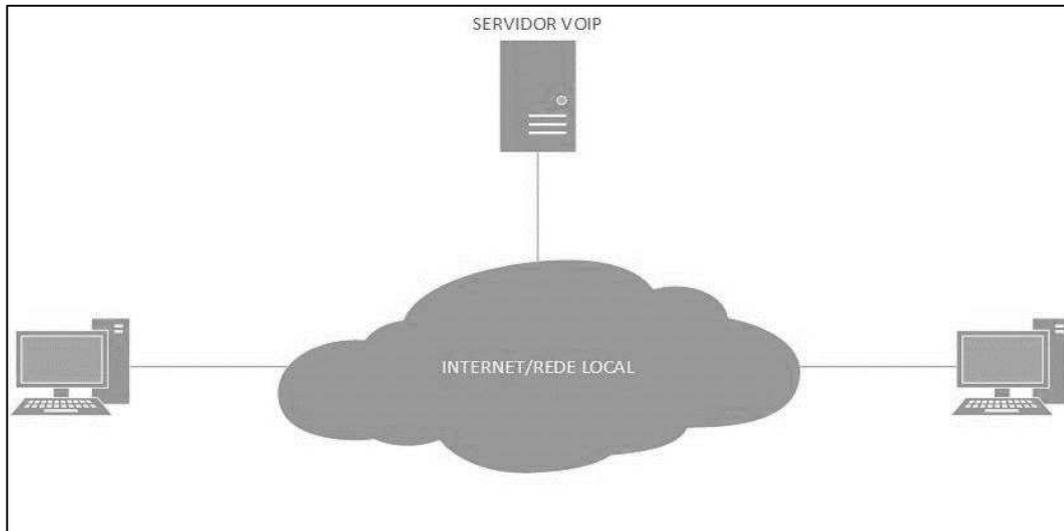
Em VoIP são diversos os tipos de terminais que podem ser utilizados, a saber, telefones, telefones IP, computadores/*notebooks*, *smartphones*. Dependendo do tipo de terminal utilizado, o tipo de cenário pode ser diferente. Assim, são apresentados a seguir os principais cenários existentes.

2.1.3.1 Entre dois computadores/*smartphones*

Os computadores ou *notebooks* precisam de caixas de som e microfones ou de *headsets*. No entanto, o principal para que aconteça a comunicação neste cenário, é a instalação e a correta configuração do servidor VoIP (responsável por receber e responder as requisições dos clientes *softphones*) e dos clientes *softphones* (programas que enviam solicitações ao servidor VoIP e que “imitam” um telefone analógico, além de ter implementadas todas as funcionalidades e protocolos necessários para a realização de uma chamada via VoIP). Este tipo de comunicação pode acontecer tanto por meio da internet quanto dentro de uma rede local, seja esta rede cabeada ou *wireless* (RIBEIRO, 2011). A utilização de *smartphones* para realizar chamadas VoIP segue o mesmo princípio, bastando ter conexão à internet ou à rede local e aplicativos *softphones*, que já existem para as principais plataformas móveis: *Android* (sistema operacional

para *smartphones* da Google), *IOS* (sistema operacional para *smartphones* da Apple) e *Windows Phone* (sistema operacional para *smartphones* da Microsoft).

Figura 1 - Cenário de comunicação VoIP entre dois computadores/notebooks/smartphones

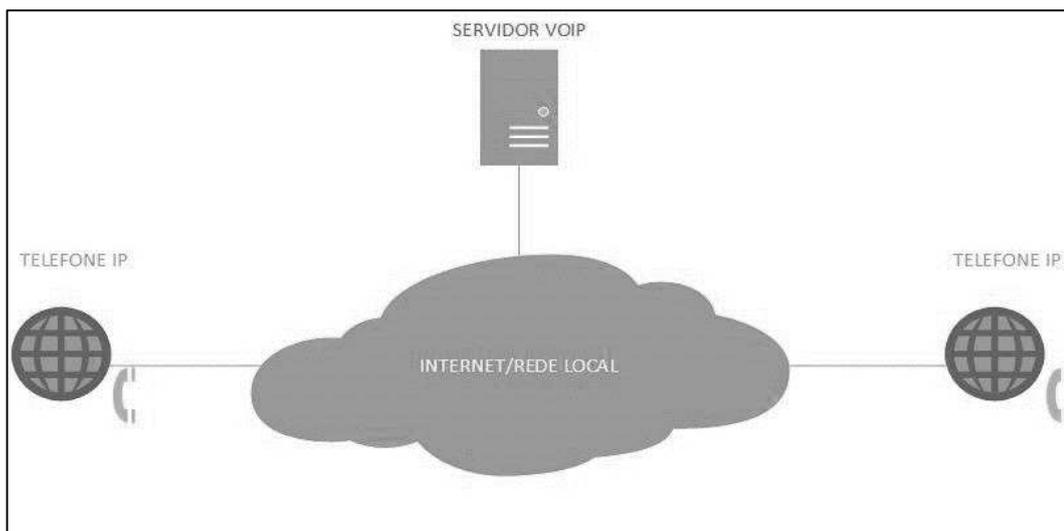


Fonte: RIBEIRO, 2011, p. 4

2.1.3.2 Entre dois telefones IP

Telefones IP foram desenvolvidos especificamente para a comunicação VoIP. Dotados de conectores RJ-45 e de um *software* apropriado para a tecnologia, os telefones IP precisam estar conectados à rede local ou à internet, além de configurados devidamente, para realizar chamadas (RIBEIRO, 2011).

Figura 2 - Cenário de comunicação VoIP entre dois telefones IP

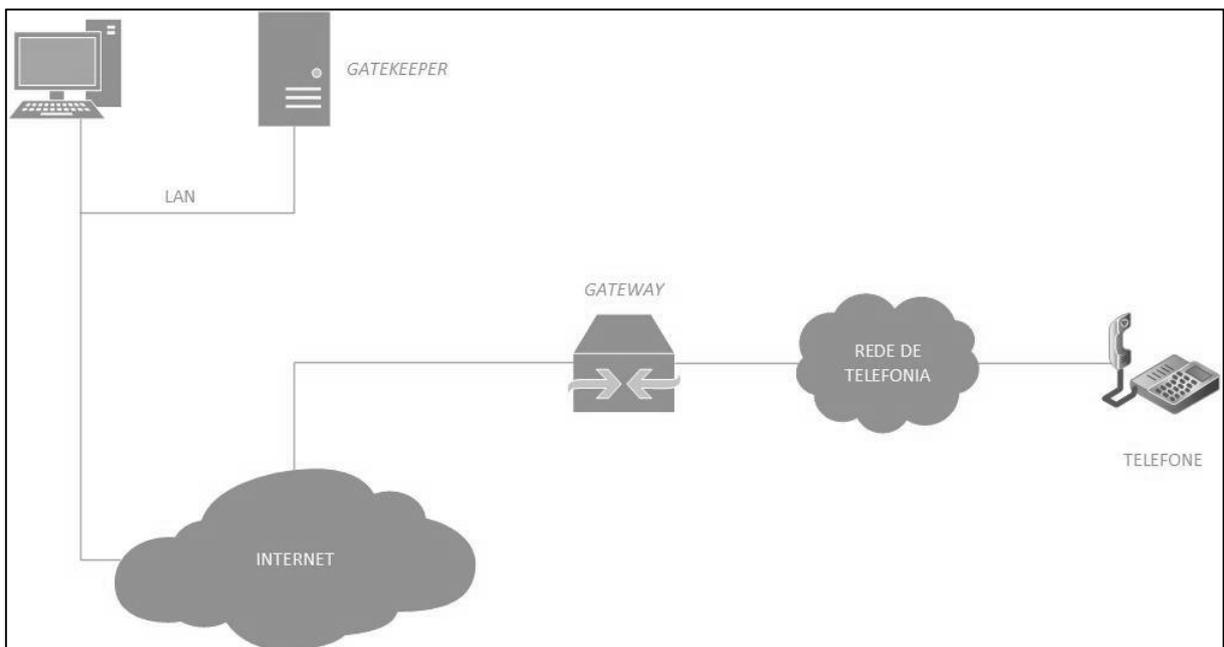


Fonte: RIBEIRO, 2011, p. 4

2.1.3.3 Do computador para um telefone comum

Neste cenário, um computador está conectado a uma LAN (*Local Area Network*) que possui um *gatekeeper* ou servidor de registro (equipamento responsável pelo controle de forma centralizada de chamadas por meio da tecnologia VoIP). O computador se comunica com o *gatekeeper* solicitando largura de banda para o estabelecimento da chamada. Feita a liberação da largura de banda, o computador envia outra mensagem para o *gatekeeper* com o número do telefone que se deseja chamar, o *gatekeeper* confirma a solicitação da chamada e encaminha as informações por meio da internet para o *gateway* (equipamento responsável por conectar uma rede IP à rede pública de telefonia), este repassa a chamada para o telefone, que por sua vez toca. Assim que o telefone é atendido, o computador recebe uma mensagem que indica que a conexão foi estabelecida, ao mesmo tempo que uma série de parâmetros são negociados para que inicie a conversação. Por fim, quando uma das partes encerra a chamada, a conexão é desfeita e o computador se comunica com o *gatekeeper* indicando que a largura de banda utilizada foi liberada (RIBEIRO, 2011).

Figura 3 - Cenário de comunicação VoIP de um computador para um telefone comum



Fonte: RIBEIRO, 2011, p. 4

2.1.3.4 Outras consideração acerca dos gatekeepers e gateways

Levando em conta os três tópicos acima, nota-se que a estrutura geral de um sistema VoIP possui terminais de acesso, *gateways* e *gatekeepers* tanto dos autores quanto dos

receptores das chamadas. O papel do *gatekeeper*, além do que já foi supramencionado, é autenticar os usuários, fazer a análise de endereços, gerenciar a segurança e assim por diante. O *gateway*, por sua vez, é o conteúdo do núcleo, que se encontra na camada de aplicação e é utilizado para realizar a conexão entre as redes (redes IP e redes PSTN, por exemplo) (WEI; BOUSLIMANI; SELLAL, 2012).

2.2 Componentes VoIP

Segundo Walker e Hicks (2002), para transferir pacotes de voz na mesma rede em que existe o tráfego com pacotes de dados como *e-mail* e tráfego Web, um conjunto novo e diferente de componentes são necessários. Alguns deles são os seguintes:

- a) *Codecs*;
- b) Protocolos TPC/IP e protocolos VoIP;
- c) Servidores de VoIP e PBXs;
- d) Telefones IP e *softphones*.

No entanto, antes de entrar nos componentes VoIP (apresentados nos tópicos seguintes), será falado de maneira breve sobre processo de digitalização da voz e sobre o processo de conversão analógico-digital (A-D).

2.2.1 Digitalização da voz

Segundo Lins, Barbosa e Nascimento (2011, p. 199) “[...] o som é uma onda mecânica gerada a partir da vibração do ar percebida pelos ouvidos e convertida em impulsos nervosos que são enviados ao cérebro”. Sons mais complexos tendem a ser menos periódicos, aparentemente aleatórios, enquanto os simples tendem a ser mais periódicos (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

O ser humano consegue captar sons com frequências de 20 Hz a 20 kHz (dependendo da idade, saúde e fatores externos como a exposição excessiva a sons altos). Além disso, a resposta em frequência do ouvido humano possui um comportamento logarítmico (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

Assim, o processo de digitalização da voz acontece, basicamente, em duas etapas: análise e síntese da voz. A análise nada mais é que o processo de converter a voz humana em um formato digital, possibilitando a sua transmissão ou armazenamento em computadores. Já

a síntese faz o processo inverso, convertendo a voz digital em uma forma similar à voz original, de modo a ser reproduzida em um transdutor (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011). Tais etapas podem ser realizadas por meio do uso de um *codec*.

2.2.2 Conversão analógico-digital

A conversão analógico-digital, por meio da amostragem e da quantização, transforma um sinal de voz em uma forma que possa ser entendida e processada por um computador digital (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

A sequência de amostras, que é obtida a partir da conversão de um sinal analógico, representa este sinal no domínio digital. Assim, dependendo da frequência com que o sinal é amostrado (resolução no tempo) e de quantos *bits* são utilizados em cada amostra (resolução na amplitude), o nível de precisão da representação da informação de entrada pode ser alta ou baixa (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

O processo amostragem, conforme o teorema de *Nyquist*, consiste em colher periodicamente o valor instantâneo do sinal por meio da técnica *sample-and-hold* (amostrar e manter), normalmente a uma taxa constante (frequência de amostragem). E a quantização tem o objetivo de discretizar o eixo das amplitudes, mapeando o valor da amplitude do sinal em um número finito de valores discretos (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

2.3 Codecs

Codecs são descritos por padrões ITU (*International Telecommunication Union*) que descrevem o seu funcionamento. É a partir dos padrões que cada *codec* recebe seu nome, como será visto mais tarde.

Um *codec* (que significa compressor/descompressor ou codificador/decodificador) é o *hardware* ou *software* que amostra o som analógico e o converte em *bits* digitais, cuja saída é transmitida a uma taxa de dados predeterminada. O *codec* frequentemente realiza a compressão para a economia de banda. Existem dezenas de *codecs* disponíveis, cada um com suas próprias características. (WALKER; HICKS, 2002, p. 11, tradução nossa).

De acordo com Alencar (1998), Collins (2001) e Woodard (1998) os codificadores de voz podem ser classificados baseados a partir da forma do sinal e partir da fonte do sinal. Assim, existem três classificações:

- a) A partir da forma de onda (*waveform codecs*) – Tentam reproduzir o sinal amostra por amostra, observando suas características estatísticas, temporais e espectrais. Possuem baixo atraso e baixa complexidade, mas exigem uma quantidade considerável de largura de banda, já que trabalham a uma taxa de transmissão de 16 kbps;
- b) A partir da fonte do sinal (*vocoders*) – Funcionam utilizando o modelo de produção de voz. Operam a uma taxa de transmissão média de 2,4 kbps, e, portanto, utilizam pouca largura de banda. Além disso, considerando a complexidade da voz humana, a implementação dessa modelagem produz sons que não parecem naturais;
- c) Híbridos – Combinam as qualidades dos codificadores baseados na forma de onda e dos codificadores baseados na fonte do sinal, operam a taxas de transmissão de 4,8 kbps a 16 kbps.

Vários codificadores foram padronizados pelo ITU- T (*Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union*) ao longo dos anos. A tabela 1, a seguir, lista as informações mais relevantes das principais recomendações para codificadores utilizados em VoIP.

Tabela 1 - Padrões de codificadores de sinais de voz

Recomendação/ Nomenclatura	Codificação	Taxa de bits (kbps)	Ano de publicação
G. 711	PCM	64	1972
G. 726	ADPCM	40, 32, 24, 16	1990
G. 728	LD-CELP	16	1992
G. 729	CS-ACELP	8	1996
G. 723.1	MP-MLQ	6,3	1996
G. 723.1	ACELP	5,3	1996

Siglas: PCM – Pulse Code Modulation; ADPCM - *Adaptive Differential Pulse Code Modulation*; LDCELP - *Low-Delay Code Excited Linear Prediction*; CS-ACELP – *Conjugate Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction*; MP-MLQ - *Multipulse Maximum Likelihood Quantization*; ACELP - *Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction*.

Dentre os *codecs* mostrados na tabela 1, vale destacar o G.711, o G.723.1, G.726 e o G.729, seguem algumas informações pertinentes sobre os mesmos de acordo com SPEECH (2008):

- a) G.711 – Não exige licença e é um padrão que foi desenvolvido para o uso com *codecs* de áudio e que utiliza modulação por código de pulso (PCM) das frequências de voz em um canal de 64 kbps. Com uma taxa de amostragem de 8.000 amostras por segundo, utiliza quantização não-uniforme com 8 bits para representar cada amostra, o que resulta em uma taxa de 64 kbps. Existem dois algoritmos principais definidos no padrão: o algoritmo μ -law, usado na América do Norte e Japão, e o algoritmo A-law, usado na Europa e outros países e regiões, inclusive no Brasil. Seus principais prós são a sua concepção para proporcionar a transmissão precisa da fala e baixas despesas gerais de processamento. Já como contra, existe a questão de que ele requer uma alta largura de banda do sistema, uma vez que, incluindo os cabeçalhos, usa 64 kbps, o que implica em uma menor quantidade de usuários simultâneos;
- b) G.723.1 – Exige licença para ser usado, com taxas de 6,3 e 5,3 kbps, é um *codec* de voz que comprime o áudio de voz em *frames* de 30 ms, além de utilizar um algoritmo de 7,5 ms de duração, o que implica em um atraso algorítmico total de 37,5 ms. Possui as vantagens de oferecer alta compressão com alta qualidade de áudio e de permitir codificação e decodificação simultânea em *software* (em computadores rápidos). No entanto, possui como desvantagens o alto custo de processamento e o fato de apresentar uma menor qualidade em comparação com outros *codecs* que possuem taxas de dados semelhantes;
- c) G.726 – Não exige licença, com taxa de transmissão de voz de 32 kbps, em comparação ao G.711, aumenta a capacidade de rede utilizável em 100%, no entanto, não é indicado para a transmissão de músicas ou outros efeitos sonoros;
- d) G.729 – Exige licença para ser usado, com taxas que variam entre 6,4 e 12,4 kbps, é um dos mais utilizados em aplicações de VoIP, por conta do menor uso de largura de banda, ainda que haja uma pequena diminuição na qualidade da voz transmitida.

