

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Ricardo Rodrigues de França

**PROPOSTA DE SISTEMA PARA COLETAR, SINTETIZAR
E DISPOR INFORMAÇÕES ATRAVÉS DE PLATAFORMA
COMPUTACIONAL**

Taubaté – SP

2010

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Ricardo Rodrigues de França

**PROPOSTA DE SISTEMA PARA COLETAR, SINTETIZAR
E DISPOR INFORMAÇÕES ATRAVÉS DE PLATAFORMA
COMPUTACIONAL**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Automação Industrial

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Lombardi.

Taubaté – SP

2010

F814p França, Ricardo Rodrigues de.
Proposta de sistema para coletar, sintetizar e dispor informações através de plataforma computacional./ Ricardo Rodrigues de França. – Taubaté: Unitau, 2010.

70f. :il;30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté. Faculdade de Engenharia Mecânica. Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica.

Orientador: José Carlos Lombardi.

1. Sintetizador. 2. Convergência Digital. 3. VoIP. I. Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica. II. Título.

CDD(21) 621.38152

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
RICARDO RODRIGUES DE FRANÇA

**PROPOSTA DE SISTEMA PARA COLETAR, SINTETIZAR E DISPOR
INFORMAÇÕES ATRAVÉS DE PLATAFORMA COMPUTACIONAL**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.
Área de Concentração: Automação Industrial
Orientador: Prof. Dr. José Carlos Lombardi.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Carlos Lombardi

UNITAU

Assinatura: _____

Prof. Dr. Cao Ji Kan

Faculdade Eniac

Assinatura: _____

Prof. Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria

UNITAU

Assinatura: _____

Dedico este trabalho à minha esposa Erika e especialmente ao meu filho Miguel, que tive o prazer de recebê-lo neste mundo durante a elaboração deste.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me conduzido até aqui e colocado as pessoas certas em meu caminho.

Ao Prof. Dr. José Carlos Lombardi, pela paciência, compreensão e sabedoria na orientação do trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco Carlos Parquet Bizarria pelo apoio e disponibilidade para viabilizar a conclusão deste trabalho.

A Faculdade Módulo Paulista, pelo incentivo na realização do curso.

Ao amigo João Gilberto Pinho, pela amizade, incentivo e apoio neste trabalho e em minha carreira acadêmica.

Ao amigo Aloysio Ferrari Affonso, por ter cedido parte da estrutura da Install Integração de Sistemas para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de sistema para permitir o acesso à informações numa estrutura baseada em sistemas computacionais, visando monitoramento remoto. Desta forma, pessoas responsáveis por um ambiente eletronicamente monitorado poderão coletar informações em um ambiente computacional através de telefonia IP, síntese de voz e integração com a rede de telefonia pública comutada, obter informações passivamente ou ativamente de uma estrutura monitorada. Os recursos sugeridos para esse modelo proposto foram escolhidas conforme sua utilização no mercado, ou facilidade na aplicação prática. Sempre que possível, usando software livre (*Open Source*), de tal forma que o formato apresentado neste trabalho possa fomentar outros estudos e ser utilizado para soluções mais sofisticadas. É possível, também, haver aplicações relacionadas com a acessibilidade para deficientes visuais. Sistemas proprietários para acesso a informações remotas estão cada vez mais comuns, especialmente em soluções corporativas, porém acesso a informações através de voz não é uma prática comum. Sabendo que a telefonia cada vez se torna mais acessível e comum de ser acessada de qualquer local, é possível coletar informações em um sistema eletrônico, transformando-as em frases parametrizada e posteriormente, reproduzidas por um sistema computacional. Foram realizados ensaios práticos do sistema proposto com os elementos básicos de funcionamento. Os resultados apresentados foram satisfatórios e indicam que aplicações deste modelo podem ser realizadas em diversas estruturas, observando as adequações para cada uma delas.

Palavras-chave: Asterisk, sintetizador, *shell script*, VoIP, convergência digital

ABSTRACT

This work presents a proposed system for accessing information in structure-based computer systems, aiming at remote monitoring. Persons responsible for an electronically monitored environment may collect information in a computer environment and through IP telephony, voice synthesis and integration with the PSTN (Public Switched Telephone Network), obtain information passively or actively from a monitored environment. The resources suggested for this model were chosen according to their use in the market or facility in practice. Whenever possible, using Open Source software, so that the format presented in this work could stimulate further studies and be used for more sophisticated solutions. You can also have applications related to accessibility for the visually impaired people. Proprietary systems for remote access to information are increasingly common, especially in enterprise solutions, but to access information through voice is not a common practice. Knowing that the phone becomes ever more accessible and common to be accessed from anywhere, it is possible to collect information in an electronic system, transforming them into sentences parameterized and subsequently reproduced by a computer system. Tests with the basic elements of operation were performed. The results were satisfactory and indicate that applications of this model can be realized in various structures, observing the adjustments for each one.

Keywords. Asterisk, synthesizer, shell script, VoIP, digital convergence

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Telefonistas operando manualmente as comutações em 1951	23
Figura 2 - Conversão analógica para digital de voz.....	24
Figura 3 – Pilha de protocolos TCP/IP	25
Figura 4 - Troca de pacotes SIP e RTP de uma ligação VoIP	27
Figura 5 - Esquema de funcionamento do protocolo H.323	28
Figura 6 - Comparação entre carga útil de dois codecs.....	30
Figura 7 - Tabela de tradução de codecs do asterisk.....	30
Figura 8 - Codecs de vídeo suportados pelo Asterisk.....	31
Figura 9 - Arquitetura do Asterisk	35
Figura 10 - Possibilidades de interconexão com um sistema PBX-IP com Asterisk..	36
Figura 11 – (a) Interface E1, (b) Interface FXO e (c) Interface GSM.....	37
Figura 12 – Possibilidades de acesso a um sistema de telefonia moderno	38
Figura 13 - Console do Asterisk para a execução de comandos e monitoramento ...	43
Figura 14 - Esquema de funcionamento da solução proposta.....	48
Figura 15 – Fluxograma analítico para coleta de dados	53
Figura 16 – Fluxograma analítico para acesso ativo ao sistema.....	58
Figura 17 – Fluxo analítico de acesso passivo ao sistema.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD/DA	Analogico Digital/Digital Analogico
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
ATA	Adaptador de Terminal Analogico
DTMF	<i>Dual-Tone Multi-Frequency</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FXO	<i>Foreign eXchange Office</i>
FXS	<i>Foreign eXchange Subscriber</i>
GPL	<i>General Public License</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IRQ	<i>Interrupt Request</i>
ISDN	<i>Integrated services digital networks</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
NAT	<i>Network Address Translation</i>
PABX	<i>Private Automatic Branch Exchange</i>
PBX	<i>Private Branch Exchange</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i>
PCIe	<i>Peripheral Component Interconnect Express</i>
PDH	<i>Plesiócrono Digital Hierarchy</i>
RTP	<i>Real-Time Transport Protocol</i>
RTPC	Rede Telefônica Pública Comutada
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>

SLA	<i>Service Level Agreement</i>
STFC	<i>Serviço Telefónico Fixo Comutado</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i>
TTS	<i>Text-to-speech</i>
URA	Unidade de Resposta Audível
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Descrição do problema.....	14
1.2 Solução proposta.....	15
1.3 Objetivos.....	15
1.4 Revisão bibliográfica.....	16
1.5 Estrutura de trabalho.....	18
CAPÍTULO 2 - ELEMENTOS DA SOLUÇÃO PROPOSTA.....	20
2.1 Telefonia VoIP.....	20
2.1.1 A Convergência digital nas telecomunicações.....	22
2.1.2 Protocolos utilizados sobre TCP/IP.....	25
2.1.2.1 Protocolo SIP.....	26
2.1.2.2 Protocolo H.323.....	28
2.2 Alguns CODECs utilizados para VoIP.....	29
2.3 Definição e legalidade do VoIP pela ANATEL.....	33
2.4 O programa de telefonia para computador Asterisk.....	34
2.4.1 Acesso a uma plataforma VoIP.....	36
2.5 Síntese de voz.....	39
2.5.1 Escolha da ferramenta de síntese.....	40
2.6 Plataforma utilizada e programação.....	41
2.6.1 O sistema operacional Linux.....	41
2.6.2 Materiais e métodos.....	41
2.6.2.1 Programação Asterisk.....	42
2.6.2.2 Programação com <i>Shell script</i>	44
CAPÍTULO 3 -DESENVOLVIMENTO.....	47
3.1 Esquema de funcionamento da solução proposta.....	47
3.2 Desenvolvimento prático.....	48
3.2.1 Acesso ativo de informações.....	51
3.2.2 Acesso passivo de informações.....	62
3.3 Limitações do sistema.....	65
3.4 Resultados e discussão.....	66
CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS.....	69

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Atualmente a automação de sistemas é empregada nos mais diversos níveis. As empresas mais modernas procuram utilizar a automação integrada, desde a automação eletrônica de linha de produção, até os sistemas de gerência corporativa comumente denominados de ERP¹.

No início das atividades industriais e suas automações, havia uma clara separação da produção, caracterizada pela mecânica, e a sistematização eletrônica, caracterizada pelos primeiros computadores. Ocorre que com a evolução da eletrônica e das telecomunicações, ambas as áreas começaram a convergir de tal forma que uma parcela bem maior de um processo completo, se não todo ele, pode estar interligado através das tecnologias desenvolvidas durante todo este tempo.

A tendência notória no comportamento e necessidade atual da sociedade, é obter informações de forma rápida e independente da localização das pessoas. Isto não é muito difícil mediante todo o aparato tecnológico que existe à disposição. Porém, para que isso se torne possível, pode ser custoso. A utilização apenas de voz pode ser algo interessante para aplicações em que informações mais objetivas podem ser encaminhadas através de um sistema de telefonia convencional, ou até mesmo encaminhadas para uma caixa de e-mail através de informação de texto ou áudio anexado.

O ponto principal a ser trabalhado com maior detalhe neste trabalho é justamente a elaboração de uma interface entre a plataforma que faz a convergência para os múltiplos acessos através de voz e o sistema a ser monitorado. Isto pode se dar de diversas maneiras, seja por meio de interfaces seriais ou paralelas, ou até mesmo através de informações coletadas através de uma rede computacional. Especialmente para análises deste trabalho, deverá ser exposto até mesmo a coleta de informações do próprio sistema operacional responsável pela convergência.

¹ *Enterprise Resource Planning*. - denominação no Brasil é SIGE (Sistemas Integrados de Gestão Empresarial).

1.1 Descrição do Problema

Com a evolução tecnológica em todas as áreas da indústria, comércio e serviços, especialmente quanto a importância da comunicação, se faz necessário trabalhar com as informações cada vez mais dinâmicas. Em alguns casos específicos a informação atualizada é a própria matéria prima para o desenvolvimento de um trabalho.

Com outro ponto de vista, ações proativas podem ser tomadas com base em informações recebidas ou acessadas através de um sistema que possa atingir o responsável por soluções dessas ocorrências de forma rápida.

Ainda pode haver a necessidade de um pronto atendimento, numa relação entre cliente e fornecedor. Essa ação pode ocorrer conforme um monitoramento eletronicamente realizado para que se tenha a informação para uma determinada ação.

Especialmente empresas de tecnologia utilizam níveis de serviços normalmente definidos pelo termo SLA², que podem ser medidos em percentual de disponibilidade de um determinado serviço ou tecnologia. Aplicações corporativas podem chegar a disponibilidade de, por exemplo, 99,99% do tempo referente ao primeiro ano. No caso de uma parada num sistema destes, se faz necessária a atuação imediata para a resolução dos problemas ocorridos.

Da mesma forma, os ambientes industriais possuem características semelhantes de disponibilidade, uma vez que a otimização dos recursos disponíveis é cada vez mais necessária, especialmente no que diz respeito à competitividade.

Existem diversas soluções tecnológicas disponíveis no mercado para acesso às informações imediatamente quando elas acontecem, porém necessitam, de conexão de dados. É comum existir ambientes de monitoramento remoto, e até mesmo equipamentos móveis com conexão de dados para que se faça o acesso a informações, porém estes recursos mais avançados são necessários, podendo tornar a solução muito cara.

² *Service Level Agreement* - acordo de nível de serviço, comumente presente nos contratos entre empresas, visando garantir uma disponibilidade mínima aceitável para a aplicação de tecnologias ou serviços.

1.2 Solução Proposta

Atualmente as telecomunicações estão se expandindo rapidamente (ANATEL, 2009), e chegando a qualquer localidade, mesmo nas regiões mais longínquas. Especialmente no que diz respeito à telecomunicações, o primeiro tipo de comunicação que se estabelece numa implantação de sistema de comunicação é a capacidade de transmissão de voz.

Observando essa situação, utilizar o sistema de telefonia já estabelecido pode ser uma das formas mais acessíveis, independente de onde o destino da informação esteja, visto que a telefonia pode se estender também pela telefonia celular, com uma cobertura bastante grande, e talvez até utilizar comunicação de telefonia por satélite, pouco utilizada, porém viável quando necessária.

Com base na capilaridade da telefonia através das diversas tecnologias disponíveis, especialmente a telefonia celular, será proposto o acesso a informações de um ambiente monitorado, fazendo uso da sinterização de voz. Desta forma, ambientes monitorados eletronicamente poderão ser parametrizados de tal forma que frases são formadas, sintetizadas e disponibilizadas através dos sistemas de telefonia.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor uma plataforma computacional integrável com qualquer sistema atual, monitorado eletronicamente. Dessa forma, informações fundamentais poderão ser acessadas remotamente através da forma mais simples e acessível atualmente: a telefonia.

Isto faz com que, mesmo remotamente, o sistema possa ser monitorado e decisões possam ser tomadas mediante o estado obtido pelo sistema. Por se tratar de uma plataforma baseada em *software* livre, facilmente instalado em *hardware* industrial, este tipo de tecnologia pode ser empregado em localidades

remotas, onde o acesso pode ser difícil. Dessa forma, em caso de ambientes promíscuos, é possível inserir a solução aqui proposta em ambientes embarcados e com proteções adicionais contra intempéries.

Os resultados devem fomentar melhorias ao sistema para aplicações de monitoramento em ambientes como:

- Linhas de produção.
- Estações remotas de telemetria.
- Automóveis, embarcações e aeronaves.
- Servidores de rede.
- Equipamentos médicos.
- Sistemas de alarme.
- Acessibilidade para deficientes em geral.

1.4 Revisão Bibliográfica

A tecnologia VoIP³ está evoluindo e crescendo, especialmente através da tecnologia de rede sem fio, o que possibilita maiores possibilidades de aplicações para a tecnologia de telefonia principal aqui empregada, conforme (VINCI; FERREIRA, 2010). A mobilidade é um fator muito importante na atualidade, especialmente pela agilidade na comunicação. Equipamentos móveis como *smartphones*, possuem tecnologias de comunicação móveis integradas. Isso, associada à tecnologia de comunicação de voz sobre IP, torna possíveis diversas outras combinações de tecnologias, tornando soluções muito flexíveis e também trazendo economias financeiras.

