



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ
TECNÓLOGO EM REDES DE COMPUTADORES

OTACILIO DOS SANTOS DE AGUIAR

**TELEFONIA NO CAMPUS DA UFC EM QUIXADÁ COM VOZ SOBRE
IP**

**QUIXADÁ
2013**

OTACILIO DOS SANTOS DE AGUIAR

**TELEFONIA NO CAMPUS DA UFC EM QUIXADÁ COM VOZ SOBRE
IP**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo.

Área de concentração: computação

Orientador Prof. Dr. Arthur de Castro Callado

**QUIXADÁ
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca do Campus de Quixadá

A227t Aguiar, Otacílio dos Santos de
Telefonia no Campus da UFC em Quixadá com voz sobre IP / Otacílio dos Santos de Aguiar. –
2013.
45 f. : il. color. ; 30 cm.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Redes de
Computadores, Quixadá, 2013.
Orientação: Prof. Dr. Arthur de Castro Callado
Área de concentração: Computação

1. Sistemas Telefônicos 2. Telefone 3 Asterisk I. Título.

CDD 004.695



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ
TECNOLOGIA EM REDES DE COMPUTADORES

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
ATA DE AVALIAÇÃO**

Aos 17 dias do mês de julho do ano de 2013, na Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá, às 10:50 horas, ocorreu a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso II do(a) aluno(a) Otacílio dos Santos de Aguiar, tendo como título “Telefonia no Campus da UFC em Quixadá com voz sobre IP”. Constituíram a banca examinadora os professores: Prof. Dr. Arthur de Castro Callado, orientador, Profa. Dra. Paulyne Matthews Jucá e Prof. MSc. João Marcelo de Uchôa Alencar. Após a apresentação e as observações dos membros da banca avaliadora, ficou definido que o trabalho foi considerado:

- aprovado com nota¹ 9,0.
- aprovado com restrições, com nota _____.
- reprovado com nota _____.

Eu, Prof. Dr. Arthur de Castro Callado, orientador lavrei a presente ata que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Prof(a). Dr. Arthur de Castro Callado
Orientador(a)

Prof(a). Dra. Paulyne Matthews Jucá

Prof. MSc. João Marcelo de Uchôa Alencar

¹ Nota mínima para aprovação é 7,0. E a nota máxima em caso de reprovação é 4,9.

Aos meus pais, irmãos,
namorada, amigos e
familiares pela
força e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar nossos caminhos, pela força, inspiração e nos manter sempre seguros.

Aos meus pais pela criação e educação moral que me deram durante todos esses anos. Aos meus irmãos por entenderem e me ajudarem na busca desse objetivo. A minha namorada pelo apoio e incentivo nas horas difíceis e pela paciência. Aos colegas de classe por compartilharem de suas vidas durante todo esse período. E aos colegas de república pelo convívio e aprendizado de vida.

Aos professores, em particular ao professor orientador Arthur Callado, pela disponibilidade e pelo repasse do conhecimento pautado pela qualidade, um dos pilares da instituição. Falhas e dificuldades existem e sempre hão de existir, o que é importante ressaltar é o esforço empreendido para mitigá-los ou consertá-los e a dignidade em assumi-los. Meu obrigado caros mestres.

"As pessoas mais solitárias são as mais amáveis.
As mais tristes tem o sorriso mais bonito.
As mais sofridas são as mais sábias.
Tudo porque elas não desejam que outras pessoas
sofram o tanto quanto elas sofreram."
(Desconhecido)

RESUMO

Este projeto proveu uma infraestrutura telefônica no campus da Universidade Federal do Ceará em Quixadá interligando as diversas salas do campus com essa infraestrutura e também proveu um meio de telefonia móvel. Com isso, o projeto melhorou e agilizou a comunicação entre os servidores do campus.

Palavras chaves: telefonia, VoIP, Asterisk.

ABSTRACT

This project provided a telephone infrastructure for the Quixadá campus of the Federal University of Ceará (UFC) by interconnecting the various rooms on campus with this infrastructure and also provided a means for mobile phone communication. This project improved and streamlined the communication between employees on the campus of the institution.

Keywords: telephony, VoiP, Asterisk.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Topologia do projeto no campus da UFC em Quixadá.....	14
Figura 2 - Digitalização do sinal de voz. Fonte: CALLADO et al, 2007.....	16
Figura 3 - Atrasos na transmissão de um sinal de voz. Fonte: CALLADO et al, 2007.....	17
Tabela 1 - Características dos principais Codecs. Fonte: CALLADO et al, 2007.....	17
Figura 4 - O fator atraso numa rede de pacotes. Fonte: CALLADO et al, 2007.....	19
Figura 5- O fator jitter numa rede de pacotes. Fonte: CALLADO et al, 2007.....	19
Figura 6 - Arquitetura de protocolos de conferência multimídia na internet. Fonte: CALLADO et al, 2007.....	20
Figura 7 - Exemplos de um Proxy Server e um Redirect Server em uma sessão SIP. Fonte: CALLADO et al, 2007.....	22
Tabela 2: Equivalência do Fator R com MOS. Fonte: CALLADO et al, 2007.....	24
Figura 8 - Hardphone SoundPoint IP 430 SIP da Polycom. Fonte: www.ebay.com.....	26
Ilustração 1 - Configuração do arquivo /etc/asterisk/sip.conf.....	27
Ilustração 2 - Configuração do arquivo extensions.conf.....	28
Ilustração 3 - Configuração do arquivo extensions.conf.....	29
Tabela 3 - Locais de onde partiram os ataques.....	32
Figura 9 - Percentual de ataques por cidades.....	33
Figura B1 – Tela principal do Twinkle.....	38
Figura B2 – Tela de configuração da conta do usuário.....	39
Figura B3 – Tela de configuração SIP server.....	40
Figura B4 – Tela de configuração do STUN.....	41
Figura B5 – Realizando uma chamada.....	42

Figura B6 – Tela de autenticação do usuário.....	42
Figura B7 – Tela inicial do 3CXPhone.....	43
Figura B8 - Tela de menu do 3CXphone.....	43
Figura B9: Menu de contas do 3CXPhone.....	44
Figura B10: Tela de configuração de conta.....	45
Figura B11 - Tela de configuração do Servidor Stun.....	46
Figura B12 – Tela do software para realizar chamada.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVO GERAL.....	15
2.1 Objetivos Específicos.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Conceitos de telefonia.....	15
3.2 Codificadores/Decodificadores – Codecs.....	17
3.3 Camada de Transporte.....	18
3.4 Controle de Chamada.....	19
3.5 Qualidade do Serviço.....	23
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
5 DESENVOLVIMENTO.....	25
6 TESTES.....	31
7 AUDITORIA.....	32
8 RESULTADOS.....	33
9 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	36
APÊNDICE.....	37
APÊNDICE A – Questionário de Qualidade de Serviço.....	37
APÊNDICE B – Manuais de Configuração de softphone.....	38

1 INTRODUÇÃO

Com o advento de novas tecnologias da informação, houve também uma mudança na capacitação dos projetistas destas, passando a desenvolver tecnologias que funcionam sobre uma plataforma existente, muito consistente e principalmente que oferece um serviço a custo baixo. Essa plataforma é a internet que está amplamente difundida.

A internet, passou a ser usada por todas as novas tecnologias e a ideia é que tudo passasse a funcionar sobre o protocolo da internet, o IP, conceito usado pelas redes de nova geração prevendo a convergência de redes. Com o serviço de voz também não foi diferente, este passou a usar a rede de dados (internet) para transportar pacotes de voz (TRONCO, 2010).

O campus da Universidade Federal do Ceará em Quixadá encontrava-se sem comunicação efetiva dentro da própria instituição ou com outras instituições e equipes de pesquisa, dificultando o desenvolvimento de pesquisas com outros campi e instituições que se encontrem fisicamente distantes de Quixadá. O campus tinha apenas uma infraestrutura telefônica convencional, consistindo de duas linhas localizadas fisicamente na secretaria do campus, não tendo uma central telefônica que pudesse disponibilizar ramais telefônicos para as salas dos professores e coordenações.

As linhas tem a tarifação cobrada pela empresa de telefonia pública comutada com taxas mensais altas, em valores de mercado de varejo. Já o acesso à internet normalmente é cobrado em valores fixos, sem restrições de tempo e acesso. Logo, utilizar aplicações de Voz Sobre IP (VoIP) na instituição torna-se mais barato que utilizar o sistema telefônico convencional, que cobra por tempo de uso (COSTA, 2007).

Assim essa infraestrutura representava obstáculos de comunicação. Obstáculo físico: os professores e demais servidores precisavam se deslocar de suas salas para se comunicar com alguém que estivesse em outra sala. Obstáculo econômico: toda ligação realizada por exemplo para o campus de Fortaleza sofre a tarifação.

Esse trabalho propõe a instalação de uma central telefônica IP, para ampliar a infraestrutura de telefonia e comunicação, no campus da UFC em Quixadá, já que as diversas salas encontram-se isoladas sem nenhuma infraestrutura de comunicação telefônica. A central telefônica visa facilitar a comunicação dos professores e demais servidores na instituição, com a disseminação de ramais telefônicos no campus. Com isso não será necessário que os

servidores se desloquem de suas salas para falar uns com os outros e assim o contato será mais ágil. O projeto conta com o patrocínio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) para aquisição de equipamentos.

A Figura 1 apresenta a topologia do projeto no campus de Quixadá. O Servidor de VoIP será a central telefônica onde foi instalado e configurado o serviço. O telefone IP, também chamado de *hardphone*, é um telefone que é conectado à rede de dados, a internet. O ATA é um adaptador de VoIP e permite conectar um telefone convencional à rede IP. Ramais virtuais são telefones IP em software, *softphones*, que podem ser instalados em qualquer dispositivo (computadores, *smartphones*) que dê suporte a tal e tenha acesso à rede de dados.

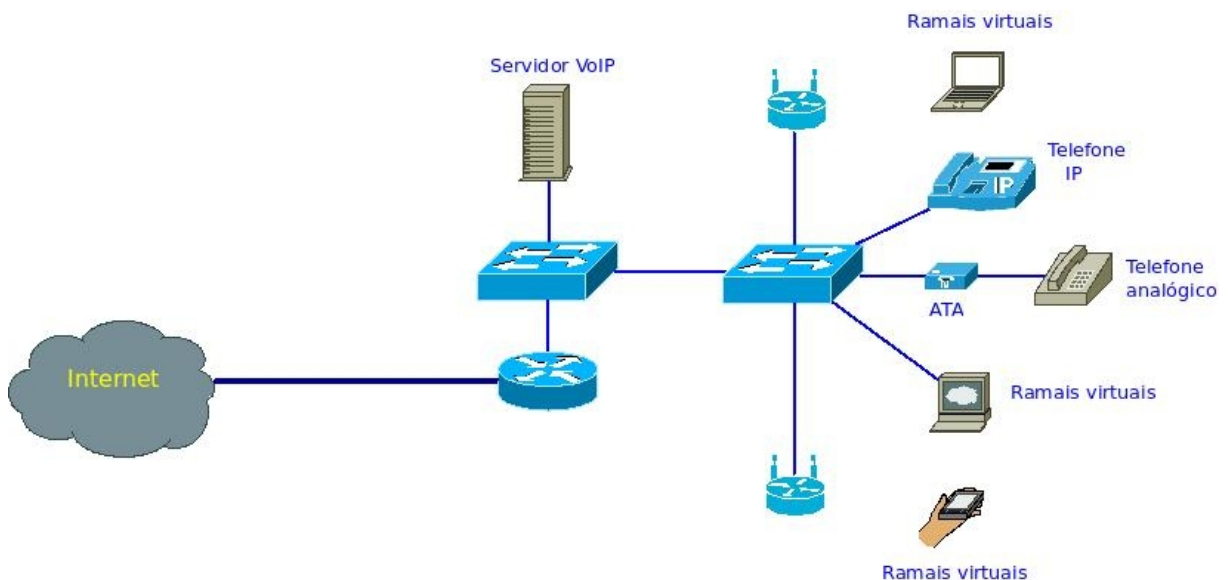


Figura 1 - Topologia do projeto no campus da UFC em Quixadá.