2.4 Protocolos TCP/IP

O protocolo TCP/IP ou a família de protocolos TCP/IP é considerado como a base da Internet e da maioria das redes corporativas atuais. Programas de computadores enviam e recebem dados por uma rede IP por meio de chamadas de programa da pilha de protocolos

TCP/IP. A pilha de protocolos TCP/IP, ao trocar informações entre um computador e um computador destino, realiza a transferência de dados de um lado para o outro. Tais informações são o tamanho do datagrama, o cabeçalho do datagrama e o que ocorrerá se um datagrama for perdido ou corrompido durante o transporte (WALKER; HICKS, 2002).

O protocolo TCP/IP foi desenvolvido na década de 1970, é um protocolo aberto e que não possui nenhuma instituição responsável por ele. Porém, órgãos como o IAB (*Internet Activities Board*) coordenam as pesquisas na área por meio de vários grupos como o IETF (*Internet Engineering Task Force*), por meio de especificações que dão detalhes a respeito do conjunto de padrões de comunicação entre máquinas, que são descritos e apresentados ao público na forma de RFCs (*Requests for Comments*) (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011). Os principais protocolos da família de protocolos TCP/IP são o IP, o TCP e o UDP (*User Datagram Protocol*).

2.4.1 Protocolo IP

Existem duas versões do protocolo IP, o IPv4 (definido pela RFC 791) e o IPv6 (definido pela RFC 2460 e pela RFC 4291), sendo o IPv4 o mais utilizado (KUROSE, 2010).

O protocolo IP foi projetado com a função de interligar redes, devendo transportar da melhor forma possível os pacotes pela rede, desde a origem até o seu destino, sendo cada pacote encaminhado de maneira independente, isto é, eles podem seguir rotas diferentes, ser recebidos fora de ordem ou até mesmo perdidos. Baseado numa estratégia de melhor esforço (*best effort*), o IP é responsável pelo encaminhamento dos pacotes nó a nó por meio de um ou mais elementos de rede (roteadores, switches e gateways). (LINS; BARBOSA, NASCIMENTO, 2011).

Além disso, o protocolo IP é o responsável pela identificação lógica dos *hosts* na rede, por meio do endereço IP, que pode possuir 32 *bits* (IPv4) ou 128 *bits* (IPv6).

A figura 4 apresenta os campos que compõem um pacote ou datagrama IP(v4) e em seguida é descrita a função de cada campo de acordo com a RFC 791 (1981).

Figura 4 - Estrutura do datagrama IPv4

Versão	Comprimento do cabeçalho	Tipo de serviço	Comprimento do datagrama (bytes)	
Identificador de 16 bits		Flags	Deslocamento de fragmentação (13 bits)	
Tempo de vida	Protocolo da camada superior	Soma de verificação do cabeçalho		
Endereço IP de 32 bits da fonte				
Endereço IP de 32 bits do destino				
Opções (se houver)				
Dados				

Fonte: KUROSE, 2010, p. 248

- a) Versão (*Version*) – Com 4 bits, indica o formato do cabeçalho de internet, ou seja, indica a versão do protocolo (IPv4 ou IPv6);
- b) Comprimento do cabeçalho (IHL - *Internet Header Length*) – Com 4 bits, indica o tamanho do cabeçalho de internet em palavras de 32 bits, apontando para o início dos dados;
- c) Tipo de serviço (TOS – *Type of Service*) – Com 8 bits, indica os parâmetros abstratos da qualidade de serviço desejada, ou seja, indica como o pacote deve ser tratado na rede no que se refere à prioridade;
- d) Comprimento do datagrama (*Total Length*) – Com 16 bits, indica o tamanho do datagrama até um máximo de 65.535 bytes, incluindo o cabeçalho de internet e os dados.
- e) Identificador (*Identification*) – Com 16 bits, indica um valor de identificação atribuído pelo remetente para auxiliar na montagem de fragmentos de um datagrama;
- f) *Flags* – Com 3 bits, indica se a fragmentação do pacote deve ou não ocorrer;
- g) Deslocamento de fragmentação (*Fragment Offset*) – com 13 bits, indica onde em um datagrama este fragmento pertence;
- h) Tempo de vida (TTL – *Time to Live*) – Com 8 bits, indica o limite de vida útil dos pacotes por meio da contagem do número de saltos (basicamente o número de roteadores). O máximo de saltos é de 255, que ao chegar a 0, faz com que o pacote

seja descartado ao mesmo tempo que uma mensagem de advertência é enviada ao transmissor do pacote;

- i) Protocolo da camada superior (*Protocol*) – Com 8 *bits*, indica por meio de um valor em hexadecimal a qual serviço de transporte (TCP – 0x6; UDP – 0x11; ou outros) o datagrama deve ser entregue;
- j) Soma de verificação do cabeçalho (*Header Checksum*) – Com 16 *bits*, faz uma checagem de redundância cíclica (CRC - *Cyclic Redundancy Check*) no cabeçalho IP;
- k) Endereço IP de origem (*Source Address*) – Com 32 *bits*, indica o endereço IP (identificação lógica) do elemento de origem;
- l) Endereço IP de destino (*Destination Address*) – Com 32 *bits*, indica o endereço IP (identificação lógica) do elemento de destino;
- m) Opções (*Option*) – De tamanho variável (0 a 40 *bytes*), é utilizado para a adição de funcionalidades para versões posteriores do protocolo IP.

2.4.2 Protocolo TCP

Definido pela RFC 793, o protocolo TCP tenta oferecer um fluxo de dados fim-a-fim confiável por meio de uma rede não confiável, recuperando dados perdidos, danificados ou recebidos fora de ordem (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

O TCP é responsável por segmentar o fluxo de dados de uma aplicação em segmentos, estes são enumerados e sequenciados, o que permite a remontagem do fluxo original na camada de aplicação do destino. O TCP é orientado à conexão, uma vez que há uma comunicação prévia do protocolo TCP na máquina de origem com o protocolo TCP na máquina de destino, onde é negociado o estabelecimento de um circuito virtual (ponto-a-ponto e *full-duplex*), por onde os segmentos serão transmitidos. Sempre que um determinado número de segmentos é transmitido, o protocolo TCP na origem aguarda uma confirmação (*ACK – acknowledgement*) do destino, que quando não recebida faz com que a origem retransmita os segmentos. O protocolo TCP também pode determinar o volume de dados que pode ser transmitido, além de realizar um controle de fluxo durante todo o processo de transmissão (FILIPPETTI, 2014).

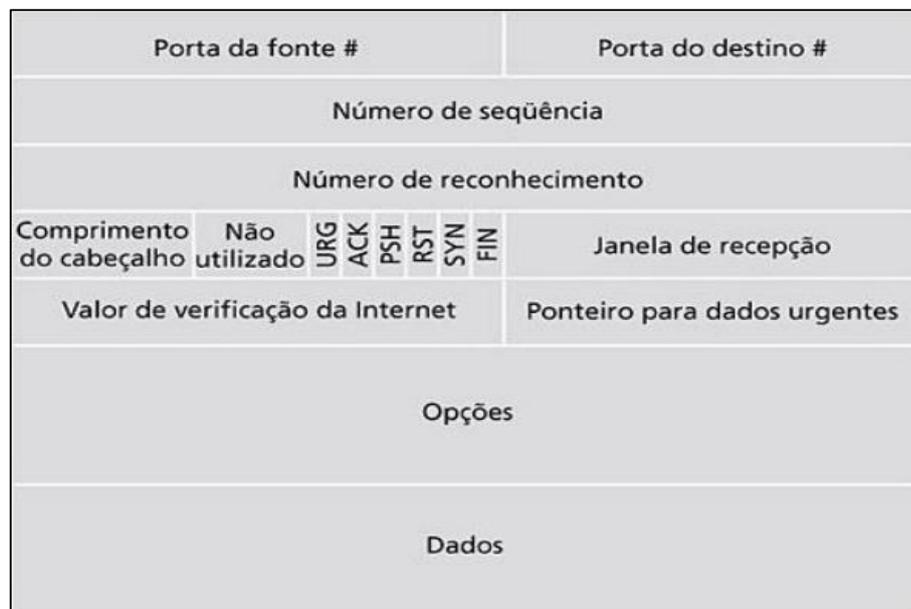
O uso do protocolo TCP é recomendado em aplicações (como acesso remoto, envio de arquivos, envio de *e-mails*, etc) que exigem um alto grau de confiabilidade durante as transmissões. Já outras aplicações (como transmissão em tempo real de voz, vídeos e jogos online) não necessitam de todas as funcionalidades oferecidas pelo TCP. E existem aquelas que

não precisam de confiabilidade alguma durante o processo de transmissão de dados (como o SNMP – *Simple Network Management Protocol*) (FILIPPETTI, 2014).

Para o gerenciamento das conexões entre as diversas aplicações e protocolos definidos na camada de aplicação, os protocolos TCP e UDP utilizam portas lógicas e *sockets*. [...] Portas lógicas definem um par – uma origem e um destino – de pontos de conexão em uma transmissão TCP ou UDP. Em um único *host* existem 2^{16} (ou 65.536) portas de conexão disponíveis para o gerenciamento lógico das conexões. Quando configuramos uma aplicação servidora [...], associamos a ela uma porta lógica (TCP ou UDP) específica. No lado cliente, a aplicação terá de utilizar a porta lógica definida no servidor como destino para que a comunicação entre ambas ocorra. O *socket* de comunicação é uma identificação de sessão gerada pela camada de transporte no *host* e definida pelo par {Porta lógica de destino – Endereço IP de destino}. Os *sockets* permitem a identificação, separação e tratamento das diferentes sessões que são estabelecidas através das aplicações de rede em um mesmo *host*. No processo de estabelecimento da comunicação, as aplicações que atuam no modo cliente [...] terão um número de porta lógica dinamicamente designado, sendo que este será um número maior ou igual a 1024. Os valores compreendidos entre o intervalo de 0 a 1023 são chamados de “portas bem conhecidas (*well-known ports*), e são associados a aplicações que operem no modo servidor [...]. (FILIPPETTI, 2014, p. 118).

A figura 5 apresenta os campos que compõem um segmento TCP e em seguida é descrita a função de cada campo de acordo com a RFC 793 (1981).

Figura 5 - Estrutura do segmento TCP



Fonte: Kurose, 2010, p. 177

- a) Porta da fonte (*Source Port*) – Com 16 *bits*, indica o número da porta lógica que identifica a aplicação na origem;

- b) Porta do destino (*Destination Port*) – Com 16 *bits*, indica o número da porta lógica que identifica a aplicação no destino;
- c) Número de sequência (*Sequence Number*) – Com 32 *bits*, indica o número de sequência do segmento, é utilizado para a reordenação dos segmentos no lado destino;
- d) Número de reconhecimento (*Acknowledgement Number*) – Com 32 *bits*, indica o próximo número de sequência que o remetente do segmento está esperando para receber, se o bit de controle ACK for ligado;
- e) Comprimento do cabeçalho (*Data Offset*) – Com 4 *bits*, indica o comprimento do cabeçalho TCP por meio de palavras de 32 *bits*;
- f) Não utilizado (*Reserved*) – Com 6 *bits*, é reservado para uso futuro, tendo sempre o valor 0;
- g) Bits de controle (*Control Bits*) – Com 6 *bits*, onde cada *bit* é uma *flag*, são elas: URG (*Urgent Pointer field significant*); ACK (*Acknowledgment field significant*); PSH (*Push Function*); RST (*Reset the connection*); SYN (*Synchronize sequence numbers*); FIN (*No more data from sender*);
- h) Janela de recepção (*Window*) – Com 16 *bits*, indica o número de *bytes*, a partir do indicado no campo de reconhecimento, que o remetente deste segmento está disposto a aceitar;
- i) Valor de verificação da Internet (*Checksum*) – Com 16 *bits*, tem a função de fazer a checagem de redundância cíclica (CRC - *Cyclic Redundancy Check*) dos campos de cabeçalho e dos dados do segmento;
- j) Ponteiro para dados urgentes (*Urgent Pointer*) – Com 16 *bits*, utilizada para o envio de dados críticos, dando prioridade a determinados segmentos;
- k) Opções (*Options*) – Com comprimento variável em múltiplos de 8 *bits*, é utilizado para adição de opções extras.

2.4.3 Protocolo UDP

Definido pela RFC 768, o UDP surgiu como uma resposta ou alternativa ao protocolo TCP (FILIPPETTI, 2014).

Diz-se que o UDP é um protocolo não confiável e não orientado à conexão, uma vez que não há o estabelecimento prévio de um circuito virtual para a transmissão dos segmentos.

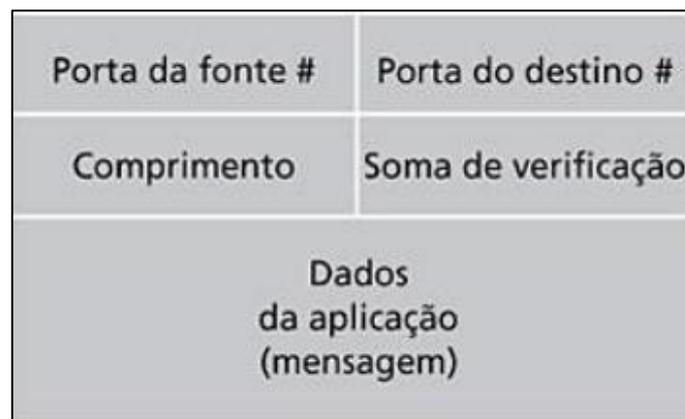
Ao receber os dados da aplicação, o UDP anexa os campos de número da porta fonte e porta destino para o serviço de multiplexação/demultiplexação, adiciona outros dois campos e

passa o segmento criado à camada de rede, onde será encapsulado em um pacote IP para, através de uma tentativa de melhor esforço, ser entregue ao hospedeiro receptor. Se o segmento chegar ao receptor, o UDP fará uso do número de porta de destino para entregar os dados do segmento a processo de aplicação correto (KUROSE, 2010). Nota-se, em comparação ao TCP, que o UDP não espera uma confirmação de recebimentos dos segmentos, não os sequencia, não utiliza nenhuma ferramenta de controle de fluxo e, por possuir um cabeçalho com poucos campos de controle, utiliza menos largura de banda durante o processo de transmissão (FILIPPETTI, 2014).

O uso do UDP é, portanto, recomendado em aplicações que não exigem garantia da entrega dos dados ou que priorizam a entrega rápida em detrimento da entrega confiável, como em aplicações de multimídia em tempo real (VoIP, *streaming* de vídeo, jogos *online* e outras) (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

A figura 6 apresenta os campos que compõem um segmento UDP e em seguida é descrita a função de cada campo de acordo com a RFC 768 (1980).

Figura 6 - Estrutura do segmento UDP



Fonte: KUROSE, 2010, p. 153.

- a) Porta da fonte (*Source Port*) – Com 16 *bits*, possui o número da porta lógica que identifica a aplicação no lado origem. Sua principal utilização se dá quando uma resposta deve ser devolvida à origem;
- b) Porta do destino (*Destination Port*) – Com 16 *bits*, possui o número da porta lógica que identifica a aplicação no lado do receptor;
- c) Comprimento (*Length*) – Com 16 *bits*, indica o tamanho do segmento UDP, incluindo o cabeçalho e os dados;
- d) Soma de verificação (*Checksum*) – Com 16 *bits*, faz uma checagem de redundância cíclica nos campos de cabeçalho e nos dados.