Conforme o IBGE (IBGE, 2010), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2010, 54% da população brasileira com mais de 10 anos utiliza serviço de telefonia celular. Isto mostra que a acessibilidade dos serviços móveis está bastante evoluída, tornando possível o fácil acesso às informações disponibilizadas através da solução proposta neste trabalho. Estes dados apresentam uma informação bastante importante quanto à capilaridade do

³ VoIP - *Voice Over Internet Protocol* - Voz sobre protocolo de internet, é a prática do uso da rede de computadores para trafegar voz.

sistema de telefonia. Dessa forma, atingindo grande parcela da população como um todo, porém valendo a interpretação de que pessoas adultas, trabalhadoras e especialmente empresas, possuam grande concentração quanto ao acesso ao sistema de telefonia.

No artigo Asterisk Embarcado (JÚNIOR; SOUZA; PACHECO, 2010), é mostrado que também pode ser uma realidade, integrando a solução às demais soluções propostas neste trabalho e com esse tipo de ambiente. Isto faz com que se tenha até mesmo em ambientes como automóveis utilizando sistemas como o proposto. Por se tratar de uma plataforma de sistema operacional *open source*, é possível realizar diversas personalizações. Nesse caso, é possível inserir Asterisk em roteadores, e também em outras plataformas de *hardware*, desde que se tenha o núcleo do sistema operacional preparado para tal.

(SOUZA; FREITAS, 2008), afirmam no artigo intitulado “Uma Ferramenta de Configuração de Telefonia IP Utilizando o Software Livre Asterisk”, que além de se trabalhar em ambientes considerados estáveis através das soluções baseadas em Asterisk, também é possível o desenvolvimento de ambientes de configurações que facilitem ajustes da telefonia. Recursos de configuração de serviços via web são uma realidade. Diversos serviços de rede atualmente contam com este recurso, especialmente quando estão em ambiente *open source*. Tornar as configurações mais amigáveis através destas interfaces pode ser uma maneira de disseminar tecnologias e soluções, especialmente evitando programações complexas para realizar as principais configurações.

No artigo “Acessibilidade digital para cegos: Um modelo de interface para utilização do mouse” (FILHO; BICA, 2010), mostram a importância especialmente para os deficientes visuais, para as aplicações de sintetização de voz. Isso mostra que extrapolando as aplicações iniciais deste trabalho, a aplicação para deficientes é plena, e sem restrições. Pessoas com deficiências visuais com acesso a meios eletrônicos através de sintetizadores, tornam possíveis diversas atividades. Estas podem também viabilizar a atuação dessas pessoas em uma função em corporações.

1.5 ESTRUTURA DE TRABALHO

O capítulo 1 é composto pela descrição do problema, os objetivos do trabalho, a solução proposta, pesquisa bibliográfica e pela estrutura de trabalho. A descrição do problema apresenta algumas formas de acesso a informações e a importância na dinâmica moderna de trabalho comumente notada nos dias atuais. Na solução proposta, é retratada a realidade das telecomunicações e como esta estrutura pode ser utilizada para a agilidade na obtenção das informações. Nos objetivos são apresentadas as principais metas a serem atingidas. Na revisão bibliográfica são apresentados artigos técnicos relacionados com esta dissertação.

No capítulo 2 são retratados os principais elementos da telefonia VoIP, referenciando em alguns momentos à telefonia convencional, passando pela convergência digital e o tráfego de voz através das redes TCP/IP⁴.

Esse capítulo também apresenta questões relativas à legalidade desta tecnologia no âmbito nacional, através da ANATEL (Agência Nacional das Telecomunicações). Também são apresentados tópicos relacionando a diferença entre a telefonia convencional e a telefonia VoIP. A apresentação do programa Asterisk, sua importância e representatividade nos cenários de telefonia atuais. A arquitetura de funcionamento do programa, tipos de acessos à plataforma Asterisk e *hardware* e outros programas envolvidos também fazem parte deste capítulo. Ainda na sequência, outro elemento importante como parte da solução, os *softwares* para síntese de voz, a escolha do software de síntese de voz e o critério desta escolha. Em seguida, o capítulo 2 apresenta o elemento de desenvolvimento da solução, a plataforma de sistema operacional Linux, *shell script*, materiais e métodos necessários e ambiente de programação Asterisk.

No capítulo 3 é apresentado o desenvolvimento do trabalho, esquema de funcionamento da solução proposta, o desenvolvimento prático, o acesso passivo e o acesso ativo de informações no ambiente monitorado, limitações do sistema e solução apresentada. Neste capítulo também são apresentados os resultados e discussão sobre o desenvolvimento do trabalho.

⁴ *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*, - define um padrão de comunicação mundialmente utilizado em redes de computadores, tanto de intranets quanto da Internet.

No capítulo 4, são apresentadas as conclusões sobre todo o trabalho apresentado e trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - ELEMENTOS DA SOLUÇÃO PROPOSTA

Neste capítulo são apresentados os principais elementos do sistema proposto, tais como telefonia, CODECs⁵, legislação, o *software* Asterisk, síntese de voz e plataforma de programação.

Em relação a questão comercial utilizando tecnologia de comunicação por voz fica ainda maior na medida em que a disseminação da tecnologia atinge não somente as empresas, mas também pessoas físicas. Aplicações como atendimento ao cliente através deste canal de comunicação e até mesmo as vendas através dos *Call Centers*⁶ se tornam cada vez mais utilizados.

2.1 Telefonia VoIP

A telefonia convencional utiliza sinais analógicos de áudio para a transmissão, já na telefonia VoIP, o som é digitalizado através de um equipamento microprocessado, de tal forma que esta informação possa ser encapsulada em protocolos de comunicação de redes de computadores. Desta forma, esta tecnologia de telefonia também pode fazer uso da rede mundial de computadores como recurso de transporte da voz (SOUZA; FREITAS, 2010).

Por volta de 1999, o número de bits de dados transferidos igualou o número de bits de voz (TANENBAUM, 2003). Isto fez com que dois protocolos fossem desenvolvidos para melhor utilização de recursos de rede. São eles o SIP⁷, definido pela IETF⁸ e o H.323⁹ que é parte das recomendações da ITU¹⁰. Ambos são usados até os dias atuais e muitos fabricantes possuem interoperabilidade de seus equipamentos com os dois protocolos.

⁵ CODECs – Refere-se a codificação e decodificação de informações. Neste caso relacionado a compressão de áudio.

⁶ *Call Centers* – Central de atendimento. Podem ser utilizadas para recebimento ou realização de chamadas telefônicas.

⁷ SIP (*Session Initiation Protocol*) – Protocolo de Iniciação de Sessão. Este protocolo é baseado no modelo “requisição-resposta” e é definido pela RFC 2543.

⁸ IETF (*Internet Engineering Task Force*) – Comunidade internacional preocupada com a evolução da arquitetura da Internet. As recomendações geradas através desta comunidade são publicadas através da denominação RFC (*Request For Comments*).

⁹ H.323 – Um dos primeiros protocolos a serem utilizados para VoIP.

¹⁰ ITU (*International Telecommunication Union*) - União Internacional de Telecomunicações. Destinada a padronizar e regular as ondas de rádio e telecomunicações internacionais.

A telefonia VoIP oferece uma grande flexibilidade à telefonia de uma forma geral. Apesar de haver dispositivos físicos construídos para a comunicação através dos protocolos pertinentes a esta tecnologia, a utilização deste sistema numa plataforma computadorizada que tenha suporte a programação e interação com sistemas operacionais de mercado, fazem com que as possibilidades se multipliquem (VINCI; FERREIRA, 2010).

Um aspecto muito importante da telefonia VoIP é o custo. Muitas empresas estão se beneficiando desta tecnologia para fazer ligações entre suas unidades operacionais a custo baixo. Assim, como a navegação geográfica virtual pela Internet é livre, é possível trafegar dados de voz livremente apenas com uma conexão de banda larga.

Para que uma ligação telefônica VoIP tenha boa qualidade de áudio, diversas características da conexão de dados devem ser analisadas, porém este não é um fator limitador, visto que há a possibilidade de integração do sistema computacional diretamente com a rede de telefonia pública, eliminando as limitações relacionadas com o transporte dos pacotes de dados através de redes de dados.

2.1.1 A Convergência Digital nas Telecomunicações

Poucos se deram conta, mas os bits tomaram conta do dia-a-dia das pessoas. Atualmente é impossível imaginar o cotidiano sem a utilização dos meios de armazenamento, transmissão e processamento digital. Carro, moto, ônibus, as residências e o trabalho, seja qual for, bem como o celular utiliza os bits para transmitir informações, um carro utiliza os bits para poder fazer o motor funcionar através da injeção eletrônica. As pessoas quase não se dão conta por serem formas chamadas “transparentes para o usuário”, mas que são fundamentais para o dia a dia das pessoas.

Além de estar em todo o lugar, tem-se também a unificação dos meios de comunicação. O aparelho celular já citado, que além de fazer o que se propõe, como ligações, telefônicas, também pode ter jogos, acessar Internet, enviar e-mails, entre outros. Tudo isto em um único aparelho, até mesmo por sua

capacidade de processamento muito grande, se comparado aos primeiros computadores conhecidos.

Em suma, para completar esta idéia de tudo estar convertido para os dígitos binários (a convergência digital), tem-se a tradicional telefonia analógica com a sua continuidade ameaçada. Atualmente algumas operadoras de telecomunicações, como as de televisão a cabo estão explorando também a telefonia, visto que também oferecem acesso à Internet e a telefonia pode utilizar este meio para se transportar.

O telefone (analógico, claro) foi inventado em 1875, por Alexander Graham Bell (ANATEL, 2009). Naquela época não se podia imaginar que uma comunicação instantânea poderia ser possível. Então, inúmeras oportunidades de negócio surgiram, desde a fabricação do *hardware* necessário para montar a infra-estrutura de rede, passando pela fabricação dos próprios aparelhos telefônicos e chegando até a oferta do serviço propriamente dito. Claro que o relacionamento com os clientes, também se fez necessário, realizado pela empresa telefônica. Esta nova tecnologia tirou receita de negócios já existentes, como os correios, pois se as pessoas podiam comunicar-se instantaneamente, não havia a necessidade de aguardar que uma carta chegasse ao destino para obter a informação.

O telefone celular chegou ao Brasil em 1990 (ANATEL, 2009). Até o surgimento da telefonia celular, não se imaginava que seria possível falar em um telefone que não estivesse conectado através de fios. Novamente muitas oportunidades e ameaças surgiram na indústria.

O sistema telefônico público é atualmente o sistema de comunicação mais utilizado em todo o mundo. É responsável por estabelecer um circuito e transmitir através de dois pontos a informação de voz de forma instantânea, porém este sistema inicialmente foi realizado através de uma técnica chamada de comutação por circuito. Hoje a comunicação entre dois ou mais pontos ocorre através de uma técnica chamada de comutação por pacotes. Isto se deve à forma com que a informação é transmitida: analogicamente (comutação por circuito) ou digitalmente, através das redes digitais que transferem as informações através de fragmentos de informações digitalizadas (comutação por pacotes).

Nos primeiros sistemas telefônicos, o chaveamento do circuito era feito utilizando a técnica de chaveamento físico manual, realizado por operadores humanos, conforme Figura 1. As Centrais Telefônicas PABX¹¹ recebiam os pedidos de ligações e eram encarregadas de fechar fisicamente os circuitos entre o ponto A e o ponto B, bem como liberar o circuito de ambos após o término da conversação (JACKSON, 2007).



Figura 1 - Telefonistas operando manualmente as comutações em 1951 (JACKSON, 2007)

Conforme o Instituto Brasil para Convergência Digital (IBCD, 2009), a definição para a convergência digital seria o cenário de alianças estratégicas de infra-estruturas, serviços, produção intelectual e recursos humanos que o momento atual está vivendo como resultado da evolução científico-tecnológica e coloca a todos diante de um novo conceito de desenvolvimento. No Brasil, alguns setores da sociedade vivem integralmente esta realidade. Mas é preciso que o novo conceito esteja ao alcance de todos.

Tal desenvolvimento será alicerçado no compartilhamento global do conhecimento humano, a partir do qual será verificada a grande mudança de paradigma de crescimento sócio-econômico, na medida em que a geração e a distribuição deste conhecimento acontecerão de forma ampla e ágil por meio da

¹¹ PABX (*Private Automatic Branch Exchange*) – Troca Automática de Ramais Privados. Centrais telefônicas responsáveis pela comutação de ligações entre ramais e para telefones externos.

Convergência Digital. A Figura 2 ilustra o processo de conversão do sinal analógico para sinal digital.

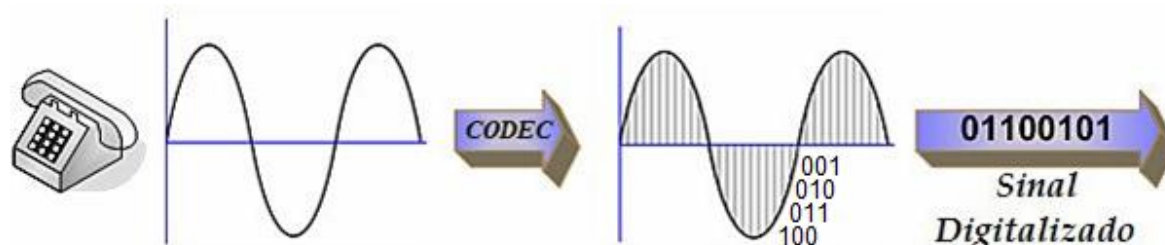


Figura 2 - Conversão analógica para digital de voz
(JÚNIOR; SOUZA; PACHECO, 2010)

A voz por si só é um sinal analógico, produzido pela vibração mecânica das cordas vocais e propagado pelo ar. Esta vibração sonora pode ser obtida para um sistema eletrônico, ainda analógico, através de microfones, porém através de conversores AD/DA (Analógico para Digital / Digital para Analógico) podem fazer com que sinais analógicos possam ser quantificados através de codificações digitais.

Conforme o Teorema de Nyquist (TANEMBAUM, 2003), a frequência de amostragem de um sinal analógico, para que possa posteriormente ser reconstituído com o mínimo de perda de informação, deve ser igual ou maior a duas vezes a maior frequência do espectro desse sinal. Desta forma, tem-se que quanto mais amostragens por ciclo, mais perfeito o sinal poderá ser reproduzido posteriormente.

2.1.2 Protocolos Utilizados Sobre TCP/IP

Primeiramente é necessário citar que tanto o protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) quanto o H.323 que serão detalhados neste trabalho, são protocolos na camada de aplicação, que utilizam da pilha TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) para seu uso.

Para uma melhor explicação do funcionamento desses, segue na Figura 3 a pilha de protocolos TCP/IP e alguns de seus protocolos, em suas respectivas camadas.