A UFES apresenta um projeto de implementação de serviço similar. Utilizou o protocolo SIP e o *Gateway Asterisk* que pretendemos também utilizar nesse projeto. O projeto da UFES se diferencia deste pois naquele houve a interligação de dois campi da Universidade, sendo que no projeto também não houve a interligação com a RNP. As conclusões de Galvão mostram que o investimento em equipamentos é viável pois há um rápido retorno do investimento devido ao alto custo de chamadas interurbanas com a empresa de telefonia convencional, quando comparado ao sistema de telefonia VoIP (GALRÃO, 2007).

2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal prover o serviço de VoIP no campus da UFC em Quixadá, suprimindo a necessidade de interligação e comunicação do campus da UFC em Quixadá dentro da própria instituição.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O trabalho tem objetivos específicos que serão alcançados durante a execução do mesmo tais como: a verificação do comportamento do serviço através da instalação de um telefone piloto, um telefone IP físico (chamado *hardphone*) na secretaria do campus; a instalação propriamente do servidor que proverá o serviço de VoIP; e por último, a avaliação do serviço utilizando o método subjetivo qualitativo (sem cortes na chamada, sem desconexão indevida durante a chamada).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os conceitos necessários à compreensão dessa proposta, da telefonia aos problemas de implantação de serviços VoIP, é detalhado abaixo.

3.1 Conceitos de telefonia

A utilização de centrais telefônicas digitais conhecidas como Central por Programa Armazenado (CPA) na década de 1970 (por ser compacta, ter processador central e programação por software), fez a junção da telefonia com a informática. O acesso a esta passou a ser feito por um computador com software proprietário, permitindo fazer toda a programação do equipamento, como: roteamento, criação de novos assinantes/ramais, criação de novos *links*. Elas também apresentou facilidades para os assinantes como: siga-me, chamada em espera e conferência. Tinham como desvantagens os protocolos de sinalização e a forma de estabelecimento das chamadas que continuavam as mesmas. Foram os equipamentos precursores da primeira geração da telefonia celular (CALLADO et al, 2007).

Para evitar que as organizações precisem contratar diferentes serviços, sejam de voz, de internet ou de videoconferência, o conceito de Voz-sobre-IP (VoIP) foi desenvolvido para prover a integração de redes e posteriormente ampliado para incluir a transmissão de

vídeo. Assim tem-se uma única rede para prover todos os serviços de comunicação (TRONCO, 2010).

A telefonia tradicional utiliza o conceito de comutação de circuito, ou seja, há uma reserva de canal para prover a ligação e isso garante a Qualidade de Serviço (QoS). Já o VoIP usa o conceito de comutação de pacotes, conceito pertencente à rede de dados. Aqui, a tecnologia de comutação de pacotes encapsula a voz que será transmitida juntamente com os dados utilizando o protocolo IP. Como a rede de dados trabalha com o melhor esforço da internet essa infraestrutura não tem garantia de QoS (KUROSE; ROSS, 2010).

A voz humana, por ser um sinal analógico, precisa ser convertido em um sinal digital para ser utilizado em um ambiente digital. Essa conversão é chamada de digitalização. O processo se constitui em três etapas: amostragem do sinal, quantização e codificação. Estas etapas são representadas na Figura 2.

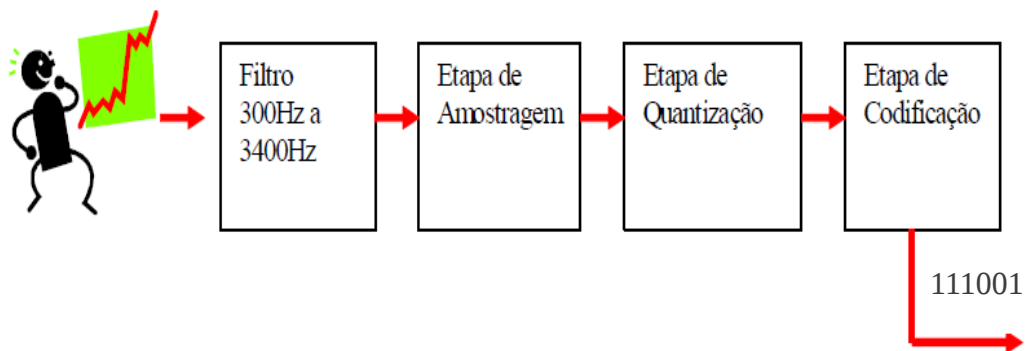


Figura 2 - Digitalização do sinal de voz. Fonte: CALLADO et al, 2007.

A etapa da amostragem faz um corte do sinal analógico, de forma que as perdas de informações na reconstituição do sinal não seja prejudicial no outro lado. Nessa técnica é usado o Teorema de Nyquist, o qual especifica que a frequência de amostragem (f_a) deve ser pelo menos duas vezes maior que a maior frequência contida no sinal analógico (f_s) que se deseja capturar: $f_a > 2f_s$. Após a amostragem, o sinal analógico é convertido em digital após a quantização (CALLADO et al, 2007).

Depois da etapa de quantização o sinal é codificado usando um algoritmo chamado codificador e os pacotes de voz são enviados pelo meio de transmissão até o destinatário. No lado destinatário, os pacotes passam por um processo inverso, de decodificação, e são convertidos novamente em sinal analógico pelo inverso do mesmo algoritmo (CALLADO et al, 2007). Todo algoritmo de codificação de voz está associado a um

algoritmo inverso, de decodificação, por isso o par de algoritmos de codificação e decodificação é chamado de **codec** (abreviação do inglês *coder/decoder*).

3.2 Codificadores/Decodificadores - Codecs

Os codecs são usados para comprimir os dados de voz, reduzindo a taxa de transmissão, com isso tem-se a diminuição do espaço em memória e também da taxa de transmissão (MONTEIRO et al, 2000). Apresenta como desvantagens o aumento no atraso e a perda da qualidade do sinal, como mostra a Figura 3.

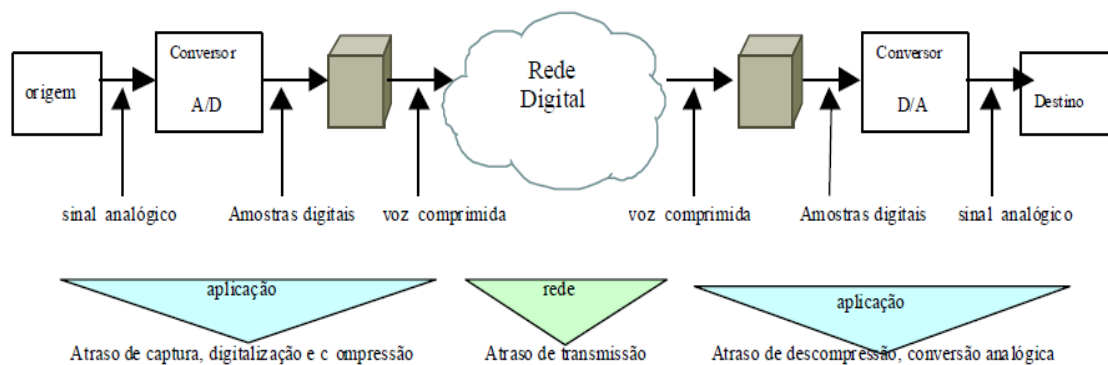


Figura 3 - Atrasos na transmissão de um sinal de voz. Fonte: CALLADO et al, 2007.

Os codecs possuem alguns parâmetros que precisam ser levados em consideração na sua escolha, como: taxa de bits, atraso, complexidade do algoritmo, qualidade. Existem algumas entidades responsáveis por normalizar codificadores de áudio e vídeo, tais como a International Telecommunication Union (ITU-T), Telecommunication Industries Association (TIA) e United States Federal Standards (USFS) (CALLADO et al, 2007).

A Tabela 1 mostra os tipos mais usados com as respectivas características: técnica de compressão utilizada, taxa de geração do sinal, atraso de codificação e qualidade do sinal (MOS). O MOS é uma avaliação subjetiva, obtida através de testes em que um conjunto de ouvintes avaliam a qualidade da voz numa escala de 1, muito ruim, a 5, excelente.

Tabela 1 - Características dos principais Codecs. Fonte: CALLADO et al, 2007.

Codec	Técnica de Compressão	Taxa (Kbps)	Atraso de Codificação (ms)	MOS
Linear	Linear – sem compressão	128	0,125	4,5
G.711	PCM Pulse Code Modulation	64	0,125	4,1
G.723.1	MP – MLQ	6.3	30	3,6

G.723.1	ACELP – Algebraic Code Excited Linear Prediction	5,3	30	3,1
G.776	ADPCM – Adaptive Diferential PCM	16, 24,32, 40	0,125	3,8
G.728	LD- CELP – Low delay Code Excited Linear Prediction	16	10	3,7
G.729	CS ACELP Conjugate Structure Algebraic Code Excited Prediction	8	10	3,7
iLBC	RPE- LTP – Regular Excitation Long Term Predictor	13	10	3,8

3.3 Camada de Transporte

A rede IP não provê nenhum mecanismo de garantia de QoS. O protocolo IPv6 não foi descrito e usado aqui pois o mesmo não faz parte do escopo deste projeto. As aplicações de multimídia em tempo real, VoIP é um exemplo, utilizam o protocolo de transporte UDP que não é orientado a conexão. Por isso, a maioria das aplicações VoIP passou a utilizar algum protocolo de transporte em tempo real, como o RTP (Real-Time Transport Protocol) e RTCP (Real Time Transport Control Protocol), propostos pela IETF (KUROSE; ROSS, 2010).

O protocolo RTP tem por função fazer com que os pacotes sejam recebidos como um fluxo de mídia, incluindo informações de tempo real, necessários para o controle das aplicações de tempo real. O RTCP é usado para se obter informações do estado de conexão na rede, quantidade de *jitter*, que é a variação do atraso entre os pacotes de uma conexão, perda média de pacotes, e pode também transportar informações sobre a identidade dos participantes (CALLADO et al, 2007).

Mesmo utilizando um protocolo de tempo real, os problemas não estão resolvidos, pois ele apenas fornece informações para lidar com eles. O atraso, o *jitter* e a perda de pacotes são fatores críticos para a qualidade da comunicação. O atraso é o tempo transcorrido entre o envio e recebimento da mensagem como mostra a Figura 4.

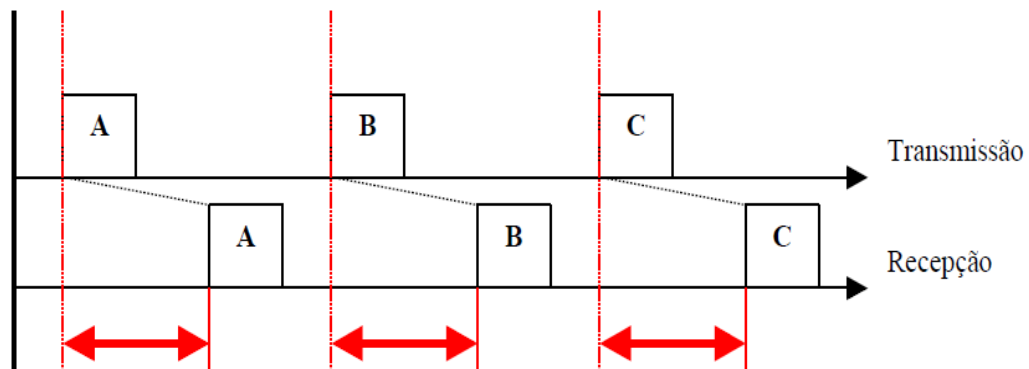


Figura 4 - O fator atraso numa rede de pacotes. Fonte: CALLADO et al, 2007.