2.5 Protocolos VoIP

Protocolos VoIP ou protocolos de sinalização VoIP são responsáveis pelo estabelecimento (configuração) e encerramento de chamadas ou sessões entre terminais em uma ligação através de uma rede IP, para isso, eles “carregam informações necessárias para localizar os usuários e para a negociação de capacidades” (ARORA, 1999, p. 2).

Existem diversos protocolos de sinalização VoIP, são eles: H.323, MGCP (*Media Gateway Control Protocol*), SIP (*Session Initiation Protocol*), MEGACO (*Media Gateway Control*). Dentre estes, os principais são o SIP e o H.323 (apresentados neste trabalho), sendo o SIP o mais utilizado atualmente.

2.5.1 Padrão H.323

Desenvolvida em 1996 pelo ITU-T, o padrão (ou conjunto de recomendações) H.323 fornece os requisitos técnicos para a comunicação de voz e vídeo em redes comutadas a pacotes, assumindo que nenhuma qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*) é oferecida pela rede, abrangendo tanto comunicação ponto-a-ponto quanto conferências multiponto. Considerado um padrão “guarda-chuva” (grande e complexo), o padrão também inclui, dentre outras, recomendações para a forma como os terminais pertencentes a uma rede IP se comunicarão com telefones ligados à PSTN, para o modo como as codificações comuns de áudio e vídeo são negociadas pelos terminais e para o modo como as informações de áudio e vídeo são encapsuladas e enviadas à rede, sendo o RTP (*Real-Time Transport Protocol*) imposto para esta finalidade (ARORA, 1999; KUROSE, 2010; LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

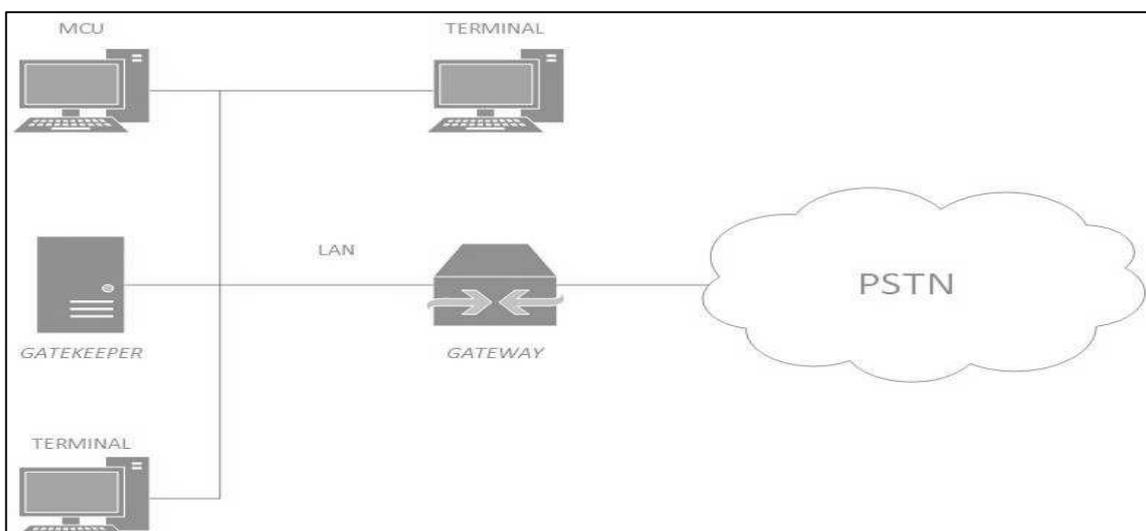
2.5.1.1 Componentes do H.323

Segundo Arora (1999) e Lins, Barbosa e Nascimento (2011), o H.323 é composto por quatro componentes (ou pontos de extremidade, como também são conhecidos) principais: terminais, *gateways*, *gatekeepers* e unidades de controle de multiponto (MCU – *Multipoint Control Unit*).

- a) Terminal H.323 – Atuam como terminais de voz, vídeo e dados, podem ser tanto computadores com *kits* multimídia (caixas de som e microfone, ou *headset*) quanto telefones IP, desde que, obrigatoriamente, deem suporte a pilha de protocolos definidos pelas recomendações do padrão H.323, ou seja, G.711 e G.728 para a codificação de

- áudio, Q.931, H.245 e H.225 para a sinalização, configuração e controle de chamadas (ou seja, RAS – *Registration, Admission and Status*), e RTP e RTCP (*Real-Time Transport Control Protocol*) para o transporte de mídia (voz ou vídeo) em tempo real. Vale ressaltar que um terminal H.323 pode se comunicar com qualquer outro componente H.323;
- b) *Gateways* – Situados às margens das redes, funcionam como tradutores, uma vez que realizam conversões entre os diferentes formatos de transmissão, são, portanto, responsáveis por prover comunicação bidirecional entre terminais H.323 em uma rede e outros terminais ITU pertencentes a PSTN, garantindo interoperabilidade;
- c) *Gatekeeper* – Considerado o componente mais importante do padrão H.323, funciona como o ponto central para todas as chamadas dentro de uma zona (*gatekeeper* e componentes H.323 filiados a ele), sendo responsável por prover serviços aos terminais registrados nele. Suas principais funções são a de tradução de endereços, controle de acesso de cada componente H.323, gestão da largura de banda, entre outras;
- d) MCU – Pode ser implementado em um computador ou pode ser incorporado a um terminal, *gateway* ou *gatekeeper*. Possibilita que três ou mais terminais e *gateways* H.323 realizem uma conferência multiponto entre si. É composto por um controlador de multiponto (MC – *Multipoint Controller*) e por um processador de multiponto (MP – *Multipoint Processor*). O primeiro é responsável pela gestão dos recursos da conferência e pela negociação dos parâmetros de comunicação entre os participantes da conferência, já o segundo é responsável por processar os fluxos de áudio, vídeo e dados na conferência.

Figura 7 - Componentes H.323



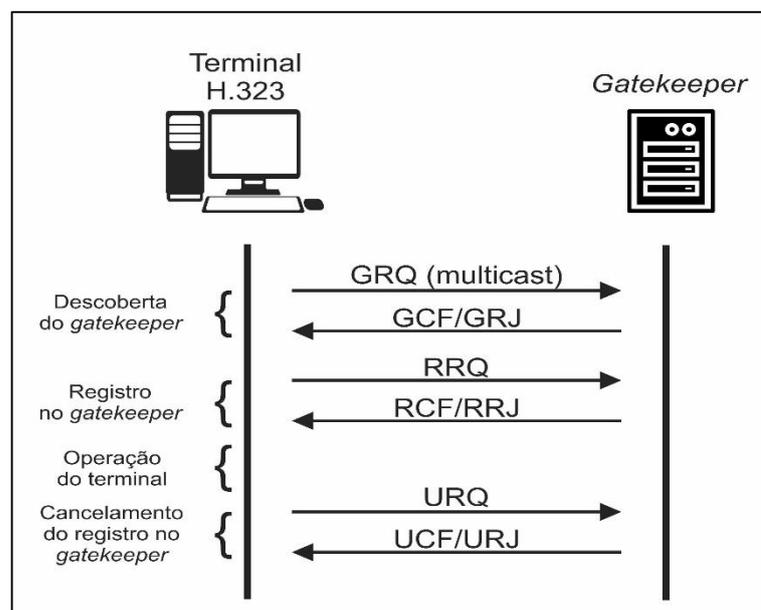
2.5.2.2 Operação do H.323

2.5.2.2.1 Registro de um terminal H.323 a um gatekeeper

O processo de registro a um *gatekeeper* começa com a descoberta do *gatekeeper*, onde um terminal envia uma mensagem GRQ (*Gatekeeper Request*) pela rede por multidifusão (*broadcasting*). Quando disponíveis ao terminal, um ou mais *gatekeepers* respondem com mensagens de confirmação GCF (*Gatekeeper Confirm*) acompanhadas com o endereço de transporte do canal RAS para que seja possível a comunicação do terminal com o seu *gatekeeper*, caso contrário respondem com mensagens de negação GRJ (*Gatekeeper Reject*), outra possibilidade é a de não haver resposta alguma, fazendo com um *timeout* seja gerado para que o terminal realize uma nova tentativa. Em seguida o terminal faz uma solicitação de registro ao *gatekeeper* por meio de uma mensagem RRQ (*Registration Request*) enviada pelo canal RAS, que pode ser respondida por uma mensagem de confirmação RCF (*Registration Confirmation*) ou por uma mensagem de negação RRJ (*Registration Reject*). Um terminal tem ainda a possibilidade de cancelar seu registro ao *gatekeeper* por meio de uma mensagem URQ (*Unregister Request*), que pode ser respondida pelo *gatekeeper* por meio de uma mensagem de confirmação UCF (*Unregister Confirmation*) ou de negação URJ (*Unregister Reject*) (LINS, BARBOSA, NASCIMENTO, 2011).

A figura 8 ilustra o processo de registro de um terminal a um *gatekeeper*.

Figura 8 - Processo de registro de um terminal a um *gatekeeper*



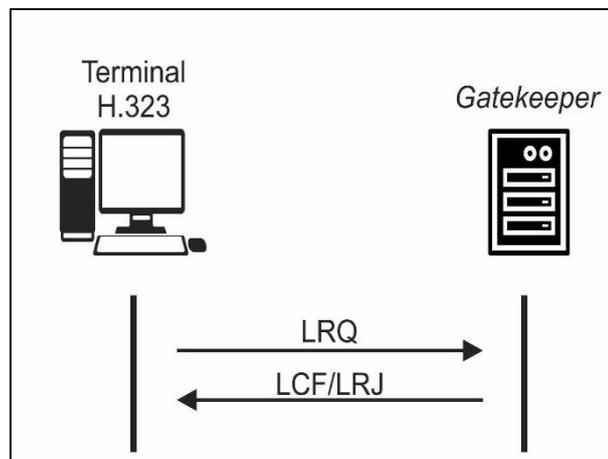
Fonte: LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011, p. 52

2.5.2.2.2 Localizando outro terminal H.323

Para que um terminal localize outro é necessário o envio de um pedido LRQ (*Location Request*), por meio de do canal RAS, ao seu *gatekeeper* correspondente, que pode responder com uma mensagem de confirmação de localização LCF (*Location Confirmation*) ou com uma mensagem de negação de localização LRJ (*Location Reject*) (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

A figura 9 ilustra o processo de localização de outro terminal.

Figura 9 - Processo para localizar outro terminal



Fonte: LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011, p. 52

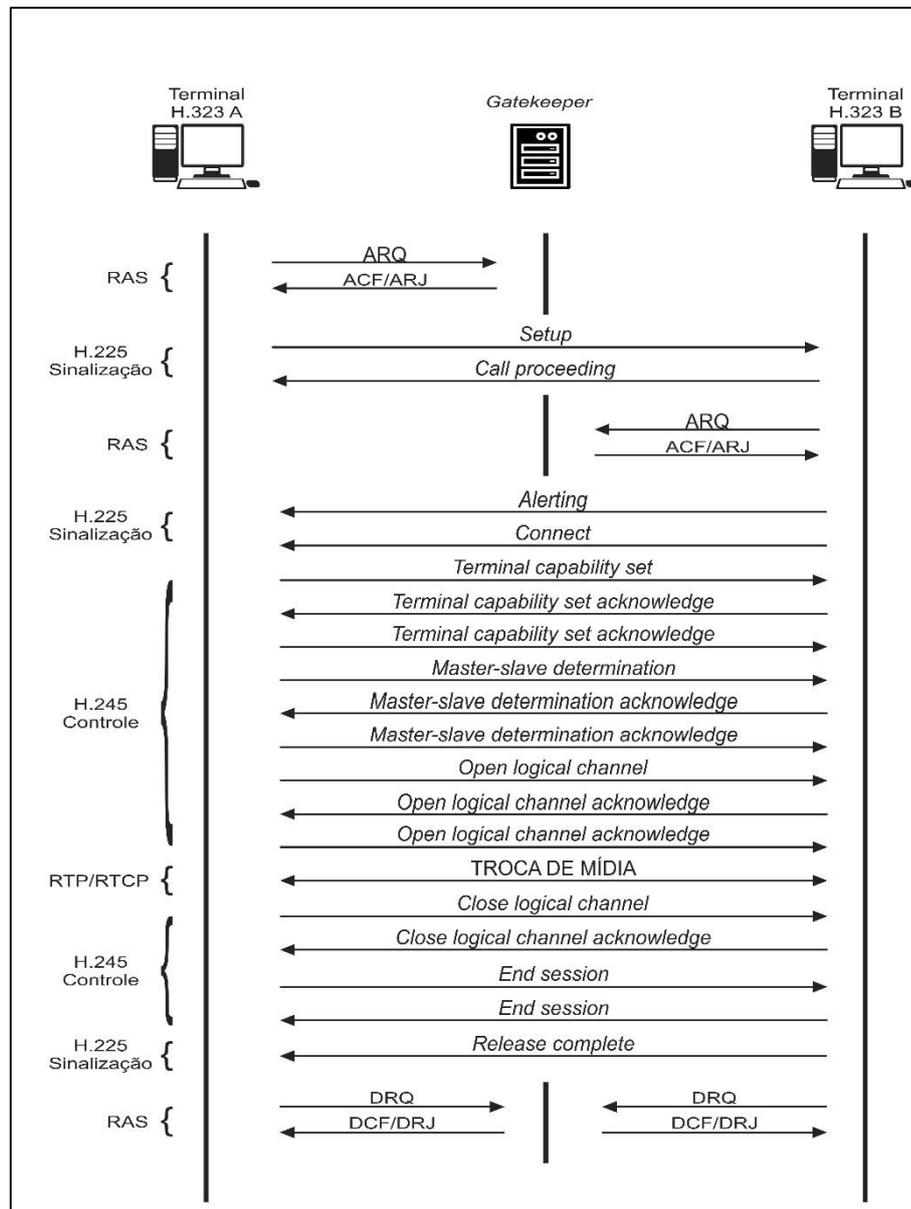
2.5.2.2.3 Estabelecimento de uma chamada H.323

Para o estabelecimento da chamada H.323, inicialmente um terminal A de origem faz uma solicitação de admissão ARQ (*Admission Request*) a seu *gatekeeper* correspondente, que retorna uma mensagem ACF (*Admission Confirm*) junto com o endereço do canal H.225 de sinalização da chamada, por onde o terminal A enviará uma mensagem de configuração (*setup*) a um terminal B de destino, que responde com uma mensagem de chamada em andamento (*Call Proceeding*) e em seguida, se aceitar a chamada, realiza o mesmo processo de admissão realizado pelo terminal A. Com a autenticação realizada, o terminal B envia uma tom de discagem (*Ringling*) ao terminal A, em conjunto com uma mensagem (*Connect*), responsável por informar o endereço do canal de controle H.245. É por meio deste canal de controle que os terminais poderão trocar informações a respeito de capacidades, negociação de parâmetros, determinação de terminais mestres e escravos (para o caso de conferências multiponto), além da questão da abertura dos canais lógicos RTP e RTCP para o processo de comunicação,

estabelecendo a chamada. Por fim, para encerrar a chamada, um dos terminais solicita o fechamento dos canais lógicos e o encerramento da sessão, se a solicitação for confirmada, a chamada é finalizada (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

A figura 10 ilustra o processo de estabelecimento de uma chamada H.323.

Figura 10 - Estabelecimento de uma chamada H.323



Fonte: LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011, p. 53

2.5.2 Protocolo SIP

Definido pelo IETF em 1999 na RFC 2543 (atualizada pela RFC 3261 em 2002), o SIP é um protocolo da camada de aplicação baseado na arquitetura cliente-servidor (embora

também possa trabalhar na forma *peer-to-peer*) e utilizado no estabelecimento, modificação e finalização de sessões multimídia entre um ou mais participantes (ARORA, 1999; LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

A RFC 3261 (2002) define que o SIP suporta cinco facetas relacionadas ao processo de estabelecimento e finalização de comunicações multimídia, são elas:

- a) Localização do usuário - Determinação do sistema final a ser utilizado para a comunicação;
- b) Disponibilidade do usuário - Determinação da vontade ou disponibilidade do usuário receptor em participar da chamada;
- c) Recursos do usuário - Determinação dos meios de comunicação e parâmetros de mídia a serem utilizados;
- d) Configuração de sessão - “*ringing*” e estabelecimento dos parâmetros da sessão em ambas as partes (autor e receptor);
- e) Gerenciamento de sessão - Inclui a transferência e a finalização de sessões, a modificação dos parâmetros da sessão, e os serviços que invocam.