Protocolos Internet (TCP/IP)	
Camada	Protocolo
5. Aplicação	SIP, H.323, RTP.
4. Transporte	TCP, UDP
3. Rede	IP (IPv4), ARP.
2. Enlace	Ethernet, 802.11 WiFi,
1. Física	Modem, RS-232

Figura 3 – Pilha de protocolos TCP/IP
(Adaptado de TANENBAUM, 2003)

O TCP/IP é visto como uma pilha de protocolos que são divididos em camadas, e cada camada é responsável por realizar um grupo de tarefas dentro da rede, tornando a comunicação eficiente e organizada. É possível também verificar que as camadas mais baixas estão mais próximas do *hardware*, enquanto as camadas mais altas se encontram mais próximas do usuário, ou aplicação que necessita desta comunicação.

2.1.2.1 Protocolo SIP

O principal protocolo utilizado para a comunicação através do protocolo TCP/IP é o SIP (*Session Initiation Protocol*), que na realidade não foi inicialmente desenvolvido para a comunicação de telefonia e sim para iniciar sessões de comunicação interativas gerais entre utilizadores.

Através do IETF (*Internet Engineering Task Force*), o SIP é definido pela RFC (*Request For Comments*) 2543 de 1999, e possui 153 páginas (RFC2543, 2009).

O SIP faz uso do RTP (*Real Time Transport Protocol*) para que o fluxo contínuo de voz seja transportado através das chamadas “portas altas”. O RTP é um protocolo de internet para transmissão de dados de fluxo contínuo, tais como áudio e vídeo. RTP por si só não garante a entrega de dados, mas provê mecanismos para envio e recepção que possuem suporte de dados em *streaming*.

As portas de comunicação TCP/IP utilizadas por padrão do lado do servidor VoIP, são:

5060: porta utilizada para aceitar conexões e fazer a comunicação chamada de sinalização. Por esta porta geralmente ocorre a passagem da comunicação relacionada ao estado da chamada telefônica, inclusive a negociação da "porta alta" a ser utilizada para o transporte da voz propriamente dito.

5060: utiliza o protocolo TCP de transporte.

10000 - 20000: portas usadas aleatoriamente para a comunicação de voz propriamente dita.

10000 - 20000: utiliza o protocolo UDP de transporte. A Microsoft, porém, fugiu um pouco aos padrões, sendo que apesar de ter adotado o protocolo SIP em detrimento do H.323, utiliza em seus sistemas de voz o protocolo de transporte TCP como opção para a comunicação. Isto implica em um pacote de informações de rede maior para voz. (TECHNET, 2009)

Desta forma, as informações de controle da ligação telefônica acontecem pela porta 5060, e a voz trafega através das portas de 10000 a 20000. A Figura 4 exemplifica uma situação real de sinalização e tráfego de voz. O exemplo em questão foi realizado através de um *software* analisador de protocolos, o Wireshark (WIRESHARK, 2010).

Time	172.16.0.25	192.168.1.100	Comment
0,000	INVITE SDP (g711A g711U GSM	(S060)	SIP From: sip:5005@192.168.1.100 To:sip:5001@192.168.1.100
0,050	407 Proxy Authentication Requ	(S060)	SIP Status
0,051	ACK	(S060)	SIP Request
0,088	INVITE SDP (g711A g711U GSM	(S060)	SIP From: sip:5005@192.168.1.100 To:sip:5001@192.168.1.100
0,138	100 Trying	(S060)	SIP Status
0,341	180 Ringing	(S060)	SIP Status
20,399	180 Ringing	(S060)	SIP Status
20,411	200 OK SDP (g711U g711A tel	(S060)	SIP Status
20,453	ACK	(S060)	SIP Request
20,708	RTP (RTPTYPE-126)	(13336)	RTP Num packets:1 Duration:0.000s SSRC:0xFB924DA6
20,958	RTP (g711U)	(13336)	RTP Num packets:946 Duration:18.898s SSRC:0xFB924DA6
21,111	RTP (RTPTYPE-127)	(18702)	RTP Num packets:3 Duration:13.796s SSRC:0x555DD314
21,644	RTP (g711U)	(13336)	RTP Num packets:923 Duration:18.430s SSRC:0x3C539C4F
40,039	BYE	(S060)	SIP Request
40,083	200 OK	(S060)	SIP Status

Figura 4 - Troca de pacotes SIP e RTP de uma ligação VoIP

É importante ressaltar que no exemplo dado, o equipamento servidor VoIP é identificado pelo endereço de rede 192.168.1.100. Já o equipamento que origina a chamada é identificado pelo endereço 172.16.0.25.

2.1.2.2 Protocolo H.323

O outro protocolo para voz, ainda bastante utilizado entre operadoras é o H.323. Este é definido pela ITU-T (*International Telecommunication Union Telecommunication Standardization*) através da série H, que está relacionada com sistema audiovisuais e multimídia.

Conforme a documentação do H.323 (RECH323, 2009), existe um esquema de funcionamento deste protocolo, conforme Figura 5.

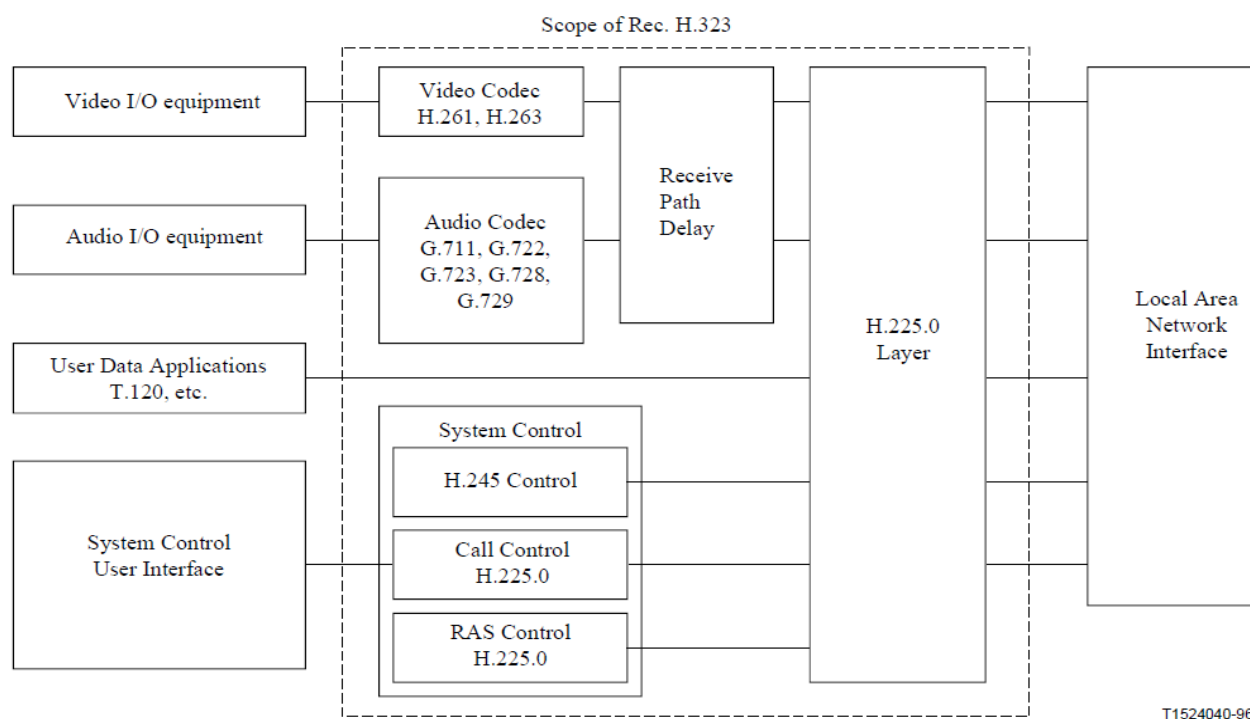


Figura 5 - Esquema de funcionamento do protocolo H.323 (RECH323, 2009)

Como referência, a empresa Skype (SKYPE, 2009) utiliza este protocolo por padrão em seus sistemas de voz e vídeo, porém em Dezembro de 2009 disponibilizou para pessoas e empresas cadastradas o seu sistema ainda em fase de testes para o acesso à rede Skype utilizando o protocolo SIP, conforme site oficial do desenvolver (SKYPEFORSIP, 2009).

2.2 Alguns CODECs utilizados para VoIP

O termo CODEC vem de codificador/decodificador, que visa codificar e decodificar informações digitais.

Os codecs são utilizados para diversos fins, mas principalmente para informações relacionadas a imagens e multimídia. Alguns dos formatos mais conhecidos são relacionados a seguir.

Arquivos de Imagem: PNG, TIFF, JPG.

Arquivos de Som: MP3, Vorbis.

Arquivos de Vídeo: AVI, WMV.

Fluxo contínuo de Áudio: G.711, GSM, Ilbc, G.729.

Fluxo contínuo de Vídeo: MJPEG, H.264.

Para a obtenção de melhor qualidade ou eficiência no uso de banda para o tráfego de voz, podem ser escolhidos alguns codecs, sendo que alguns comparativos entre os principais deles são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela de alguns dos principais codecs utilizados em VoIP

CODEC	Algoritmo	Bit Rate	Qualidade MOS
G.711	PCM	64 kbps ¹²	4.3
G.729a	CS-ACELP	8 kbps	3.7
GSM	ACELP	12.2 kbps	3.5
iLBC	LPC	15.2 kbps	4.14
G.726	ADPCM	32 kbps	3.8

Além do tamanho do áudio propriamente dito, que deverá ser trafegado na rede, também deve ser considerado o tamanho do cabeçalho do pacote a ser trafegado na rede. Em alguns casos, o cabeçalho do pacote pode ser maior do que a informação contida nele, como mostra a Figura 6.

¹² kbps – kilobits por segundo. Refere-se a unidade de velocidade de transmissão de dados. 1 kbps corresponde a 1000 bits transferidos em um segundo.

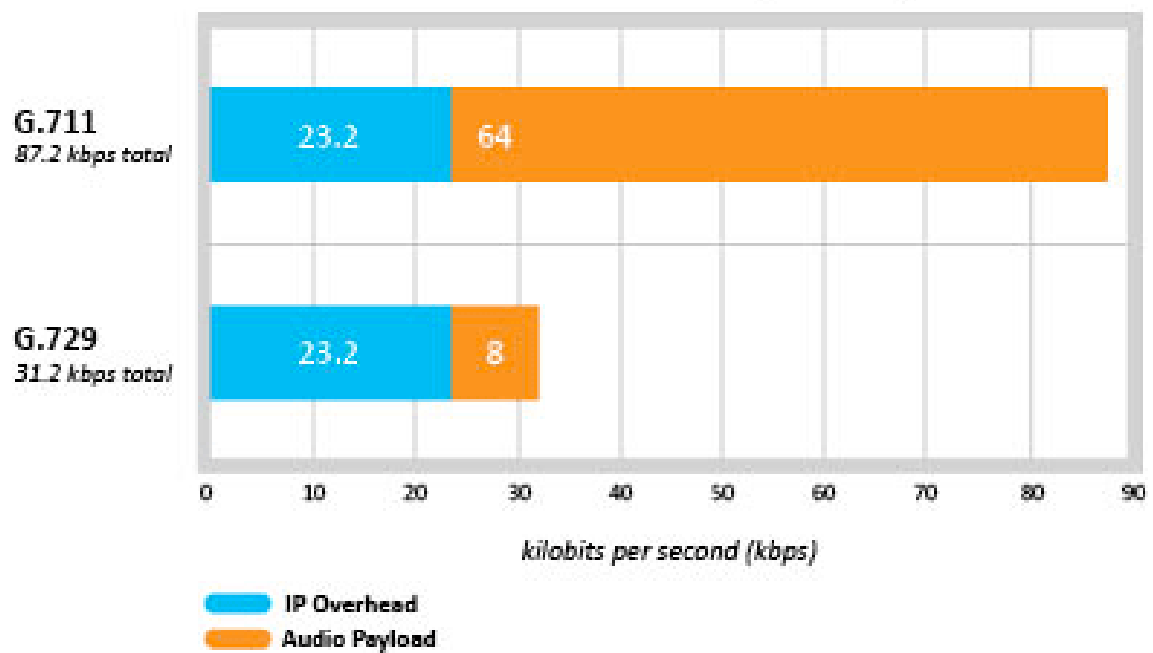


Figura 6 - Comparação entre carga útil de dois codecs (DIGIUM, 2009)

O Asterisk, que é um dos principais softwares PBX e será explicado adiante, exibe uma tabela de tradução de CODECS suportados e instalados no momento da extração das informações listadas em seu console, conforme Figura 7.

```

Translation times between formats (in milliseconds) for one second of data
Source Format (Rows) Destination Format (Columns)

g723 gsm ulaw alaw g726aal2 adpcm slin lpc10 g729 speex ilbc g726 g722
g723 - - - - - - - - - - - - -
gsm - - 2 2 3 2 1 2 - 10 13 2 -
ulaw - 2 - 1 3 2 1 2 - 10 13 2 -
alaw - 2 1 - 3 2 1 2 - 10 13 2 -
g726aal2 - 2 2 2 - 2 1 2 - 10 13 1 -
adpcm - 2 2 2 3 - 1 2 - 10 13 2 -
slin - 1 1 1 2 1 - 1 - 9 12 1 -
lpc10 - 2 2 2 3 2 1 - - 10 13 2 -
g729 - - - - - - - - - - - - -
speex - 2 2 2 3 2 1 2 - - 13 2 -
ilbc - 2 2 2 3 2 1 2 - 10 - 2 -
g726 - 2 2 2 1 2 1 2 - 10 13 - -
g722 - - - - - - - - - - - - -

```

Figura 7 - Tabela de tradução de codecs do asterisk

A respeito dos CODECs de vídeo, os tipos suportados pelo asterisk podem ser vistos na Figura 8.

NAME	DESC
h261	(H.261 Video)
h263	(H.263 Video)
h263p	(H.263+ Video)
h264	(H.264 Video)

Figura 8 - Codecs de vídeo suportados pelo Asterisk

Importante salientar que toda a informação que é codificada e depois decodificada está encapsulada através da pilha de protocolos TCP/IP, conforme os protocolos já mencionados anteriormente.

Cada CODEC pode ter um melhor desempenho em determinada situação. Devido às perdas inerentes a alguns deles, aplicações como FAX se tornam inviáveis. Neste caso, o exemplo prático de utilização seria o CODEC de voz G.711, que praticamente não possui perdas.

Já para aplicação de voz apenas, um CODEC de excelente resultado é o G.729, que reduz o tamanho dos pacotes de áudio a serem transmitidos, sem perder qualidade de áudio (para voz). Isto faz com que a banda utilizada seja otimizada (DIGIUM, 2009).

Para este trabalho, será utilizado o CODEC G.711 por ser de código fonte aberto, visto que o CODEC G.729 é proprietário, necessitando licenciamento.

