

MC  
2864

Adilson de Oliveira Prado

BIBLIOTECA F.J.P.



\*70002864\*

NÃO DANIFIQUE ESTA ETIQUETA

OTIMIZAÇÃO DA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES DAS UNIDADES DE DIREÇÃO,  
APOIO E EXECUÇÃO DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS SITUADAS  
NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE COM A IMPLANTAÇÃO DA  
TECNOLOGIA VoIP

MC  
2864

Belo Horizonte  
2009

MC  
2864

Adilson de Oliveira Prado



**OTIMIZAÇÃO DA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES DAS UNIDADES DE DIREÇÃO, APOIO E EXECUÇÃO DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS SITUADAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE COM A IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA VoIP**

Monografia apresentada ao Centro de Pesquisa e Pós-Graduação da Academia de Polícia Militar como requisito para obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica em Segurança Pública, no Curso de Especialização em Gestão Estratégica de Segurança Pública da Academia de Polícia Militar e Escola de Governo da Fundação João Pinheiro.

Orientador: Cel PM José Anísio Moura.

ACADEMIA DE POLÍCIA MILITAR  
CENTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

ATA DA APRESENTAÇÃO PÚBLICA DE MONOGRAFIA

Aos trinta dias do mês de outubro do ano de 2009, às 16h30min, no Auditório Buriti da Academia de Polícia Militar, presentes todos os membros da banca examinadora, foi realizada a apresentação pública da monografia intitulada “**Otimização da rede de telecomunicação das unidades de direção, apoio e execução da Polícia Militar de Minas Gerais situadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte com a implantação da tecnologia VoIP.**”, elaborada pelo **Ten.-Cel. PM Adilson de Oliveira Prado**, como requisito para obtenção do título de pós-graduado do **Curso de Especialização em Gestão Estratégica de Segurança Pública**, da Escola de Governo da Fundação João Pinheiro e do Centro de Pesquisa e Pós-Graduação da Academia de Polícia Militar. Após a apresentação do trabalho, o discente foi argüido pelos membros da Banca Examinadora, composta pelo orientador **Cel. PM José Anísio Moura**, e pelos avaliadores **Cel. PM Fernando Antônio da S.Tristão** e **Professor Marconi Martins de Laia**.

Após reunião, a banca examinadora considerou que a monografia atendeu os objetivos do curso  
\_\_\_\_\_, e decidiu por  
unanimidade pela aprovação.

Este documento expressa o que ocorreu durante a avaliação e vai assinado pelos membros da Banca Examinadora.

**Orientador: Cel. PM José Anísio Moura - DTS**

Ass.: \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

**Avaliador: Cel. PM Fernando Antônio da S.Tristão - DAL**

Ass.: \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

**Avaliador: Professor Marconi Martins de Laia - FJP**

Ass.: \_\_\_\_\_

Titulação: \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho à minha esposa Roseli e filhos, Rafael e Marina, que paciente e compreensivamente abdicaram os seus momentos de lazer para que este trabalho fosse concluído.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço:

A Deus, “porque até aqui Ele me tem ajudado”.

Ao Amigo e Mestre Cel PM José Anísio Moura, Diretor de Sistemas e Tecnologia da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais que esclareceu minhas dúvidas e pacientemente me orientou.

Aos Professores e Mestres, do Curso de Especialização em Gestão Estratégica de Segurança Pública, que me ensinaram verdades, e ainda, dedicam um pouco de suas vidas na docência, para eles, portanto, o mérito de moldar-me em minha vocação, transformando meus pensamentos em ideais, e os meus ideais em realizações;

Ao Comando Geral da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais, Comandante da Academia de Polícia Militar, ao Comandante do Centro de Pesquisa e Pós Graduação da Academia de Polícia Militar e a Direção da Escola de Governo da Fundação João Pinheiro pela oportunidade dispensada, em fazer-nos crescer;

Ao Sr. Eduardo de Barros Gomes, ao Sr. Marcelo Henrique Pinto, Ao Sr. Luiz César Maia Lemos, ao Sr. Antônio Donizete de Alvarenga, à Srt.<sup>a</sup> Martineli Priscila Correa e à empresa Experti Empreendimentos Ltda. pelo apoio tecnológico prestado, pois não mediram esforços em sacrificar seus horários de trabalho para dar-me a oportunidade de conhecer, na prática, a tecnologia VoIP.

Ao Ten Cel Ricardo Luiz Campos Rosa, chefe do Centro de Tecnologia em Telecomunicações, ao Ten Cel Marcos Augusto Moreira e Silva, Chefe do Centro de Tecnologia em Sistemas, ao Maj Délio de Assis Quintão, Subchefe do Centro de Tecnologia em Sistemas, aos oficiais, praças e funcionários da Diretoria de Sistemas e Tecnologia da PMMG e à todos aqueles que, direta ou indiretamente, deram-me um pouco de sua atenção, correspondendo aos meus anseios e questionamentos, colaborando para que este trabalho chegasse a termo.

A todos que tornaram esta conquista possível, a expressão de minha gratidão.

## RESUMO

Por meio desta pesquisa, o autor se propõe verificar a viabilidade técnica da tecnologia *Voice over Internet Protocol* (VoIP) na interoperabilidade e convergência de serviços prestados pelas redes dedicadas que servem à Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (PMMG), a saber: o anel óptico do Sistema de Patrulhamento VídeoMonitorado (SPVM); a rede de radiofrequência denominada Sistema Integrado de Comunicação (SIC); o Serviço de Telefonia Fixa Comutada (STF); e, a Linha Privada de Comutação de Dados (LPCD).

Tal investigação se mostra relevante, à medida que permite conhecer a tecnologia VoIP e seu emprego na unificação e integração das redes de telecomunicações da PMMG, com a possibilidade de oferecimento de multiserviços e, também, como uma tecnologia viável e mais adequada para garantir a convergência e Interoperabilidade entre redes no provimento de serviços de voz, dados e imagem.

Palavras Chaves: 1.Voz sobre IP. 2.VoIP. 3. Convergência. 4. Sistema Integrado de Comunicação (SIC). 5. Anel Óptico 6. Linha Privada de Comutação de Dados (LPCD) 7. Serviço de Telefonia Fixa Comutada (STFC). 8. *Session Initiation Protocol* (SIP). 9. Protocolo H.323. 10. *Internet Protocol* (IP).

## RESUMEN

A través de esa investigación, el autor se propone verificar la viabilidad técnica de la tecnología *Voice over Internet Protocol* (VoIP) en la conexión y convergencia de servicios prestados por las redes dedicadas que sirven la Policía Militar do Estado de Minas Gerais (PMMG), tales como: anillo óptico do Sistema de Patrullamiento Video-Monitoreado (Sistema de Patrulhamento Videomonitorado - SPVM); la red de radio-frecuencia denominada Sistema Integrado de comunicación (Sistema Integrado de Comunicação - SIC); el Servicio de Telefonía Pública Conmutada (Serviço de Telefonía Fixa Comutada - STFC); y, la Línea Privada de Conmutación de Datos (Linha Privada de Comutação de Dados - LPCD).

Tal exploración mostrase de gran importancia, a la medida que permite conocer la tecnología e integración de las redes de telecomunicaciones de la PMMG, con la posibilidad de ofrecimiento de multiservicios y, también, como una tecnología viable y más adecuada para garantizar la convergencia e interoperabilidad entre redes en lo proveemiento de servicios de voz, datos e imagen.

Palabras-llave: 1. Voz sobre IP. 2. VoIP. 3. Convergência. 4. Sistema Integrado de comunicación (SIC). 5. Anel Óptico 6. Linha Privada de Comutação de Dados (LPCD) 7. Servicio de Telefonía Pública Conmutada (STPC). 8. *Session Initiation Protocol* (SIP). 9. Protocolo H.323. 10. *Internet Protocol* (IP).