A RFC 3261 (2002) salienta algumas observações em relação ao SIP, são elas:

- a) O SIP, ao contrário do H.323, não é um sistema de comunicações totalmente integrado. O SIP é um componente que pode ser utilizado com outros protocolos IETF para construir uma arquitetura multimídia completa, que normalmente inclui os protocolos: RTP para o transporte de dados em tempo real e fornecer *feedback* de QoS; RTSP (*Real Time Streaming Protocol*) para controlar a entrega de *streaming* de mídia; o MEGACO para controlar as portas de entrada para a PSTN; e o SDP (*Session Description Protocol*) para descrever sessões multimídia. Deste modo, para que serviços completos sejam oferecidos aos usuários, o SIP deve ser utilizado em conjunto com outros protocolos. Porém, o funcionamento e funcionalidade básica do SIP não dependem de qualquer um desses protocolos.
- b) O SIP não fornece serviço, mas primitivas que podem ser utilizadas para implementar diferentes serviços;
- c) O SIP não fornece serviços de controle de conferência e nem prescreve como uma conferência deve ser gerenciada, mas pode ser usado para iniciar uma sessão que utiliza algum protocolo de conferência;

- d) Mensagens SIP e sessões estabelecidas pelo SIP podem passar completamente através de diferentes redes, o SIP não pode, e não fornece qualquer tipo de capacidade de reserva dos recursos da rede;
- e) O SIP fornece um conjunto de serviços de segurança, que incluem a prevenção de negação de serviço, autenticação (tanto de usuário para usuário quanto de *proxy* para usuário) e criptografia e serviços de privacidade.
- f) O SIP funciona tanto com IPv4 como com IPv6.

2.5.2.1 Componentes do SIP

A arquitetura do SIP é formada por Agentes Usuários (UA – *User Agents*) e Servidores de Rede (NS – *Network Server*).

2.5.2.1.1 Agente Usuário SIP

Um agente usuário nada mais é sistema final agindo em nome de um usuário e que recebe uma URI (*Uniform Resource Identifier*) SIP. Uma URI identifica um usuário no domínio SIP e assemelha-se ao formato de um endereço de *e-mail* (usuário@servidor). O agente usuário é composto por duas partes: o Agente Usuário Cliente (UAC), utilizado para iniciar uma solicitação SIP e o Agente Usuário Servidor (UAS), utilizado para receber solicitações e retornar respostas em nome do usuário (ARORA, 1999; LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

2.5.2.1.2 Servidores de Rede SIP

De acordo com Arora (1999) e Lins, Barbosa e Nascimento (2011), existem três tipos de Servidores de Rede SIP:

- a) Servidor de Registro (*Registration Server*) – Responsável por receber atualizações de informações (endereço IP e porta de comunicação) a respeito do atual paradeiro dos usuários registrados;
- b) Servidor *Proxy* (*Proxy Server*) – Responsável por receber solicitações dos usuários, tratá-las e/ou encaminhá-las em nome dos usuários para um ou mais domínios ou servidores, estes veem como se as mensagens partissem do próprio *proxy*;

- c) Servidor de Redirecionamento (*Redirect Server*) – Responsável por receber requisições dos usuários SIP, determinar o usuário ou servidor do próximo salto e retornar o endereço deste para o cliente solicitante.

2.5.2.2 Mensagens SIP

O SIP opera de maneira análoga ao protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), ou seja, através de mensagens textuais de requisição e resposta. Segundo Lins, Barbosa e Nascimento (2011), mensagens SIP são compostas por quatro partes:

- Linha de início – Indica se uma mensagem é uma solicitação ou uma resposta, além de conter a URI do agente usuário destino, a versão do SIP e o método utilizado nas solicitações de um cliente a um servidor ou o código utilizado nas respostas de um servidor a um cliente;
- Cabeçalhos - Utilizados para a provisão de informações adicionais, podem ser obrigatórios, opcionais ou ainda não aplicáveis;
- Linha em branco – Indica o fim do campo de cabeçalhos;
- Corpo da mensagem – Descreve informações acerca da sessão a ser estabelecida, bem como as mídias e *codecs* utilizados na mesma.

A figura 11 ilustra a sintaxe de uma mensagem SIP.

Figura 11 - Sintaxe de uma mensagem SIP



Fonte: LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011, p. 103

2.5.2.3 Solicitações SIP

Conforme é definido na RFC 3261 (2002) (antiga RFC 2543), o SIP possui seis tipos principais de mensagens de solicitação ou métodos:

- a) INVITE – Utilizada para o estabelecimento de uma sessão multimídia, descrevendo-a e assinalando-a através de um identificador único;
- b) ACK – Mensagem de confirmação;
- c) BYE – Utilizada para encerrar uma sessão multimídia;
- d) OPTIONS – Utilizada para descobrir as capacidades de outros agentes usuários e/ou servidores SIP;
- e) CANCEL – Cancela uma sessão antes do estabelecimento da mesma;
- f) REGISTER – Utilizada para registrar um agente usuário em um servidor SIP.

Mais tarde outras solicitações foram definidas pela RFC 3261 (2002), são elas:

- a) INFO – Utilizada para troca de informações entre agentes usuários durante uma sessão multimídia;
- b) PRACK – É um ACK provisório, ou seja, utilizada para informar que o andamento da configuração da sessão de uma chamada está indo bem, que quando concluída é confirmada com um ACK;
- c) SUBSCRIBE – Utilizada para que um usuário solicite que ele seja notificado sempre que ocorrer algum evento;
- d) NOTIFY – Utilizada para informar que um evento ocorreu;
- e) MESSAGE – Utilizada para indicar que a mensagem possui em seu corpo uma mensagem instantânea;
- f) UPDATE – Modifica uma proposta feita anteriormente em uma chamada ainda não estabelecida;
- g) REFER – Utilizada no processo de transferência de chamada, indicando e fazendo com que o receptor se comunique com uma terceira parte.

2.5.2.4 Respostas SIP

A RFC 3261 (2002) nos traz seis tipos de respostas SIP, são elas:

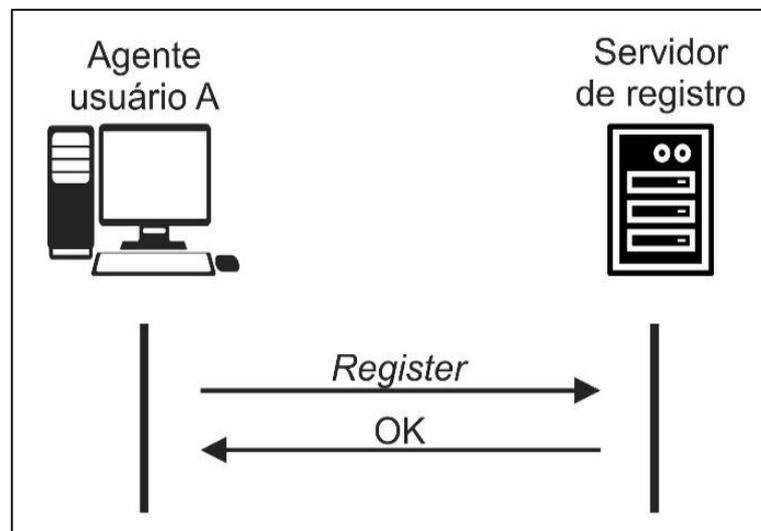
- a) 1xx: Provisória – Indica que uma solicitação foi recebida corretamente, dando continuidade ao processo de requisição;
- b) 2xx: Sucesso – Indica que a ação foi recebida com sucesso, compreendida e aceita;

- c) 3xx: Redirecionamento – indica que uma ação adicional precisa ser tomada a fim de completar a solicitação;
- d) 4xx: Erro de cliente – Indica que a solicitação contém sintaxe inválida ou que não pode ser cumprida no servidor que a recebeu;
- e) 5xx: Erro do servidor – Indica que o servidor não cumpriu uma solicitação aparentemente válida;
- f) 6xx: Falha global – Indica que a solicitação não pode ser cumprida em qualquer servidor.

2.5.2.5 Operação do SIP

O processo de operação do SIP começa com um agente usuário A se registrando em um servidor de registro, que acontece por meio do envio de uma mensagem REGISTER ao servidor, este por sua vez responde com uma mensagem 200 (OK). A figura 12 ilustra este processo (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

Figura 12 - Registro de um agente usuário SIP

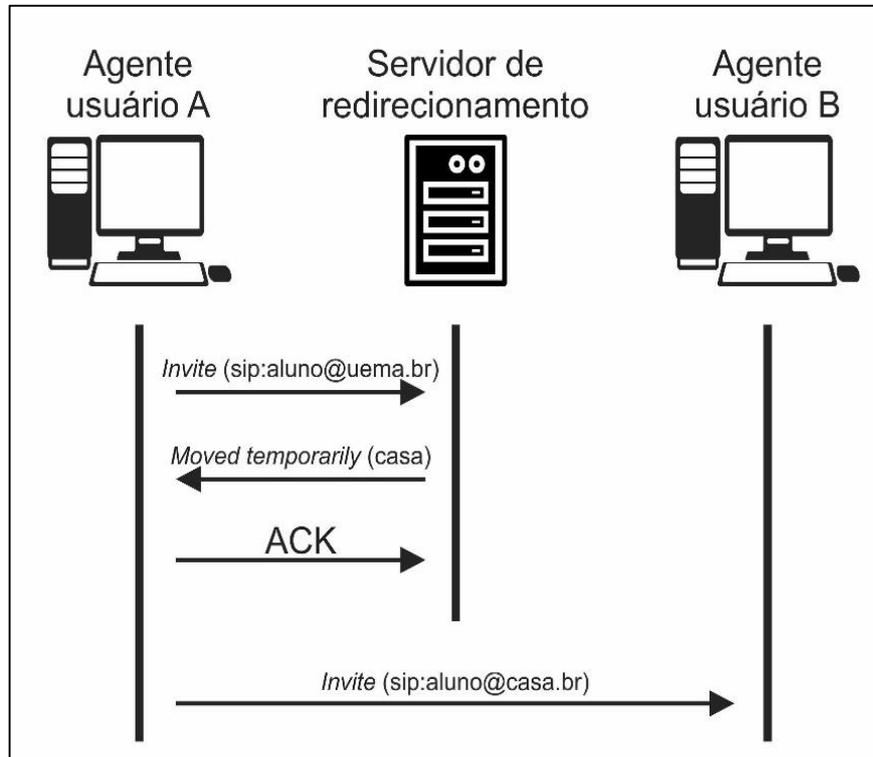


Fonte: LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011, p. 107

Em seguida, para que se inicie o processo de comunicação com outro usuário, o agente usuário A envia por multidifusão (*broadcasting*) uma mensagem INVITE contendo a localização de um agente usuário B. Se o agente usuário B não estiver mais no local especificado, o usuário A receberá uma mensagem 302 (MOVIDO TEMPORARIAMENTE) do servidor de redirecionamento, esta mensagem contém a nova localização do usuário B. Assim, o usuário A confirma o recebimento da mensagem enviada pelo servidor por meio de

uma mensagem ACK e em seguida reenvia a mensagem INVITE contendo a nova localização do usuário B. A figura 13 ilustra este processo (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

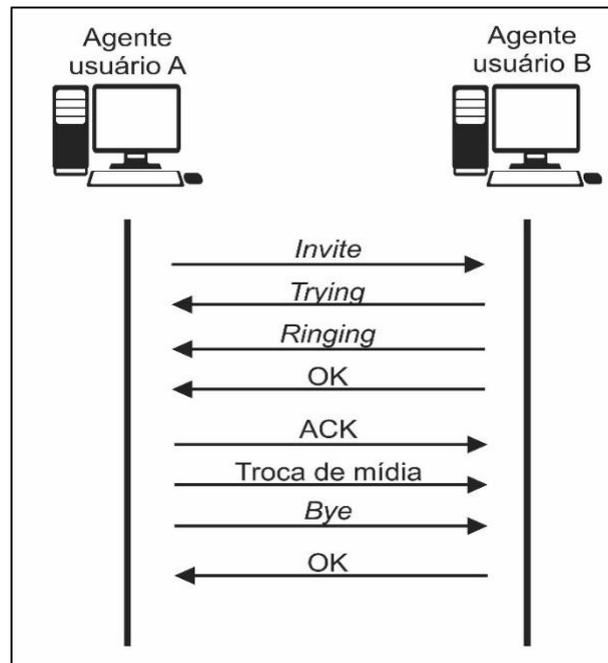
Figura 13 - Redirecionamento de uma chamada SIP



Fonte: LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011, p. 108

Dando continuidade ao processo, depois de recebida a mensagem INVITE, o usuário B alerta o usuário A (RINGING e TRYING), informando que a mensagem está sendo processada e em seguida envia uma mensagem de confirmação 200 (OK), que por sua vez é respondida por uma mensagem ACK do usuário A, confirmando o recebimento da resposta. A partir daí, inicia-se a troca do fluxo de mídia entre os usuários. Por fim, para finalizar a chamada, qualquer um dos usuários pode enviar uma mensagem BYE, que ao ser respondida por uma mensagem 200 (OK) encerra a sessão. A figura 14 ilustra este processo (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

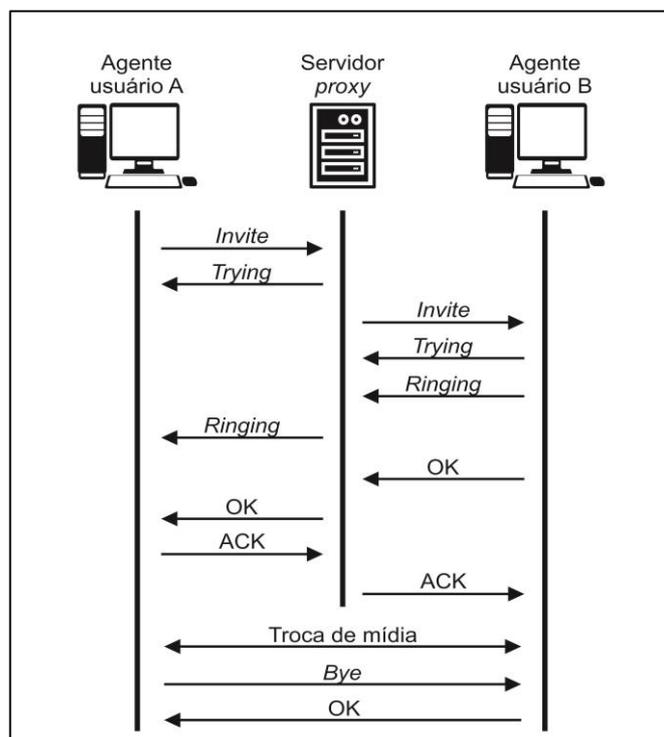
Figura 14 - Estabelecimento de uma chamada SIP



Fonte: LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011, p. 109

Outra possibilidade é a participação de um servidor *proxy* durante o processo de estabelecimento da chamada. A figura 15 ilustra este processo (LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011).

Figura 15 - Estabelecimento de uma chamada SIP via servidor proxy



Fonte: LINS; BARBOSA; NASCIMENTO, 2011, p. 109

2.5.3 Comparação entre o H.323 e o SIP

O H.323 e SIP são ambos protocolos de sinalização e que possuem algumas semelhanças, como por exemplo a possibilidade de chamadas com dois ou mais participantes, a admissão à negociação de parâmetros, a criptografia, o uso dos protocolos RTP e RTCP, entre outros. No entanto, são muito abrangentes as diferenças na filosofia de desenvolvimento empregada em cada um (TANENBAUM, 2003).

Enquanto o H.323 é um padrão pesado, complexo, de difícil adaptação a aplicações futuras, típico do ramo da telefonia, que especifica a pilha de protocolos completa, que possui as definições de permissões e proibições todas bem definidas e que tem foco na interoperabilidade com a PSTN. O SIP, por outro lado, possui características comuns aos protocolos da Internet, é um módulo leve, flexível e de fácil adaptação com outras aplicações, que funciona bem com outros protocolos da Internet, mas que não interopera bem com a PSTN (TANENBAUM, 2003).