2.3 Definição e legalidade do VoIP pela Anatel

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) esclarece que não há restrição regulamentar que impeça uma prestadora de Serviço de Comunicação Multimídia (SCM) usar a tecnologia Voz sobre IP (do inglês *Voice over Internet Protocol*) no provimento de comunicação de voz.

Também ressalta que contratos de prestação de SCM não podem impor restrições à transmissão de nenhum tipo de sinal (áudio, vídeo, dados, voz e outros sons, imagens, textos e outras informações), por ser um serviço abrangente que, por definição, possibilita a oferta de capacidade de transmissão, emissão e recepção de informações multimídia definidas como sinais de áudio, vídeo, dados, voz e outros sons, imagens, textos e outras informações.

Sobre a proibição do uso de VoIP por algumas prestadoras no contrato de ADSL¹³, é necessário fazer, inicialmente, algumas considerações regulamentares. VoIP não é serviço, mas sim uma tecnologia, e, como Órgão Regulador, a Anatel tem por diretriz não regulamentar tecnologias utilizadas na prestação de serviço.

Serviço de telecomunicações é o conjunto de atividades que possibilita a oferta de telecomunicação, ou seja, a transmissão, emissão ou recepção, por fio, radioeletricidade, meios ópticos ou qualquer outro processo eletromagnético, de símbolos, caracteres, sinais, escritos, imagens, sons ou informações de qualquer natureza.

Do ponto de vista regulamentar, um assinante do SCM pode se comunicar com um assinante do Serviço Telefônico Fixo Comutado destinado ao uso do público em geral (STFC), assim como de qualquer outro serviço. O Regulamento do SCM estabelece, no entanto, que, na prestação do serviço não é permitida a oferta de serviço com características do Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC, a telefonia fixa convencional), em especial o encaminhamento, por meio da rede de SCM, de tráfego telefônico simultaneamente originado e terminado nas redes do STFC.

¹³ ADSL(*Asymmetric Digital Subscriber Line*) – Tecnologia largamente utilizada no Brasil para transporte de dados em banda larga.

Assim, uma comunicação iniciada por um assinante do STFC e dirigida a outro assinante do STFC não pode nem deve trafegar pela rede do SCM. O “acesso ADSL” - assim denominada uma determinada aplicação provida no âmbito do SCM - se caracteriza pela oferta de meio de transmissão com o uso do Protocolo Internet (IP), para obtenção de acesso ao *backbone*¹⁴ da rede mundial. O serviço de suporte ao acesso à Internet oferecido pelas prestadoras, de forma geral, se insere no contexto do SCM.

O ADSL é uma tecnologia que associada a um serviço de telecomunicações dá suporte ao acesso à Internet em alta velocidade. Cumpre observar que por suas características técnicas, a tecnologia ADSL permite que numa mesma linha telefônica sejam oferecidos dois serviços: o STFC e o SCM. O uso da tecnologia ADSL para a oferta de SCM permite, então, o provimento de meio dedicado para transmissão de sinais e conexão à Internet.

Nesse contexto, cabe enfatizar que, na oferta do SCM com tecnologia ADSL não é permitido o tráfego de voz que possa se confundir com o STFC, haja vista ser esta uma restrição regulamentar para a prestação do serviço.

Tecnologia VoIP – O uso da tecnologia de VoIP pode ser considerado sob três aspectos principais:

- a) Comunicação de voz efetuada entre dois computadores pessoais, utilizando programa específico e recursos de áudio do próprio computador e com acesso limitado a usuários que possuam tal programa. Este caso, conforme considerado internacionalmente, não constitui serviço de telecomunicações, mas Serviço de Valor Adicionado (SVA);
- b) Comunicação de voz no âmbito restrito de uma rede corporativa ou na rede de uma prestadora de serviços de telecomunicações, de forma transparente para o assinante, efetuada entre equipamentos que podem incluir o aparelho telefônico. Este caso é caracterizado como serviço de telecomunicações e é exigida a autorização para exploração de serviço de telecomunicações, para uso próprio ou para prestação a terceiros;

¹⁴ *Backbone* – É a espinha dorsal de uma rede.

- c) Comunicação de voz de forma irrestrita com acesso a usuários de outros serviços de telecomunicações e numeração específica, recurso este objeto de controle pelo órgão regulador. Estas são, sem qualquer margem de dúvida, características de serviço de telecomunicações de interesse coletivo para o qual é imprescindível uma autorização da Agência e cuja prestação deve estar em conformidade com a regulamentação. (ANATEL, 2009).

2.4 O programa de telefonia para computador Asterisk

Asterisk (DIGIUM, 2009) é um *software* PBX (*Private Branch eXchange*) completo, gratuito, de código *opensource* e baseado no Linux. Atualmente é capaz de funcionar em vários sistemas operacionais. Foi desenvolvido por Mark Spencer que o mantém até hoje com suporte da empresa Digium, mantenedora oficial do Asterisk, e de colaboradores ao redor do planeta.

É um *software* baseado na licença GPL (*General Public License*), de tal forma que pode ser alterado, utilizado e distribuído livremente.

Estatísticas mostram que o programa Asterisk tem sido utilizado, ou ao menos testado, de forma consistente através da comunidade de *software* livre (DIGIUM, 2009), conforme segue informações:

- Mais de 1 milhão de *downloads* do Asterisk (2007);
- Mais de 1,5 milhões de *downloads* do Asterisk (2008);
- Mais de 60.000 usuários no fórum oficial do Asterisk;
- 27.000 assuntos no fórum e 83.000 postagens de informações relacionadas;
- 4.800 atualizações e melhorias no código do Asterisk;
- Aproximadamente 400 colaboradores ativos no projeto;
- Mais de 200 provedores VoIP em todo o mundo usando Asterisk;

A arquitetura lógica do *software* Asterisk é mostrada na Figura 9.

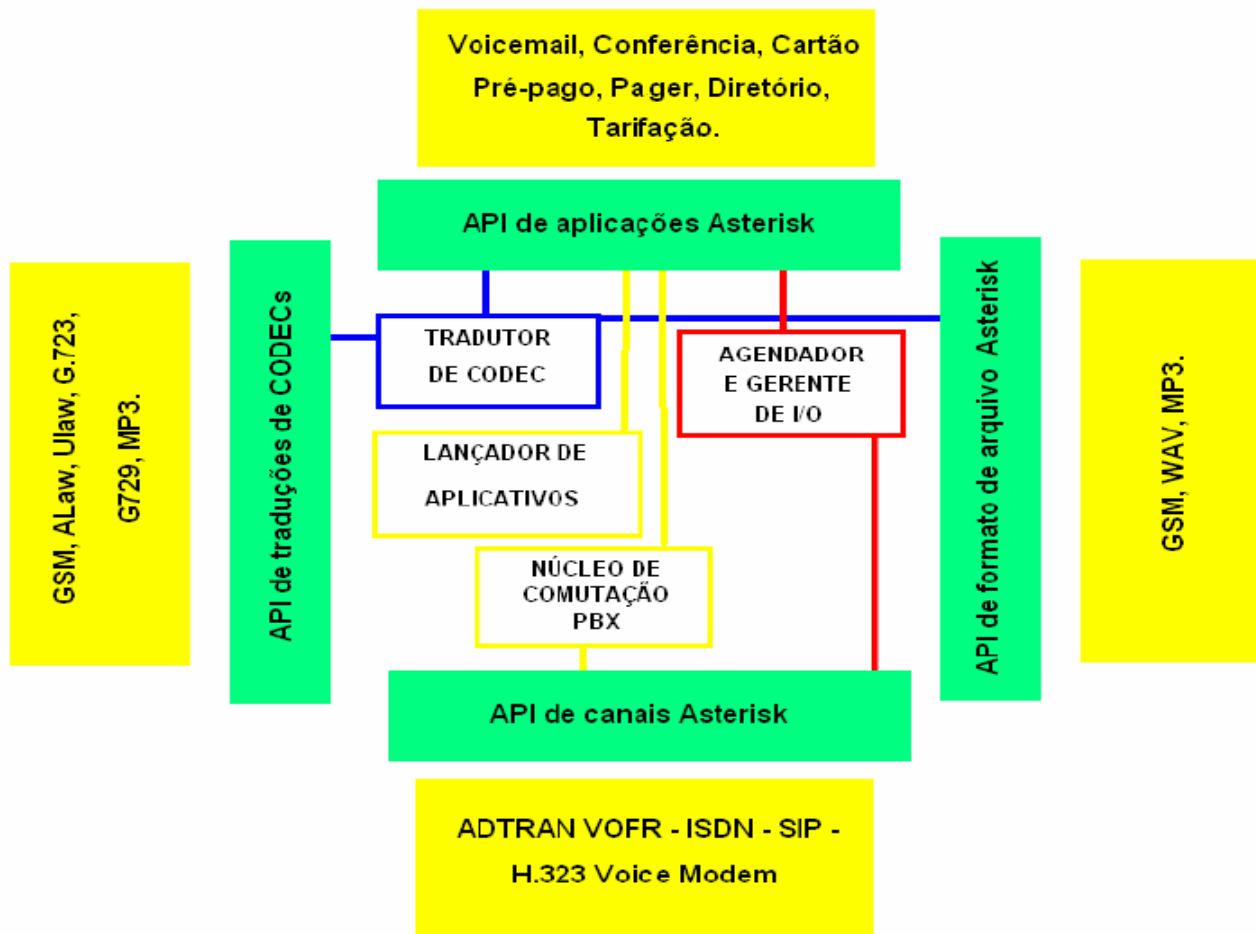


Figura 9 - Arquitetura do Asterisk (KELLER, 2009)

A utilização da arquitetura do Asterisk com aplicações externas fará com que se tenha a integração necessária para a disponibilização das informações conforme proposto neste trabalho, tornando-as acessíveis pela plataforma Asterisk, personalizada para este trabalho fazendo uso de programação.

Através das interfaces com *hardwares* específicos, a plataforma Asterisk permite a interconexão de sistemas VoIP e seus diversos protocolos, também fazendo interação com sistemas de telefonia convencionais, tanto analógicos quanto digitais, tais como as tecnologias de telefonia FXO (*Foreign eXchange Office*), FXS (*Foreign eXchange Subscriber*), PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*), ISDN (*Integrated Services Digital Network*), GSM (*Global System for Mobile*), dentre outras possibilidades. Esta situação é ilustrada na Figura 10.

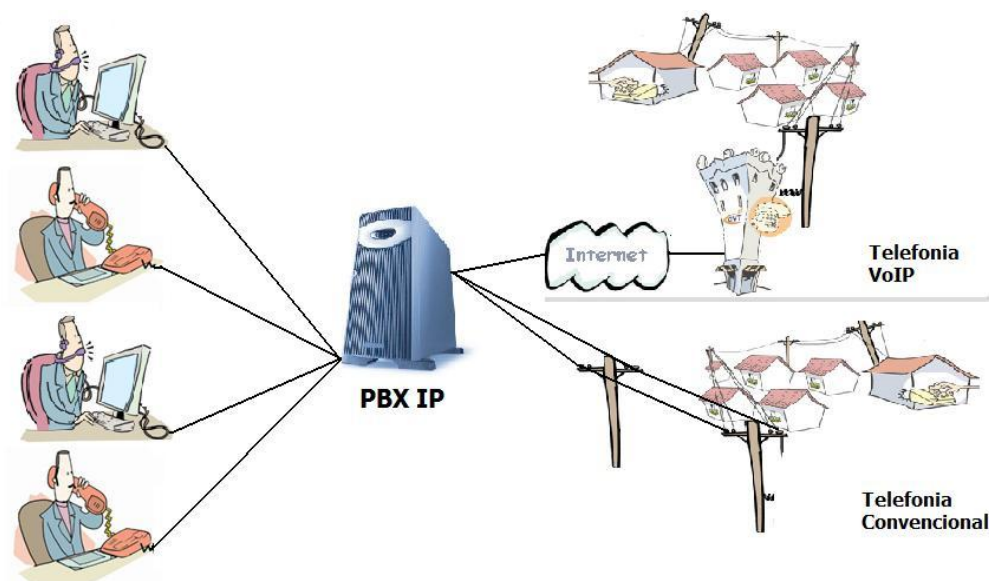


Figura 10 - Possibilidades de interconexão com um sistema PBX-IP com Asterisk

2.4.1 Acesso a uma plataforma VoIP

O Asterisk e outras tecnologias de telefonia, como sinalizações ISDN, R2, Foreign eXchange Station (FXS) e Foreign eXchange Office (FXO) sendo que as placas e equipamentos são de baixo custo se comparado aos equipamentos de PABX convencionais. Isso se deve ao fato de que o asterisk funciona sob uma plataforma computacional altamente flexível, e com *hardware* para fazer integração com asterisk disponíveis para aquisição com facilidade.

A flexibilidade e a interface com a RTPC (Rede de Telefonia Pública Comutada) através de *hardwares*, que inicialmente foi produzido por Jim Dixon através do projeto *Zapata Telephony*, que visou construir um sistema de telefonia baseado em *hardware* de computador pessoal, e o Asterisk, que foi fundido ao projeto de Dixon, uniu a força destas duas tecnologias para que se transformasse numa empresa conhecida atualmente por DIGIUM, pioneira e até os dias atuais referência em interfaces de integração de telefonia convencional e VoIP com plataformas PC.

No Brasil, a pioneira foi a empresa Digivoice, que foi fundada em 1991 para atuar no comércio de equipamentos eletrônicos. Em 1993 iniciou-se o desenvolvimento de produtos próprios para o segmento de telefonia pública e

privada, produzindo e comercializando equipamentos de resposta audível para aplicações em condomínios residenciais e posteriormente para o mercado corporativo (DIGIVOICE, 2010). Com a privatização da telefonia pública no Brasil e digitalização da rede, o foco foi no desenvolvimento de produtos e soluções de pequeno e médio porte para comunicação empresarial com tecnologia de ponta para empresas de todos os portes e segmentos. Hoje a Digivoice é uma das principais empresas fabricante de *hardware* para integração de telefonia baseada em asterisk. A Figura 11 apresenta algumas das interfaces utilizadas com o asterisk em uma plataforma computadorizada.