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – MODELO ARQUITETÔNICO DA RECOMENDAÇÃO H.323 PARA VOIP.....	41
FIGURA 2 – A PILHA DE PROTOCOLOS H.323 .....	42
FIGURA 3 – CANAIS LÓGICOS ENTRE USUÁRIOS DURANTE A REALIZAÇÃO DE UMA CHAMADA .....	44
FIGURA 4 – LAYOUT DA CIDADE ADMINISTRATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS.....	55
FIGURA 5 – ESTUTURA LÓGICA DA REDE DA CAMG .....	61
FIGURA 6 - ESQUEMA DOS LINKS DAS OPERADORAS E DOS <i>UPLINKS</i> .....	62
FIGURA 7 – ESQUEMA DA DISTRIBUIÇÃO DO ACESSO NOS PAVIMENTOS DE CADA PRÉDIO.....	63
FIGURA 8 – LAYOUT DE CONEXÃO DAS SALAS DE TELECOMUNICAÇÕES SECUNDÁRIAS.....	63
FIGURA 9 - DIAGRAMA DE ENLACES DE BACKBONE PRINCIPAL REDE SIC.....	67
FIGURA 10 - DIAGRAMA DE ENLACES DE BACKBONES SECUNDÁRIO E ALTERNATIVO DO SIC .....	68
FIGURA 11 – TOPOLOGIA DA REDE SIC.....	69
FIGURA 12 – NODAL BETIM .....	72
FIGURA 13 - NODAL SERRA DA PIEDADE .....	73
FIGURA 14 – NODAL SANTO ANDRÉ.....	73
FIGURA 15 – NODAL SERRA VERDE.....	74
FIGURA 16 - – NODAL VESPASIANO.....	74
FIGURA 17 – NODAL CBMMG .....	75
FIGURA 18 – NODAL CACHIMBO.....	76
FIGURA 19 – NODAL CENTELHA 1 (SETOR 1).....	76
FIGURA 20 – NODAL CENTELHA 1 (SETOR 2).....	77
FIGURA 21 – NODAL CENTELHA 1 (SETOR 3).....	77
FIGURA 22 – NODAL CENTELHA 2 .....	78
FIGURA 23 – NODAL FIAT .....	78

FIGURA 24 – NODAL MONTANHÊS (SETOR 1).....	79
FIGURA 25 – NODAL MONTANHÊS (SETOR 2 E 3) .....	79
FIGURA 26 – NODAL NEVES .....	80
FIGURA 27 – ESTRUTURA BÁSICA DO SPVM .....	85
FIGURA 28 - CONFIGURAÇÃO BÁSICA DO SPVM.....	86
FIGURA 29 – ACESSO À REDE PRODEMGE.....	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPARAÇÃO ENTRE O H.323 E O SIP ..... 52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3 GPP2	3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project 2.
3GPP	3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project
AIP	All-IP Network
AM	Modulação em Amplitude
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
API	Application Programming Interface
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASN.1 PER	Abstract Syntax Notation One Packed Encoding Rules
ATA	Analog Telephone Adaptor
ATM	Assynchronous Transfer Mode
ATYM	Assynchronous Transfer Mode
BGPM	Boletim Geral da Polícia Militar
BHTrans	Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte
BPM	Batalhão de Polícia Militar
bps	Bit por segundo
CAMG	Cidade Administrativa de Minas Gerais
CAT 6	Categoria 6
CDMA2000	Code Division Multiple Access 2000
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CG	Comando Geral
Cia Mamb	Companhia de Meio Ambiente
CIAD	Centro Integrado de Atendimento e Despacho
Codec	Codificador e Decodificador
CD	Compact Disc
CPCT	Central Privada de Comutação Telefônica
CTBC)	Data Net Telecomunicações Ltda.
CTS	Centro de Tecnologia em Sistemas
CTT	Centro de Tecnologia em Telecomunicações
DAL	Diretoria de Apoio Logístico
DD	Direct Detection
DDD	Discagem Direta a Distância

DDI	Discagem Direta Internacional
DDR	Discagem Direta a Ramal
DiffServ	Differentiated Services
DiffServ,	Differentiated Services
DITEL	Diretoria de Telecomunicações da Polícia Civil
DTS	Diretoria de Tecnologia e Sistemas
EHF	Extremely Hight
EIRP	Effectiv isotropic Radiated Power
Embratel	Empresa Brasileira de Telecomunicações S/A
EMPM/4	Seção de Logística e Tecnologia do Estado Maior
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FIFO	Firt-In First-Out
FR	Frame Relay
GHz	Giga-Hertz
GI	Graded-index
GK	Gatekeeper
GMT	Greenwich Mean Time
GSM	Global System for Mobile Communications
HF	Hight Frequencies
HN	Home Network
HPM	Hospital da Policia Militar
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IAX	Inter-Asterisk Exchange
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IM	intensity Modulation
IMS	Multimedia Subsystem
IMS	IP Multimedia Subsystem
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunications Union
ITU-T	International Telecom Standardization- Telecommunication

	Standardization Sector
kbps	Quilobit por segundo
kHz	Quilo-hertz
LAN	Local Área Network
LED	Light-Emitting Diode
LPCD	Linhas Privadas de Comutação de Dados
Mbps	Megabit por segundo
MC	Multipoint Controller
MCU	Multipoint Control Unit
MEGACO	Media Gateway Control Protocol
MG	Media Gateways
MGC	Media Gateway Controller
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MMF	MultiMode Fiber
MMUSIC,	Multipart Multimedia Session Control
MP	Multipoint Processors
MP-BGP	Multiprotocol Border Gateway Protocol
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPLS,	Multi Protocol Label Switching
NAT	Network Address Translation .
NGN	Next Generation Networks
NGN	Next Generation Networking
OC	Ondas Curtas
OM	Ondas Médias
OSI	Open Systems Interconnection
OSPF	Open Shortest Path First
PABM	Posto de Atendimento de Bombeiro Militar
PABX	Private Automatic Branch Exchange
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PMMG	Polícia Militar do Estado de Minas Gerais
PoE	Power over Ethernet
PPDR	Proteção Pública e Assistência a Desastres
PPP	Point to Point Protocol
PRODEMGE	Companhia de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais

PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RAS	Registration/Admission/Status
RF	Radiofrequência
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
ROTAM	Rondas Táticas Metropolitana
RTCP	Real-time Transport Control Protocol
RTFC	Rede Telefônica Fixa Comutada
RTP	Real-time Transport Protocol
S/MIME	Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions
SEDS/MG	Secretaria de Estado de Defesa Social de Minas Gerais
SG	Signaling Gateway
SHF	Super High Frequencies
SI	Step-Index
SIC	Sistema Integrado de Comunicação
SIDS	Sistema Integrado de Defesa Social
SIP	Session Initiation Protocol
SLA	Service Level Agreement
SMF	Single Mode Fiber
SMP	Serviço Móvel Pessoal
SMTP	Simple Mail Transport Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
SPVM	Serviço de Patrulhamento Vídeo Monitorado
STFC	Serviço Telefônico Fixo Comutado
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
THz	Tera Hertz
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TLN PCS S/A	Telemar Norte Leste S/A
TLS	Transport Layer Security
ToIP	Telefonia sobre IP
ToS	Type of Service
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UC	Unified Communications