A tabela 2, a seguir, lista alguns itens comparativos entre o H.323 e o SIP, com informações provenientes de Tanenbaum (2003) e Lins, Barbosa e Nascimento (2011),

Tabela 2 - Comparação entre o H.323 e o SIP

Item	H.323	SIP
Origens	Tem como base a telefonia PSTN. Adota o protocolo ISDN Q.931 para a sinalização	É baseado na Internet. Adere à sintaxe das mensagens do HTTP
Clientes	Terminais inteligentes H.323	Agentes usuários SIP
Servidores	<i>Gatekeeper</i> H.323	Servidores de registro, de redirecionamento e <i>proxy</i>
Projetado por	ITU-T	IETF
Arquitetura	Monolítica	Modular
Completeza	Pilha completa de protocolos	Lida somente com a configuração
Negociação de parâmetros	Sim	Sim
Sinalização de chamadas	Q.931 sobre TCP	SIP sobre TCP ou UDP

Item	H.323	SIP
Transporte de mídia	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Formato das mensagens	Binário	Texto ASCII
Chamadas de vários participantes	Sim	Sim
Conferências multimídia	Sim	Não
Endereçamento	Número de telefone	SIP URI
Término das chamadas	Explícito ou por TCP	Explícito ou por <i>time-out</i>
SMS	Não	Sim
Criptografia	Sim	Sim
Implementação	Grande e complexa	Moderada
Tamanho do documentos de padrões	1400 páginas	250 páginas
Status	Extensamente distribuído	Boas perspectivas de êxito

Siglas: PSTN - *Public Switched Telephone Network*; ISDN - *Integrated Service Digital Network*; HTTP - *Hypertext Transfer Protocol*; SIP - *Session Initiation Protocol*; ITU-T - *Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union*; IETF - *Internet Engineering Task Force*; TCP - *Transmission Control Protocol*; UDP - *User Datagram Protocol*; ASCII - *American Standard Code for Information Interchange*; RTP - *Real-Time Transport Protocol*; RTCP - *Real-Time Transport Control Protocol*; URI - *Uniform Resource Identifier*; SMS - *Short Message Service*; SSL - *Secure Socket Layer*; PGP - *Pretty Good Privacy*;

2.6 Asterisk e Elastix

2.6.1 Asterisk

O projeto Asterisk foi iniciado em 1999 com Mark Spencer. A partir daí, foi aperfeiçoado e testado por uma comunidade global de milhares de pessoas. Hoje, o Asterisk é mantido pela colaboração da Digium e a comunidade Asterisk (ASTERISK, 2016).

O Asterisk é um *framework* de código aberto (*open source*) utilizado para a construção de aplicações de comunicação, possibilitando que um computador comum seja um servidor de comunicações. Além disso, provê sistemas IP PBX, VoIP Gateways, servidores de conferência e outras soluções customizadas. Pode ser utilizado em pequenas e grandes empresas, em centrais de atendimento (*call centers*), em instituições públicas, em residências, tanto para se tornar a base para um sistema de telefone de negócios completo, quanto para estender um sistema já existente, ou ainda para fazer a interconexão entre sistemas (ASTERISK, 2016).

Existem mais de um milhão de sistemas de comunicação baseados em Asterisk em uso, uma vez que por ser *open source*, é também flexível, o que permite definir a solução que de fato se adapte às necessidades do usuário. Além disso, é estável e confiável (ASTERISK, 2016).

2.6.2 O que é um PBX?

Um PBX funciona como um sistema de comutação central para chamadas telefônicas em uma empresa ou instituição. Tais sistemas lidam com o tráfego interno entre as estações e agem como um *gatekeeper* para o mundo exterior. Possuem como principais componentes as linhas (às vezes chamadas de troncos) e as estações. As linhas são conexões para o público global da PSTN por meio de uma empresa de telefonia. Estações são os dispositivos finais, como telefones, modems ou até mesmo terminais de cartão de crédito (ASTERISK, 2016).

A missão original do PBX era fornecer acesso compartilhado a recursos limitados. Ao invés de ter uma linha telefônica separada para cada telefone, uma empresa poderia compartilhar uma pequena quantidade de linhas para um grupo muito maior de estações. Assim, existia o papel do operador, que era responsável por conectar as chamadas que chegavam para a pessoa ou departamento correto, ou ainda por conectar alguém, que desejasse fazer uma ligação, em uma linha disponível. Esse tipo de sistema era inicialmente chamado de *switchboard* ou quadro de distribuição. Com o passar do tempo, os operadores foram substituídos por sistemas eletromecânicos e mais tarde por sistemas eletrônicos que gerenciavam os acessos às linhas. Com isso houve a possibilidade da implementação de funcionalidades como o encaminhamento automático de chamadas, transferência de chamadas, bem como a permissão ou negação de chamadas com base em regras pré-definidas (ASTERISK, 2016).

Hoje, os sistemas telefônicos são mais que simples interruptores, uma vez que tornou-se padrão o uso de tecnologias auxiliares como atendimento automático de chamadas, mensagens de voz, filas de chamadas e conferência de voz. Telefones IP estão tomando o lugar

de telefones analógicos básicos e telefones digitais proprietários. E, através da internet, já é possível a conectividade externa por meio de troncos SIP ou outros serviços de VoIP (ASTERISK, 2016).

Em suma, quando os PBX foram originalmente desenvolvidos, as chamadas telefônicas por meio da PSTN eram o único tipo de comunicação eletrônica disponível. Hoje, o cenário das comunicações expandiu para incluir *e-mail*, mensagens instantâneas, videoconferência, compartilhamento de *desktop*, SMS (*Short Message Service*) e telefonia móvel. *Unified Communications* é um termo genérico que descreve o processo de fusão de todas essas tecnologias e a integração delas com os processos de negócios, com o objetivo de aumentar a eficiência enquanto simplifica o gerenciamento (ASTERISK, 2016).

2.6.3 Asterisk versus PBX

Apesar das diversas vantagens trazidas pelos PBX, existem algumas questões que ainda são incômodas em relação a eles. Existem aparelhos de PBX com conjuntos de recursos variados, implicando na variação dos preços. Com isso, algumas situações podem ocorrer, por exemplo, um cliente pode precisar de um recurso que não está presente em um modelo pelo qual ele possa pagar, ou ainda que ele possa pagar por um modelo com o recurso necessário, esse modelo pode vir com outros recursos que não são do seu desejo. Além disso, PBXs são de tecnologia proprietária e geralmente incompatíveis com os demais equipamentos da empresa, sem contar que a assistência técnica, a manutenção e a aquisição de peças de reposição ficam vinculadas ao fornecedor do produto (LINS, BARBOSA, NASCIMENTO, 2011).

Em contrapartida, tem-se o Asterisk, que, como já mencionado, é aberto e, portanto, flexível às necessidades do usuário, além de oferecer as mesmas funcionalidades/serviços que estão presentes nos PBX a custos muito baixos e com boa qualidade. Mas, vale ressaltar que, se houver a pretensão de entroncar a solução VoIP com a PSTN, o Asterisk pode ser comparável ao PBX desde que um *hardware* (VoIP gateway) a mais seja agregado (LINS, BARBOSA, NASCIMENTO, 2011).

2.6.4 Principais funções oferecidas pelo Asterisk

Landívar (2011) e Lins, Barbosa e Nascimento (2011) descrevem as principais funções oferecidos pelo Asterisk, são elas:

- a) Distribuição avançada de chamadas – Essa função possibilita que, a partir de atributos predefinidos, uma chamada seja encaminhada com mais rapidez para o seu destino final. Esses atributos podem ser obtidos de início, através de informações concedidas pela própria provedora ou requisitando informações extras (normalmente enviadas pelo teclado do telefone) de quem efetuou a chamada. Uma vantagem que o Asterisk proporciona em relação a esse recurso, em comparação aos PBX convencionais, é que o Asterisk não precisa de algum tipo de *hardware* ou licença especial, já que a configuração é feita via *software*;
- b) Transferência de chamadas – O Asterisk fornece duas opções de transferência de chamadas: transferência atendida e transferência cega. Na primeira, o atendente conversa com o destinatário antes de transferir a chamada para ele, já na segunda, a chamada é transferida sem que se converse com o destinatário antes;
- c) Não perturbe – esta opção faz com que um usuário não receba chamadas em seu ramal, elas são transferidas para a caixa de correio;
- d) Estacionamento de chamadas – Permite a um usuário receber uma chamada e enviá-la a um espaço de “estacionamento”. Esta opção é bastante útil, podendo ser usada, por exemplo, na situação em que um atendente precisa transferir uma chamada para outro setor de uma empresa, mas os ramais do setor estão todos ocupados, então o usuário é transferido para um espaço de “estacionamento”, onde ele ouvirá uma música de espera até que ele possa ser atendido;
- e) Atendimento de chamada de extensão remota – Também conhecida como “captura de chamada”, permite atender uma chamada de um ramal que não é o seu;
- f) Monitoramento e gravação de chamadas – Permite monitorar e gravar chamadas. O monitoramento normalmente é utilizado para fins de controle de qualidade, e é feito ao se digitar um código predeterminado que permite que se ouça em linha a conversa que está sendo realizada em um determinado ramal. A gravação permite que conversas de qualquer ramal sejam gravadas, as chamadas das conversas podem ser escolhidas de maneira aleatória ou predeterminada, e são armazenadas no disco rígido do servidor Asterisk para serem analisadas posteriormente, ou ainda para serem utilizadas em situações legais, como em casos de processos por mau atendimento a um usuário;
- g) Correio de voz – Aplicação que permite ouvir mensagens deixadas em chamadas que não puderam ser atendidas. O acesso ao correio de voz se dá digitando um código predeterminado. O Asterisk permite ainda a criação de uma senha para o correio de voz, que será solicitada após o código de acesso ao correio de voz ser digitado. Outras

- possibilidades muito interessantes são: tempo de armazenamento de mensagens diferentes para cada usuário, notificação via *e-mail* de novas mensagens no correio de voz, acesso ao correio de voz por meio de outros ramais, entre outras;
- h) Conferência – Nada mais é que uma chamada onde vários participantes falam ao mesmo tempo. Essa funcionalidade traz a ideia de salas, que são criadas e associadas a um ramal. Então, para entrar em uma chamada de conferência, basta ligar para o ramal associado à ela. Existem ainda várias possibilidades em uma conferência, como a limitação do número de participantes, a definição de uma senha para acesso, entre outras;
 - i) Relatórios de chamadas – O Asterisk gera registros de detalhes de chamadas (CDR – *Call Detail Record*), que ficam armazenados em um banco de dados. Essa base de dados pode ser acessada para que relatórios sejam gerados, tais relatórios informar se uma chamada foi atendida ou não, o tempo de duração de uma chamada, quais ramais realizaram chamadas para um determinado ramal, entre outras;
 - j) Filas de espera – Recurso que permite que um grande número de chamadas permaneça em espera até que um agente ou recurso esteja disponível para dar prosseguimento à chamada. O tempo que os autores das chamadas ficam em espera na fila pode ser usado, por exemplo, para informar serviços, produtos e ofertas de uma empresa ou simplesmente deixar tocando uma música de espera;
 - k) Chamada em espera – Esse recurso permite que, durante uma chamada, um dos lados receba outra chamada, deixando a primeira em espera;
 - l) Identificador de chamadas – Sinal enviado entre os toques da campainha ou durante a configuração da chamada, antes de ser atendida. Esse sinal permite que o número de um ramal seja identificado. O Asterisk implementa essa funcionalidade a nível de chamadas VoIP, no entanto, para chamadas a nível de PSTN, a provedora é quem deve habilitar ou fornecer o recurso;
 - m) Bloqueio de chamadas – Recurso que possibilita esconder, de maneira completa ou seletiva, números de ramais de um identificador de chamadas. Também permite o bloqueio de chamadas a partir do ID;
 - n) *Interactive Voice Response* (IVR) – Amplamente utilizado no atendimento em *call centers*, este recurso é geralmente aplicado no atendimento inicial de uma ligação, afim de tornar mais precisa a forma como um sistema telefônico aceita e distribui as chamadas recebidas, agilizando o acesso a serviços ou informações de uma companhia. Por meio desse recurso, é permitida a criação de menus de ativação por dígitos ou por

comandos de voz para executar consultas inclusive a outros sistemas de computador, como bancos de dados;

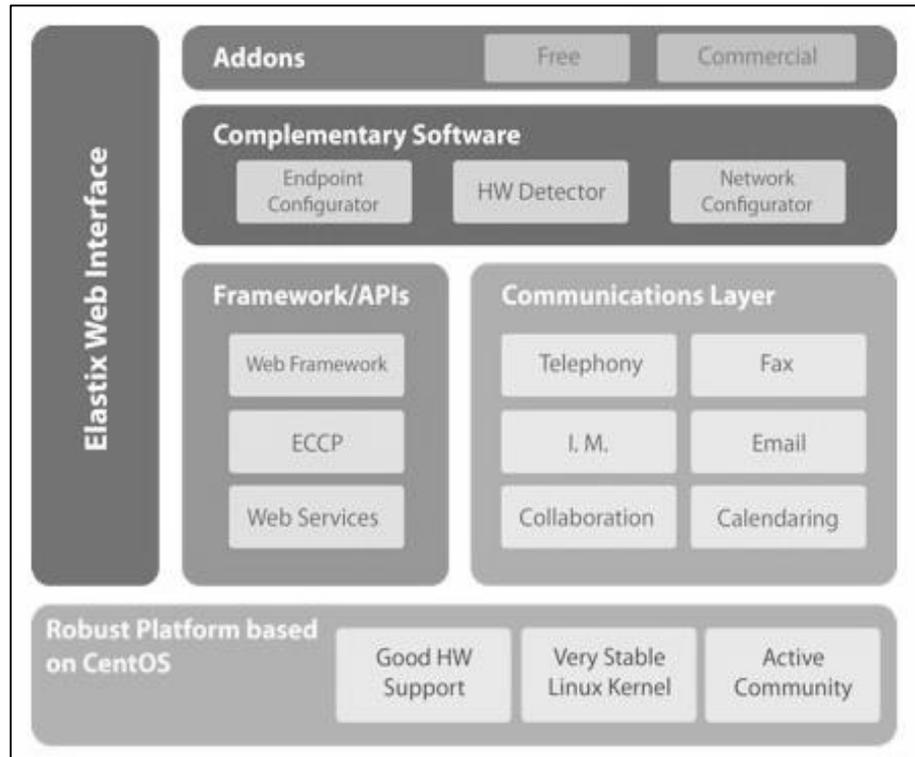
- o) Música em espera – O Asterisk permite que arquivos no formato *mp3* (*MPEG – Moving Picture Experts Group – Layer 3*) e *wav* (*Waveform Audio Format*) sejam colocados como músicas de fundo, que serão utilizadas quando um usuário entrar em espera;
- p) Gestão de comportamento por horário – O Asterisk permite que chamadas tenham um tratamento diferente de acordo com o horário que ela é realizada ou recebida. Um exemplo básico do uso dessa função é o de chamadas recebidas fora do horário de trabalho de uma determinada empresa/órgão/instituição, que podem ser respondidas por uma mensagem pré-gravada que diga para que o autor da chamada tente realizar a chamada mais tarde ou no dia seguinte;
- q) *Follow me* – recurso que possibilita a predefinição de uma sequência de chamadas simultâneas ou em sequência para todos os ramais de um usuário, a fim de localizá-lo. Vale ressaltar aqui uma deficiência do Asterisk, que é a de não permitir o uso de um mesmo ramal em vários dispositivos finais.

2.6.5 Elastix

O Elastix é uma distribuição de *software* livre baseado no CentOS (distribuição Linux popular orientada para servidores) que integra algumas tecnologias chaves como: VoIP PBX, Fax, Mensagens Instantâneas, *E-mail*. Estas funcionalidades principais estão implementadas sobre quatro importantes *softwares*: Asterisk (núcleo do PBX), Hylafax (sistema de Fax), Openfire (mensagens instantâneas) e Postfix (servidor de *e-mail*). Assim, a principal característica que o Elastix traz é a criação de uma interface *web* comum para a administração desses serviços, integrando-os de uma maneira muito fácil e simples (MUÑOZ, 2010).

Segue, na figura 16, um esquema geral dos componentes do Elastix.

Figura 16 - Esquema geral dos componentes do Elastix



Fonte: LANDIVAR, 2011, p.