A variação desse atraso na transmissão é chamada de *jitter*, conforme mostrado na Figura 5. Como a internet não garante a entrega dos pacotes, estes podem ser perdidos ou descartados pela aplicação quando sofrem um atraso muito grande.

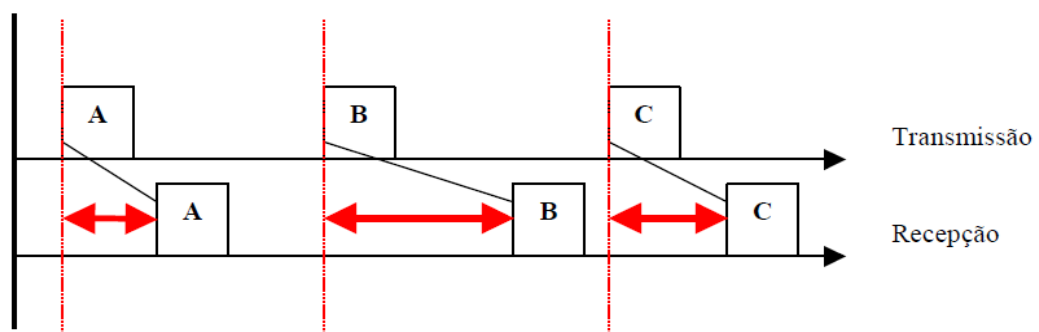


Figura 5- O fator jitter numa rede de pacotes. Fonte: CALLADO et al, 2007.

Existem algumas recomendações para que se tenha uma boa qualidade das chamadas. Elas são: atraso fim-a-fim menor que 150 ms, limite máximo de 50 ms para jitter e taxa de perda de pacotes máxima de 3%, o recomendável que seja inferior a 0,50%. O não cumprimento desses limites compromete a inteligibilidade do sinal entregue ao receptor, podendo inviabilizar a aplicação (CALLADO et al, 2007).

3.4 Controle de Chamada

As aplicações em tempo real que usam o conceito de sessão, por exemplo uma

chamada telefônica, precisam ser sinalizadas e controladas. Para isso existem dois protocolos que são usados para VoIP: o H.323 da ITU, que está caindo em desuso, e o SIP da IETF, que está cada vez mais sendo usado no mercado (CALLADO et al, 2007).

O SIP foi desenvolvido pelo *Multiparty Multimedia Session Control* (MMUSIC) grupo da IETF e está especificado na RFC 2543 de 1996. Em 2002 a versão 2.0 do protocolo foi publicada na RFC 3261, o que deixou a anterior obsoleta. Para ilustrar o cenário de utilização, os protocolos mostrados na Figura 6 são independentes, mas são usados em conjunto numa aplicação VoIP. Por exemplo, o SIP usa o *Session Description Protocol* (SDP) para trocar informações da mídia utilizada (como *codecs* de voz e de vídeo), o RTP para transportar a mídia e o RTCP para monitorar a conexão (CALLADO et al, 2007).

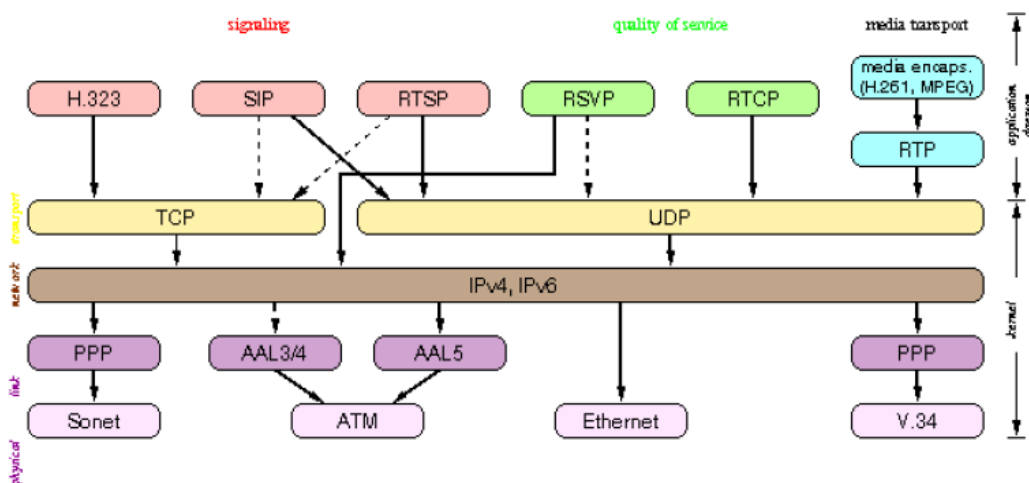


Figura 6 - Arquitetura de protocolos de conferência multimídia na internet. Fonte: CALLADO et al, 2007.

O SIP é um protocolo da camada de aplicação projetado para controlar o estabelecimento de ligações telefônicas, de videoconferências e de outras aplicações multimídia. É um protocolo baseado em texto como o *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP) e o *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP). Possui as seguintes características (COSTA, 2007):

- Oferece recursos de controle de chamada como: chamada em espera, encaminhamento, transferência, troca de mídia, etc;
- Aceita a infra-estrutura da Web, por exemplo, criptografia (SSL), cookies, etc;
- É orientado para Web e independente do protocolo de rede (pode ser usado tanto com UDP quanto com TCP);

- Pode oferecer notificação de eventos e “listas de companheiros” (usadas em aplicações de mensagens instantâneas);
- Suporta ligações ponto-a-ponto, multiponto e *multicast*;
- Suporta serviços como: localização de um terminal, determinação da capacidade do terminal, sinalização para estabelecimento e término de chamadas;
- Suporta criptografia e autenticação de usuário.

As entidades SIP se comunicam enviando requisições e esperando respostas. Cada requisição pode gerar uma ou mais respostas, até que ocorra uma resposta final. Quem inicia uma requisição é chamado de cliente SIP e a entidade que responde é chamada de servidor SIP (COSTA, 2007).

O início da conexão SIP consiste em abrir uma conexão de sinalização entre os pontos de origem e de destino da chamada. A sintaxe das mensagens são independentes do protocolo de transporte, assim pode-se usar tanto o UDP quanto o TCP.

Utilizando o TCP, a mesma conexão pode ser usada para todos os pedidos e respostas SIP, mas os dados de mídia usam uma conexão diferente, ou pode-se usar uma conexão para cada transação.

Ao usar o UDP, o endereço e a porta a serem usados para as respostas dos pedidos SIP estarão no parâmetro *via* do pedido SIP. A porta 5060 é a porta padrão para ambos os protocolos de transporte (RFC 2543).

A *Universal Resource Identifiers* (URIs) identifica os usuários SIP, o padrão é *user@host*, semelhante aos endereços de e-mail. O *user* pode conter números de telefones ou nomes. O *host* pode ser o nome de um domínio ou endereço de rede (COSTA, 2007).

A arquitetura SIP é formada por dois componentes: agente usuário e servidores de rede. O agente usuário é composto pelos *User Agent Client* (UAC) e *User Agent Server* (UAS). O UAC é usado para iniciar uma requisição SIP, enquanto o UAS recebe requisições e retorna respostas.

O servidor de rede é composto pelo Servidor de Proxy e Servidor de Redirecionamento, como mostra a Figura 7. O Servidor de Proxy atua como cliente e servidor. Os pedidos são atendidos internamente ou encaminhados para outros servidores, após serem traduzidos. O Proxy interpreta, e se necessário, reescreve uma mensagem antes de reenviá-la. Já o Servidor de Redirecionamento recebe um pedido SIP, convertendo, se necessário, em novos endereços e devolve esses endereços ao cliente (COSTA, 2007).

Em nosso trabalho usamos a arquitetura *Proxy Server*, assim se dois usuários estiverem usando codecs diferentes e o servidor contiver os codecs, é possível a comunicação entre os dois usuários com codecs diferentes. O servidor ficará responsável de converter a sinalização entre os codecs e repassar os pacotes para os usuários. Na arquitetura *Redirect Server* essa situação não é possível, assim se dois usuários tiverem codecs diferentes a ligação é encerrada por incompatibilidade nos codecs.

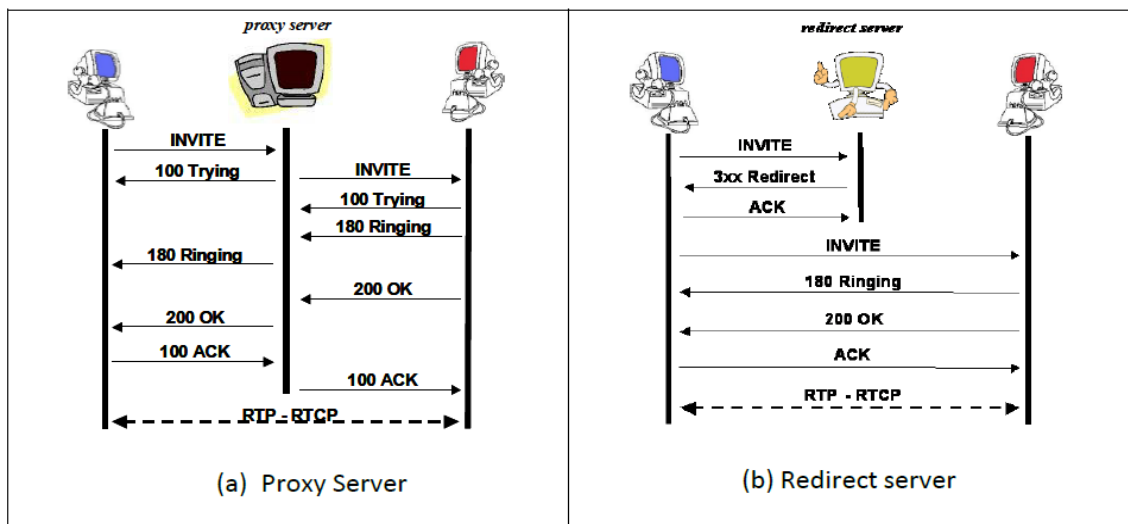


Figura 7 - Exemplos de um Proxy Server e um Redirect Server em uma sessão SIP. Fonte: CALLADO et al, 2007.

Para obter informações de localização de um cliente SIP, os Servidores de Proxy e de Redirecionamento usam os Servidores de Localização. Estes servidores não fazem parte da especificação SIP e sua implementação é livre.

Na versão SIP 2.0, há seis tipos de requisições e respostas, mensagens:

- **INVITE:** Sinaliza um convite para uma sessão. Sempre tem o campo SDP anexo ao INVITE.
- **ACK:** Confirma que o cliente recebeu uma resposta final para um INVITE.
- **OPTIONS:** Solicita informações sobre capacidades (e.g. codecs disponíveis).
- **BYE:** Finaliza uma chamada
- **CANCEL:** Cancela métodos/pedidos pendentes.
- **REGISTER:** Usado para se registrar em um servidor SIP.

As repostas aos métodos estão agrupadas em seis classes de código. A classe

1XX, Information, representa as respostas provisórias. Por exemplo a mensagem 180 Ringing informa que o telefone está chamando. A classe 2XX, Success, indica sucesso. A classe 3XX, Redirection, é usada para redirecionamento de chamada. As classes 4XX, Request Failure, 5XX, Server Failure, e 6XX, Global Failure, servem para reportarem falhas (COSTA, 2007).

Para a implantação do serviço de VoIP existem muitos softwares, alguns de código aberto, como: PABX da 3CX, *Xcall* da Akiva Software, *Asterisk*, etc. O *Asterisk* considerado um *Private Branch eXchange* (PBX), é um software de código aberto que suporta múltiplos protocolos de telefonia, como o H.323 e o SIP. Por integrar redes analógicas e digitais é utilizado como gateway de conversão da comunicação e da sinalização (por exemplo, entre uma rede VoIP H.323 e uma rede VoIP SIP) entre as redes (SCHRODER, 2009).

Devido a essas qualidades mencionadas, utilizamos o *Asterisk* para a implantação do serviço.