UDP	User Datagram Protocol
UEAp	Unidades de Execução de Apoio
UEOp	Unidade de Execução Operacional
UHF	Ultra Hight Frequencies
UIT	União Internacional de Telecomunicações
URI	Universal Resource Indicators
URL	Uniform Resource Locator
UTP	Unshielded Twisted Pair
VHF	Very Hight Frequencies
VN	Visited Network
VoIP	Voice over Internet Protocol
VRF	Virtual Routing and Forwarding
W.W.W.	Word Wilde Web
WAN	Wide Area Network
W-CDMA	Wide-Band Code-Division Multiple Access
WLAN	Wireless Local Area Network.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
RESUMEN.....	8
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	12
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 VOZ SOBRE INTERNET PROTOCOL: UMA ABORDAGEM TEÓRICA .....	29
2.1 Voz sobre IP (VoIP).....	36
2.1.1 Arquiteturas básicas .....	37
2.1.1.1 O serviço conversacional de VoIP ponto a ponto.....	37
2.1.1.2 O serviço conversacional de VoIP com servidores VoIP ( <i>gateway</i> ).....	38
2.1.1.3 O serviço conversacional de VoIP híbrido .....	38
2.1.1.4 Redes IP de Multiserviços .....	39
2.2. A Recomendação H.323.....	39
2.2.1 Estabelecimento de Chamada no H.323.....	43
2.3 Session Initiation Protocol (SIP) .....	45
2.3.1 Arquitetura do SIP .....	46
2.3.2 Funcionamento do Protocolo SIP .....	47
2.3.3 Código de Resposta do SIP.....	48
2.3.4 Cabeçalho SIP.....	49
2.3.5 Autenticação SIP .....	50
2.4 Comparação entre o H.323 e SIP .....	51
2.5 <i>Media Gateway Control Protocol</i> (MGCP).....	52
2.6 MEGACO/H.248 .....	53
2.7 O Inter-Asterisk Exchange (IAX) .....	54

3 VOIP NA CIDADE ADMINISTRATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS .....	55
3.1 Topologia e Estruturação da rede na CAMG.....	56
3.2 O Sistema de Telefonia IP na CAMG.....	58
3.3 Camadas lógicas .....	59
3.3.1 Camada <i>Core</i> .....	60
3.3.2 Camada de Distribuição .....	60
3.3.3 Camada de Acesso .....	60
3.3.4 Conexões e cabeamento estruturado da rede .....	62
4. REDES DA PMMG .....	65
4.1 O Sistema Integrado de Comunicação (SIC) .....	65
4.1.1 Características Gerais do Sistema.....	65
4.1.1.1 <i>Backbones</i> .....	66
4.1.1.2 Estações Terminais.....	68
4.1.1.3 Rede Lógica .....	68
4.1.2 Infraestrutura .....	70
4.1.2.1 Unidades Servidas pelo SIC .....	72
4.1.3 Tecnologias Empregadas .....	80
4.2 O Anel Óptico .....	81
4.2.1 Sistema Óptico .....	81
4.2.1.1 Fibras Multimodo (MMF <i>MultiMode Fiber</i> ) .....	82
4.2.1.1.1 Fibras Multimodo de Índice Degrau .....	82
4.2.1.1.2 Multimodo de Índice Gradual.....	82
4.2.1.2 Fibras Monomodo (SMF - <i>Single Mode Fiber</i> ) .....	83
4.2.2 O Sistema de Patrulhamento Vídeo-Monitorado (SPVM) .....	83
4.3 Linha Privada de Comutação de Dados (LPCD).....	86
4.4 Rede de Telefonia da PMMG.....	88
5 METODOLOGIA UTILIZADA .....	91

6 VIABILIDADE DA CONVERGÊNCIA DAS REDES DA PMMG POR MEIO DA VoIP .....	94
6.1 Perspectivas Estaduais.....	94
6.2 Viabilidade Técnica do VoIP na Convergência e Unificação de Redes .....	95
6.3 Convergência e Unificação das Redes PMMG .....	99
7 CONCLUSÃO E SUGESTÕES.....	103
REFERÊNCIAS .....	105

## 1 INTRODUÇÃO

A tendência atual é o desenvolvimento de uma rede mundial de multiserviços que trafegue diferentes tipos de sinais, com qualidade suficiente e tarifas proporcionais às necessidades de cada usuário. De acordo com Colcher et al (2005, p.6) uma rede multiserviços é uma rede capaz de trafegar diferentes serviços em telecomunicações e computação integrados, tais como voz, dados e imagem. Uma rede com tais características substituiria a rede telefônica, as redes de transmissão de dados e ainda seria capaz de transmitir os canais de televisão, ou qualquer outro tipo de serviço com uma coordenação e controle à distância.

Tal rede poderá ser denominada de “*rede integrada*”, ou seja, uma rede capaz de transportar sinais provenientes das mais variadas redes e sub-redes. No momento, em termos mundiais, esta rede está em desenvolvimento, com o estabelecimento de *backbones* de alto desempenho, capazes de interligar a rede telefônica digitalizada, a *Internet* e outros serviços.

*Backbone* é um termo originário da língua inglesa cuja tradução para o português é espinha-dorsal, coluna vertebral. Na Engenharia de Telecomunicações é entendido como a rede principal por onde trafegam os dados das demais sub-redes. Por ser a rede principal, o *backbone* captura e transmite informações de várias redes menores que se conectam a ele. Quando o usuário envia um e-mail, por exemplo, essa informação vai de sua rede local para o backbone e, então, é encaminhada até a rede de destino. O mesmo acontece quando este mesmo usuário acessa informações em um portal: elas, obrigatoriamente, passam pelo *backbone* até chegarem à rede local do usuário.

Entende-se por rede local o suporte de comunicação para interconexão de equipamentos numa área restrita. Esta interconexão de equipamentos tem por objetivo viabilizar o compartilhamento dos recursos computacionais de *hardware*, *software* e de informação. Uma rede local é composta de equipamentos que servem de interface aos usuários, tais como computadores, impressoras, terminais, servidores especializados interligados entre si por meio de cabo coaxial, par trançado, fibra ótica ou mesmo radiofrequência (redes sem fio). A função da rede local de comunicação é permitir a troca de informações entre usuários.

Vê-se que a *Internet* incorporou ao cotidiano da sociedade mundial e, especificamente, o protocolo denominado *Internet Protocol* (IP) vem moldando o futuro dos sistemas de rede. Por meio do IP e outros protocolos, o transporte de dados e telecomunicações podem ser feitos em uma única infra-estrutura de rede, de forma eficiente.

Para dar suporte físico à rede integrada, devem-se empregar meios, capazes de suportar a largura de faixa suficiente e compatível com as características físicas e geográficas de telecomunicações. Largura de faixa ou banda passante em telecomunicações refere à taxa de bit (*bit rate*) de transferência de dados de uma rede, ou seja, a quantidade em bits por segundo que uma rede é capaz de suportar. Mede-se em bits por segundo (bps).

A fibra óptica tem se mostrado o meio físico mais conveniente para ser utilizado em uma rede integrada, pois possuiu uma largura de faixa ilimitada sob o ponto de vista das telecomunicações e, ainda, considerando suas ínfimas dimensões, podem-se fabricar cabos com grande quantidade dessas fibras e de fácil manuseio.

Outra opção são os pares de fios trançados (par trançado) que, devido às características topográficas do local, possa impossibilitar ou dificultar o lançamento de fibra óptica ou, ainda, devido à pequena quantidade de canais, não justifica o uso de fibra.

Têm-se ainda os meios de comunicação não guiados, ou seja, que utilizam radiofrequências, quais sejam, satélites, enlaces de *High Frequencies* (HF), *Very High Frequencies* (VHF), *Ultra High Frequencies* (UHF) e microondas, o Serviço Móvel Pessoal (SMP), enlaces de ondas médias, ondas curtas e outras faixas de frequências.