3 METODOLOGIA

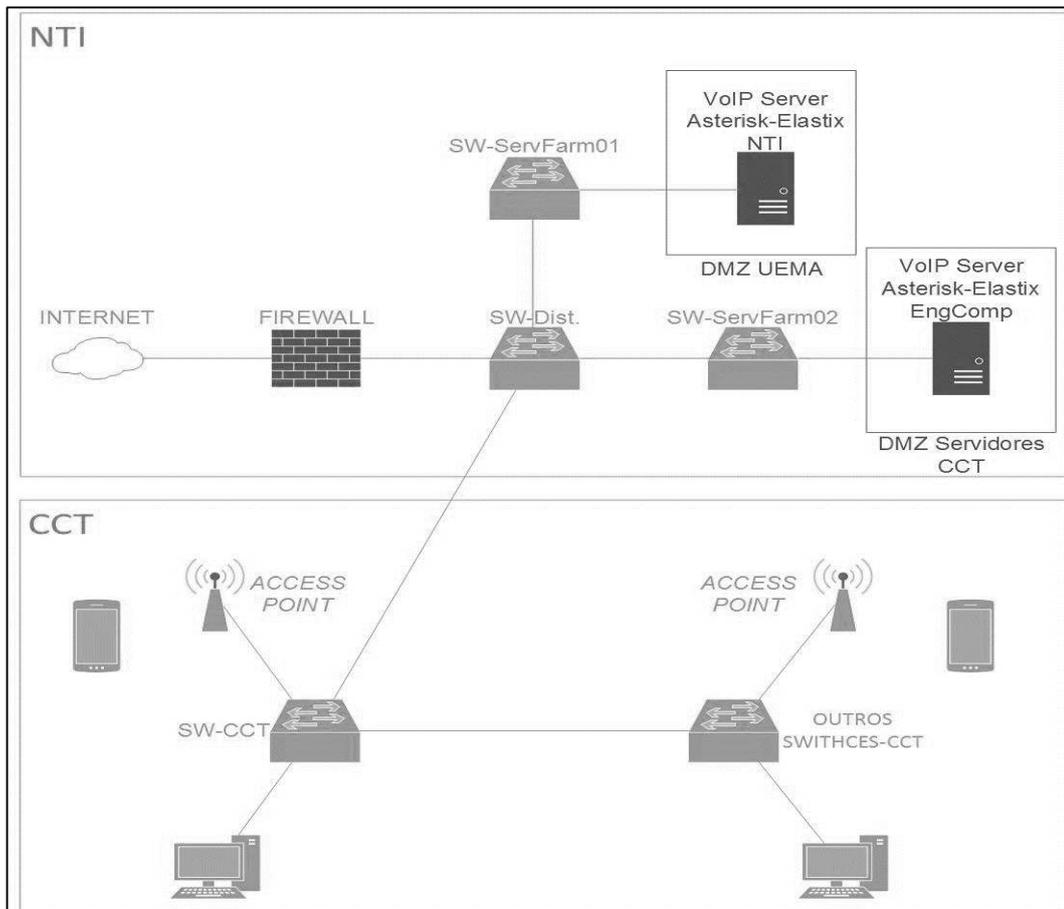
3.1 Levantamento Bibliográfico

A etapa inicial do projeto deu-se pesquisando e estudando de maneira aprofundada os tópicos mais relevantes para o mesmo. Destacam-se temas como o processo de conversão analógico-digital, as vantagens e desvantagens da utilização do serviço de VoIP, os protocolos que fazem parte do processo de comunicação via VoIP e informações a respeito do Asterisk e do Elastix. Também buscou-se na comunidade científica outros trabalhos que também utilizaram o Asterisk como base para a implementação de uma solução VoIP em suas empresas/órgãos/instituições ou em cenários de teste. Além disso, foram pesquisados os principais *softphones* existentes no mercado, dando prioridade às opções *freeware*.

3.2 Topologia da Rede IP Utilizada para a Aplicação da Solução VoIP

Para o dimensionamento da topologia da rede IP utilizada para o serviço de VoIP, foi necessário o contato com o Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI) da UEMA, onde o servidor VoIP Asterisk-Elastix está hospedado fisicamente. Após o contato, com base nas informações passadas, elaborou-se a representação da topologia física, mostrada na figura 17.

Figura 17 - Topologia da rede IP utilizada para o serviço de VoIP no CCT-UEMA



3.3 Quantificação de Ramais para o CCT

Foi decidido que deveriam ser criados ramais para todos os discentes, docentes, diretores de curso, secretárias e principais laboratórios do CCT. Para isso, por meio da secretaria do curso de Engenharia de Computação, foram conseguidas as listas de todos os discentes de cada curso do CCT, e por meio da secretaria de centro foram conseguidas as listas de todos os docentes do CCT.

Após a verificação das listas, estimou-se a necessidade inicial de cerca de 1800 ramais. Deste modo, decidiu-se adotar ramais com 4 dígitos, o que possibilitaria a criação de até 9999 ramais, excluindo o ramal 0, dando assim uma boa quantidade de ramais para acréscimos futuros.

Para os discentes, as listas de ramais foram organizadas por curso, por ano de ingresso na Universidade, em ordem alfabética e os números dos ramais foram enumerados em ordem crescente. Todos os cursos do CCT são os seguintes: Engenharia de Computação, Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Arquitetura e Urbanismo, Engenharia de Produção e Curso de

Formação de Oficiais – Bombeiros. Já para os docentes, as listas de ramais foram organizadas por departamento, em ordem alfabética e os ramais foram enumerados em ordem crescente. Todos os departamentos do CCT são os seguintes: Departamento de Engenharia de Computação, Departamento de Engenharia das Construções e Estruturas, Departamento de Expressão Gráfica e Transportes, Departamento de Engenharia Mecânica e Produção, Departamento de Física, Departamento de Hidráulica e Saneamento e Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

Foram reservados os ramais de 6000 ao 8499 para os discentes, do 8500 ao 8699 para os docentes e do 8700 ao 8799 para os diretores e secretárias de centro de cada curso, bem como para os principais laboratórios do centro.

A estratégia escolhida para o acréscimo de novos nomes às listas foi a de criar o próximo número de ramal disponível, mas mantendo a ordem alfabética. Logo, por exemplo, se existissem os ramais 0001 – Ana Paula, 0002 – Carlos Henrique e 0003 - Douglas Henrique, e fosse desejado que o Carlos Adriano fosse adicionado, ele entraria na lista após o nome da Ana Paula, mas com o ramal 0004.

Uma demonstração das listas de ramais e o modo como estão classificadas é mostrado no APÊNDICE C.

3.4 Instalação e Configuração do Servidor VoIP Asterisk-Elastix

Como já mencionado, a máquina onde o servidor VoIP Asterisk-Elastix foi instalado ficou hospedada fisicamente no prédio do NTI-UEMA, mais especificamente no *datacenter* do mesmo. Tal escolha deu-se pela estrutura do ambiente, que conta com *racks* (armários que abrigam dispositivos de rede como *switches*, servidores, roteadores, etc.), resfriamento (o que é indispensável para o bom funcionamento de uma máquina servidora) e maior nível de segurança física.

As especificações da máquina servidora são as seguintes:

- a) Processador – Intel (R) Xeon (R) CPU X5560 2,80GHz
- b) Velocidade de CPU – 2.793,06 MHz
- c) Memória RAM – 2GB
- d) Disco Rígido – 50GB

O processo de instalação e principais configurações do servidor VoIP Asterisk-Elastix são mostradas no APÊNDICE A.

3.5 Instalação e Configuração dos Clientes Softphones

Foram pesquisados os principais *softphones* existentes no mercado, tanto para computadores/*notebooks* quanto para *smartphones*, sendo que para ambas as plataformas deu-se prioridade por opções *freeware*.

O *softphone* para computador/*notebook* explorado foi o X-Lite, disponível tanto para *Windows* (sistema operacional para computadores da Microsoft) quanto para *MAC* (sistema operacional para computadores da Apple). Já para *smartphones*, foram examinados os *softphones* CSipSimple (disponível para *Android*) e Zoiper (disponível para *Android*, *IOS* e *Windows Phone*), este último também possui versões para *Windows*, *Linux* e *MAC*, mas deu-se foco apenas às suas versões de *smartphones*.

O processo de instalação e principais configurações de cada *softphone* são mostrados no APÊNDICE B.

3.6 Análise de CAPEX e OPEX da Solução VoIP

Finalizando as etapas do processo de composição do trabalho, foi feita a análise de CAPEX (despesas com capital ou o investimento em bens de capital) e de OPEX (despesas operacionais) da solução VoIP. Colocando os conceitos de CAPEX e OPEX de modo prático, tem-se que a aquisição de um equipamento está para CAPEX, ao passo que os custos de manutenção com o equipamento estão para OPEX.

Sabendo disso, no que se refere ao CAPEX, os custos de investimento para implantação da solução VoIP foram zero, uma vez que a rede onde o serviço foi implantado é pré-existente, o *hardware* utilizado (máquina servidora) foi recebida pela UEMA por meio de doação, o Asterisk-Elastix é um *software* livre, os *softphones* utilizados são *freeware* e o custo de mão de obra de instalação do serviço também foi zero.

Em relação ao OPEX, considerando a possibilidade de defeitos de *hardware* ou *software* na máquina servidora, poderão haver custos de manutenção, incluindo os custos de mão de obra para esta manutenção. Esse custo pode variar, dependendo do problema a ser resolvido.

Além disso, em relação aos custos com ligações, vale ressaltar que se futuramente a solução VoIP for implementada em toda a UEMA, incluindo os demais *campus* do estado (o que é totalmente possível), substituindo a telefonia tradicional atualmente utilizada, a economia poderia chegar a cerca de R\$1.000.000,00 por ano, tomando por base os valores médios dos custos anteriores com telefonia fixa. Para obter estes valores, foram solicitadas à UEMA as

listas de valores gastos com telefonia ao longo dos anos de 2013, 2014 e 2015. O gráfico com a média mensal dos valores gastos e os e gráfico dos valores totais gastos em cada ano são mostrados na figura 18 e na figura 19, respectivamente.

Figura 18 - Média mensal dos valores gastos pela UEMA em telefonia para os anos de 2013, 2014 e 2015

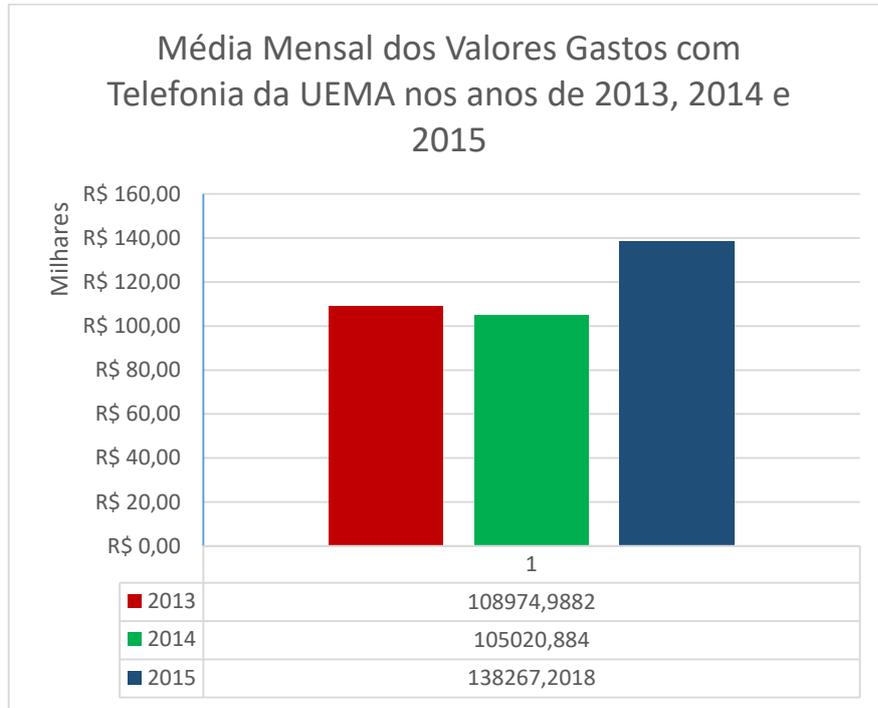
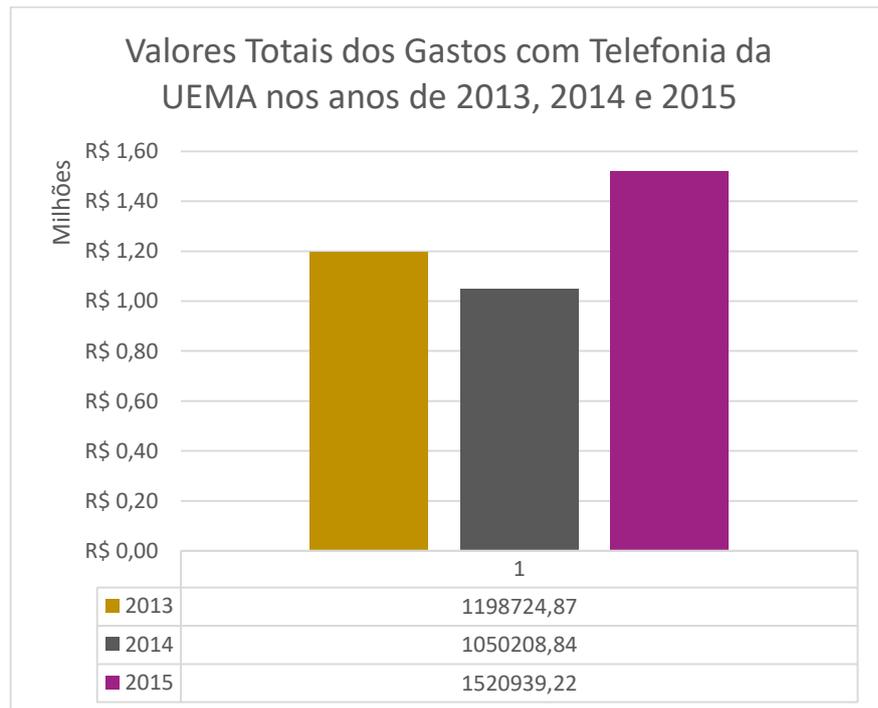


Figura 19 - Valores totais gastos pela UEMA em telefonia nos anos de 2013, 2014 e 2015



4 RESULTADOS

Com a finalidade de demonstrar o funcionamento da solução VoIP implantada, alguns testes simples foram feitos.

4.1 Testes de Funcionamento

Para os testes de funcionamento, optou-se pela captura dos pacotes SIP e RTP durante o processo de registro de um usuário ao servidor VoIP, bem como durante o estabelecimento, troca de mídia e encerramento de uma chamada entre dois ramais. Para a captura dos pacotes, utilizou-se o *software* Wireshark, (versão 2.2.1 x64).

a) Registro de um usuário ao servidor VoIP

Para este teste, um ramal de número 1001 e nome “Teste1” foi configurado no *softphone* X-Lite, a fim de se registrar no servidor VoIP. Os resultados da captura de pacotes para o processo de registro de um usuário ao servidor VoIP são mostrados na figura 20.

Figura 20 - Registro de um usuário ao servidor VoIP

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
47	14.018448	192.168.0.21	200.██████████	SIP	588	Request: REGISTER sip:sip.cct.uema.br (1 binding)
48	14.144122	200.██████████	192.168.0.21	SIP	618	Status: 401 Unauthorized
49	14.148771	192.168.0.21	200.██████████	SIP	745	Request: REGISTER sip:sip.cct.uema.br (1 binding)
50	14.279896	200.██████████	192.168.0.21	SIP	641	Request: OPTIONS sip:1001@200.██████████:5060;rinstance=30431c1a36df306c
51	14.281144	200.██████████	192.168.0.21	SIP	664	Status: 200 OK (1 binding)
52	14.281145	200.██████████	192.168.0.21	SIP	642	Request: NOTIFY sip:1001@200.██████████:5060;rinstance=30431c1a36df306c
55	14.527786	192.168.0.21	200.██████████	SIP	629	Status: 200 OK
56	14.532617	192.168.0.21	200.██████████	SIP	452	Status: 200 OK
80	15.786391	192.168.0.21	200.██████████	SIP	654	Request: SUBSCRIBE sip:1001@sip.cct.uema.br
81	15.915270	200.██████████	192.168.0.21	SIP	611	Status: 401 Unauthorized
82	15.929767	192.168.0.21	200.██████████	SIP	816	Request: SUBSCRIBE sip:1001@sip.cct.uema.br
84	16.129986	200.██████████	192.168.0.21	SIP	588	Status: 200 OK
85	16.130563	200.██████████	192.168.0.21	SIP	755	Request: NOTIFY sip:1001@200.██████████:5060;rinstance=30431c1a36df306c
86	16.146928	192.168.0.21	200.██████████	SIP	495	Status: 200 OK

Observando os resultados, percebe-se a semelhança com as etapas descritas no tópico 2.5.2.5 deste trabalho, ou seja, para se registrar ao servidor, o usuário envia uma mensagem REGISTER ao mesmo, que responde com um OK. É possível observar que na primeira tentativa de registro e de solicitação de notificações por parte do usuário, a resposta é um erro 401, que, como já dito, indica que a solicitação contém sintaxe inválida ou que não pode ser cumprida no

servidor. Além disso, é possível notar a ocorrência da mensagem OPTIONS (utilizada para descobrir as capacidades de outros agentes usuários e/ou servidores SIP), SUBSCRIBE (utilizada para que um usuário solicite que ele seja notificado sempre que ocorrer algum evento) e NOTIFY (utilizada para informar que um evento ocorreu).

b) Chamada entre dois ramais

Para este teste, dois ramais foram configurados. O ramal 1001 de nome “Teste1” foi configurado no *softphone* X-Lite em um computador e ramal 1002 de nome “Teste2” foi configurado no *softphone* CSipSimple em um *smartphone*. Após isso foi realizada uma ligação do computador para o celular. Os resultados da captura de pacotes para o processo de estabelecimento, troca de mídia e encerramento da chamada são mostrados na figura 21 e 22.