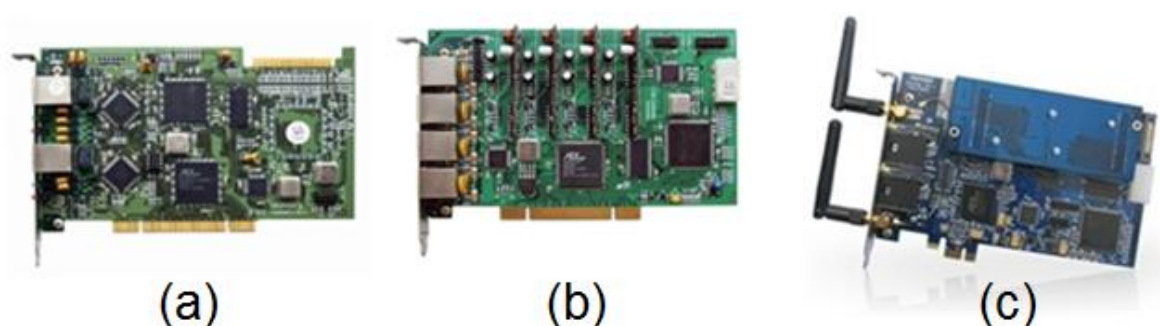


Figura 11 – (a) Interface E1, (b) Interface FXO e (c) Interface GSM (DIGIVOICE, 2010)

As interfaces utilizadas em computadores e integração, utilizam os barramentos PCI (*Peripheral Component Interconnect*) ou PCIe (*Peripheral Component Interconnect Express*) dos computadores. Estas interfaces utilizam muito o sistema de interrupção das placas-mãe, sendo necessário que o *hardware* escolhido para acoplar estas interfaces tenha um excelente desempenho no gerenciamento de suas interrupções, também conhecidas como IRQ.

Antes de qualquer aquisição é importante verificar com o fabricante os *hardwares* homologados ou até mesmo realizar testes de *stress* em laboratório para que seja homologado o *hardware* escolhido antes de se colocar o sistema num ambiente de produção.

Com base no exposto, existem diversas formas de conectividade entre a RTPC e a rede de dados, que permite a comunicação de voz através de rede de pacotes, conforme Figura 12.

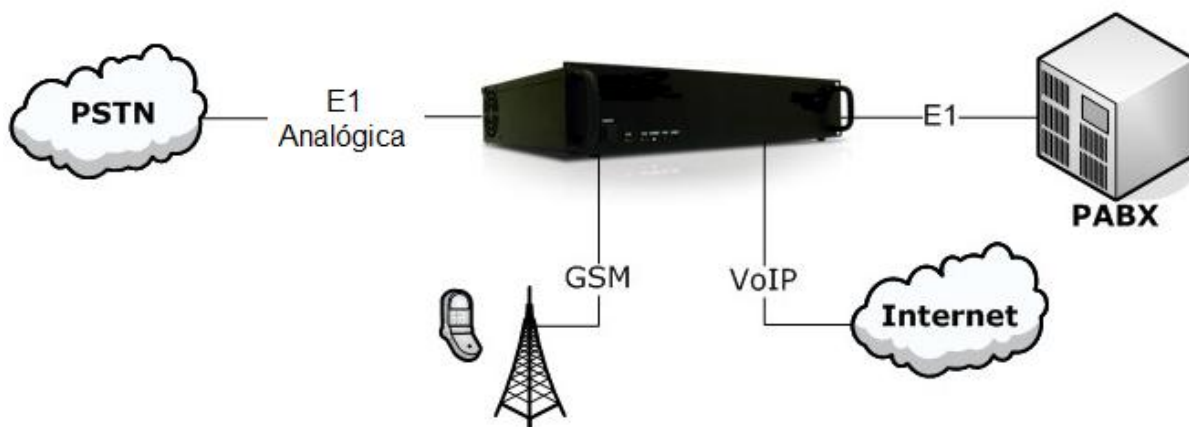


Figura 12 – Possibilidades de acesso a um sistema de telefonia moderno (DIGIVOICE, 2010)

De forma mais ampla, a Figura 12 mostra que um sistema PBX-IP¹⁵, que é geralmente baseado em plataforma PC¹⁶ (*Personal Computer*), pode se conectar à RTPC através de interfaces de integração de telefonia e também, de forma nativa, fazer a comunicação com operadoras de telefonia IP, hoje já bastante divulgadas.

Os clientes deste sistema, mais conhecidos como ramais, podem fazer o acesso de diversas maneiras, como brevemente representado do lado esquerdo da Figura 12. Como o sistema é bastante abrangente, a seguir são apresentadas algumas maneiras de se fazer a comunicação dos ramais no Asterisk:

- **Softfone:** *Software* instalado num computador de usuário que, através de autenticação a ser realizada no asterisk, acessa o ramal correspondente. Este *software* pode estar associado com *headset* instalado na interface de áudio do computador ou até mesmo com um telefone USB (*Universal Serial Bus*), poderá fazer com que um usuário acesse seu ramal de forma bastante móvel e até mesmo fora da empresa com seu computador portátil.

¹⁵ PBX-IP – Derivação de PABX, porém com integração e funcionalidades com redes de dados fazendo uso de protocolo IP.

¹⁶ PC (*Personal Computer*) – arquitetura computacional desenvolvida pela empresa IBM e utilizada largamente desde 1981.

- **Telefone IP:** *Hardware* que se conecta diretamente na rede de computadores da empresa. Este equipamento substitui o telefone convencional e usa o conceito de rede convergente, utilizando o cabeamento de rede da empresa ou até mesmo a rede sem fio disponibilizada pela empresa.
- **ATA (Adaptador de Terminal Analógico):** Equipamento que se conecta à rede de dados e converte a tecnologia de acesso para que um telefone convencional de telefonia (analógico) possa ser conectado à ele para a conversão da tecnologia utilizada para o acesso ao sistema VoIP com Asterisk. Este mesmo equipamento pode ser chamado de *gateway* analógico quando é multiportas.
- **Gateway E1:** Converte a comunicação da rede de dados em tecnologia E1. Este tipo de comunicação é muito utilizado para interligação de um sistema VoIP com um PABX convencional, basicamente para aproveitar o legado existente de uma empresa.
- **Dispositivos Móveis:** Atualmente muitos dispositivos móveis comportam a tecnologia VoIP, nativamente ou não, de tal forma que um SmartPhone possa acessar a rede de telefonia através de tecnologia de comunicação 3G (para comunicação móvel) ou até mesmo *wireless* (802.11 IEEE).

2.5 SÍNTESE DE VOZ

Foi utilizado o sistema de síntese de voz chamado TTS (*Text to Speech*), que em resumo é a leitura de um texto pelo computador, transformando-o em áudio.

Atualmente diversas aplicações de síntese de voz são utilizadas para a geração de áudio através de um texto, porém aplicações *opensource* ainda possuem características de voz metalizadas, o que não ocorre em soluções comerciais já difundidas mundialmente.

Desde a década de 90, a IBM já trabalhava com Síntese de Voz e não apenas isso, também trabalhava com reconhecimento de voz para a operação de computadores através do *software* ViaVoice (VIAVOICE, 2009).

Foram identificados os seguintes recursos TTS abaixo listados:

- Oddcast Technology (ODDCAST, 2009)
- Acapela Group (ACAPELA, 2009)
- Text-to-speech rede social (TTS, 2009)
- Festival (FESTIVAL, 2009)
- Espeak (ESPEAK, 2009)

2.5.1 Escolha do programa de síntese

O recurso escolhido para este trabalho é o *software opensource* Espeak. O Espeak é um TTS que possui suporte a diversos idiomas, com possibilidade de funcionamento via linha de comandos ou interface do usuário, podendo reproduzir diretamente o áudio gerado ou criar um arquivo no formato WAV para posterior reprodução. Pode ser utilizado em ambiente Linux e Windows, sendo opcional trabalhar como biblioteca do último sistema operacional. Escrito em linguagem C.

Foram utilizados dois critérios para a escolha do programa de TTS Espeak:

- Facilidade de implantação na plataforma através de pacotes pré-compilados.
- Síntese no idioma Português brasileiro.
- Ser *Open Source*

O único *software* que se enquadrou no segundo item foi o Espeak, sendo esta a escolha utilizada no sistema proposto para a síntese de voz.

2.6 PLATAFORMA UTILIZADA E PROGRAMAÇÃO

Para que o sistema proposto fosse desenvolvido, foi utilizada uma plataforma totalmente *opensource*, visando também uma programação voltada aos ambientes de base, evitando outras camadas de desenvolvimento da solução. Desta forma, a base de trabalho utilizada é justamente o sistema operacional Linux, 32 bits em arquitetura de *hardware* IBM/PC.

2.6.1 O sistema operacional Linux

O sistema operacional Linux foi inicialmente publicado na Internet por Linus Benedict Torvalds, seu criador, no início da década de 1990. O modelo inicial de desenvolvimento deste sistema operacional foi se basear no sistema UNIX, muito conhecido e robusto para a época, procurando ter uma solução *opensource* de sistema operacional, mas com as características proprietárias de uma plataforma corporativa.

Atualmente o Linux é bastante aceito, principalmente em plataformas corporativas, por sua robustez e desempenho. Empresas como Sun Microsystems, IBM, ORACLE, ITAUTEC, dentre outras, possuem aplicações que utilizam este sistema operacional.

2.6.2 Materiais e Métodos

Os componentes utilizados neste trabalho para a aplicação das funcionalidades propostas são:

- *Hardware*: Equipamento PC, 512 MB¹⁷ de RAM¹⁸, 4 GB¹⁹ de espaço em disco, virtualizado.

¹⁷ MB – Referente a megabytes, ou 10⁶ bytes.

- *Software* - sistema operacional Linux: Distribuição Debian com kernel²⁰ 2.6
- *Software* - Asterisk: versão 1.4 responsável por fornecer a plataforma de telefonia IP ou convencional, para o acesso às informações através de voz.
- *Software* - Sintetizador de voz (Espeak): fará a conversão das informações capturadas de equipamentos externos ou mesmo sistemas computadorizados através de uma interface de comunicação. As informações serão convertidas para voz.
- *Software* - *Shell Script*: Códigos farão a captura das informações da maneira que melhor convier para a aplicação, podendo capturar informações de portas seriais, paralelas, rede, banco de dados ou outras interfaces a serem desenvolvidas. Para esta aplicação serão utilizadas informações inseridas manualmente no sistema, sendo a integração externa ao sistema objeto de estudos futuros.

Para o acesso às informações por voz, será utilizado um ramal criado no sistema Asterisk ou a URA (Unidade de Resposta Audível), sendo utilizado qualquer um dos dois métodos para o funcionamento da solução.

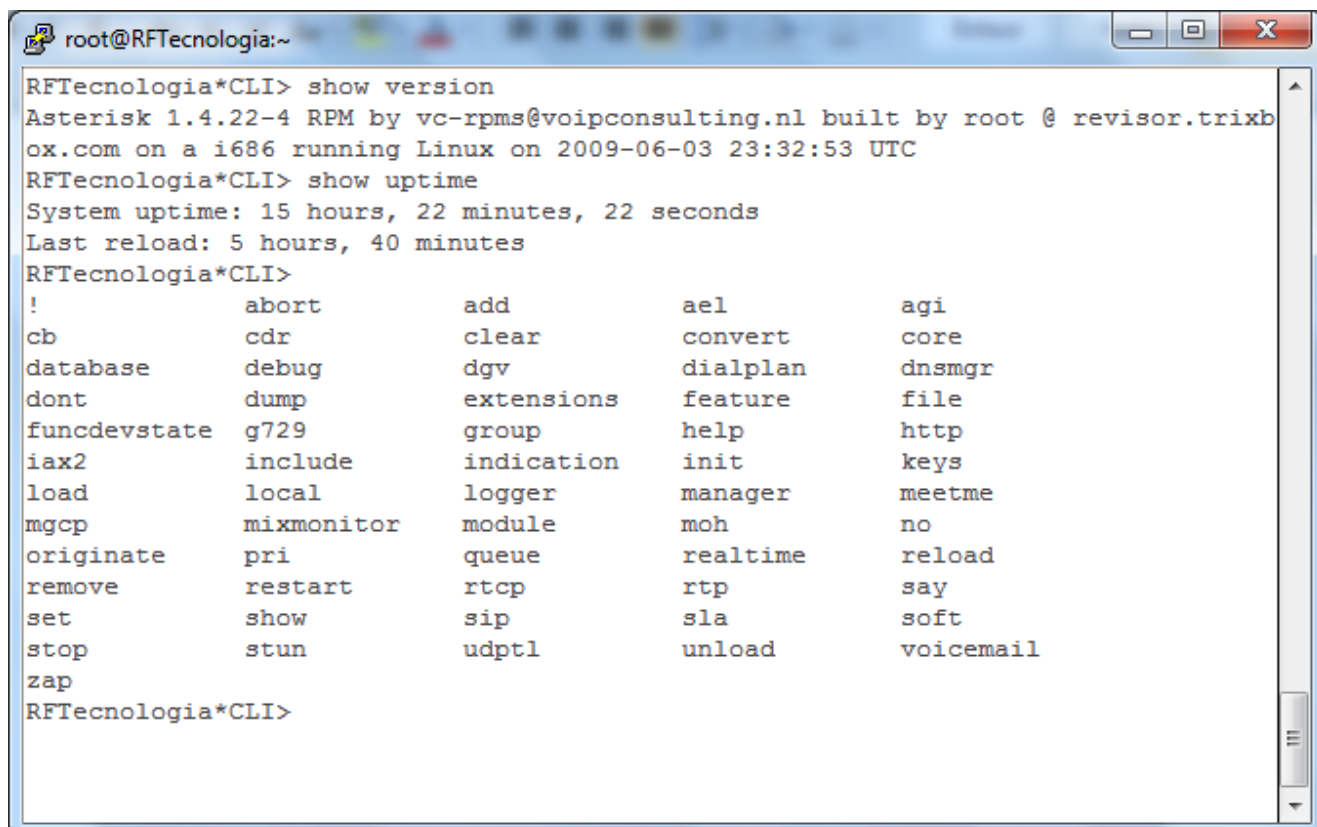
2.6.2.1 Programação Asterisk

Além das configurações através de arquivos específicos, como sendo um padrão de serviços através do Linux, o Asterisk também oferece um ambiente console para a execução e monitoramento do sistema em execução. Na Figura 13 foram executados os comandos para a verificação da versão atual do Asterisk, bem como o tempo total em que o serviço está em execução.

¹⁸ RAM (*Random Access Memory*) – Memória de acesso aleatório. Utilizada para armazenar informações temporárias de programas em execução no sistema computacional.

¹⁹ GB – Referente a Gigabyte, ou 10⁹ bytes.