HF, VHF, UHF e Microondas são as designações das faixas de radiofrequências utilizadas em sistemas de enlaces (conexão) de visibilidade para proporcionar os diversos serviços de telecomunicações. Situam-se nas seguintes faixas: HF na faixa de 3 MHz a 30 MHz; VHF de 30 MHz a 300 MHz; UHF 300 MHz a 3 GHz e; Microondas é o termo genérico, que diz respeito ao comprimento de onda das radiofrequências *Super High Frequencies* (SHF) na faixa de 3 GHz a 30 GHz e *Extremely High Frequencies* (EHF) na faixa de 30 GHz a 300 GHz; Ondas Médias (OM) e Ondas Curtas (OC) são ondas utilizadas em “serviço de telecomunicações que permite a transmissão de sons (radiodifusão sonora) ou a transmissão de sons e imagens (televisão), destinado ao recebimento direto e livre pelo público”. Denomina-se OM, “a onda modulada em amplitude (AM) cuja portadora está compreendida entre as faixas de frequências de 535 kHz até 1.650 kHz”. Denomina-se OC, a onda AM “cuja portadora está compreendida na faixa de frequência de 5.950 kHz até 26.100 kHz” (MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES).

Por meio do IP, poder-se-á assistir a integração entre as aplicações de voz e dados. Depois das mensagens escritas, difundidas, sobretudo, por meio dos chamados e-mails, a necessidade no momento é a comunicação digital de voz e os diversos recursos de multimídia baseadas nos mesmos fundamentos que tornou a *Internet* uma rede mundial.

Talvez o passo seguinte seja a transmissão de imagens e a televisão, com dependência total do protocolo feito para a *Internet*.

Desta forma, necessário se faz a ênfase na comunicação digital de voz, denominada, no inglês, de *Voice over Internet Protocol (VoIP)* que, traduzindo para o português, seria *voz sobre o Protocolo Internet*.

Partindo então desse pressuposto e a oportunidade da utilização da tecnologia de telefonia sobre IP para integrar diversas redes, com a possibilidade de prestação de multiserviços, porque não conhecer o potencial das redes de telecomunicações instaladas no Sistema de Defesa Social e vislumbrar uma integração, não só entre as instituições, mas entre as diversas redes, visto que hoje se tem: a rede de fibra óptica, denominada, impropriamente, de "*anel óptico*"; a rede denominada Sistema Integrado de Comunicação (SIC), as Linhas Privadas de Comutação de Dados (LPCD) e ainda o sistema de radio enlace, que no momento passa por revisão e já se tem a necessidade de transformar dados analógicos em grandezas expressas no sistema binário (digitalizar) e também há o sistema telefônico servido pelo Serviço de Telefonia Fixa Comutada (STFC).

O cenário, até então, é de uma rede específica para provimento de um determinado tipo de serviço.

Conhecida a tecnologia VoIP, acredita-se que se poderá empregar este saber, de forma específica, para promover a otimização, a integração e a interoperabilidade entre as diversas redes de telecomunicações instaladas, com a convergência dos diversos serviços prestados por cada uma delas. Inicialmente nas Unidades da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais situadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), para mais tarde, estender tais benefícios a todo o Sistema de Defesa Social.

Já que o VoIP se desponta como uma das soluções possíveis de integração e interoperabilidade entre redes é que se propõe o estudo sobre a otimização da rede de telecomunicações do Sistema de Defesa Social com a implantação da tecnologia *Voice over Internet Protocol (VoIP)* nas Unidades da Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG).

Desenvolveu-se esta pesquisa tendo como base as Unidades de Direção, Apoio e Execução da Polícia Militar de Minas Gerais, situadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), alcançadas e interligadas pelo anel óptico do Sistema de Patrulhamento Video-Monitorado (SPVM), pela rede do Sistema Integrado de Comunicação (SIC), pelo Serviço de Telefonia Fixo Comutado (STFC) e Linhas Privadas de Comutação de Dados (LPCD).

Pretendeu-se, então, demonstrar a viabilidade técnica para implantação da tecnologia VoIP nas Unidades de Direção, Apoio e Execução da PMMG, na RMBH, utilizando-se a infra-estrutura de redes, já implantada, no SPVM, no SIC, no STFC e a rede de dados do Sistema PRODEMGE utilizadas pela Unidades e no Sistema Integrado de Defesa Social (SIDS). Neste sentido, viabilidade é a verificação de se ter condições mínimas para a interconexão de redes, com a utilização da tecnologia *Voice over Internet Protocol*, dependendo da infra-estrutura disponível no local e sua localização; é uma avaliação da praticidade de uma solução técnica específica e a disponibilidade dos recursos técnicos. A questão é se a tecnologia proposta é prática, se poderá ou não ser empregada ou se tem disponibilidade no mercado.

Com tal proposta, tornou-se possível conhecer a tecnologia VoIP; avaliar as condições das redes de telecomunicação das Unidades da PMMG situadas na RMBH (anel óptico, o SIC, o STFC e as LPCD); constatar a viabilidade técnica de se implantar a tecnologia VoIP; verificar os protocolos necessários para se implantar o VoIP nas Unidades da PMMG abrangidas pelo *anel óptico*, pela rede do *Sistema Integrado de Comunicação* (SIC) e Linhas Privadas de Comutação de Dados (LPCD).

A tecnologia VoIP originou-se de dois segmentos de produtos e serviços complementares, a saber: 1) VoIP – convergência de voz e dados em rede e; 2) Telefonia IP

Desta forma, a rede telefônica tornou-se atrativa não só como rede de transmissão de informação, mas como rede de acesso a outras redes, possibilitando, por exemplo, acesso à rede Internet ou acesso a redes *integrated Services Digital Network* (ISDN), além de implementação de inúmeros serviços, dentre os quais, cita-se exemplificativamente, a *video-conferência*.

A relevância desta pesquisa está em conhecer a tecnologia de telefonia sobre IP e empregá-la para promover a integração das redes de telecomunicações do Sistema de Defesa Social com a possibilidade de oferecimento de multiserviços.

O Sistema de Defesa Social, conta com as seguintes redes: o anel óptico, utilizado, principalmente, para transmissão de imagens do Sistema de Patrulhamento Vídeomonitorado (SPVM), chamada popularmente de "Olho Vivo"; o Sistema Integrado de Comunicação (SIC), utilizado para transferência de Dados, sobretudo do Sistema Integrado de Defesa Social e as Linhas Privadas de Comutação de Dados (LPCD), utilizada, precipuamente, para tráfego de dados do Sistema PRODEMGE e do Sistema Integrado de Defesa Social (SIDS); o sistema de radiofrequência utilizado pelos órgãos vinculados ao sistema para prover comunicação com suas unidades móveis; e, ainda, cada órgão conta

com uma rede de telefonia fixa comutada por meio da instalação de centrais privadas de comutação telefônica.

O estudo, ora proposto, auxiliará a Seção de Logística e Tecnologia do Estado Maior (EMPM/4) e a Diretoria de Tecnologia e Sistemas (DTS) baixarem diretrizes e normas para utilização das redes, bem como, na elaboração de projeto para implantação do VoIP, para as Unidades da RMBH e do interior do Estado, com a possibilidade, ainda, de reduzir o custeio, sobretudo, no Projeto/Atividade 4.291 – Manutenção e Ampliação do Sistema de Comunicações.

A pergunta norteadora deste estudo foi no sentido de saber se o *Voice over Internet Protocol* (VoIP) é uma tecnologia apropriada para promover a interoperabilidade e para prover a convergência dos serviços prestados nas diversas redes (anel óptico, SIC, STFC e LPCD) em uso na PMMG.