Figura 21 - Estabelecimento e encerramento da chamada

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
16	6.257833	192.168.0.21	200.██████████	SIP/SDP	954	Request: INVITE sip:1002@sip.cct.uema.br
17	6.383195	200.██████████	192.168.0.21	SIP	608	Status: 401 Unauthorized
18	6.384442	192.168.0.21	200.██████████	SIP	379	Request: ACK sip:1002@sip.cct.uema.br
19	6.389135	192.168.0.21	200.██████████	SIP/SDP	1116	Request: INVITE sip:1002@sip.cct.uema.br
20	6.519591	200.██████████	192.168.0.21	SIP	553	Status: 100 Trying
21	6.530283	200.██████████	192.168.0.21	SIP	569	Status: 180 Ringing
22	6.748457	200.██████████	192.168.0.21	SIP	569	Status: 180 Ringing
29	9.306339	200.██████████	192.168.0.21	SIP/SDP	861	Status: 200 OK
30	9.374723	192.168.0.21	200.██████████	SIP	497	Request: ACK sip:1002@200.██████████:5060
34	9.442924	200.██████████	192.168.0.21	SIP/SDP	861	Status: 200 OK
40	9.512864	192.168.0.21	200.██████████	SIP	497	Request: ACK sip:1002@200.██████████:5060
168	12.103656	192.168.0.21	200.██████████	SIP	664	Request: BYE sip:1002@200.██████████:5060
169	12.272925	200.██████████	192.168.0.21	SIP	519	Status: 200 OK

Figura 22 - Troca de mídia

44	31.417318	192.168.0.21	200.██████████	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x3C495C9D, Seq=2887, Time=2272552581, Mark
45	31.437538	192.168.0.21	200.██████████	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x3C495C9D, Seq=2888, Time=2272552741
46	31.457747	192.168.0.21	200.██████████	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMA, SSRC=0x3C495C9D, Seq=2889, Time=2272552901

Aqui também é notória a semelhança do processo de estabelecimento e encerramento da chamada com as etapas descritas no tópico 2.5.2.5, ou seja, o ramal “Teste1” envia uma mensagem INVITE contendo a localização do ramal “Teste2”, depois de recebida a mensagem INVITE, “Teste2” alerta “Teste1” (RINGING e TRYING), informando que a mensagem está sendo processada e em seguida envia uma mensagem de confirmação 200 (OK), que por sua vez é respondida por uma mensagem ACK de “Teste1”, confirmando o recebimento da

resposta. A partir daí, inicia-se a troca do fluxo de mídia entre os usuários. Por fim, para finalizar a chamada, qualquer um dos usuários pode enviar uma mensagem BYE, que ao ser respondida por uma mensagem 200 (OK) encerra a sessão.

Em relação ao momento de troca de mídia (voz), sabe-se que os pacotes RTP são os que transportam a voz. Assim, no processo de captura de pacotes RTP, são mostradas várias linhas como as mostradas da figura 22. Estas linhas, além de outras coisas, informam o *codec* utilizado durante a ligação.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho buscou-se implementar uma solução alternativa para a telefonia do CCT-UEMA, com base no serviço de VoIP. Para isso, as seguintes etapas foram seguidas:

- a) Levantamento bibliográfico e estudo aprofundado dos tópicos necessários e mais pertinentes à implementação de um servidor VoIP;
- b) Dimensionamento da topologia da rede IP utilizada para a solução;
- c) Quantificação dos ramais necessários para os discentes, docentes, diretores, secretárias e laboratórios do CCT-UEMA;
- d) Instalação e configuração do servidor VoIP Asterisk-Elastix;
- e) Instalação e configuração dos clientes *softphones*;
- f) Análise dos custos de implementação e manutenção da solução;
- g) Testes de funcionamento da solução.

Após finalizar cada uma das etapas e, portanto, completar o processo de implementação do serviço de VoIP, algumas conclusões puderam ser obtidas, são elas:

- a) Primeiramente, observa-se de imediato a redução de custos que pode ser propiciada pela solução VoIP em comparação ao serviço de telefonia tradicional em uso. Como já dito, qualquer chamada realizada utilizando exclusivamente VoIP tem custo zero, ao contrário das chamadas realizadas via PSTN;
- b) Também é notório o ganho de mobilidade proporcionado, uma vez que enquanto um terminal telefônico tradicional está fisicamente atrelado ao local onde está instalado, por conta da linha telefônica, na solução VoIP o usuário possui maior mobilidade considerando que pode realizar chamadas em qualquer lugar por meio de uma maior quantidade de dispositivos (computadores, *notebooks*, *smartphones*), sendo necessário apenas estar conectado à internet;
- c) Além disso, um problema recorrente observado que prejudicou o funcionamento da solução em vários momentos, foi a instabilidade tanto da rede IP quanto da rede elétrica da UEMA, que com suas quedas faziam o serviço ficar indisponível.

Por fim, vale ressaltar que este trabalho serviu apenas como um experimento inicial para a implementação de uma solução VoIP definitiva para a UEMA. Assim, as possibilidades de evolução deste trabalho ou propostas para trabalhos futuros são listadas a seguir:

- a) Realizar o estudo e a análise tanto de outros servidores VoIP, quanto de outras distribuições que também implementam o Asterisk, afim de compará-los para decidir qual deles melhor se aplica às necessidades da UEMA;
- b) Fazer uma pesquisa que foque nos aspectos de segurança relacionados ao serviço de VoIP, considerando as vulnerabilidades que o mesmo pode oferecer, dada a sua aplicação na rede IP da UEMA;
- c) Desenvolver um trabalho que destaque questões relacionadas a QoS em VoIP, considerando os fatores que afetam a qualidade da voz (*codecs*, atraso, *jitter* e perda de pacotes);
- d) Executar a comparação da qualidade de voz percebida pelo usuário para cada uma das possibilidades de implementação de solução VoIP, aplicando o método *Mean Opinion Score* (MOS), que é uma método de experimento humano com critérios pré-estabelecidos, onde usuários pontuam a qualidade de uma chamada.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. *Telefonia Digital*. [S.l.]: Editora Érica, 1998.

ARORA, Rakesh. *Voice Over IP: Protocols and Standars*. Disponível em: <http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-99/ftp/voip_protocols.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2016.

ASTERISK. *Get Started, What is a PBX?*. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.asterisk.org/get-started>> e <<http://www.asterisk.org/get-started/applications/pbx>>. Acesso em: 23 out. 2016.

COLLINS, D. *Carrier Grade Voice Over IP*. [S.l.]: Mc Graw-Hill, 2001.

COUNTERPAHT CORPORATION. *X-Lite for Windows User Guide*. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: http://www.counterpath.com/assets/product_documents/X-Lite_4_Windows_User_Guide_R6.pdf. Acesso em: 11 nov. 2016.

DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY (DARPA). *Internet Protocol, RFC 791*. USA, Set. 1981.

DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY (DARPA). *Transmission Control Protocol, RFC 793*. USA, Set. 1981.

FILIPPETTI, M. A. *CCNA 5.0: guia completo de estudo*. Florianópolis: Visual Books, 2014.

HARFF, Simone. *Requisitos e Proposta para Implantação de um Servidor VoIP*. 80 f. 2008. Monografia (Especialização em Tecnologias, Gerência e Segurança de Redes de Computadores) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

IETF. *SIP: Session Initiation Protocol, RFC 3261*. USA, Jun. 2002.

KUROSE, James F. *Redes de Computadores e a Internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2010.

LANDÍVAR, E. *Comunicaciones Unificadas con Elastix – Volumen 1*. 2 ed. [S.l.: s.n.], 2011.

LINS, R. D.; BARBOSA, D. C. P.; NASIMENTO, V. C. de O. *VoIP: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Brasport, 2011.

MOLINA, V. Exame, 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/skype-comemora-10-anos-em-um-mercado-em-constante-mudanca>>. Acesso em: 16 mar. 2016.

MUÑOZ, A. *Elastix A Ritmo de Merengue*. [S.l.: s.n.], 2010.

OLIVEIRA, R. C.; LOURAS, C. de A. *Impacto da introdução da tecnologia de voz sobre IP no desempenho de operadoras tradicionais: uma simulação de cenários*. 26 f. 2005. Cad. CPqD Tecnologia, Campinas, 2005.

PEREIRA, A. M. A. et al. *Análise e proposição de uma solução VoIP para o IFPB*. 9 f. 2013. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2013.

QADEER, M. A.; IMRAN, A. *Asterisk Voice Exchange: An Alternative to Conventional EPBX*. 5 f. 2008. International Conference on Computer and Electrical Engineering, 2008.

RIBEIRO, G. da S. *Voz Sobre IP I: A Convergência de Dados e Voz*. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoipconv/default.asp>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

SERVIÇO do ano. INFO Exame, São Paulo, ano 20, n. 237, dez. 2005. Disponível em: <<https://issuu.com/revistainfo/docs/dez2005/5>>. Acesso em: 16 mar. 2016

SILVA JUNIOR, J. M. da. *Uma Aplicação de Voz Sobre IP Baseada no Session Initiation Protocol*. 128 f. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

SPEECH codecs: pros & cons. [S.l.: s.n.], 2008. Disponível em: <<https://speechcodecs.wordpress.com>>. Acesso em: 21 out. 2016.

TANENBAUM, Andrew S. *Redes de Computadores*. 4. ed. [S. l.]: Editora Campus, 2003.

TELECO. *Índice de Serviços de Telecomunicação (IST)*. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tarifafixo2.asp>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

WALKER, John Q.; HICKS, Jeffrey T. *The Essential Guide to VoIP Implementation and Management*. [S. l.]: NetIQ Corporation, 2002.

WALSH, T. J.; KUHN, D. R. *Challenges in Securing Voice over IP*. 6 f. 2005. IEEE Security & Privacy, 2005.

WEI, X.; BOUSLIMANI, Y.; SELLAL, K. *VoIP Based Solution for the Use Over a Campus Environment*. 5 f. 2012. IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering – University of Moncton, New Brunswick, Canada.

WOODARD, J. *Speech Coding*. Disponível em: <http://www-mobile.ecs.soton.ac.uk/speech_codecs/index.html>. Acesso em: 10 mar. 2016.

APÊNDICE A – Instalação e Configurações do Asterisk-Elastix

A.1 Instalação

A última versão estável e disponível do Elastix é a 4.0 (disponível em <http://www.elastix.com/en/downloads/>).

O processo de instalação do Asterisk-Elastix é simples. Após inserir a mídia de instalação, a tela mostrada na figura 23 irá aparecer, selecione a opção “Install Elastix 4”.

Figura 23 - Processo de instalação de Asterisk-Elastix 1



Após isso, alguns módulos serão carregados para a continuidade do processo de instalação a tela mostrada na figura 24 aparecerá. Nesta tela, existem algumas informações que devem ser informadas, são elas: data e hora, padrão de idioma do teclado (pré-definido para o inglês), local de instalação e as informações de rede e *hostname*.

Figura 24 - Processo de instalação de Asterisk-Elastix 2



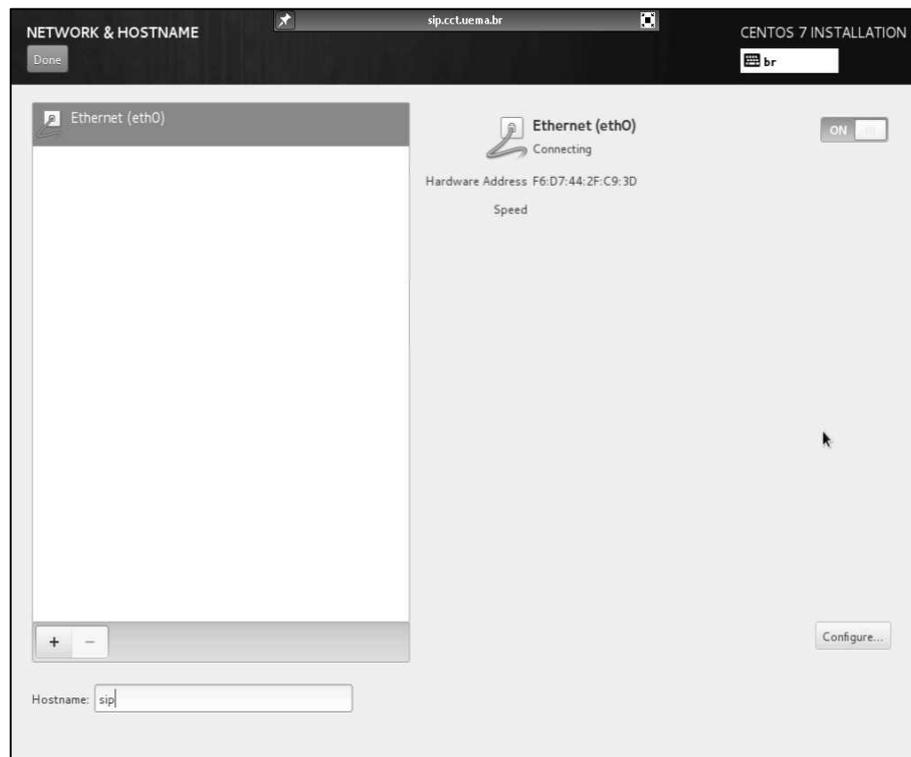
Assim, clicando na opção “*DATE & TIME*”, a tela da figura 25 será mostrada, nela deve-se definir a data atual e escolher o fuso horário selecionando a cidade (ou a cidade mais próxima) onde o servidor ficará fisicamente. Feito isso, deve-se clicar em “Done” no canto superior direito.

Figura 25 - Configurações de data e hora



Na opção “*NETWORK & HOSTNAME*”, devem ser definidas as informações de rede. Sabendo disso, na tela mostrada na figura 26, deve-se definir o *hostname* e ativar a *interface* de rede da máquina servidora. Além disso, clicando em “*Configure*”, deve-se definir o modo como o servidor obterá o endereço IP, isto é, de maneira dinâmica por meio do DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) ou de maneira estática/manual. Ao concluir essa parte, deve-se clicar em “*Done*” no canto superior direito.

Figura 26 - Configurações de rede



Em “*INSTALLATION DESTINATION*”, deve-se definir o local onde o Elastix deverá ser instalado, isto é, em qual disco rígido/partição. Para isso, basta selecionar uma das opções de disco disponíveis e em seguida deve-se clicar em “*Done*” no canto superior direito.

Em seguida, de volta à tela da figura 24, deve-se clicar em “*Begin Installation*”, dando início ao processo de instalação propriamente dito, como mostra a figura 27. Enquanto o processo de instalação progride, na mesma tela deve-se definir a senha de *root* (raiz) e deve-se criar uma conta de administrador do servidor VoIP clicando nas respectivas opções.