3.5 Qualidade do Serviço

Existe dois métodos de avaliar a qualidade da telefonia: o subjetivo e o objetivo. O método subjetivo utiliza o *Mean Opinion Score* (MOS). Esta avaliação é obtida através da opinião de um conjunto de avaliadores ouvintes, que atribuem uma pontuação de 1, pobre, a 5, excelente, à qualidade da fala reproduzida pelo sistema de comunicação em teste.

O método objetivo utiliza recursos computacionais para medir a qualidade da voz, tornando-se mais rápido, barato e simplificado, quando comparado com o modelo subjetivo (CALLADO et al, 2007).

Os métodos objetivos podem ser passivos e não-intrusivos, mesurando o tráfego sem alterá-lo, ou ativos, intrusivos, inserindo um sinal no sistema e capturando-o posteriormente para análise do sinal de saída (CALLADO et al, 2007) (BARBOSA et al, 2007).

O Modelo-E é um dos métodos objetivos, desenvolvido em 1998. Este método implementa um mecanismo baseado na soma de termos que representam distorções na qualidade da voz, tais como atrasos de transmissão, eco e distorções introduzidas pelos equipamentos utilizados. Como resultado do modelo temos o fator escalar R, variando de 0, péssimo, a 100, excelente. O fator R pode ser convertido para escala de pontuação MOS através das seguintes expressões (CALLADO et al, 2007):

Para $R < 0$: MOS = 1

Para $0 \leq R \leq 100$: MOS = $1 + 0,035 R + 7 \cdot 10^{-6} R (R-60) (100-R)$

Para $R > 100$: MOS = 4,5

A Tabela 2 mostra as categorias de valores do fator R. Sistemas cuja qualidade da fala seja avaliada em $R < 60$ não são recomendáveis, sendo desejável obter $R > 70$.

Tabela 2 - Equivalência do Fator R com MOS. Fonte: CALLADO et al, 2007.

Fator R	MOS	Satisfação do Usuário
$90 \leq R \leq 100$	4,34 – 4,5	Muito Satisfeitos
$80 \leq R < 90$	4,03 – 4,34	Satisfeitos
$70 \leq R < 80$	3,6 – 4,03	Alguns Insatisfeitos
$60 \leq R < 70$	3,1 – 3,6	Muitos Insatisfeitos
$0 \leq R < 60$	1 – 3,1	Quase Todos Insatisfeitos

Existem outros métodos objetivos, como: o *Perceptual Speech Measurement* (PSQM), que para avaliar a qualidade da transmissão faz um comparativo entre os áudios transmitido e recebido, o *Perceptual Analysis Measurement System* (PAMS), desenvolvido pela British Telecom funciona da mesma forma que o PSQM, e o *Perceptual Evaluation of Speech Quality* (PESQ). Este foi desenvolvido pela ITU e funciona juntando características dos algoritmos anteriores e melhorando-os para atender outros cenários, como com ocorrência de *jitter* (CALLADO et al, 2007).

Para medir a qualidade da voz, o PESQ baseia-se na comparação do áudio original com o áudio recebido, possivelmente degradado ao ser codificado e transportado pelo sistema de comunicação. O resultado da comparação do sinal original com o degradado é o escore de qualidade, análogo ao MOS. A ITU recomenda que para a análise se usem vozes de dois homens e duas mulheres, incluindo pausas. Com o uso do PESQ, é possível medir facilmente a qualidade de voz em uma implementação de comunicação VoIP, bastando para isso gravar ambos os lados de uma conversa (CALLADO et al, 2007).

A avaliação da central telefônica foi feita utilizando o método subjetivo, através de um questionário.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A implantação do serviço VoIP no campus da UFC em Quixadá, teve início com a instalação de um telefone IP na sala da secretaria. Esse telefone era um ramal do serviço VoIP da UFC campus de Fortaleza.

Essa instalação visava obtermos uma fonte de dados palpável e a aplicação *in loco* para observarmos o impacto do uso desse telefone em relação aos períodos anteriores com a utilização de uma linha telefônica pública comutada. Esta verificação visa nos dar uma ideia da economia advinda da utilização dessa nova tecnologia no campus e em relação a mudança advinda dessa implementação com relação ao comportamento de utilização, observar se houve um aumento significativo da utilização do meio de comunicação e atendendo a demanda com qualidade. Podendo fazer assim um comparativo qualitativo do quanto esse serviço é benéfico para uma organização ou não.

O critério qualitativo, baseado na opinião, foi obtido através de entrevistas com os usuários do dispositivo, obtendo os resultados da avaliação. O modelo do questionário está no Apêndice A e o resultado da análise encontra-se no item 7 Resultados deste trabalho.

Finalizada a implantação do piloto se deu a instalação e configuração do servidor de VoIP (central telefônica) que proveu o serviço de telefonia no campus. Foi nesse servidor que configuramos todo o serviço. Realizamos as configurações das contas de usuários e do plano de discagem utilizando o *Asterisk*.

Em seguida procedemos as configurações dos *hardphones* que foram disponibilizados a alguns usuários e configuração de *softphones* que ficaram disponíveis para os usuários. Realizamos alguns testes para verificar se o sistema está fazendo a autenticação dos usuários e se o plano de discagem está funcionando corretamente.

Após a configuração do serviço realizamos uma avaliação do mesmo para sabermos se este está funcionando de forma satisfatória ou não. Para isso utilizamos o método de avaliação subjetiva através de um questionário disponível no Apêndice A. Essa avaliação é importante para sabermos o *feedback* dos usuários e assim termos um contato direto com eles.

5 DESENVOLVIMENTO

Iniciamos nosso trabalho com a instalação do telefone IP, Figura 8, o telefone piloto, na secretaria do campus, como este é um ramal do serviço do campus de Fortaleza, funcionários de TI da UFC realizaram a configuração.



Figura 8 - Hardphone SoundPoint IP 430 SIP da Polycom. Fonte: www.ebay.com.

O aparelho é configurado com um número de telefone convencional, assim se um usuário desejar ligar para o referido telefone bastará discar apenas o número do telefone. O fato dele estar funcionando na rede de dados, sobre IP, será transparente para o usuário e a comunicação se processará de forma natural. A atribuição do número do telefone, ramal, está configurada no servidor VoIP na UFC campus de Fortaleza, sendo que o mesmo já se encontra interligado com o serviço `fone@rnp`. Nessa situação, teremos apenas um ramal do serviço VoIP do campus de Fortaleza.

Para usar a rede de dados para se comunicar é necessário apenas conectar um cabo de rede no aparelho, este pegará o IP automaticamente.

O servidor de VoIP (central telefônica) foi instalado na sala de Telemática do campus interligando-o ao *link* da Rede Nacional de Pesquisa, RNP, para que o mesmo tenha um IP válido e esteja acessível via internet. Assim, se o usuário do serviço estiver fora do campus em uma região com acesso a internet ele poderá fazer uma ligação para qualquer outro usuário que esteja disponível e o servidor poderá receber essas conexões e repassar as ligações para o telefone pretendido.

O servidor foi instalado e configurado com o sistema operacional (SO) *Linux*, o projeto utiliza o SO *Linux* por questão de economia, já que o mesmo tem sua distribuição livre. Além disso, esse sistema é considerado estável para ser usado como servidor. Com isso, tem-se um ganho na segurança do serviço.

Foi configurado um *firewall* para manter o mínimo de segurança possível no serviço, para isto utilizamos o aplicativo *iptables*, configurado com algumas regras definidas

pela necessidade da aplicação. Por exemplo, o sistema aceitará conexões de fora nas portas específicas que o serviço estiver rodando e bloqueando as demais.

Para instalar o Asterisk utilizamos o comando `# apt-get install asterisk`. No *Asterisk*, fizemos as configurações das contas dos usuários e do plano de discagem, para realizar chamadas, nos arquivos de configuração: `/etc/asterisk/sip.conf` e `/etc/asterisk/extensions.conf` respectivamente. Os arquivos são divididos em seções e cada um inicia com colchetes. Linhas iniciadas por ponto e vírgula (“;”) nos arquivos são comentários.

Um exemplo de configuração do arquivo é mostrado abaixo com suas explicações. Para exemplificação será criado um usuário com nome *Usuario1* e com número de ramal 101.

Essas configurações foram usadas na configuração real do serviço, o que sofre alterações é o nome do usuário, o número do ramal e senha, estas entradas são configuradas de acordo com cada usuário que será cadastrado.

Temos as entradas do arquivo `/etc/asterisk/sip.conf`, como mostra a Ilustração 1.

```
;; /etc/asterisk/sip.conf;;
[general]
context=default
port=5060
bindaddr=0.0.0.0:5060
transport=udp,tcp
nat=yes
disallow=all
allow=ilbc
allow=gsm
allow=ulaw
allow=alaw
[101]
;; Usuario1
type=friend
regexten=101
;;numero SIP
defaultuser=101
secret=123456
host=dynamic
context=e-aluno
```

Ilustração 1 - Configuração do arquivo /etc/asterisk/sip.conf

É neste arquivo que definimos os canais SIP, configuramos os usuários SIP internos e troncos SIP externos. Ele também contém outras opções do ramal de usuário ou tronco para selecionarmos a música de espera, configuração de firewall NAT, codecs, jitter, buffering e proxies.

A seção geral inclui constantes globais:

- *port=5060* é a porta SIP padrão.
- *bindaddr=0.0.0.0:5060* significa ativar todas as interfaces na porta 5060.
- *transport=udp,tcp* habilita udp e tcp para transporte.
- *nat=yes* habilita o uso de nat
- *disallow=all* nega todos os codecs (funciona como uma regra padrão), em seguida você lista os que serão usados no serviço (regra de maior prioridade em relação à regra padrão). Por questão de eficiência, evitar que a CPU trabalhe mais, é indicado que use o mesmo codec de extremidade à extremidade.

Para a extensão do usuário foi usado o número de ramal 101.

- *type=friend* permite que o usuário faça e receba ligações.
- *defaultuser* e *secret* são login e senha cadastrada no servidor para o usuário.
- *host=dynamic* faz com que toda vez que você inicia ou reinicia seu telefone precise se registrar, porque pode ter mudado de endereço IP.
- *context=e-aluno* informa a qual contexto do plano de discagem o usuário pertence. São as permissões do plano de discagem do usuário.

No arquivo */etc/asterisk/extensions.conf* tem-se as seguintes entradas, como mostram as Ilustrações 2 e 3 que é o plano de discagem usado no servidor:

```

; /etc/asterisk/extensions.conf;;
[general]
autofallthrough=yes
clearglobalvars=yes
[global]
CONSOLE=Console/dsp
[default]
; no entries yet
; contexto de saídas
[fixo-quixada]
exten => _341XXXXX,1,Dial(Zap/0${EXTEN})
[ramal-sip]
exten => _11739XXX,1,Dial(SIP/${EXTEN})
exten => _8511739XXX,1,Dial(SIP/${EXTEN:2})
[ramal-fixa]
exten => _XXX,1,Dial(Zap/${EXTEN})
[fora-ufc-qx]
exten => _1173[0-8]XXX,1,Dial(SIP/${EXTEN})
exten => _0XXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/${EXTEN})
exten => _00XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/${EXTEN})
exten => _00XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/${EXTEN})
exten => _00XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/${EXTEN})
exten => _00XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/${EXTEN})
exten => _00XXXXXXXXXXXX,1,Dial(SIP/${EXTEN})

```

Ilustração 2 - Configuração do arquivo *extensions.conf*

```

;contexto de entradas
[e-aluno]
include => fixo-quixada
include => ramal-sip
include => ramal-fixo
include => fora-ufc-qx

[e-professor]
include => fixo-quixada
include => ramal-sip
include => ramal-fixo
include => fora-ufc-qx

[e-funcionario]
include => fixo-quixada
include => ramal-sip
include => ramal-fixo
include => fora-ufc-qx

[e-rede-publica]
include => fixo-quixada
include => ramal-sip
include => ramal-fixo
include => fora-ufc-qx

[e-ramal-fisico]
include => fixo-quixada
include => ramal-sip
include => ramal-fixo
include => fora-ufc-qx

[e-fora-ufc-qx]
include => fixo-quixada
include => ramal-sip
include => ramal-fixo
include => fora-ufc-qx

```

Ilustração 3 - Configuração do arquivo extensions.conf

O arquivo *extensions.conf* contém o *dialplan*, plano de discagem, e no arquivo tem-se estas seções: [general], [global] são palavras reservadas, não podem ser renomeadas e as demais seções que podem ser renomeadas, criando as regras de discagem.