Esclareceu-se como hipótese básica que a tecnologia VoIP se mostra apropriada para garantir a convergência e interoperabilidade entre as redes (*anel óptico*, SIC, STFC e LPCD) no provimento de serviços de voz, dados e imagem.

Como hipótese secundária constatou-se que a Tecnologia *Voice Over Internet Protocol* (VoIP), a ser instalada, inicialmente nas Unidades de Direção, de Apoio e de Execução da PMMG, se mostra apropriada e viável tecnologicamente.

Para facilitar a compreensão das hipóteses formuladas conceituar-se-ão os seus principais termos:

a) *Voice Over Internet Protocol* (VoIP), segundo definição dada pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) é “*um conjunto de tecnologias que utilizam a internet ou redes IP privadas para a comunicação de voz, substituindo ou complementando os sistemas de telefonia convencionais*”.

De acordo com a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), a comunicação por meio do VoIP pode se dar de três maneiras distintas, a saber: entre dois computadores pessoais, com a utilização de programas específicos e recursos multimídias – “*com acesso limitado a usuários que possuam tal programa - não constitui serviço de telecomunicações, mas Serviço de Valor Adicionado, conforme entendimento internacional*”; no âmbito de uma rede corporativa ou na rede de uma concessionária de serviços de telecomunicações, efetuada entre equipamentos que podem incluir o aparelho telefônico, caracterizando como serviço de telecomunicações, sendo necessário “*a autorização para exploração de serviço de telecomunicações para uso próprio ou para prestação a terceiros*”; e a comunicação de voz irrestrita com acesso a usuários de outros serviços de telecomunicações e numeração

específica (objeto de controle pela Anatel) é caracterizada como serviço de telecomunicações de interesse coletivo, sendo *“imprescindível autorização da Agência e a prestação do serviço deve estar em conformidade com a regulamentação”*.

b) *IP* é o acrônimo de *Internet Protocol* (Protocolo de Internet), utilizado entre redes de computadores para encaminhamento de dados (BERNAL, 2007, p. 19)

c) Unidades de Direção da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais, de acordo com a lei estadual n.º 6.624, de 18 de julho de 1975, art. 7.º, Inc. I, são aquelas que realizam: *“o planejamento geral, visando à organização da Corporação, em todos os pormenores, às necessidades de pessoal e material e ao emprego da Corporação para o cumprimento de suas missões”*.

d) Unidades de Direção Intermediária da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais definidas pelo art. art. 8.º, Inc. I, lei estadual 6.624/1975, são definidas como aquelas Unidades *“responsáveis, perante o Comandante-Geral, pela condução das respectivas Unidades, nos campos operacional e de apoio”*.

As Unidades de Direção-Geral e de Direção Intermediária compõem o Comando da Corporação, que compreende: o Comando-Geral, constituído pelas Unidades de Direção-Geral; Os Comandos Regionais de Policiamento, como Unidades de Direção Intermediária das atividades de policiamento ostensivo e especializado; as Diretorias, como Unidades de Direção Intermediária das atividades setoriais de apoio; Comissões e Assessorias. (Lei 6.624, art. 10)

e) O art. 9.º, da lei 6.624/75 define Unidades de Execução como aquelas que *“realizam atividades-fim e atividades-meio da Polícia Militar, em cumprimento a diretrizes, ordens e instruções da Unidades de Direção”*. São de dois tipos, a saber: unidades de Execução Operacional (UEOp) e Unidades de Execução de Apoio (UEAp).

Para melhor explicitar o conceito de Unidade de Execução Operacional, utilizar-se-á o conceito expresso na Diretriz para Produção de Serviços de Segurança Pública n.º 12/2.002 – CG, que regula o *“Emprego da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais para Produção de Serviços de Segurança Pública”*, publicada em Separata do BGPM n.º 028, de 16 de abril de 2.002, que, no item *“3.1.3 Estruturação básica das Unidades de Execução Operacional”* que expressa *in verbis*:

3.1.3.1 As Unidades de Execução Operacional (UEOp) serão as Unidades de Policiamento Ostensivo Ordinárias ou de Área que realizam a atividade-fim da Polícia Militar, em cumprimento às diretrizes, ordens e instruções das Unidades de Direção Geral e Intermediária, podendo se constituir em: a) Batalhões, Companhias, Pelotões e Grupos de Polícia Militar; b) Batalhões, Companhias, Pelotões e Grupos ROTAM; c) Batalhões, Companhias, Pelotões e Grupos de Polícia de Trânsito; d) Batalhões, Companhias, Pelotões e Grupos de Polícia de Guardas; e) Batalhões, Companhias,

Pelotões e Grupos de Polícia de Meio Ambiente; f) Batalhões, Companhias, Pelotões e Grupos de Polícia Rodoviária; g) Batalhões, Companhias, Pelotões e Grupos de Radiopatrulhamento Aéreo; h) Regimentos, Esquadrões, Pelotões e Grupos de Polícia Montada. (MINAS GERAIS, Separata BGPM 028, 2002)

Já as Unidades de Execução de Apoio são Unidades que compõem os sistemas especializados de apoio, existente na estrutura organizacional da Polícia Militar que abrangem as atividades especializadas para apoio nas áreas logística, de tecnologia, de pessoal, de ensino, de finanças, de saúde e de promoção social. Compõem-se basicamente dos Centros, que na área de interesse dessa pesquisa, exemplificativamente temos o Centro de Tecnologia em Telecomunicações (CTT) e o Centro de Tecnologia em Sistemas (CTS).

f) Convergência, corriqueiramente é definida como o ato de convergir, ou seja, ponto em que os objetos podem se encontrar, no entanto, para a área de telecomunicações, convergência é “a consolidação das diversas redes atuais em uma única rede capaz de suportar e dar controle a todos os serviços de tráfego” (BERNAL, 2.007, p. 18).

g) O termo rede, de acordo com Tanenbaum (2003, p. 16 – 28), é empregado na acepção tecnológica, tendo duas dimensões: a dimensão da tecnologia de transmissão e a escala. Em termos gerais, podem-se identificar dois tipos de tecnologia de transmissão, as conexões (também chamados *links* ou enlaces) de difusão e as conexões ponto a ponto.

Dá-se o nome de conexões de difusão, quando existe a possibilidade de transmitir dados a todos os terminais da rede, neste caso, tem-se o *Broadcasting*. Quando a transmissão é feita a um grupo ou subgrupos específicos de terminais da rede, denomina-se multidifusão ou *multicasting*.

As conexões ponto a ponto são aquelas que ocorrem entre pares de terminais individuais. Quando é feita, apenas entre um transmissor e um receptor, é denominada de *unicasting*.

Quanto à escala, as redes podem ser divididas em redes locais, redes metropolitanas e redes geograficamente distribuídas (ou remotas), dependendo de sua abrangência, dimensões ou distribuição geográfica. Já a conexão entre redes denomina-se de inter-rede, e o exemplo típico de inter-rede é a *Internet*. De acordo com o meio utilizado, ainda pode-se ter as redes sem fio.

h) De acordo com o art. 125 da Resolução do Comando Geral n.º 3.933, de 21 de junho de 2.007, publicada em Separata do BGPM n.º 047 de 26 de junho de 2.007, dá-se o nome de anel óptico ao meio de transmissão utilizado no Sistema de Patrulhamento Vídeo-Monitorado (SPVM), onde se utiliza a tecnologia de Circuito Fechado de Televisão (CFTV) para policiamento de logradouros públicos.

Basicamente, o SPVM é composto de Câmeras fixas ou móveis instaladas nos logradouros, um meio de comunicação e uma central de monitoramento e controle.

A imagem de vídeo é enviada na forma analógica até a central de videomonitoramento, onde é visualizado. A armazenagem da imagem é feita de forma digital.