²⁰ Kernel – Núcleo do sistema operacional Linux.



```

root@RFTecnologia:~
RFTecnologia*CLI> show version
Asterisk 1.4.22-4 RPM by vc-rpms@voipconsulting.nl built by root @ revisor.trixb
ox.com on a i686 running Linux on 2009-06-03 23:32:53 UTC
RFTecnologia*CLI> show uptime
System uptime: 15 hours, 22 minutes, 22 seconds
Last reload: 5 hours, 40 minutes
RFTecnologia*CLI>
!          abort          add          ael          agi
cb         cdr          clear       convert      core
database  debug       dgvr        dialplan    dnsmgr
dont      dump        extensions  feature      file
funcdevstate g729      group      help         http
iax2     include    indication  init         keys
load     local     logger      manager     meetme
mgcp     mixmonitor module     moh         no
originate pri        queue      realtime    reload
remove   restart   rtcv       rtp         say
set      show      sip        sla         soft
stop     stun      udptl     unload     voicemail
zap
RFTecnologia*CLI>

```

Figura 13 - Console do Asterisk para a execução de comandos e monitoramento

Para exemplificar um pouco mais os comandos que podem ser executados também foram listados os comandos possíveis no nível base do console. Para a programação Asterisk foi utilizada a programação convencional através dos arquivos de configuração no caminho padrão `/etc/asterisk`, também utilizando aplicações nativas do sistema para a execução externa ao Asterisk do Espeak para a geração do arquivo de áudio sintetizado. Segue abaixo o exemplo de execução do código para a geração do áudio:

```

exten => 55,1,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 "desenvolvimento de
dissertação de mestrado" -w /asound/arq.wav)

```

A aplicação *System* do Asterisk executará através do interpretador de comandos do sistema operacional Linux o *software* de síntese Espeak com todos os parâmetros julgados pertinentes para a aplicação, de tal forma que um arquivo de áudio é gerado para a reprodução imediatamente posterior a criação deste para o usuário que estiver acessando o contexto pertinente.

Outra aplicação importante a ser utilizada é o *Playback*, que reproduz o arquivo de áudio gerado. Para que o Asterisk possa reproduzir adequadamente o áudio gerado, é necessário realizar uma conversão de formato de áudio para o formato .gsm. Esse é um dos formatos aceitos e reproduzidos com maior facilidade pelo sistema Asterisk (MEGGELEN, 2005). Abaixo segue o formato da reprodução a ser utilizado:

```
exten => 55,n,Playback(/asound/arq)
```

Em relação ao contexto para a criação de arquivo, ocorre a criação de um áudio baseado na informação coletada no momento de sua execução, criando o áudio e imediatamente na sequência, reproduzido este arquivo, conforme apresenta o código que segue:

```
[identificação_do_contexto]
```

```
exten => 55,1,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 "Taubaté, `date +%d` de  
`date +%B` de `date +%Y`. Sistema de automação  
industrial" -w /asound/arq.wav)
```

```
exten => 55,n,Wait(1)
```

```
exten => 55,n,System(sox /asound/arq.wav -r 8000 -c 1 /asound/arq.gsm)
```

```
exten => 55,n,System(rm -f /asound/arq.wav)
```

```
exten => 55,n,Playback(/asound/arq)
```

```
exten => 55,n,System(rm -f /asound/arq.gsm)
```

```
exten => 55,n,Hangup
```

2.6.2.2 Programação com *Shell Script*

Códigos em *shell scripts* podem ser executados em segundo plano no sistema operacional para a verificação de alterações de parâmetros do sistema monitorado. Isto permitirá que alguma alteração importante no sistema monitorado possa gerar uma ligação através do Asterisk, reproduzindo uma informação de voz para o destinatário da ligação.

O código do *shell script* executa um *looping* de tal forma que ao identificar a ação desejada, uma ligação é disparada automaticamente, escrevendo um arquivo com extensão `.call` no diretório `/var/spool/asterisk/outgoing`. Isto fará com que um *spool* de ligação seja criado conforme as especificações do conteúdo do arquivo, que deve ter um formato semelhante ao exposto abaixo:

Channel: SIP/troncooperadora/78913364

Callerid: 5021

MaxRetries: 3

RetryTime: 5

WaitTime: 20

Context: automacao

Extension: 5021

A solução proposta neste trabalho é baseada no sistema operacional Linux, que possui uma linguagem de *scripts* muito flexível e nativa do sistema, o que tornará a solução mais simples e independente de distribuição linux adotada no futuro.

Os *scripts* farão uso do interpretador de comandos *bash*²¹ para a execução dos programas desenvolvidos para as tarefas de demonstração desta obra.

Com o objetivo de integrar aplicações, serão desenvolvidos programas *shell scripts* que tornarão possível a integração dos itens abaixo:

- **Asterisk:** responsável por fornecer a plataforma de telefonia IP ou convencional, para o acesso às informações através de voz.
- **Sintetizador de voz:** fará a conversão das informações capturadas de equipamentos externos ou mesmo sistemas computadorizados através de uma interface de comunicação. As informações serão convertidas para voz.

²¹ Bash – Interpretador de comandos mais utilizados no sistema operacional Linux. Variantes deste interpretador de comandos podem ser encontradas facilmente.

- **E-mail:** informações digitalizadas poderão ser enviadas por e-mail, visto que o Linux permite o envio de correio eletrônico através de linha de comando, viabilizando a inserção destes códigos em *shell scripts*.
- **Captura de informações:** Scripts farão a captura das informações da maneira que melhor convir para a aplicação, podendo capturar informações de portas seriais, paralelas, rede, banco de dados ou outras interfaces a serem desenvolvidas. Para esta aplicação, será utilizada uma interface específica.

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO

Como o objetivo principal da proposta a ser utilizada neste trabalho é o acesso a informações através de telefonia, serão apresentadas neste capítulo as duas possibilidades de acesso ao sistema monitorado.

- **Acesso Ativo:** O usuário acessa o sistema com um código a ser digitado em seu telefone e este, por sua vez, fará com que a programação busque a informação, sintetize e retorne o áudio.
- **Acesso Passivo:** Um *shell script* em segundo plano detecta uma alteração no sistema monitorado conforme as programações, de tal forma que dispara uma ligação para o número telefônico cadastrado. O *script* gera o áudio com informação pertinente e reproduz assim que o destinatário atender a ligação.

3.1 Esquema de funcionamento da solução proposta

Com base nas possibilidades de acesso ao sistema, pode-se representar o sistema aqui apresentado através do modelo abaixo:

ACESSO VIA TELEFONIA ↔ ASTERISK + ESPEAK ↔ SISTEMA MONITORADO

Para elucidar e facilitar o entendimento da solução proposta, na Figura 14 segue um esquema de funcionamento da solução.

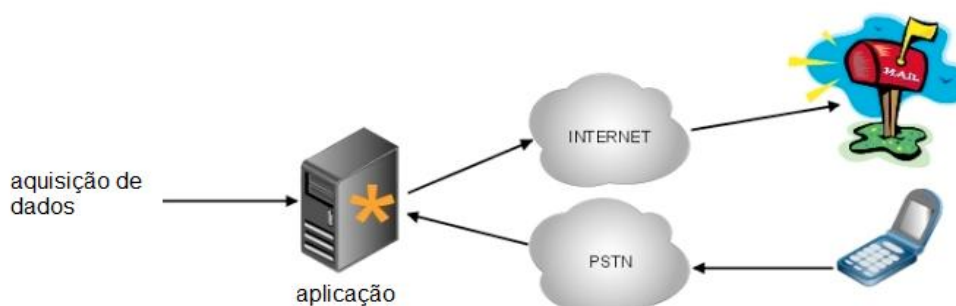


Figura 14 - Esquema de funcionamento da solução proposta

O sistema funcionará de tal forma que a aplicação ficará em monitoramento contínuo das informações disponibilizadas pelo ambiente monitorado, de tal forma que as informações poderão ser disponibilizadas em meio eletrônico, entendidos como voz digitalizada por telefone ou alternativamente, por e-mail, através de arquivo anexo. Esta segunda opção não será apresentada no protótipo, porém o sistema operacional Linux possibilita isto nativamente.

3.2 Desenvolvimento Prático

Para uma situação prática real aplicada neste trabalho, foi escolhido o próprio ambiente computacional utilizado para ser monitorado. Poderiam ser escolhidos outros ambientes quaisquer, desde que fossem integráveis com um ambiente computacional, onde este solução é hospedada.

Os indicadores utilizados para serem monitorados para este cenário em particular, poderiam ser quaisquer parâmetros computacionais, tais como uso de processador, uso de disco, dispositivos acoplados, quantidade de usuários ativos no sistema, quais usuários estão acessando o sistema, uso de rede, temperatura de processador, uso de memória, entre outros.

Os parâmetros aqui utilizados são:

- Uso de disco rígido em percentual.

- Endereço IP de rede utilizado.
- Endereço físico da placa de rede.
- Hora atual do sistema.

Alguns componentes do sistema importantes de serem considerados a partir deste ponto são:

Diretório /asound: Este diretório armazenará os arquivos de áudio fixos ou temporários do sistema. Também conterà as informações que serão tomadas como base para a conversão de texto para voz pelo Espeak.

Diretório /scripts: Contém os *scripts* de monitoramento e captura das informações do sistema monitorado.

Ramal 500: Este ramal será utilizado pelo indivíduo responsável pelo monitoramento do sistema. Este será utilizado tanto pelos acessos passivos quanto ativos do sistema.

Script coleta.sh: *script* criado para a coleta das informações

Script monitor_disparo.sh: *script* criado para identificar o parâmetro acionado para o disparo da ligação e reprodução do áudio com a informação do sistema. Adicionalmente, o agendador de tarefas do Sistema Operacional poderá acionar este script.

URA (Unidade de Recepção Audível): Será um menu para a escolha das opções pertinentes aos itens a serem monitorados.

Para qualquer uma das formas de acesso às informações, será utilizado o ramal que foi criado através do protocolo SIP no asterisk, sendo necessário editar o arquivo `/etc/asterisk/sip.conf`, e inserindo as linhas que seguem para a criação do ramal 500:

```

[500] ; número do ramal
type=friend      ; ramal para receber e efetuar ligações
username=500     ; usuário
secret=123       ; senha do ramal
context=monitoramento ; nome do contexto que o ramal pertence
callerid="500" <500> ; identificação do ramal
dtmfmode=rfc2833 ; forma de envio de DTMF
nat=Yes          ; se poderá ser utilizado na NAT
disallow=all     ; desabilita todos os codecs
allow=ulaw       ; habilita o codec ulaw
allow=alaw       ; habilita o codec a law
host=dynamic     ; pode ser acessado de qualquer endereço IP
canreinvite=no   ; fluxo de voz obrigatoriamente passa pelo asterisk

```

Para que o ramal 500 possa estar acessível para receber ligações, e não apenas realizar, é necessário inserir as configurações a seguir no arquivo de contextos `/etc/asterisk/extensions.conf`.

```

; ESPECIFICAÇÃO DE RAMAIS PARA SEREM ATENDIDOS
; SIP-tipo da conta / 500-O nome do ramal / 25-O tempo que vai chamar
      em segundos, até que a ligação seja abandonada pelo
      sistema.
exten => 500,1,Dial(SIP/500,25)
exten => 500,2,Hangup

```

3.2.1 Acesso ativo de informações

O Acesso ativo de informações consiste numa ação da pessoa com acesso ao sistema para que possa fazer o acesso às informações disponibilizadas através de uma URA²².

Como primeiro passo, foi necessário fazer a coleta das informações e escrevê-las em arquivos que armazenariam as informações temporariamente, até a próxima amostragem das informações. O *script* criado para esta captura segue abaixo com as respectivas explicações de codificação:

O algoritmo do programa de coleta de informações da arquitetura proposta executa, principalmente, os seguintes passos:

- Passo 1 –** Coletar a primeira informação do sistema computacional monitorado, o espaço utilizado de disco.
- Passo 2 –** Escrever em arquivo texto, a informação de espaço em disco coletada, numa frase parametrizada.
- Passo 3 –** Coletar a segunda informação do sistema computacional monitorado, o endereço IP atual da interface de rede.
- Passo 4 –** Escrever em arquivo texto, a informação de endereço IP atual coletada, numa frase parametrizada.
- Passo 5 –** Coletar a terceira informação do sistema computacional monitorado, o endereço físico (MAC) da interface de rede.
- Passo 6 –** Escrever em arquivo texto, a informação de endereço físico coletado, numa frase parametrizada.

²² URA – Unidade de Resposta Audível. Sistema largamente utilizado para atendimento automatizado por telefone.

- Passo 7 –** Coletar a quarta informação do sistema computacional monitorado, a hora atual do sistema.
- Passo 8 –** Escrever em arquivo texto, a informação de hora atual coletada, numa frase parametrizada.
- Passo 9 –** Sinal de interrupção do programa acionado?
Não, retornar ao passo 1.
Sim, finalizar o funcionamento da coleta.

O fluxograma analítico do programa de coleta de dados do sistema computadorizado a ser monitorado, encontra-se na Figura 15.