A seção [general] contém variáveis em todo o sistema. *autofallthrough=yes* termina chamadas com *BUSY*, *CONGESTION* ou *HANGUP* no caso de a configuração não estar clara sobre qual o próximo passo.

- *clearglobalvars=yes* limpa as variáveis e as reclassifica em um recarregamento de extensão e recarregamento do *Asterisk*.

Na seção [global] tem-se as constantes globais, como valores de ambiente.

- *CONSOLE=Console/dsp* estabelece o dispositivo de som padrão.

A seção [default] é definida para que possíveis invasores, *hackers*, não consigam realizar nenhuma chamada.

As demais seções define o roteamento de chamada e o que os usuários podem fazer. Essa configuração do plano de discagem está superdimensionada, robusta, de forma a atender as necessidades futuras do serviço. Hoje a única seção que está sendo usada é a [ramal-fixo] a qual permite que os usuários liguem um para os outros discando os três números do ramal. As demais seções criam um plano de discagem que possibilite realizar ligações para o serviço `fone@rnp` e para os demais telefones da rede de telefonia pública comutada (PSTN). Estas seções são inseridas na seção do contexto em que o usuário está inserido, dando-lhe as permissões de chamadas.

O traço sublinhado serve para avisar que tem curingas adiante. O plano permite que usuários liguem um para outro por suas extensões, os primeiros números discados devem ser os números após o traço sublinhado, e os números seguintes deve ser combinado com extensões existentes.

Em seguida procedemos com a inserção dos usuários no serviço. Os números dos ramais dos usuários foram configurados seguindo uma distribuição para ficar melhor organizado. Assim os ramais foram distribuídos da seguinte maneira: do 200 até 205 para as secretarias, 230 a 235 para diretoria e coordenação de cursos, 260 a 362 biblioteca e telemática, 271 a 290 gabinetes dos professores, 300 a 307 para técnicos administrativos, 400 599 para professores, a partir de 600 para alunos. Observe que há um intervalo entre cada distribuição para possíveis expansões. Todos foram configurados com as mesmas permissões.

Após a configuração do servidor realizamos as configurações dos telefones IP. Os terminais adquiridos pelo projeto para disseminação no campus foram o GXP285, o ATA HT503 e o ATA HT702, todos fabricados pela empresa *Grandstream*. A configuração é feita por uma interface *web*. Para saber o IP que o telefone pegou basta pressionar a tecla Menu opção status que o IP aparecerá na tela. Já para o ATA disca-se ***02 para que uma gravação informe o IP. Todos os terminais a configuração realizada é semelhante.

Em linhas gerais, é preciso configurar o número do telefone, ramal, o IP do servidor em que o telefone irá se autenticar, informar o endereço do servidor STUN seguido da porta em que o serviço está rodando,

E para quem não tiver acesso a *hardphone* (telefone IP) ou até mesmo por questão de mobilidade pode fazer uso de um *softphone*. O Apêndice B mostra as configurações que

realizamos no *Twinkle* para *Linux* e no *3CXPhone* para *Windows*. Sendo que este último também está disponível para sistemas *IOS* e *Android*.

6 TESTES

Realizamos alguns testes no serviço nos quais utilizamos *hardphone*, *softphone*, e os software utilizados foram o *3CXPhone* para *Windows/Android/IOS* e o *Twinkle* para *Linux*. O objetivo do teste era verificar se o servidor realizava a autenticação dos usuários e se o plano de discagem estava funcionando.

Também foram realizados os testes de realização de chamada via rede pública, para isso o servidor foi deslocado do campus para um local onde tinha uma linha telefônica disponível. Os testes via rede pública foram: de um ramal IP para um telefone de fora da instituição e também de um celular para um ramal IP. Para isso foram feitas três ligações de um *softphone* para um telefone celular e três ligações de um telefone celular para o *softphone*. Todos os testes foram realizados com êxito, com boa qualidade de áudio. Esse deslocamento do servidor foi necessário porque infelizmente ainda não estão disponíveis linhas exclusivas para interligação do serviço com a rede pública e os testes foram realizados de maneira experimental.

Em alguns testes realizados com o usuário fora da rede local do campus e sobre NAT a chamada apresentou problemas, não era possível ouvir a voz durante a ligação. Para resolver esse problema houve a necessidade de instalar o *Simple Traversal of UDP over NAT* (STUN) no servidor. Para instalar o STUN usamos o comando: `# apt-get install stun`. O STUN tem uma exigência de ter dois endereços IP, assim foi adicionada mais uma interface no servidor para que este fosse configurado. O IP primário é configurado na porta 3478 e o segundo na porta 3479. Para configurar o STUN foi o usado o comando: `# stund -b -h <IP 1> -p 3478 -a <IP 2> -o 3479`, em que as opções `-b -h -p -a` e `-o` são: *background* (processo roda em segundo plano), interface 1, porta 3478, interface 2 e porta 3479 respectivamente. Na configuração do telefone dos usuários é preciso informar o endereço IP e a porta que o servidor STUN está funcionando. Após a configuração do STUN o serviço funcionou sem nenhum problema de NAT.

7 AUDITORIA

Pelo fato do servidor ter um IP real este ficar visível para toda a internet, ele pode ser alvo de diversas tentativas de invasão. Em uma auditoria no servidor, no arquivo de *log* do *Asterisk*, detectamos que o servidor sofreu diversas tentativas de autenticação por usuários de outros países que não tinham permissão para tal. Os mesmos tentavam se autenticar no serviço, mas tinham seus pedidos negados pelo servidor, pois os referidos usuários não tinham conta no servidor e o serviço foi configurado com uma seção chamada *default* que trata exatamente desse tipo de pedido. Sendo que na configuração *default* o usuário não pode realizar nenhuma chamada, assim todas essas tentativas caíam nesse contexto e suas chamadas foram negadas. A quantidade de ataques sofrido pelo servidor totalizou um total de 994 tentativas no período analisado.

A Tabela 3 mostra uma relação exaustiva dos locais de origem das tentativas de autenticação com suas respectivas quantidades e percentual em relação ao total.

Tabela 3 - Locais de onde partiram os ataques.

Ordem	País	Cidade	Quantidade	Porcentagem
1	Israel	Haifa	661	66,5
2	Alemanha	Hanau am Main	1	0,1
3	Palestina	Gaza	34	3,42
4	USA	Scranton	27	2,72
5	Canadá	Montreal	87	8,75
6	USA	Albuquerque	5	0,5
7	Holanda	Amsterdam	67	6,74
8	França	Paris	14	1,4
9	Alemanha	Gunzenhausen	28	2,82
10	USA	San Francisco	48	4,82
11	China	Hangzhou	22	2,21

A Figura 9 mostra o percentual de ataques realizados e suas respectivas cidades de origem.

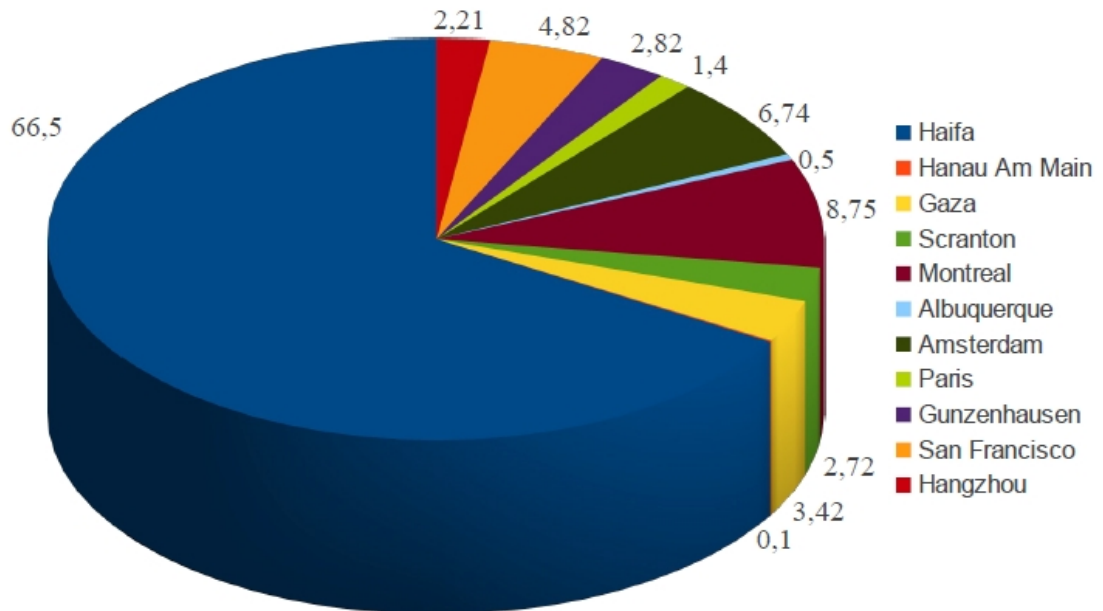


Figura 9 – Percentual de ataques por cidades.

8 RESULTADOS

Após a instalação e configuração o serviço ficou disponível para os usuários, com isso foi possível realizar uma avaliação do serviço quanto aos requisitos de qualidade do serviço, utilizando-se o método subjetivo para isso.

Iniciamos a avaliação com o telefone IP piloto instalado na secretaria. Realizamos uma pesquisa com os usuários utilizando o questionário que encontra-se disponível no Apêndice A. Como o telefone fica na secretaria a entrevista foi feita com os servidores alocados na sala. A avaliação mostrou que o serviço funcionou de forma satisfatória, atendendo o requisito de qualidade durante as ligações. Na percepção dos usuários o serviço não apresentou nenhuma desvantagem que impedisse a utilização do serviço.

Em seguida, avaliamos a central telefônica VoIP também utilizando o mesmo questionário referido anteriormente. Para isso submetemos a avaliação a uma amostra de trinta (30) usuários, sendo vinte e dois professores (22) e oito (8) técnicos administrativos, de um total de quarenta e seis (46) cadastrados no serviço. Detectamos que quatorze (14)

entrevistados não utilizam o serviço por motivos diversos, mas o item mais comentado é que não conhecem o serviço ou não sabem como configurar o software cliente (falta de suporte). Faltam mais informações para esses usuários. Isso mostra que deve-se ter uma estratégia por parte da equipe do projeto, atendendo essa necessidade, para que o serviço não fique subutilizado. A disponibilização dos manuais de configuração para os usuários é uma forma de atacar esse problema.

Dos dezesseis (16) entrevistados restantes apenas um (1) usa o serviço de fora do campus. Mesmo entre esses que usam o serviço falta informação de como utilizar o serviço explorando todas as suas possibilidades. Quatro (4) responderam que em algum momento não conseguiram realizar uma chamada, isso não aconteceu em todas as vezes que tentaram ligar. Três (3) responderam que em algum momento não conseguiram ouvir a voz da outra pessoa, mas que esse problema foi resolvido. Todos responderam que não tiveram nenhum problema da ligação cair. E todos responderam que não tiveram problemas quanto a qualidade durante a ligação.

Ao final dessa avaliação pudemos concluir que o serviço funcionou bem atendendo aos requisitos de qualidade.