Figura 27 - Início da instalação, definição de senha de root e criação de conta de administrador do servidor VoIP



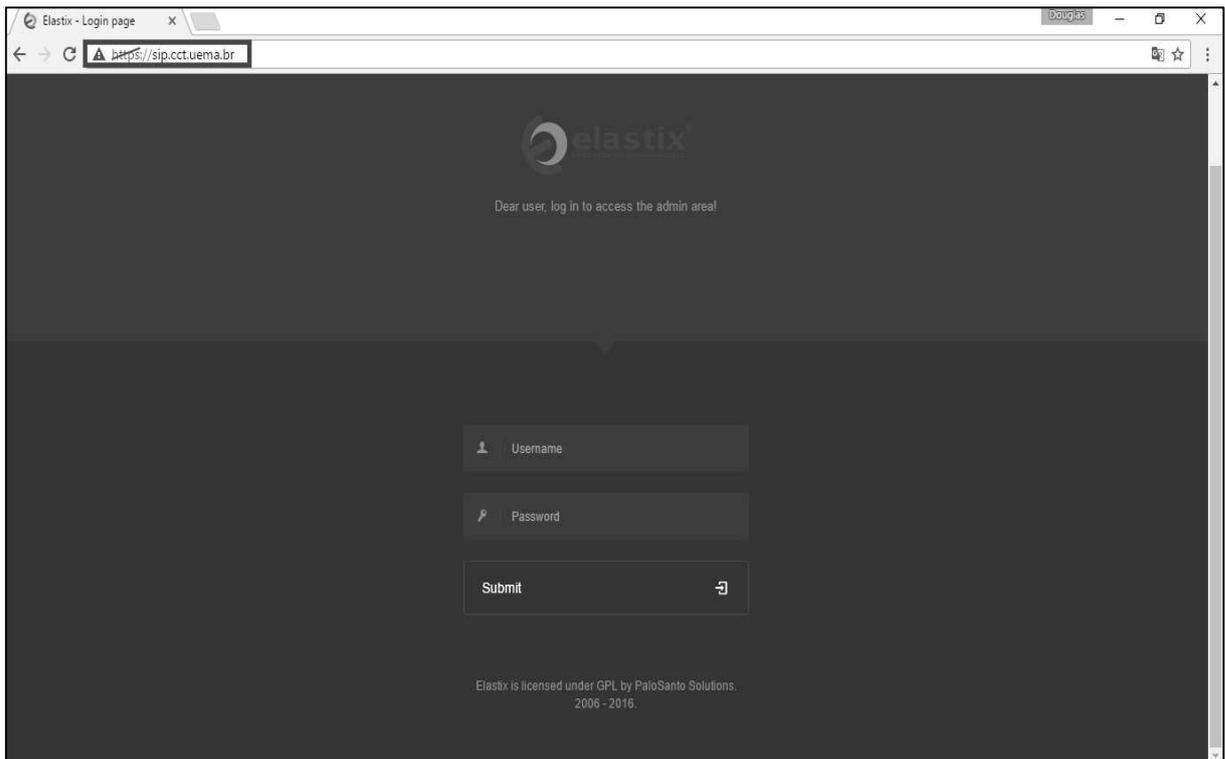
Por fim, duas telas aparecerão. Na primeira deve-se definir a senha de *root* para o *MySQL* e na última deve-se definir a senha de administrador.

Na implementação proposta neste trabalho, além dos passos anteriores, foi solicitado ao NTI-UEMA a criação do domínio sip.cct.uema.br, além da liberação no *firewall* das portas utilizadas pelo Asterisk-Elastix. Deste modo, seguem as informações não sigilosas do servidor:

- a) Domínio - sip.cct.uema.br;
- b) Portas liberadas – porta 80 (HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*), porta 443 (HTTPS – *Hypertext Transfer Protocol Secure*), porta 5060 (TCP e UDP), portas 10000 a 20000 (TCP e UDP) e a porta 3306 (para o *MySQL*).

Assim, para acessar a *interface web* do Elastix, basta digitar o seu endereço IP ou o domínio associado ao endereço IP, como mostra a figura 28.

Figura 28 - Tela de login da interface web



A.2 Configurações

Entrando no sistema do Elastix por meio da *interface web*, na tela inicial terão algumas janelas com informações importantes como: informações dos recursos do sistema, *status* dos módulos do Elastix, informações de disco rígido, gráfico de performance e atividades de comunicação. Além disso, ao lado esquerdo terão opções referentes ao: sistema, agenda, email, fax, PBX, mensagens instantâneas, relatórios, opções extras, *add-ons*, segurança e históricos. Destas, as que mais interessam para a solução VoIP, são as opções de PBX, onde é possível, dentre outras coisas, realizar a criação dos ramais (ou extensões) dos usuários, configurar os aspectos relacionados a correio de voz, transferência de chamada, conferência e outras funcionalidades oferecidas pelo Asterisk.

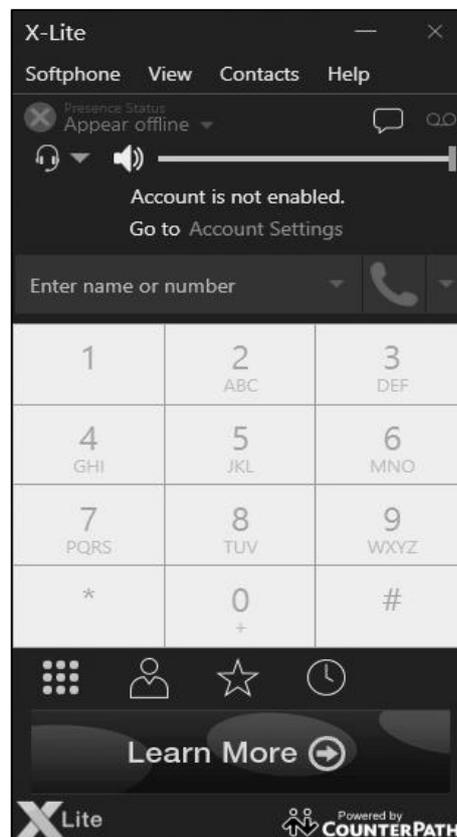
APÊNDICE B - Instalação e Configuração dos Sofphones

B.1 X-Lite

A última versão lançada do X-Lite é a 4.9.6 (disponível em <http://www.counterpath.com/x-lite-download/>). Após o *download* do programa, o processo de instalação é bem simples, consistindo apenas em aceitar os termos de licença e em escolher o diretório onde o programa deverá ser instalado.

Depois de instalado, ao abrir o programa, a *interface* mostrada na figura 29 aparecerá.

Figura 29 - Interface principal do X-Lite



B.1.1 Opções de configuração de conta

Para abrir as configurações de conta, deve-se clicar na opção “*Softphone*”, em seguida deve-se selecionar a opção “*Account Settings*”, onde serão oferecidas as seguintes opções de configuração: “*Account*”, “*Voicemail*”, “*Topology*”, “*Presence*”, “*Transport*” e “*Advanced*”.

Para que se possa configurar um ramal e realizar chamadas através dele, a única configuração obrigatória, é a que deve ser feita na aba “*Account*”. As configurações das demais abas são opcionais, uma vez que a maioria delas vem previamente configuradas. Uma breve descrição de cada aba é dada a seguir, de acordo com CounterPath Coporation (2015).

- a) *Account* – É onde são feitas as configurações do ramal, por meio do preenchimento dos campos de informação do usuário, com base nas informações previamente definidas no servidor;
- b) *Voicemail* – Essa opção permite a realização de configurações que interajam com o serviço de correio de voz de provedor de serviços VoIP;
- c) *Topology* – Opção que permite definir o método pelo qual o serviço de VoIP atravessará redes TCP/IP protegidas por sistemas de *Firewall*, o endereço do servidor de *Firewall* e as portas utilizadas pelos protocolos de sinalização e transporte de voz;
- d) *Presence* – Permite a realização de configurações para que outros usuários de *softphone* vejam o *status online* do usuário e vice-versa;
- e) *Transport* – Possibilita a definição do protocolo de voz a ser utilizado (UDP ou TCP);
- f) *Advanced* – Oferece algumas opções avançadas de configuração como a definição do intervalo de tempo em que o cliente atualizará o seu registro, o tempo mínimo de espera para uma nova tentativa de registro em caso de falha, a ativação ou desativação do mecanismo de detecção para saber se uma sessão ainda está ativa, entre outras.

B.1.2 Configurando um ramal

Para configurar um ramal no X-Lite, deve-se acessar a opção “*Account*”, por meio da opção “*Softphone*” > “*Account Settings*”. Na janela que aparecerá, os seguintes campos devem ser preenchidos:

- a) *User ID* – Campo onde deve-se digitar o número do ramal disponibilizado a partir da lista de ramais do CCT-UEMA;
- b) *Domain* – Campo onde deve-se digitar o domínio ou o IP do servidor VoIP Asterisk-Elastix;
- c) *Password* – Campo onde deve-se digitar a senha definida no servidor, que em um primeiro momento seguirá o padrão “sip” + número do ramal, e posteriormente deverá ser indicada pelo usuário por meio do e-mail de administração da solução VoIP;
- d) *Display Name* – Campo onde deve-se digitar o nome do responsável pela conta, ou seja, o nome que será exibido no *display*;

Figura 30 - Janela de Configuração de Conta

The image shows a 'SIP Account' configuration window with the following fields and options:

- Account name:** Account 1
- Protocol:** SIP
- Allow this account for:**
 - Call
 - IM / Presence
- User Details:**
 - * User ID: []
 - * Domain: []
 - Password: []
 - Display name: []
 - Authorization name: []
- Domain Proxy:**
 - Register with domain and receive calls
 - Send outbound via:
 - Domain
 - Proxy Address: []
- Dial plan:** #1\a\a.T;match=1;prestrip=2;

Buttons: OK, Cancel

B.2 CSipSimple

O processo de instalação e configuração de um ramal no cliente *sofphone* CSipSimple segue os procedimentos a seguir:

- Primeiramente, o *download* do aplicativo deve ser realizado por meio da *Play Store* (loja de aplicativos da Google);
- Após instalado, ao abrir o aplicativo, deve-se clicar em “Adicionar Conta”;
- Em seguida, na opção “Escolher assistente”, deve-se procurar pela opção “Basic”, que se encontra na classificação de “Assistentes genéricos”;
- Feito isso, os campos “Nome da conta”, “Usuário”, “Servidor” e “Senha” devem ser preenchidos;
- Em “Nome da conta”, deve-se digitar o nome do responsável pela conta, ou seja, o nome que será exibido no *display*;
- Em “Usuário”, deve-se digitar o número do ramal disponibilizado a partir da lista de ramais do CCT-UEMA;

- g) Em “Servidor”, deve-se digitar o domínio ou o IP do servidor VoIP Asterisk-Elastix;
- h) Em “Senha”, deve-se digitar a senha definida no servidor, que em um primeiro momento seguirá o padrão “sip” + número do ramal, e posteriormente deverá ser indicada pelo usuário por meio do e-mail de administração da solução VoIP;
- i) Finalizado o processo de configuração, basta clicar em “Salvar”. Feito isto, a tela de configuração de contas será exibida, onde a conta criada poderá ser editada sempre que necessário;
- j) Para a realização de ligações, basta clicar no ícone do aplicativo, que, ao ser aberto, exibirá um teclado comum de telefone, por onde poderão ser realizadas as chamadas.

B.3 Zoiper

O processo de instalação e configuração de um ramal no cliente *sofphone* Zoiper é semelhante para todas as suas versões (*Android*, *IOS* e *Windows Phone*) e segue os procedimentos a seguir:

- a) Primeiramente, o *download* do aplicativo deve ser realizado por meio da *Play Store* (loja de aplicativos da Google), *App Store* (loja de aplicativos da Apple) ou *Microsoft Store* (loja de aplicativos da *Microsoft*);
- b) Após instalado, ao abrir o aplicativo, deve-se clicar em “Config”;
- c) Em seguida, na opção “*Accounts*”, deve-se clicar em “*Add account*”;
- d) Feito isso, o aplicativo perguntará se o usuário já possui uma conta, a resposta deve ser sim clicando na opção “*Yes*”. Ao dizer que sim, o aplicativo perguntará se o usuário deseja selecionar um provedor ou fazer a configuração manualmente, a segunda opção deve ser selecionada clicando em “*Manual configuration*”. Antes de iniciar a configuração manual, o aplicativo ainda pergunta se o usuário deseja fazer uma configuração para o protocolo SIP ou para o protocolo IAX, a primeira opção deve ser selecionada clicando em “SIP”;
- e) Após isso, aparecerão vários campos que devem ser preenchidos, uns obrigatórios e outros opcionais. Os obrigatórios são “*Account name*”, “*Host*”, “*Username*” e “*Password*”;
- f) Em “*Account name*”, deve-se digitar o nome do responsável pela conta, ou seja, o nome que será exibido no *display*;
- g) Em “*Host*”, deve-se digitar o domínio ou o IP do servidor VoIP Asterisk-Elastix;

- h) Em “*User name*”, deve-se digitar o número do ramal disponibilizado a partir da lista de ramais do CCT-UEMA;
- i) Em “*Password*”, deve-se digitar a senha definida no servidor, que em um primeiro momento seguirá o padrão “sip” + número do ramal, e posteriormente deverá ser indicada pelo usuário por meio do e-mail de administração da solução VoIP;
- j) Finalizado o processo de configuração, basta clicar em “Save”. Feito isto, a tela de configuração de contas será exibida, onde a conta criada poderá ser editada sempre que necessário;
- k) Para a realização de ligações, basta clicar no ícone do aplicativo, que, ao ser aberto, exibirá um teclado comum de telefone, por onde poderão ser realizadas as chamadas.

APÊNDICE C – Listas de Ramais do CCT

Tabela 3 - Demonstração das listas de ramais

TURMA 2010			
NOME	RAMAL	NOME	RAMAL
ANDERSON SOARES ARAUJO	6035	PAULO GUSTAVO GONCALVES DE AGUIAR	6048
ANDRESSA REBECA GOMES PINHEIRO	6036	PAULO RENATO PEREIRA SILVA	6049
ARIANNE DOS SANTOS FERREIRA EVANGELISTA	6037	RAYSSA LOPES CAMPOS	6050
EDUARDO ALVES DE ANDRADE	6038	RENAN AMORIM PACHECO	6051
ELCIO FRANCISCO COSSETTI FILHO	6039	RICARDO ANSELMO PINTO FRIAS FILHO	6052
FABRICIO TELES DUTRA GONCALVES	6040	RODRIGO FRAZAO MAIA	6052
ISAAC SOUZA SILVA	6041	SAULO FERNANDO GUEDES DA SILVA JUNIOR	6054
JADILSON LIMA BATISTA	6042	SILAS SILVA BRASIL	6055
JOEL BISPO DOS SANTOS NETO	6043	STHEPHANE SILVA CORREA	6056
JORGE ALEXADRE F. OLIVEIRA	6044	VANESSA LAIZ MEMORIA FERREIRA	6057
JULIANA DOS SANTOS VIANA	6045	VINICIUS GULHERME RIBAS DE OLIVEIRA	6058
MARCOS SOUSA DA PENHA	6046	WESKLEN DA PENHA CASTRO	6059
PAULA DA COSTA SOUSA	6047		

As demais listas de ramais seguem o mesmo padrão da lista mostrada acima, e estão organizadas da seguinte forma:

- a) Engenharia de Computação – Turma 2010, turma 2011, turma 2012, turma 2013, turma 2014, turma 2015, turma 2016, outras turmas (discentes que pertencem a turmas dos anos de 2006 a 2009);
- b) Engenharia Civil – Turma 2010, turma 2011, turma 2012, turma 2013, turma 2014, turma 2015, turma 2016, outras turmas (discentes que pertencem a turmas dos anos de 1995 a 2009);
- c) Engenharia Mecânica – Turma 2010, turma 2011, turma 2012, turma 2013, turma 2014, turma 2015, turma 2016, outras turmas (discentes que pertencem a turmas dos anos de 2001 a 2009);
- d) Arquitetura e Urbanismo – Turma 2010, turma 2011, turma 2012, turma 2013, turma 2014, turma 2015, turma 2016, outras turmas (discentes que pertencem a turmas dos anos de 2002 a 2009);
- e) Engenharia de Produção – Turma 2010, turma 2011, turma 2012, turma 2013, turma 2014, turma 2015, turma 2016, outras turmas (discentes que pertencem a turmas dos anos de 2008 a 2009);
- f) CFO Bombeiros – Turma 2013, turma 2014, turma 2015;

- g) Professores - Departamento de Engenharia de Computação, Departamento de Engenharia das Construções e Estruturas, Departamento de Expressão Gráfica e Transportes, Departamento de Engenharia Mecânica e Produção, Departamento de Física, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Departamento de Arquitetura e Urbanismo;
- h) Diretores, Secretárias, Diretórios Acadêmicos e Laboratórios.