Para interligação das câmeras que se encontram nos logradouros até a central de videomonitoramento utilizou-se como meio de transmissão fibras ópticas multimodo e monomodo (ver subseção 4.2.1.1 e 4.2.1.2).

i) O Sistema Integrado de Comunicações (SIC) foi concebido sob um conceito de rede integrada de comunicação, com configuração lógica e funcional, para atender a demanda de comunicação de voz, vídeo e dados da Secretaria de Estado de Defesa Social e os Órgãos a ela se vinculam. (POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2008, p. 24)

Foi adquirido e implantado com tecnologia digital, por meio de rádio ponto-multiponto e *backbones* com enlaces ponto a ponto na faixa de radiofrequência de 10,5 GHz, com taxa de transmissão de acordo com a necessidade de cada órgão do Sistema de Defesa Social. Permitindo o tráfego de dados em alta velocidade, estabelecimento de canais E1, voz sobre IP e imagens.

E1 é um padrão de linha telefônica digital estabelecido pela ITU-T, sendo o padrão usado no Brasil e na Europa. O E1 possui uma taxa de transferência de 2 Mbps e pode ser dividido em 32 canais de 64 Kbps cada, sendo 30 canais de telefonia e dois canais de sinalização. Grupamentos de linhas E1 abaixo de 2 Mbps é conhecida como E1 fracionários. As variantes do E1 são: E2 de 8,448 Mbps; E3 de 34,368 Mbps; E4 de 139,264 Mbps; E5 565 de 148 Mbps e DS3 de 44,736 Mbps. Grupamentos superiores formados por quatro canais E1, forma-se um E2; por quatro E2, forma-se o E3; por quatro E3, forma-se o E4 e assim sucessivamente. (CARVALHO, 2005, p. 178)

O Sistema Integrado de Comunicações (SIC) é constituído de um *backbone* principal, um *backbone* secundário e enlaces alternativos, de modo a interligar todas as Estações Terminais dos órgãos da Defesa Social.

O SIC, quando totalmente implantado, deverá prover infra-estrutura física e lógica, para que todos os serviços da área fim, tais como: correios eletrônicos, acesso à Internet, transferência de arquivos, autenticação de usuários, integração de sistemas, gerência e segurança da informação, possam ser utilizados, padronizados e normatizados. Deverá também estar pronto para receber equipamentos de VoIP.

j) Linhas Privadas de Comutação de Dados (LPCD) é uma linha privada de dados que utiliza a rede de telefonia pública para comunicação de dados.

A Linha Privada de Comutação de Dados (LPCD) é um serviço, prestado pelas concessionárias de Serviço de Telefônico Fixo Comutado (STFC), destinado à interligação de dois ou mais pontos, permitindo a conexão de equipamentos, troca de dados em velocidades que podem variar de 1,2 kbps a 2 Mbps. (PELISSON, p. 1)

Este serviço permite que os usuários interliguem suas redes locais de computadores. As LPCD são utilizadas em interligações ponto-a-ponto com tráfego de dados constante.

Por serem independentes de protocolos, são utilizadas para: interligação de computadores e de redes locais dispersas geograficamente; transferência de arquivos e imagens; construção e atualização de base de dados remotos; criação de intranet; correio eletrônico entre as unidades. Permite a troca de informações em tempo real e integrada entre as diversas Unidades, possuindo preço fixo mensal independente do volume de dados trafegados.

As LPCD na Polícia Militar de Minas Gerais são utilizadas no sistema de grande porte PRODEMGE, bem como, para permitir que as diversas Unidades tenham acesso à *Internet*, *Intranet* PM, ao Sistema Integrado de Defesa Social (SIDS).

Não constitui objetivo desta pesquisa descrever a tecnologia VoIP minuciosamente, para tanto poder-se-á consultar os autores constantes na referência e que constituem a base deste estudo, pois apresentam detalhadamente esta tecnologia, de forma compreensível para especialistas da área como para leigos. O que se deseja é conhecer o potencial (capacidade, conjunto de qualidades) da tecnologia VoIP na interoperabilidade entre redes e a possibilidade da convergência dos serviços de imagem, voz e dados.

Ainda se faz oportuno, esclarecer que o interesse por este tema nasceu da experiência deste pesquisador na área de telecomunicações, visto que é graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/MG) e também Pós-graduado em Sistema Modernos de Telecomunicações pela Universidade Federal Fluminense, onde desenvolveu trabalho semelhante sobre QoS em VoIP.

Assim, para compreensão do tema, esta pesquisa foi dividida em 7 seções: a seção 1 apresenta o tema, sua relevância para o mundo acadêmico e para a PMMG, expõe acerca do problema e por meio das hipóteses formuladas procura mostrar possíveis soluções e enumera os objetivos desta pesquisa; a seção 2 apresenta uma abordagem teórica sobre a tecnologia VoIP; a seção 3 discorre sobre a tecnologia VoIP na Cidade Administrativa do

Estado de Minas Gerais; a seção 4 descreve as redes utilizadas na PMMG para transporte de voz, dados e imagem; a seção 5 apresenta a metodologia adotada; a seção 6 apresenta uma análise sobre a viabilidade técnica do VoIP para prover convergência e Interoperabilidade entre redes e serviços; a seção 7 apresenta a conclusão do estudo.

Complementando a pesquisa, na sequência, constam as referências consultadas para elaboração deste trabalho.

## 2 VOZ SOBRE INTERNET PROTOCOL: UMA ABORDAGEM TEÓRICA

A tecnologia VoIP, no estudo pretendido, tem como teoria de base Bernal (2007), Chowdhury (2002), Colcher (2005), Hersent; Gurle; Petit (2002), Shepard (2007) e Tanenbaum (2003). Estes autores apresentam os conceitos básicos da tecnologia VoIP e partem do pressuposto que esta tecnologia traz novas perspectivas para se ter uma “rede convergida”, com a inclusão de recursos de multiserviços, como voz, vídeo e dados.

Estes autores apresentam uma série de novas tecnologias que atendam às exigências dos destinatários do serviço de transporte da voz, que tradicionalmente, estão acostumados a estabelecer uma conversação no telefone com clareza de percepção e confiabilidade. Para tanto, o desafio que nos apresentam é transformar esta comunicação, que em grande escala é feita de forma analógica, em digital, com o encapsulamento “*da mesma carga real na rede convergida*” com qualidade e confiabilidade (CHOWDHURY, 2002, p.7).

A sigla Voz sobre IP (VoIP) deriva do inglês *Voice Over IP* que é a tecnologia que permite a digitalização e codificação de voz em pacotes, em tempo real, por meio de redes baseada na comutação de pacotes *Internet Protocol* (IP). Pacote pode ser entendido como um conjunto finito de *bits* passíveis de serem transmitidos por meio de uma rede de comutação. O dicionário Michaelis define *bit* como a abreviação de *Binary Digit* (dígito binário), sendo a menor unidade de informação processada por um microcomputador. Um *bit* pode ter o valor binário: 0 ou 1. Informações mais úteis são obtidas pela combinação de *bits* consecutivos em escala maior, como quatro bits que formam um *nibble*, e oito bits formam um *Byte*. Quando se diz que um equipamento possui 8, 16 ou 32 bits, está se referindo à capacidade de processamento por vez deste equipamento

Para estes autores o termo VoIP e telefonia IP são termos distintos. Sendo que VoIP é um termo utilizado para referir-se às técnicas de empacotamento e transmissão de amostras de voz sobre redes IP e aos mecanismos de sinalização que permitam o estabelecimento de chamadas telefônicas nessas redes. Já o termo Telefonia sobre IP (ToIP) é empregado para referir-se a aplicação de tecnologias de VoIP na transmissão e na sinalização, com o oferecimento de serviço com eficiência e qualidade similar à telefonia convencional. Apresenta-se como solução para convergência de serviços de voz dados e imagem.