9 CONCLUSÃO

A implementação de VoIP em uma organização apresenta um alto custo inicial com aquisição de equipamentos: servidor, telefones IP, etc e caso não use software livre será necessária a aquisição de software. E a infraestrutura de rede do local deve estar bem dimensionada para dar suporte à aplicação, caso contrário será preciso fazer um novo investimento em cabeamento estruturado, senão o serviço apresentará grandes problemas de qualidade. O que seria uma solução acaba tornando-se um transtorno para os usuários. Além disso, deve-se contar com um profissional que domine a tecnologia. Também um dos problemas é a falta de conhecimento sobre a tecnologia e de como fazer uso dela, alinhando-se a estratégia de negócio da organização. Todos esses pontos podem dificultar, serem obstáculos, à implantação do serviço em uma organização.

Mas dependendo da necessidade da organização, como por exemplo uma matriz que tenha diversas filiais espalhadas em diversas cidades e precise realizar chamadas interurbanas, fazer uma implementação de VoIP se mostra muito vantajoso no que tange à

economia com ligações telefônicas interurbanas. Infelizmente não pudemos ter acesso as contas de telefones do campus para fazermos a comparação entre os períodos antes ao da instalação do telefone piloto com os meses posteriores a instalação, para termos a constatação de fato da redução da conta de telefonia. Mas é possível estimar, pelos relatos dos usuários do telefone, que houve uma redução da conta, pois os mesmos relataram que só utilizavam o telefone para fazer ligações para o campus de Fortaleza. Com isso os investimentos iniciais realizados com a compra de equipamentos podem ser amortizados ao longo do tempo de uso.

Esse trabalho procurou ser o mais detalhado possível em relação a como realizar as configurações necessárias do serviço e esperamos que isso possa vir a ajudar outras instituições, ressalvadas as necessidades de cada uma. As lições aprendidas foram muitas não só em relação a essa tecnologia, que já representa um grande legado, mas também em relação a outras disciplinas que tratam por exemplo como gerenciar um projeto ou fazer parte de uma equipe de projeto, ou seja, a questão da multidisciplinaridade. Durante a execução desse trabalho enfrentamos algumas dificuldades e tivemos que encontrar alguma solução para esses problemas.

Inicialmente tínhamos a pretensão de interligar a central telefônica com o serviço `fone@rnp` da RNP e com isso permitir aos usuários a realização de chamadas para as diversas instituições interligadas à mesma. A solicitação da interligação foi feita há um ano mas até o momento isso não se concretizou. Também tínhamos a intenção de interligar a central telefônica com a rede de telefonia pública e com isso seria possível realizar chamadas utilizando esse serviço de telefônica. Foi feito o pedido de quatro linhas telefônicas com a empresa de telefonia mas esse pedido ainda não foi atendido. Todos esses fatos obrigaram a redução do escopo desse trabalho. Para trabalhos futuros ficam a possibilidade de interligação da central telefônica com o serviço `fone@rnp`, interligação da central com a rede de telefonia pública comutada (PSTN) e a implantação de criptografia no serviço.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Rodrigo; CALLADO, A. C.; KAMIENSKI, C. A.; FERNANDES, S.; SOUZA, D. M. T.; KELNER, J.; SADOK, D. F. H. Performance Evaluation of P2P VoIP Application. Em: **17th International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio & Video**, 2007, Urbana-Champaign. **17th International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio & Video**, 2007. v. 1. p. 77-82.

CALLADO, A. C.; ALMEIDA, G. F.; SILVA, A. M.; BARBOSA, R. S. B. G.; KELNER, J.; SADOK, D. F. H. Construção de Redes de Voz sobre IP. In.: Minicursos: **25º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**. Universidade Estadual do Pará (UEPA), 2007.

COSTA, Daniel Gouveia. **Comunicações Multimídia na Internet**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2007.

GALRÃO, Ronny Malta. **Voz Sobre IP Utilizando Protocolo SIP: Vantagens, Compatibilidade e dois Exemplos de Aplicação**. (Monografia de graduação em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

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

LUSTOSA, L., CARVALHO, L. S. G., RODRIGUES, P., MOTA, E., “Utilização do Modelo E para Avaliação da Qualidade da Fala em Sistemas de Comunicação Baseados em Voz sobre IP”, **XXII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores**. Gramado, Maio 2004.

MONTEIRO, Rafael F, “Implementação de Transporte Robusto de Voz em Redes Baseadas em Protocolo IP”, Setor de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.

RFC 2543. Disponível em: < <http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>>. Acesso em: 10 de mai 2013.

SCHRODER, Carla. **Redes LINUX: Livro de Receitas**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2009.

TRONCO, Tânia Regina. **Redes de Nova Geração**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Questionário de Qualidade de Serviço

1 Você usa o serviço de VoIP da UFC?

- Sim.
 Não. Por quê?

2 Se é usuário de onde usa o serviço?

- Dentro do campus.
 De fora do campus.
 Ambos.

3 As vezes que usou, o serviço apresentou o problema de não realizar a chamada.

- Sim.
 Não.

4 Tendo feito a ligação, o serviço apresentou o problema de não conseguir ouvir a voz da outra pessoa? Caso a resposta seja NÃO passe para a pergunta 6.

- Sim.
 Não.

5 Esse problema foi resolvido?

- Sim.
 Não.

6 Durante a chamada você tem o problema da ligação ser encerrada, cair a ligação?

- Sim.
 Não.

7 Durante a chamada você percebe falta de qualidade da mesma, como por exemplo atraso perda de pacotes, que possam prejudicar a conversa?

- Sim.
 Não.

APÊNDICE B – Manuais de Configuração de softphone

Para os usuários que queiram utilizar *softphone* em seguida é mostrado como fazer as configurações necessárias para usar o *Twinkle*, para *Linux*, e *3CXPhone* para *Windows*.

Para realizar a instalação do *Twinkle* no *Linux* use o comando `# apt-get install twinkle`. A Figura B1 mostra a tela inicial do *Twinkle*, para iniciar a configuração abra o menu *Edit* e escolha a opção *User profile*.

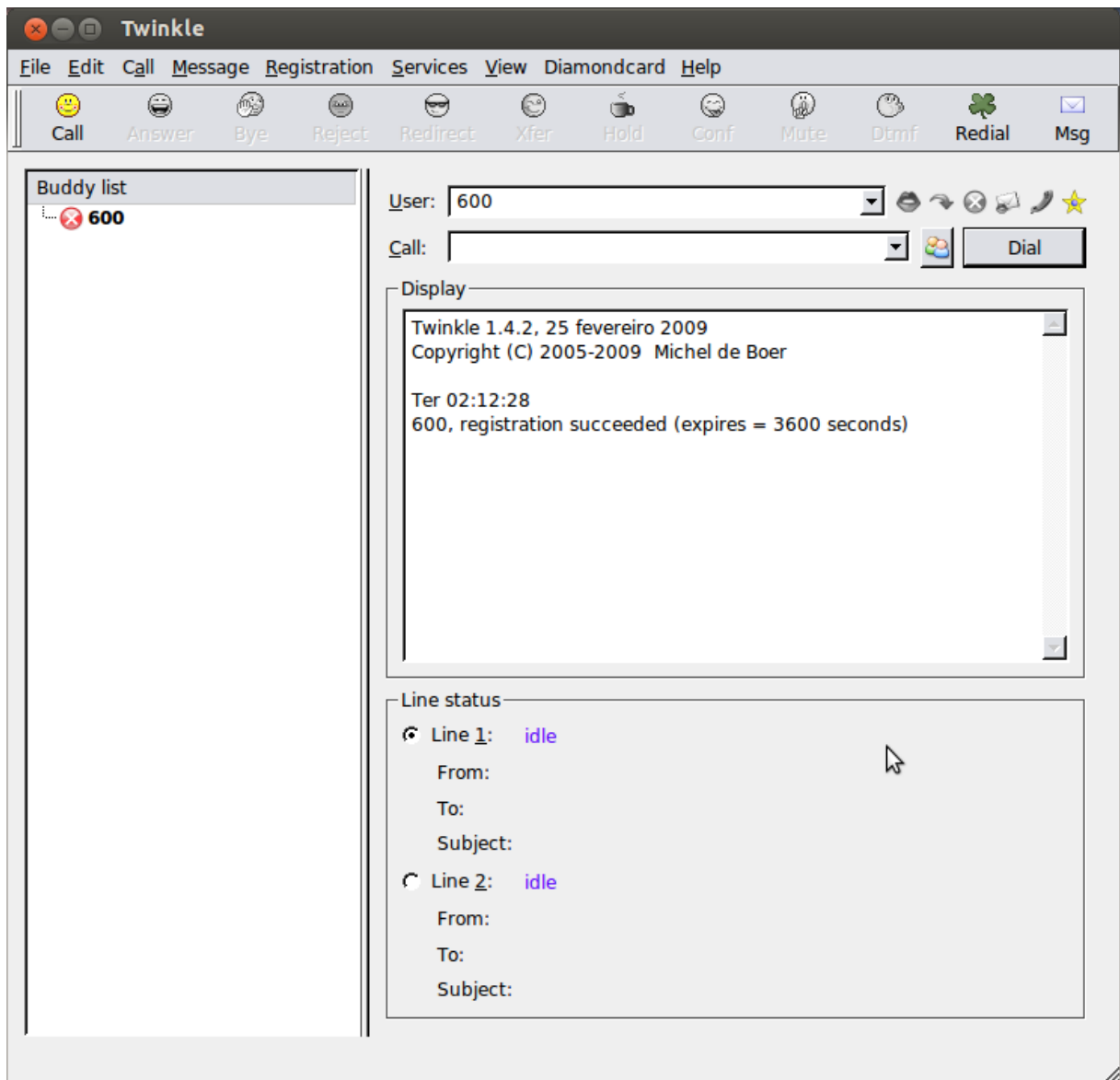


Figura B1 – Tela principal do Twinkle.

A Figura B2 mostra a tela de configuração das informações do usuário. Ao abrir preencha os campos nome de usuário, domínio (IP do servidor), organização (IP do servidor), *realm*, autenticação de nome e senha como mostra a figura.

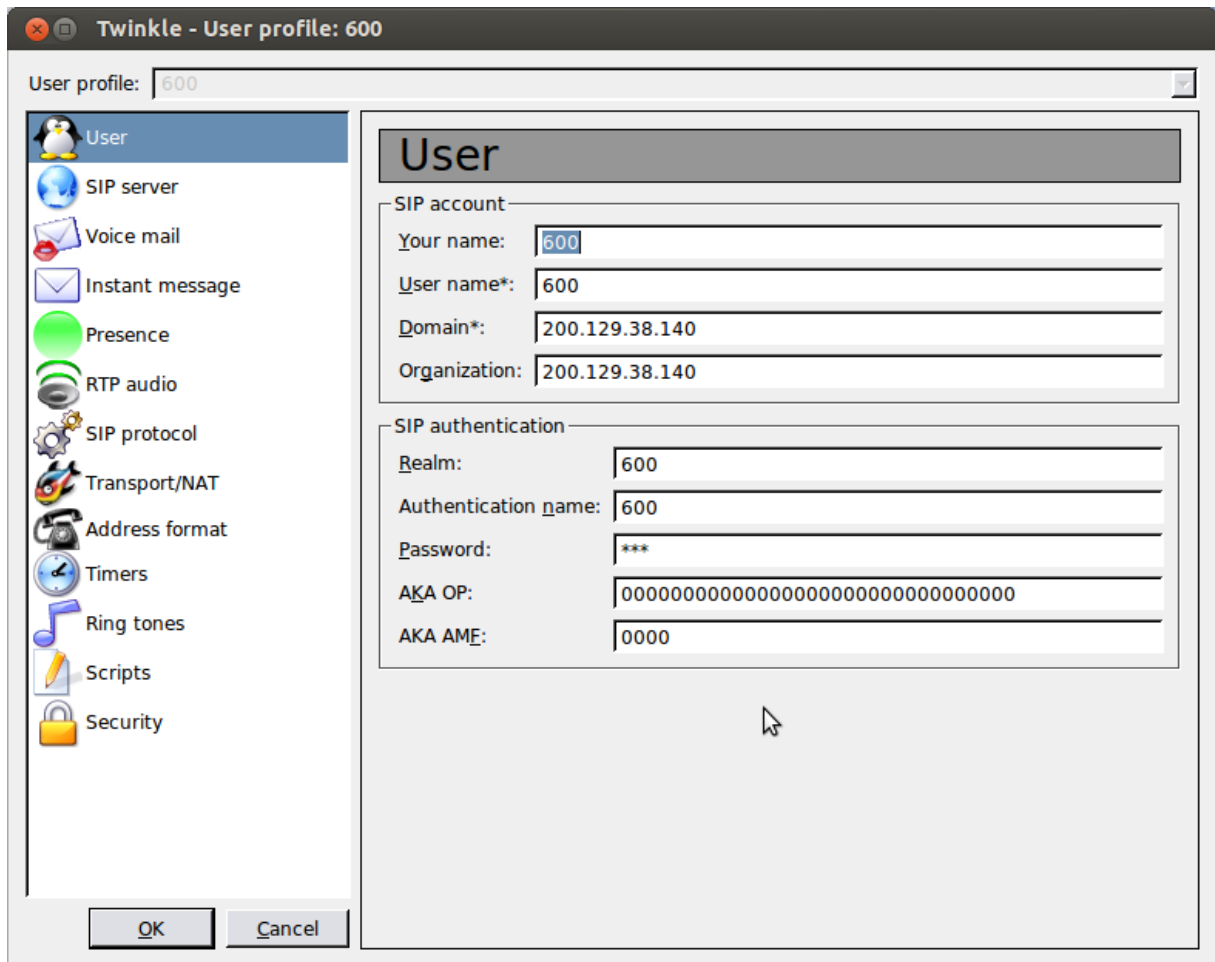


Figura B2 – Tela de configuração da conta do usuário.