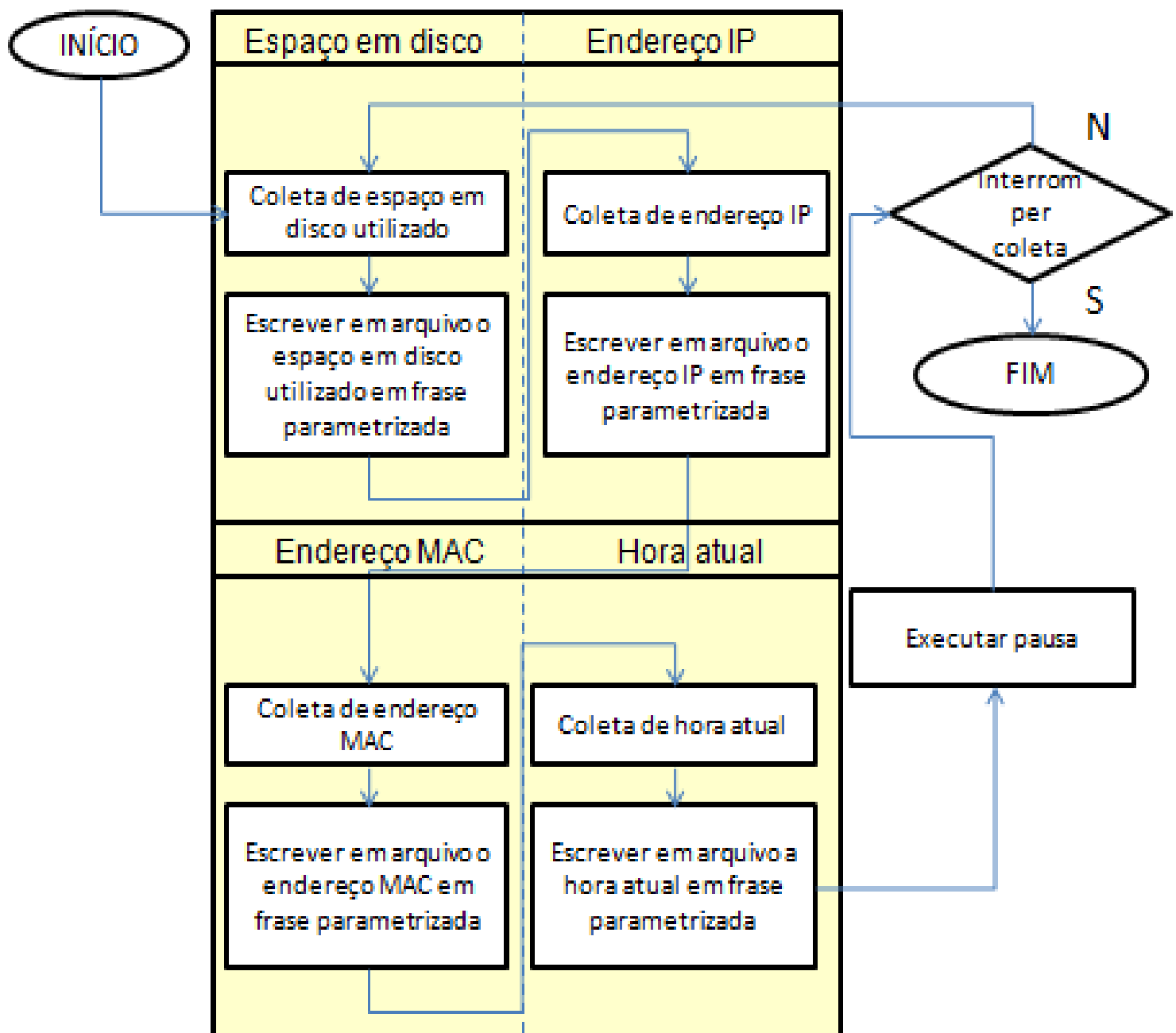


Figura 15 – Fluxograma analítico para coleta de dados

O código abaixo refere-se à coleta de dados:

```
#!/bin/bash

# Coleta de informações do sistema
#####

# Coleta de espaço em disco utilizado.
# Para realizar os filtros na saída de dados, utilizados os
# comandos grep e awk
echo "`df -h -t ext3|grep dev|awk '{print $5 " "}'` do espaço em disco foi
      utilizado" > /asound/coleta_espaco.txt

# Coleta de IP atribuído à interface de rede
echo "O endereço I P atual é: `ifconfig eth0|grep "inet "|awk '{print $3 "
      "}'`" > /asound/coleta_ip.txt

# Coleta de endereço físico da interface de rede
echo "O endereço mac atual é: `ifconfig eth0|grep HW|awk '{print $7 "
      "}'`" > /asound/coleta_mac.txt

# Coleta de informações de hora e data atuais do sistema
echo "Taubaté `date +%d` de `date +%B` de `date +%Y`. São `date +%H`
      horas e `date +%M` minutos. Sistema de automação
      industrial" > /asound/coleta_hora.txt

# Como os arquivos serão acessados pelo asterisk, é necessário alterar
      as permissões dos arquivos o acesso correto às
      informações.

chown asterisk.asterisk /asound/*
chmod 770 /asound/*

# A coleta das informações é realizada a cada 5 segundos
sleep 5
coleta.sh
```

Para a construção da URA, foi criado um contexto específico dentro do arquivo de configuração /etc/asterisk/extensions.conf, de tal forma que as opções do menu respeitassem a seguinte ordem:

Opção 1 do menu: Consulta do espaço em disco utilizado;

Opção 2 do menu: Consulta do endereço IP de rede atribuído à interface;

Opção 3 do menu: Consulta do endereço físico da interface de rede;

Opção 4 do menu: Consulta do horário atual atribuído ao sistema operacional;

Opção 5 do menu: Desativação do sistema de monitoramento.

O algoritmo do programa de acesso ativo de informações da arquitetura proposta executa, principalmente, os seguintes passos.

Passo 1 – Monitorar o espaço em disco?
Não, executar o passo 2.
Sim, Executar o passo 6.

Passo 2 – Monitorar endereço IP?
Não, executar o passo 3.
Sim, Executar o passo 10.

Passo 3 – Monitorar endereço físico utilizado?
Não, executar o passo 4.
Sim, Executar o passo 14.

Passo 4 – Monitorar hora atual do sistema?
Não, executar o passo 5.
Sim, Executar o passo 18.

Passo 5 – Desligar sistema de monitoramento?
Não, executar o passo 1.
Sim, encerrar o programa.

- Passo 6 –** Buscar informações de espaço em disco coletadas no diretório de arquivos.
- Passo 7 –** Escrever em arquivo texto, a informação de espaço em disco coletada, numa frase parametrizada.
- Passo 8 –** Sintetizar frase para arquivo de áudio.
- Passo 9 –** Reproduzir arquivo de áudio.
Executar passo 22.
- Passo 10 –** Buscar informações de endereço IP coletadas no diretório de arquivos.
- Passo 11 –** Escrever em arquivo texto, a informação de endereço IP coletada, numa frase parametrizada.
- Passo 12 –** Sintetizar frase para arquivo de áudio.
- Passo 13 –** Reproduzir arquivo de áudio.
Executar passo 22.
- Passo 14 –** Buscar informações de endereço MAC coletadas no diretório de arquivos.
- Passo 15 –** Escrever em arquivo texto, a informação de endereço MAC coletada, numa frase parametrizada.
- Passo 16 –** Sintetizar frase para arquivo de áudio.
- Passo 17 –** Reproduzir arquivo de áudio.
Executar passo 22.

- Passo 18 –** Buscar informações de hora atual do sistema no diretório de arquivos.
- Passo 19 –** Escrever em arquivo texto, a informação de hora atual do sistema coletada, numa frase parametrizada.
- Passo 20 –** Sintetizar frase para arquivo de áudio.
- Passo 21 –** Reproduzir arquivo de áudio.
Executar passo 22.
- Passo 22 –** Excluir arquivos temporários gerados.
- Passo 23 –** Finalizar o menu?
Não, executar o passo 1.
Sim, encerrar o programa.

O fluxograma analítico do programa de acesso ativo ao sistema de monitoramento encontra na Figura 16.

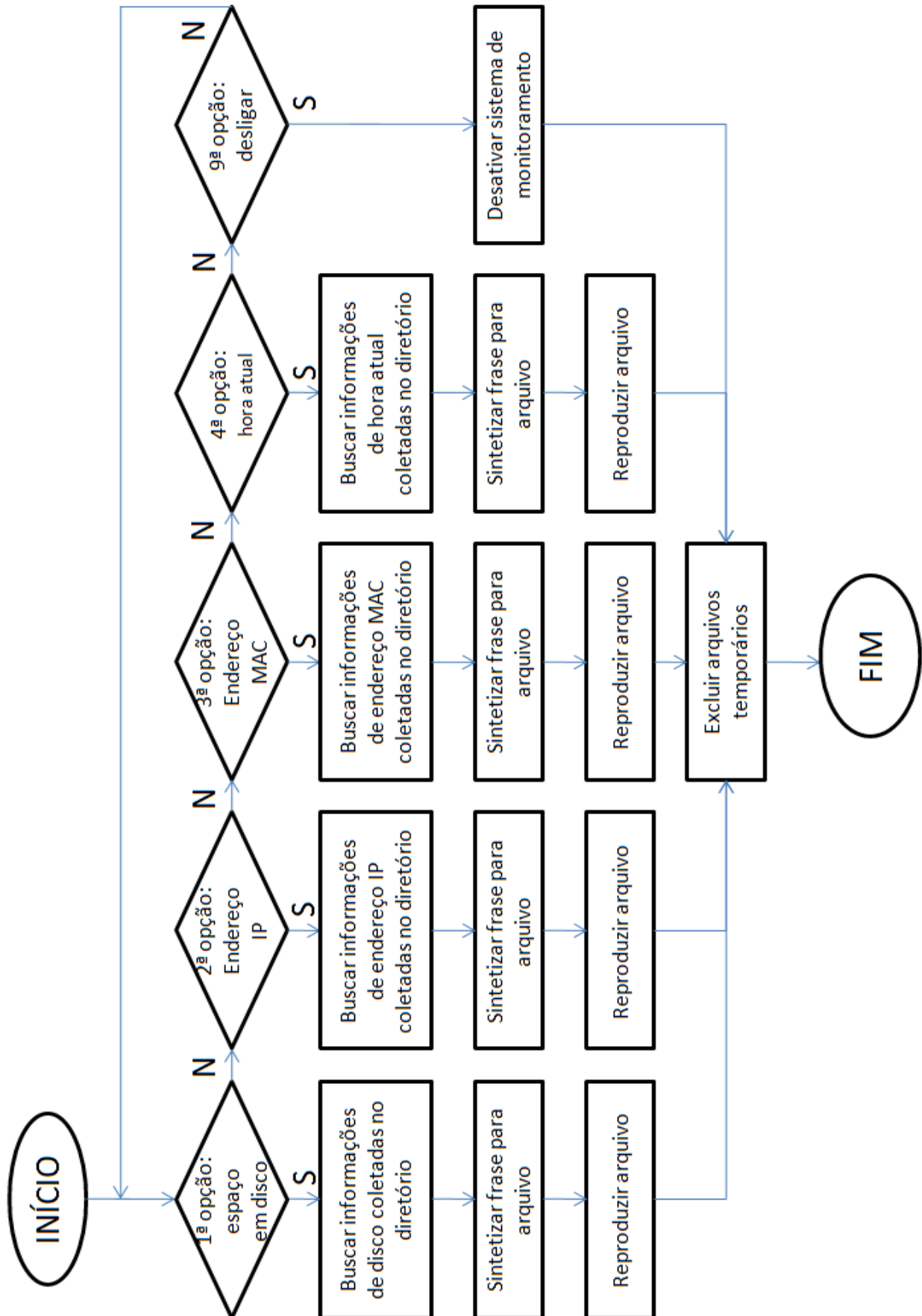


Figura 16 – Fluxograma analítico para acesso ativo ao sistema

Considerando o fluxograma da Figura 16, com a coleta das informações realizadas o contexto da URA ficou como segue:

```

[ura] ; nome do contexto da URA
; ligação é atendida pelo sistema
exten => s,1,Answer()
; uma notificação é redigida, apenas para registro em arquivos de
      monitoramento
exten => s,2,Noop(sistema de opções da URA)
; texto padrão da URA é sintetizado e escrito em arquivo.
exten => s,n,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 "Menu do Sistema de
      Monitoramento. Digite 1 para informações de espaço em
      disco. 2 para endereço I P atual. 3 para endereço mac. 4
      para a hora atual. ou 9 para desativar o sistema." -w
      /asound/arq.wav)
; é gerado um atraso de 1 segundo
exten => s,n,Wait(1)
; arquivo .wav é convertido para formato .gsm
exten => s,n,System(sox /asound/arq.wav -r 8000 -c 1 /asound/arq.gsm)
; arquivo de áudio .wav excluído
exten => s,n,System(rm -f /asound/arq.wav)
; arquivo .gsm é reproduzido com o texto padrão da URA
exten => s,n,Playback(/asound/arq)
; arquivo .de áudio .gsm excluído
exten => s,n,System(rm -f /asound/arq.gsm)
; aguardando ser escolhida a opção desejada
exten => s,n,WaitExten(6)
; caso a opção um do menu for escolhida, executado o código abaixo
exten => 1,1,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 -f
      /asound/coleta_espaco.txt -w /asound/arq.wav)
exten => 1,n,Wait(1)
exten => 1,n,System(sox /asound/arq.wav -r 8000 -c 1 /asound/arq.gsm)
exten => 1,n,System(rm -f /asound/arq.wav)

```

Continuação:

```

exten => 1,n,Playback(/asound/arq)
exten => 1,n,System(rm -f /asound/arq.gsm)
; caso a opção dois do menu for escolhida, executado o código abaixo
exten => 2,1,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 -f /asound/coleta_ip.txt -w
/asound/arq.wav)
exten => 2,n,Wait(1)
exten => 2,n,System(sox /asound/arq.wav -r 8000 -c 1 /asound/arq.gsm)
exten => 2,n,System(rm -f /asound/arq.wav)
exten => 2,n,Playback(/asound/arq)
exten => 2,n,System(rm -f /asound/arq.gsm)
; caso a opção três do menu for escolhida, executado o código abaixo
exten => 3,1,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 -f /asound/coleta_mac.txt -
w /asound/arq.wav)
exten => 3,n,Wait(1)
exten => 3,n,System(sox /asound/arq.wav -r 8000 -c 1 /asound/arq.gsm)
exten => 3,n,System(rm -f /asound/arq.wav)
exten => 3,n,Playback(/asound/arq)
exten => 3,n,System(rm -f /asound/arq.gsm)
; caso a opção quatro do menu for escolhida, executado o código abaixo
exten => 4,1,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 -f /asound/coleta_hora.txt -
w /asound/arq.wav)
exten => 4,n,Wait(1)
exten => 4,n,System(sox /asound/arq.wav -r 8000 -c 1 /asound/arq.gsm)
exten => 4,n,System(rm -f /asound/arq.wav)
exten => 4,n,Playback(/asound/arq)
exten => 4,n,System(rm -f /asound/arq.gsm)
exten => 4,n,Hangup
; caso a opção nove do menu for escolhida, executado o código abaixo
exten => 9,1,System(/etc/init.d/asterisk stop)
; caso o tempo limite for esgotado, executado o código abaixo
exten => t,1,Noop(tempo esgotado)

```

Continuação:

```

exten => t,n,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 "Tempo para a escolha da
                opção esgotado." -w /asound/arq.wav)
exten => t,n,Wait(1)
exten => t,n,System(sox /asound/arq.wav -r 8000 -c 1 /asound/arq.gsm)
exten => t,n,System(rm -f /asound/arq.wav)
exten => t,n,Playback(/asound/arq)
exten => t,n,System(rm -f /asound/arq.gsm)
; caso a opção digitada for inválida, executado o código abaixo
exten => i,1,Noop(tempo esgotado)
exten => i,n,System(espeak -v pt -p 50 -s 100 "Opcao inválida. Saindo do
                menu." -w /asound/arq.wav)
exten => i,n,Wait(1)
exten => i,n,System(sox /asound/arq.wav -r 8000 -c 1 /asound/arq.gsm)
exten => i,n,System(rm -f /asound/arq.wav)
exten => i,n,Playback(/asound/arq)
exten => i,n,System(rm -f /asound/arq.gsm)

```

Ainda é necessário mais uma configuração no arquivo `/etc/asterisk/extensions.conf`, visto que o contexto “ura” ainda está isolado do contexto “monitoramento”, onde o ramal 500 está inserido. Isto significa que o ramal não consegue acessar a codificação da URA no sistema. Então foi elaborado um *link* do contexto do ramal (monitoramento) para o contexto da URA, de tal forma que ela pode ser acessada simplesmente efetuando uma ligação para o número “0”. Segue:

```

exten => 0,1,Goto(ura,s,1)

```

Especialmente para esta aplicação o acesso às informações ocorre através de um ramal SIP conectado ao sistema através de um *soffone*, porém poderia ser acessado através de um telefone convencional através de uma integração com a rede de telefonia pública comutada.

3.2.2 Acesso passivo de informações

O acesso passivo ocorre através de um *script* que fica o tempo todo monitorando o sistema. Caso o parâmetro adotado seja positivo na comparação do *script* de monitoramento, ocorre o disparo da ligação para o ramal 500 com a gravação da mensagem pertinente. Este *script* tem a função de gerar um arquivo com extensão .call e salvá-lo em local específico.

Para efeito de testes, o *script* fará a verificação da hora atual do sistema para que seja realizada uma ligação num horário específico e realizado o envio da situação do uso de disco.