Os pressupostos teóricos destes autores representam uma base de análise fértil para o estudo sobre a Tecnologia VoIP e possibilita verificar se tal tecnologia se mostra apropriada para a convergência e interoperabilidade entre as redes instaladas nas Unidades da PMMG, situadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, tal como se propõe na

lógica investigativa do método dedutivo, já que o objetivo é a comparação de uma situação particular (anel óptico, SIC e LPCD), frente a uma tecnologia que se mostra viável para prover serviços de imagem, voz e dados, de forma convergente.

A tecnologia VoIP, conforme mencionado anteriormente, originou dois segmentos de produtos e serviços complementares a saber: 1) VoIP – convergência de voz e dados em rede *Wide Area Network* (WAN), utilizando o *Asynchronous Transfer Mode* (ATM), *Frame Relay* (FR) ou mesmo o *Point to Point Protocol* (PPP) para a transmissão de voz, com o objetivo de reduzir custos em telecomunicações; 2) Telefonia IP – dispositivos para telefonia baseados em IP, operando em *Local Area Network* (LAN) e visando a facilidade de uso, integração e aumento da produtividade.

Na telefonia IP as amostras de voz são acumuladas em pacotes e enviadas pela rede IP. Este envio pode ser encaminhado sem compressão, resultando numa taxa de 64 kbps, tal como na telefonia tradicional. No entanto, pode ocorrer a compressão, resultando em taxas de voz até 5,3 kbps, assim é possível minimizar a largura de banda utilizada. Esta tecnologia, por ser baseada em comutação de pacotes, estando sujeita a ocorrência de diversos problemas, os quais afetam a qualidade de serviço, tais como: perda de pacotes; atrasos na entrega de pacotes; variação de atraso ou *Jitter*. Os mecanismos de compressão de voz visam a otimização da utilização da largura de banda para a sua transmissão e são realizados pelos conversores analógicos/digitais, denominados de CODEC.

No entanto, a melhoria na qualidade da voz e o aparecimento de novas tecnologias contribuíram para o aumento da utilização da VoIP. Os protocolos de sinalização VoIP tiveram um papel vital no aumento de confiança desta tecnologia. Tais protocolos não só permitem o funcionamento da rede VoIP, como controlam todas as conexões na rede, criando um caminho fixo garantido sobre redes não orientadas à conexão. Assim, os protocolos fundamentais para a implementação de uma solução VoIP, os conceitos gerais do TCP/IP, endereçamento IP e dos protocolos de sinalização H.323 e *Session Initiation Protocol* (SIP) e a sua importância na tecnologia VoIP, merecem ser conhecidos pois são eles que tornaram viável esta tecnologia.

A rede orientada à conexão se baseia no estabelecimento precípua de uma conexão para se proceder a uma comunicação, semelhantemente ao utilizarmos a linha telefônica para fazermos uma ligação, ao passo que a rede não orientada à conexão acontece quando cada mensagem, que irá trafegar pela rede, carrega o endereço de destino completo, sendo roteado por meio do sistema até o seu destino final. A rede não orientada à conexão se assemelha aos serviços prestados pelos correios, onde cada mensagem carrega o endereço completo do destinatário, possibilitando sua entrega.

As redes baseadas no Internet Protocol (IP), onde existe a circulação de pacotes, também designados por datagramas de tamanho variáveis, são redes não orientadas à conexão. Neste tipo de rede, a informação é transferida entre duas entidades sem que seja estabelecida uma ligação prévia. Os níveis da camada superior do modelo de referência Open Systems Interconnection (OSI) da ISO, podem ser orientados à conexão ou não. O IP é um protocolo de rede (nível 3 da camada OSI) que contém informação de controle permitindo aos datagramas serem encaminhados, de uma forma não ordenada, com a garantia do melhor esforço para a entrega no destino.

Uma mensagem pode conter vários datagramas, que são ordenados no destino. Tipicamente, o tráfego IP é transmitido por meio de um enfileiramento de pacotes, onde o primeiro a chegar é primeiro a sair ( *First-In First-Out* – FIFO). Estes pacotes, de tamanho variável, permitem a transferência de arquivos maiores para uma melhor eficiência da rede.

O modelo de referência OSI, resultou do projeto conduzido pela *International Organization for Standardization* (ISO), durante os anos 70 e 80, com o objetivo inicial de desenvolver um padrão para interligação de sistemas abertos, sem pleno êxito, no entanto, desse esforço nasceu um modelo rico em conceitos e termos de comunicação entre sistemas, aplicáveis aos sistemas de comunicação existentes na atualidade. O desenvolvimento de sistemas abertos permite que uma diversidade de aplicações utilize uma variedade de equipamentos, acabando com a exclusividade de um único fabricante, permitindo a escolha de equipamentos baseados em suas funcionalidades e capacidades. No entanto, os sistemas abertos apresentam como principal desvantagem, o nível de complexidade.

O modelo de referência OSI agrupa as funcionalidades de comunicação em sete camadas, de acordo com critério de afinidade, abrangendo aspectos que vão desde o equipamento de interface com meios físicos, até aos protocolos de aplicação. As redes Internet são baseadas no *best-effort* (melhor esforço), o que indica que cada nó da rede executa o melhor esforço para enviar os pacotes ao seu destino, não garantindo uma transferência confiável da informação.

O protocolo IP não executa funções de recuperação de erros, que ficam a cargo dos níveis de camada superiores (transporte ou aplicação), fazendo com que as funções desta camada sejam simples com a exigência de poucos recursos por parte dos roteadores de rede, pode-se desta forma reafirmar que o protocolo IP faz o *melhor esforço* para entregar as informações, indistintamente, da melhor maneira que a rede em dado instante permitir, tratando todos os dados trafegados da mesma maneira, o que equivale a dizer se a capacidade da rede for reduzida, podem acontecer os atrasos. Esta abordagem tem, no

entanto, implicações em termos de qualidade de serviço oferecida pela Internet, levantando alguns problemas quando se pretende utilizar esta rede para o suporte de aplicações que exijam uma melhor qualidade de serviço.

No entanto, a partir da idéia de integração de Serviços, o cenário vislumbrado passa a ser diferente. o que se deseja é *“uma única infra-estrutura para oferecer vários serviços simultaneamente (a idéia de serviços multimídia), cada qual com sua QoS preservada e com menor desperdício possível de recursos da rede”* (COLCHER *et al.*, 2005, p. 11).

O emprego da fibra óptica, nas últimas duas décadas, possibilitou obter taxas de transmissão melhores e com isto, os problemas de QoS passaram a ser questionados, visto que se tornou mais fácil e menos oneroso manter a capacidade de transmissão, para um tráfego intenso na rede. Tais abordagens possibilitam colocar a rede IP em posição de oferecer suporte adequado à integração de serviços. Prova disto, que duas propostas foram incorporadas pela IETF, denominadas de *“Modelo de Serviços Integrados (ou simplesmente IntServ) e Modelo de Serviços Diferenciados (ou DiffServ). Ambas as propostas têm sua importância no estabelecimento de um serviço de comunicação vocálica com qualidade.* (COLCHER *et al.*, 2005, p. 12).

Desta forma, reuniu-se autores contemporâneos, pois pretende-se apresentar uma abordagem recente da tecnologia VoIP para possibilitar a interoperabilidade entre redes e a convergência de serviços.

Especificamente, Bernal (2007) apresenta a tecnologia VoIP como uma nova realidade da telefonia, e nos apresenta um estudo completo e detalhado acerca do significado de convergência, como se processa o transporte da voz na rede mundial de computadores, conhecida como *World Wide Web (W.W.W.)*.