Em seguida escolha a opção *Sip Server* no menu do lado esquerdo da tela anterior. A Figura B3 mostra a tela de configuração do *SIP server*. No campo registrar preencha com o IP do servidor.

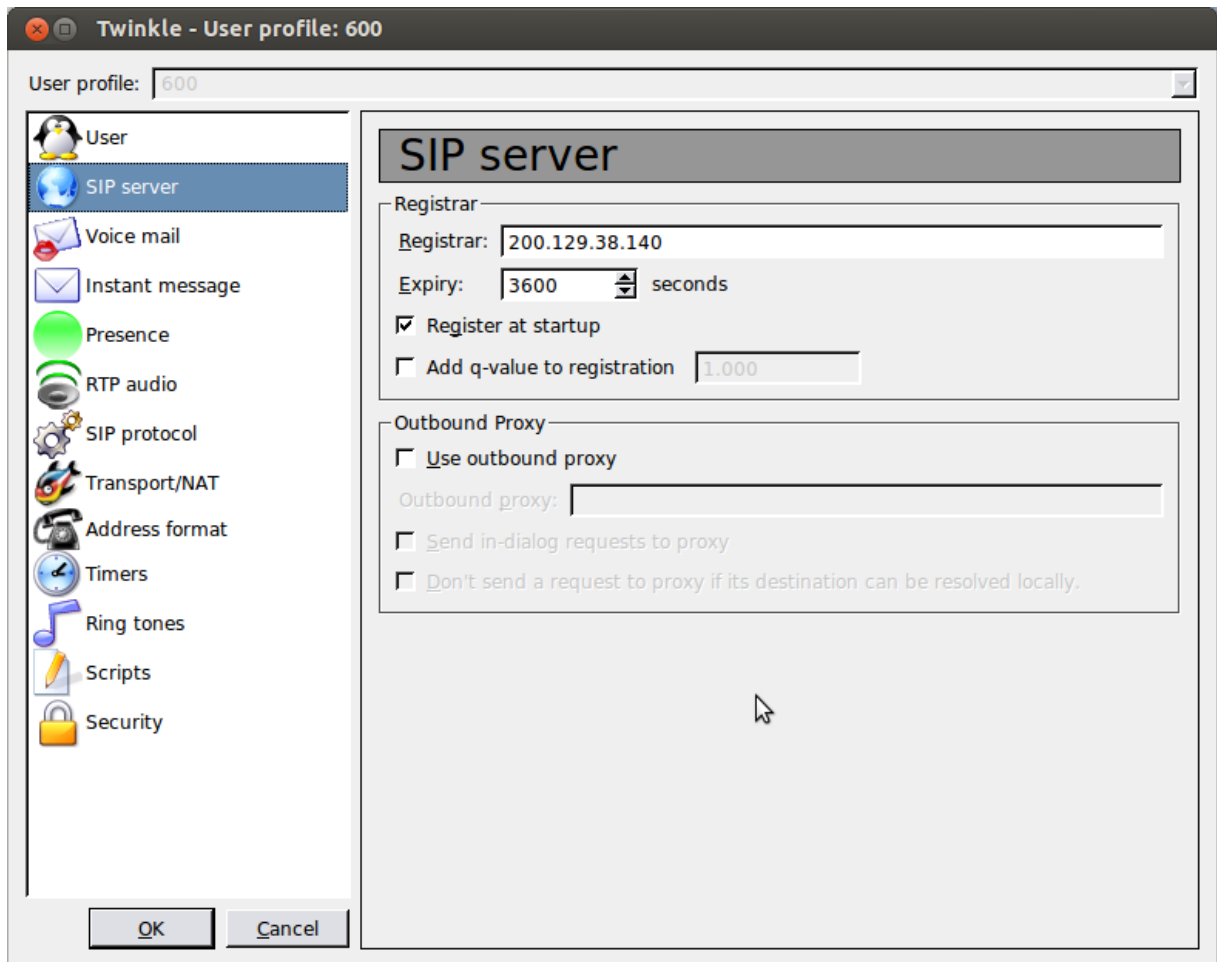


Figura B3 – Tela de configuração SIP server.

Em seguida selecione o opção *Transport/NAT*, marque a caixa *Use STUN* e na caixa preencha com o IP do servidor seguido da porta (3478) em que o aplicativo está rodando como mostra a Figura B4.

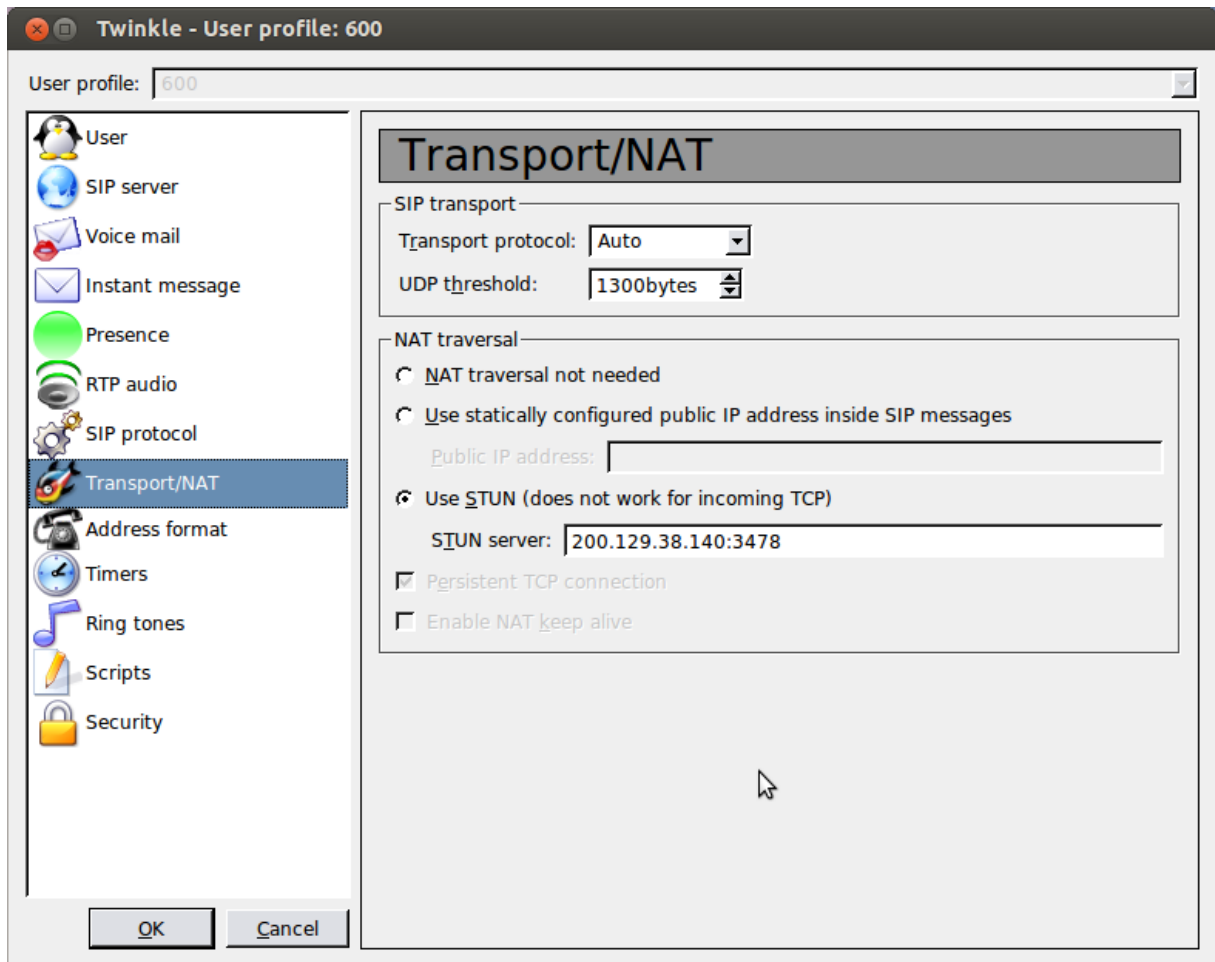


Figura B4 – Tela de configuração do STUN.

Após estas configurações clique em OK e espere ser autenticado pelo servidor, você retornará para a tela inicial. Para realizar uma chamada digite o número do ramal pretendido na caixa *Call* e clique em *Dial*. A figura B5 mostra a realização de uma chamada. Para encerrar a chamada clique em *Bye*.