O algoritmo do programa de envio passivo de informações da arquitetura proposta executa, principalmente, os seguintes passos.

- Passo 1 –** Verificar se o horário de disparo da ligação está acionado.
Não, executa o passo 1 novamente
Sim, executa o passo 2

- Passo 2 –** Buscar em arquivo texto, a informação de hora atual do sistema coletada, numa frase parametrizada.

- Passo 3 –** Sintetizar frase para arquivo de áudio

- Passo 4 –** Disparar ligação para número telefônico ou ramal parametrizado

- Passo 5 –** Reproduzir arquivo de áudio

- Passo 6 –** Excluir arquivos temporários gerados

- Passo 7 –** Encerrar o programa

O fluxograma analítico do programa de monitoramento passivo do sistema se encontra na Figura 17.

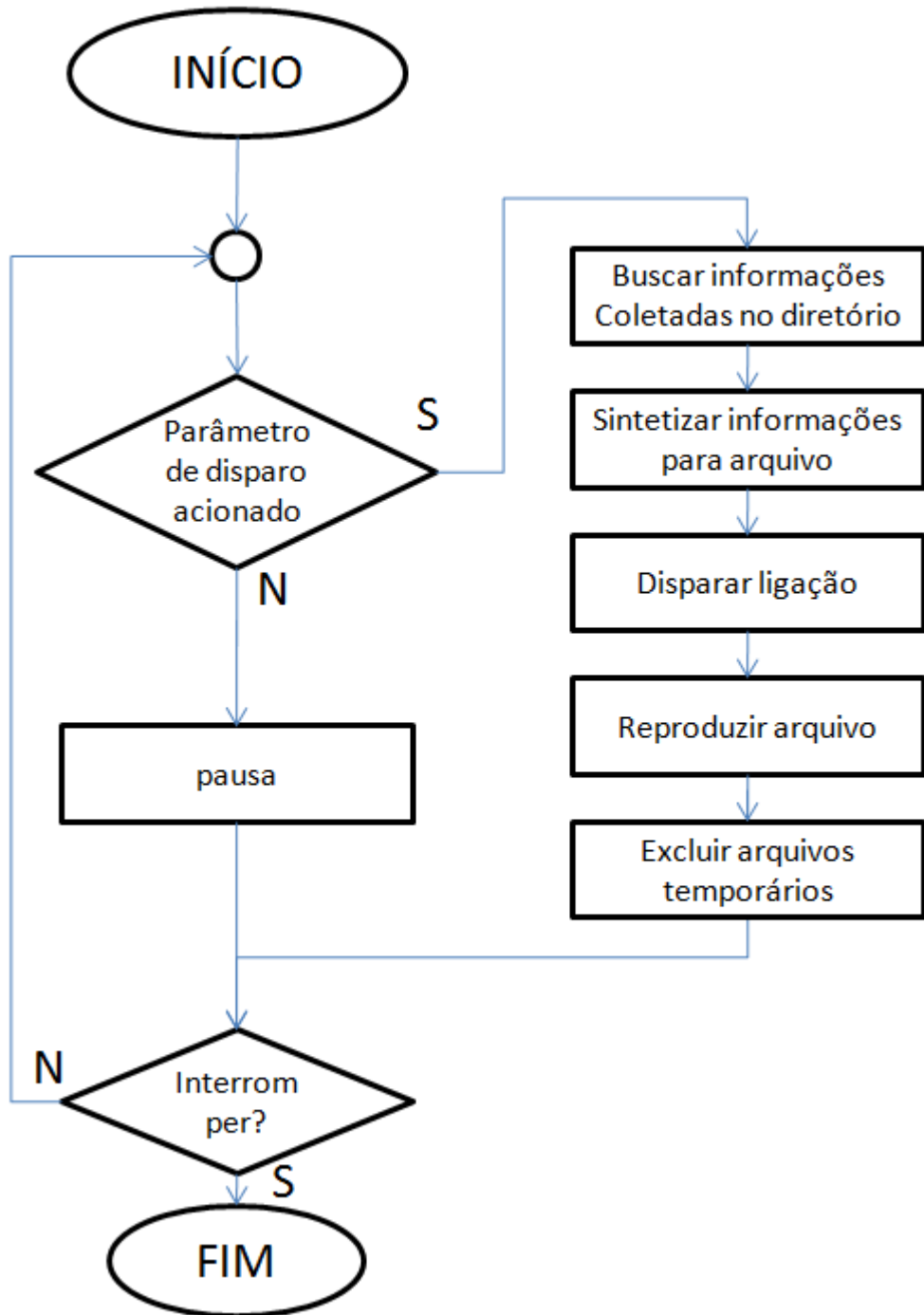


Figura 17 – Fluxo analítico de acesso passivo ao sistema

Abaixo segue o código utilizado para os testes da solução proposta:

```
#!/bin/bash
# Monitor para identificação do momento do disparo
# Prepara um looping infinito.
while :
do
# Na comparação abaixo, ocorrerá disparo do monitoramento de hora
em hora, sempre que os minutos daquela hora for igual a
zero.

if [ `date +%M` -eq 00 ];
then
# Arquivo .call é “montado” conforme padrões asterisk
echo "Channel: SIP/500" > /scripts/disparo.call
echo "Callerid: 1000" >> /scripts/disparo.call
echo "MaxRetries: 2" >> /scripts/disparo.call
echo "RetryTime: 1" >> /scripts/disparo.call
echo "WaitTime: 1" >> /scripts/disparo.call
echo "Context: monitoramento" >> /scripts/disparo.call
echo "Extension: 100" >> /scripts/disparo.call
# arquivo .call é copiado para a pasta de disparos asterisk
mv /scripts/disparo.call /var/spool/asterisk/outgoing
# permissão inserida para o sistema disparar a ligação
chown asterisk.asterisk /var/spool/asterisk/outgoing
chmod 770 /var/spool/asterisk/outgoing
fi
# pausa de 60 segundos antes de comparar novamente
sleep 60
done
```

Como é possível verificar, foi necessário criar uma identificação de número 100 para que seja possível realizar o acesso ao código asterisk para reprodução da situação atual do uso de disco do sistema. Como já existe a

codificação para a informação que deve ser reproduzida, a codificação para o arquivo `/etc/asterisk/extensions.conf` dentro do contexto “monitoramento”, fica como segue:

```
exten => 100,1,Goto(ura,1,1)
```

3.3 Limitações do Sistema

O sistema é bastante flexível, porém ainda é necessário realizar um trabalho de amabilidade ao sistema para que seja disponibilizado um ambiente de programação das funções de forma mais simplificada, possibilitando que usuários possam escolher de forma mais intuitiva e rápida algumas funções como:

- Ações a serem acionadas ao alterar algum parâmetro do sistema, como:
 - Enviar e-mail com áudio anexo.
 - Discar automaticamente para um número e reproduzir mensagem sintetizada.
 - Registrar em *log* o ocorrido.
- Busca de parâmetros e ações sob demanda

Para quaisquer realizações de monitoramento e utilização do sistema, uma nova programação deve ser realizada, podendo ser de forma mais flexível, com utilização de interfaces gráficas.

Ainda pode ser considerada uma limitação do sistema, a interconexão com a rede de telefonia pública, ou PSTN, caso não existam interfaces de interconexão no sistema.

Apesar de utilizar sistemas de código fonte aberto, pode haver a necessidade de uma implantação com mão-de-obra de maior qualificação, implicando num maior custo. Ainda pode haver a necessidade de

desenvolvimentos específicos e manutenção, que podem implicar num custo fixo para a utilização deste sistema.

Por se tratar de uma plataforma baseada em arquitetura PC, a facilidade de reposição de *hardware* é muito fácil, porém é sabido que, plataformas totalmente digitais como esta, são menos disponíveis que plataformas baseadas em *hardware* diretamente. Dependendo do tipo de aplicação, alguns recursos de alta disponibilidade com *cluster* ou equipamentos redundantes podem se fazer necessário para garantir alta disponibilidade.

Como mencionado anteriormente, esta apresentação específica faz uso de um recurso de sintetização de voz que não possui uma fala muito próxima à humana, mostrando uma robotização da fala bem acentuada. Esta limitação se dá por trabalhar com ferramentas livres, mas existe a possibilidade de utilizar outras ferramentas profissionais para compor uma solução com melhor qualidade de voz.

3.4 Resultados e discussão

Com a plataforma montada para este sistema é possível verificar que o funcionamento prático da solução é viável e pode trazer resultados interessantes relacionados à acessibilidade das informações.

A possibilidade da integração do sistema com a rede pública de telefonia através de interfaces de *hardware* específicas, ou ainda operadoras VoIP, pode oferecer uma flexibilidade de tal forma que as informações disponibilizadas no sistema podem ser acessadas de qualquer local do planeta onde se tenha um telefone convencional, ou mesmo um *smartphone* com conexão de dados em banda larga, que possibilite acessar um canal de voz diretamente no sistema aqui desenvolvido.

O acesso às informações ativamente permite que os dados relacionados no sistema monitorado sejam acessados sob demanda, com informações atualizadas e que podem ser necessárias para a tomada de decisão no momento adequado.

Alterações do estado de alguns pontos-chave do sistema podem acionar ligações automáticas para um telefone convencional (se o sistema estiver integrado com a rede de telefonia pública) ou até mesmo para um canal de voz em terminal VoIP. Isto faz com que o sistema traga flexibilidade suficiente para a acessibilidade solicitada nesta proposta de sistema de monitoramento.

Um ponto que pode ser melhor avaliado para estudos posteriores é a criação de um ambiente programável para usuários deste sistema poderem fazer com que as informações a serem coletadas possam ser buscadas de maneira mais amigável, através de ambiente web, por exemplo, evitando uma especialização técnica para o desenvolvimento das soluções possíveis neste sistema, visto que demanda conhecimentos muito específicos para tal, neste formato apresentado.

CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES

Os objetivos inicialmente almejados foram alcançados, especialmente no que se refere ao real funcionamento do sistema para uma situação prática, e a possibilidade técnica real de integração com sistemas sensorizados e eletronicamente monitorados.

A proposição apresenta resultados satisfatórios para um primeiro momento, oferecendo a acessibilidade real e imediata das informações através da integração dos sistemas, havendo basicamente dois pontos limítrofes para a aplicação no formato atual em que se encontra o sistema:

- Síntese com qualidade limitada, porém com boa inteligibilidade. Pode ser melhorado através de soluções proprietárias.
- Ambiente não intuitivo para personalizações pelo usuário

Trabalhos futuros podem evoluir na melhoria do sistema nos itens apontados como limites deste no momento atual, especialmente com no que se refere às direções vistas nas referências mencionadas ao longo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANATEL. *Agência Nacional de Telecomunicações*. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br>>. Acesso em: 11 dez. 2009.
- DIGIUM. *The Asterisk Company*. Disponível em: <<http://www.digium.com>>. Acesso em: 10 dez. 2009.
- DIGIVOICE. *Interfaces de telefonia*. Disponível em: <<http://www.digivoice.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2010.
- KELLER A. *Asterisk na Prática*. Editora Novatec, 2009.
- MEGGELEN J. V. *Asterisk: O Futuro da Telefonia*. Alta Books, 2005.
- TANENBAUM A. S. *Redes de Computadores*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.
- VIAVOICE. *Viavoice da IBM®*. Disponível em: <http://www-01.ibm.com/software/pervasive/embedded_viavoice>, Acesso em 10 dez. 2009.
- TECHNET. *Portal Technet sobre o uso de SIP na Microsoft*. Disponível em: <<http://technet.microsoft.com/en-us/library/aa998265.aspx>>, Acesso em 22 dez. 2009.
- DIMARZIO, J. F. *Projeto e Arquitetura de Redes*. Campus, 2001.
- PAQUET, C.; TEARE, D. *Construindo Redes Cisco Escaláveis*. Pearson Education, 2003.
- PAQUET, C. *Construindo Redes Cisco de Acesso Remoto*. Pearson Education, 2003.
- IBCD. *Instituto Brasileiro de Convergência Digital*. Disponível em: <<http://www.ibcd.com.br>> Acesso em: Dez. 2009.
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: Jan. 2010.
- Souza, A. J.; Freitas R. C., *Uma Ferramenta de Configuração de Telefonia IP Utilizando o Software Livre Asterisk*. BA, 2008. Disponível em: <http://thiagocavalcante.googlepages.com/RedesII_ExemploArtigo.pdf> Acesso em: Dez. 2010.
- JACKSON, S. F. *The USA Army Training Center Fort Jackson*. 2007. Museum - History - Chapter III. Disponível em: <<http://www.jackson.army.mil/Museum/History/CHAPTER%20III.html>>. Acesso

em: 10 mai. 2007.

SKYPEFORSIP. *Integração de Skype com SIP*. Disponível em: <<http://www.skype.com/business/products/pbx-systems/sip/>>. Acesso em: 10 Dez 2009.

RECH323, *Recomendação H.323 do ITU*. Disponível em: <<http://www.itu.int/rec/T-REC-H.323/e>>. Acesso em 10 Dez 2009.

ODDCAST. *Oddcast Technology*. Disponível em: <<http://www.oddcast.com>> . Acesso em: Dez 2009.

ACAPELA, *Acapela Group*. Disponível em: <<http://www.acapela-group.com/>>. Acesso em: Dez 2009.

TTS. *Text to Speech Social Network*. Disponível em: <<http://text-to-speech.com.br/>> . Acesso em: Dez 2009.

FESTIVAL. *The Centre for Speech Technology Research*. Disponível em: <<http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/festival>> . Acesso em: Dez 2009.

ESPEAK. *Espeak text to speech*. Disponível em: <<http://espeak.sourceforge.net>> . Acesso em Dez. 2009.

JÚNIOR, H. A. L.; SOUZA, J. M.; PACHECO, J. A. *Asterisk Embarcado*. Disponível em: <<http://revista.ctai.senai.br/index.php/edicao01/article/viewDownloadInterstitial/35/20>>. Acesso em: Jan. 2010.

VINCI, O. R. V.; FERREIRA, P. C. *Sistema de Comunicação VoIP Wi-Fi*. Disponível em: <<http://www.pcs.usp.br/~pcspf/2007/Cooperativo%202007/PCS%202050%20COOP%20Grupo%20%2814%29/grupo14c.pdf>>, Acesso em: Jul. 2010.

FILHO, S. F. M. C.; BICA Francine. *Acessibilidade digital para cegos: Um modelo de interface para utilização do mouse*. Disponível em: <<http://ceie-sbc.tempsite.ws/pub/index.php/sbie/article/viewFile/687/673>>. Acesso em: Ago. 2010.

RFC2543, *SIP: Session Initiation Protocol*. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>>, Acesso em: Dez. 2009.

WIRESHARK. *Programa Analisador de Protocolos*. Disponível em: <<http://www.wireshark.org/>>, Acesso em: Jul. 2010.