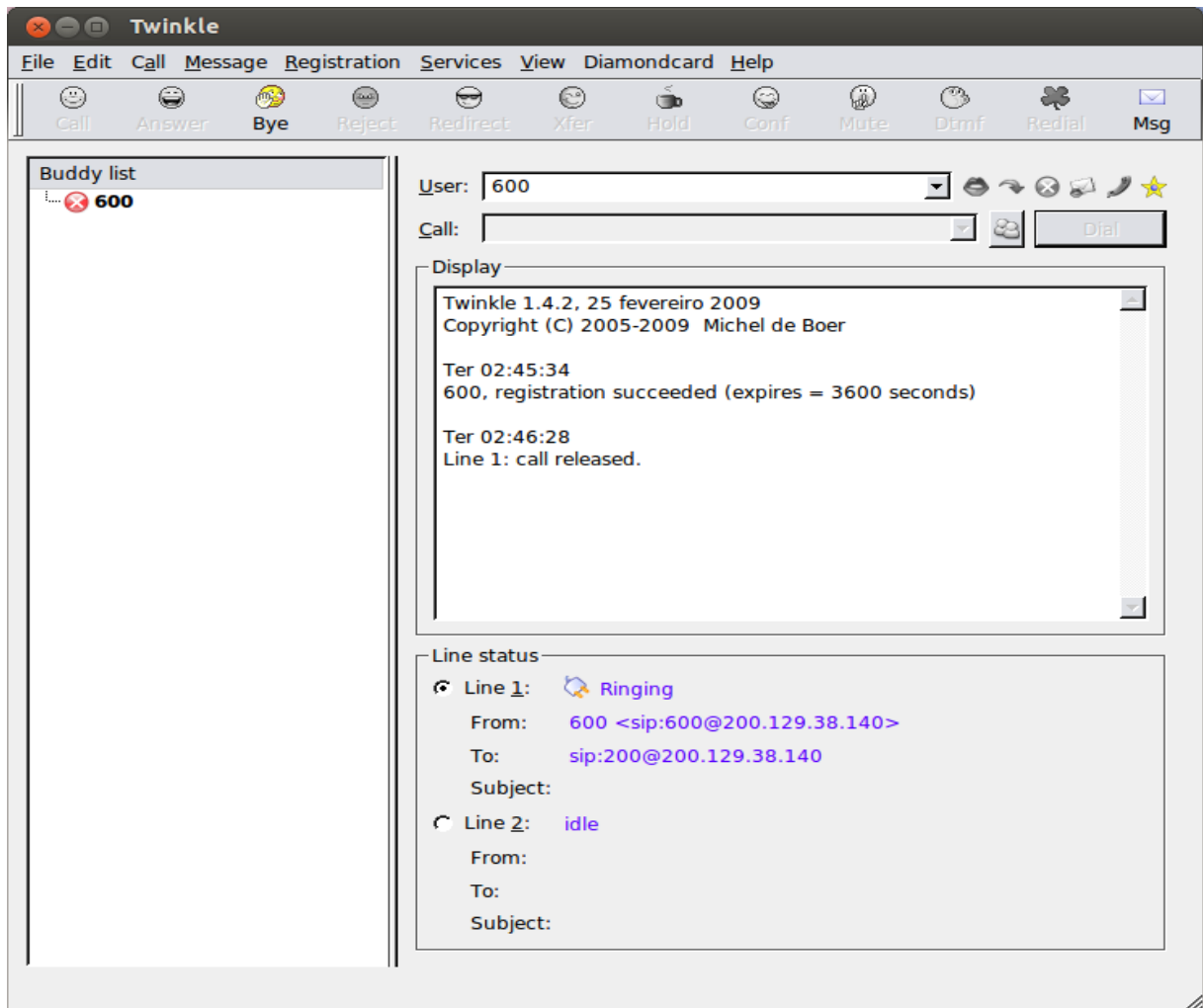


Figura B5 – Realizando uma chamada.

A Figura B6 a seguir é mostrada quando você reinicia o software para proceder a autenticação no servidor. Preencha com seu nome de usuário e senha.

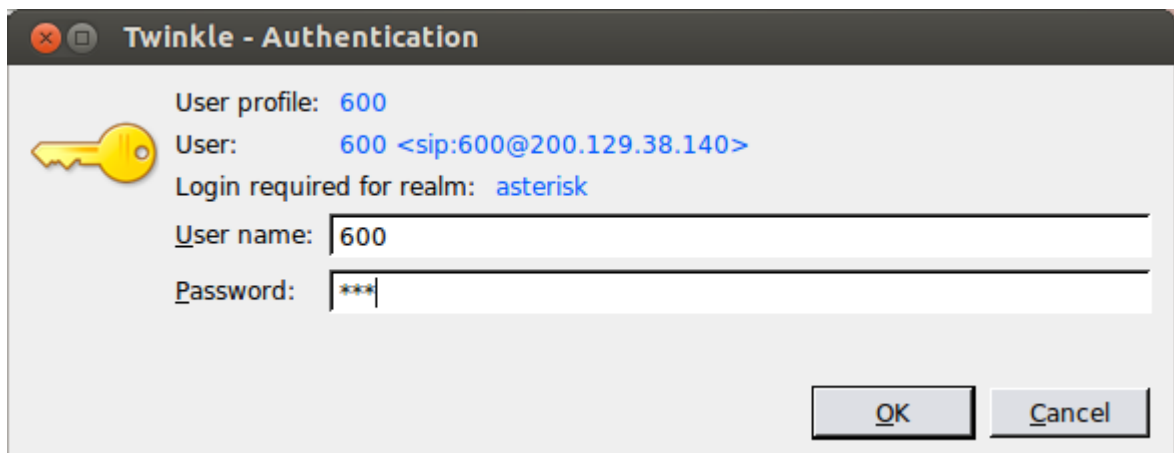


Figura B6 – Tela de autenticação do usuário.

Para quem utiliza *Windows* pode instalar o *3CXPhone* da *3CX* e pode obter o software no site: <http://www.3cx.com.br>. A Figura B7 abaixo mostra a tela inicial do *3CXPhone*. Para entrar na tela de configuração de contas pressione o botão menu (em destaque com a seta) na parte inferior do software.



Figura B7 – Tela inicial do 3CXPhone.

Aparecerá a tela mostrada na Figura B8, escolha a opção *Accounts*.



Figura B8 - Tela de menu do 3CXphone.

Em seguida surgirá a tela mostrada na Figura B9. Escolha a opção *New* para adicionar sua conta.

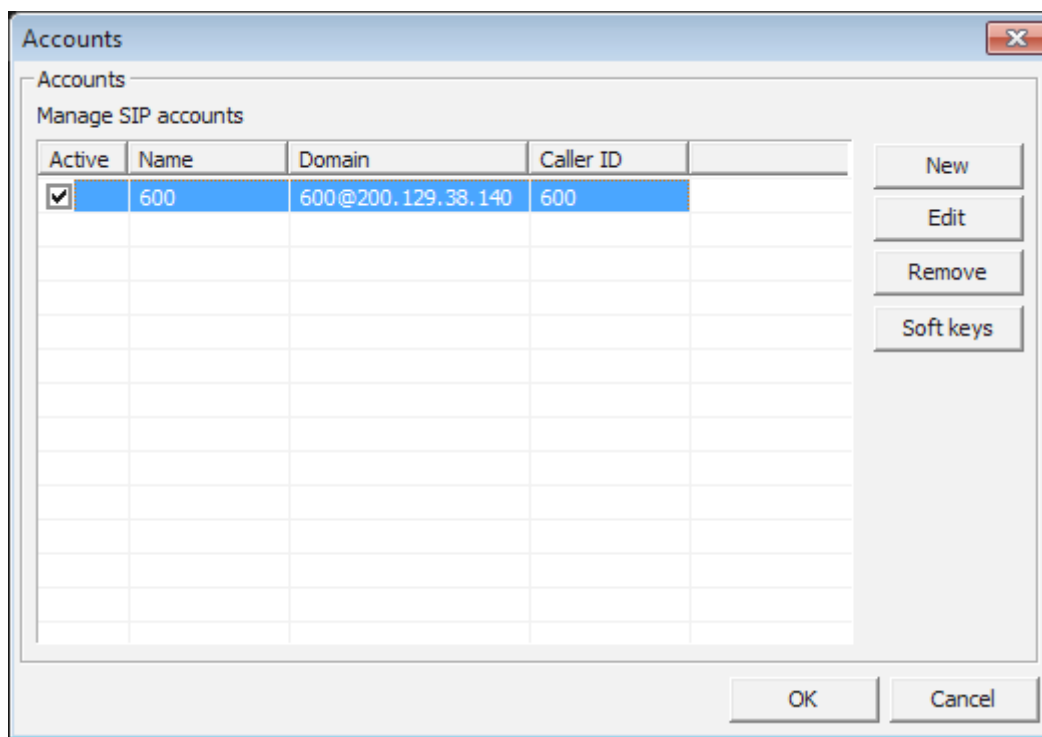


Figura B9: Menu de contas do 3CXPhone.

A Figura B10 mostra como deve-se preencher as opções da conta. Em *Account name* preencha com o nome da conta, que no nosso caso estamos usando números. Repita esse nome (número) em *Caller ID*, *Extension* e em *password* entre com sua senha registrada no servidor. Em *My location* entre com o IP do servidor de VoIP.

Account settings

Account name: 600
 Caller ID: 600

Credentials
 Enter your SIP account credentials
 Extension: 600
 ID: 600
 Password: ***

My location
 Specify the IP of your PBX/SIP server
 I am in the office - local IP 200.129.38.140 of PBX
 I am out of the office - external IP 200.129.38.140 of PBX

Use 3CX Tunnel
 Eliminates firewall configuration. Requires 3CX Phone System for Windows
 Local IP of remote PBX:
 Tunnel password: *** Port: 5090

Use Outbound Proxy server
 Required by some VoIP Providers. Specify IP or name.

Perform provisioning from following URL:

Advanced settings OK Cancel

Figura B10: Tela de configuração de conta.

Clique no botão *Advanced settings* surgirá a tela mostrada na Figura B11. Na opção *STUN server* adicione o endereço **200.129.38.140:3478**. Clique em OK para confirmar, na outra janela também clique em OK e OK novamente. Suas configurações estarão terminadas e você estará apto a fazer ligações.

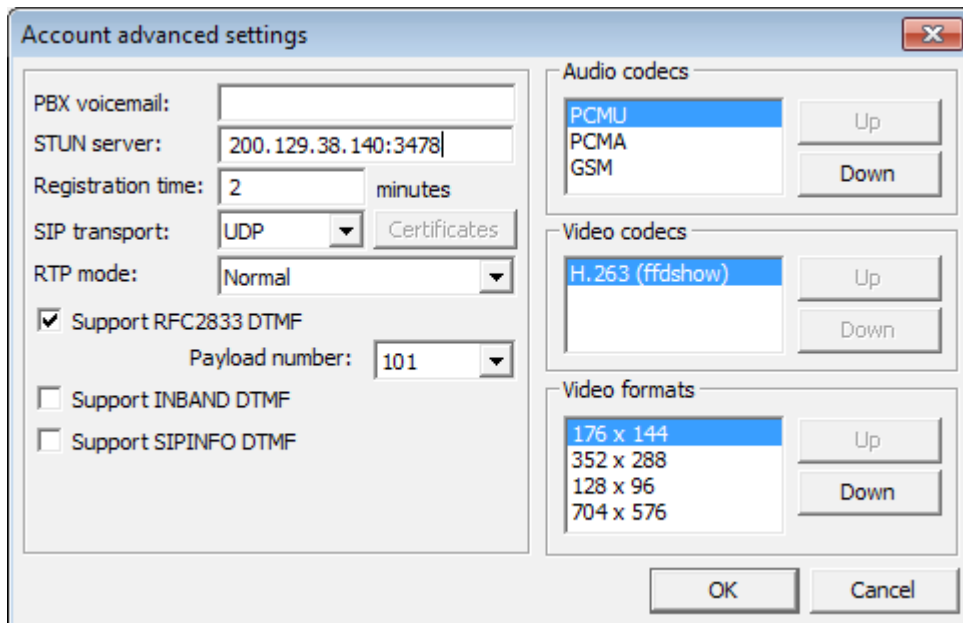


Figura B11 - Tela de configuração do Servidor Stun.

Para realizar uma chamada digite o número do ramal pretendido e em seguida pressione o botão de chamada (botão verde) como mostra a Figura 12 abaixo.

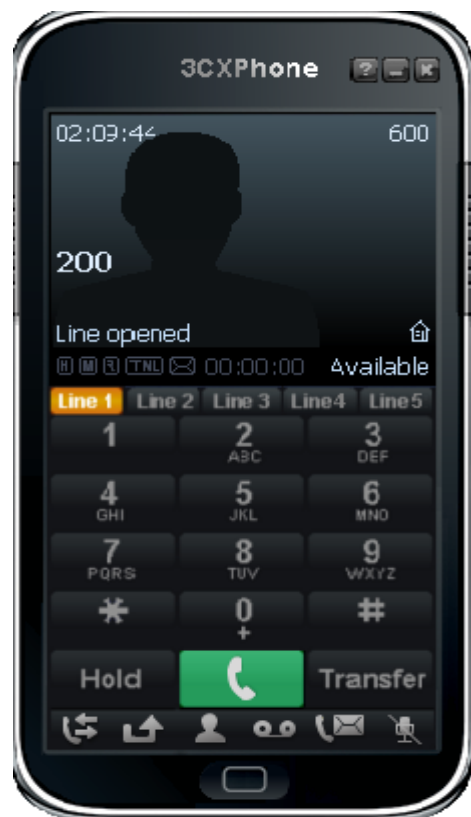


Figura B12 – Tela do software para realizar chamada.