Denomina a tecnologia VoIP como a reinvenção da telefonia. Faz uma revisão de conceitos, expõe detalhadamente a maneira como se processa a hierarquia de comutação do Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC). Apresenta os conceitos e fundamentos sobre a comunicação em pacotes, utilizando a tecnologia do *Internet Protocol (IP)*. Expõe os protocolos que possibilitam o controle do meio físico e sinalização para estabelecimento e manutenção de chamadas VoIP, com destaque para os protocolos recomendados pela União Internacional de Telecomunicações (UIT). Também apresenta o *“Media Gateway Control Protocol (MGCP)*, que possibilita o estabelecimento de conexão entre dois pontos terminais, modificar as propriedades desta conexão ou encerrá-la, utilizado para transferência de dados de multimídia. Dá ênfase também ao *Session Initiation Protocol (SIP)* que estabelece métodos de solicitações e respostas de mensagens entre terminais IP.

Bernal (2007) tem uma visão otimista e de forma superficial discorre sobre os *“principais cenários da implementação de redes corporativas VoIP e das redes públicas de serviços de transporte e comutação de voz sobre protocolo IP, ou ainda as aplicações para os serviços públicos de telefonia sobre protocolos IP”*, segundo ele, trata-se da chamada Telefonia IP (ToIP).

Este autor, ainda, aborda os critérios para se determinar a viabilidade da implantação de redes VoIP, *“as melhorias que devem ser implementadas na rede existente para suportar esse tipo de comunicação e o método indicado para planejar e implantar redes VoIP”*. Também, apresenta informações sobre redes locais que utilizam canais de radiofrequências, com a utilização dos padrões IEEE 802.11 e IEEE 802.3. Segundo este autor, *“as redes sem fios públicas associadas ao VoIP”* trará *“uma importante modificação no cenário das comunicações de voz públicas, evoluindo para as redes multimídias.*

Bernal (2007), ainda, apresenta um *“Estudo de casos de rede e serviços IP”* em condomínios por meio de rede de distribuição óptica passiva no modo de transmissão assíncrono (ATM), com a utilização de portadoras ópticas e aplicação de *Gateway VoIP* para estabelecimento de comunicação entre telefones convencionais. Também traz a aplicação do VoIP em rede corporativa internacional e em aplicações corporativas.

Chowdhury (2002), de forma mais detalhada traz explicações sobre o protocolo IP e sua utilização para interligação de redes. Descreve com detalhes as arquiteturas do *Internet Protocol version 4 (IPv4)* e do *Internet Protocol version 6 (IPv6)* no transporte de datagramas por meio de redes interligadas. Apresenta ainda, as tecnologias e tendência das técnicas de roteamento, apresentando seus fundamentos.

Este autor apresenta a técnica de controle, segurança e os parâmetros básicos da Qualidade de Serviço (QoS), o que se pode traduzir como a capacidade de uma rede de telecomunicações exercer o controle da taxa de transmissão de dados (largura de banda), da variação no atraso da transmissão das informações (jitter) e dos tempos de latência (atraso nas transmissões) para o caso de tráfego em tempo real e interativo e melhorar as capacidades de perdas de pacotes (confiabilidade), priorizando os fluxos e evitando que a informação se perca em outros fluxos de menor prioridade. De uma maneira geral, a QoS permite melhorar o serviço para certos fluxos de informação, aumentando-se a prioridade de fluxos mais importantes e limitando outros com menor prioridade

Tendo apresentado os fundamentos teóricos essenciais para se conhecer a tecnologia VoIP, Chowdhury (2002) assim como Bernal (2007) tem uma visão otimista sobre a rede IP convergida (voz, vídeo e dados), afirmando que esta *“significa que o tráfego de*

*multiserviços é transportado por pacotes encapsulados em IP, explorando o serviço VoIP, o que considera como “componente básico do IP unificado”.*

Faz uma revisão sobre as maneiras de se modular um sinal para transmissão de informações, apresentando um estudo detalhado sobre a modulação por amplitude, por frequência, por fase e por pulso. Traz também, as recomendações da UIT sobre a digitalização da voz e imagens para transmissão por meio de serviços de dados digitais, para tanto apresenta o Codificador e Decodificador (Codec), que são dispositivos capazes de compactar e descompactar dados de voz e imagem.

Apresenta ainda, como se processa e os principais meios de transmissão de telefonia tradicional e a possibilidade de sua evolução para VoIP. A partir daí, dá uma visão geral sobre a tecnologia VoIP, sua arquitetura, e diferentemente de Bernal (2007) faz um estudo mais aprofundado dos protocolos baixados pela União Internacional de Telecomunicações para estabelecimento de uma conexão de multiserviços IP.

Colcher *et al.* (2005) optaram, em um primeiro momento, como caráter introdutório, familiarizar os leitores com *“os princípios gerais, conceitos e tecnologias que fazem parte do jargão utilizado na área de comunicação de dados e telecomunicações”* já que sua proposta é ter uma literatura voltada para leigos e especialistas. Em sequência, traz conceitos mais específicos aplicados à tecnologia de voz digital e VoIP.

Discorre sobre a codificação digital de voz e a manutenção da *Quality of Service* (QoS) em rede de comutação de pacotes, dando especial atenção às redes IP e apresenta *“os cenários em que as tecnologias de VoIP podem ser aplicadas”* de forma contextualizada. Faz a descrição detalhada dos *“dois padrões de sinalização comumente utilizados e estabelecidos para VoIP: o H.323 e o SIP”*. Trata da interoperabilidade das redes VoIP e sua utilização nos multiserviços, ou seja, a convergência. E encerra discorrendo sobre o *“futuro da integração entre as redes de telefonia fixa e móvel e das redes IP”* sob a perspectiva das recomendações da International Telecommunications - *Telecommunication Standardization Sector* (ITU-T) da *International Telecommunications Union* (ITU), da *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project* (3GPP) e da *Internet Engineering Task Force* (IETF), com destaque para a tecnologia *IP Multimedia Subsystem* (IMS) para provimento de acesso sem fio, em especial, operadoras de Serviço Móvel Pessoal (SMP) no oferecimento de novas aplicações e serviços, tais como os serviços de *“comunicação de grupos”* e *“serviços de presença”*, adotada largamente pela *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI), que revisou as especificações do 3GPP e *3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project 2* (3GPP2).

Hersente; Gurle; Petit (2002) discorrem sobre os protocolos H.323, SIP, MGCP, os fundamentos da tecnologia VoIP, enfatizando a QoS, a codificação de voz, e dá uma visão geral do que seja telefonia IP. Traz a tecnologia de VoIP de uma maneira bem técnica, o que para ele é uma tecnologia de ponta.

Shepard (2007) optou em apresentar um estudo de caso real, no *Champlain College*, situado no estado de Vermont (USA) sobre a tecnologia VoIP, apresentando os assuntos já citados pelos autores mencionados anteriormente, dando ênfase na convergência.

Tanenbaum (2003) apresenta um estudo exaustivo sobre redes de computadores, os fundamentos técnicos e históricos da evolução da tecnologia da informação, descrevendo com detalhes acerca da hierarquia entre protocolos, serviços orientados a conexão e serviços sem conexão, o relacionamento entre serviços e protocolos, os modelos de referência denominados *Open Systems Interconnection (OSI)*, *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)*. Descreve com precisão cirúrgica todas as camadas de cada um destes protocolos. Apresenta exaustivamente as técnicas empregadas para garantir a segurança de redes, de modo que impeça terceiros não autorizados a ter acesso aos dados ali transportados. Não trata especificamente sobre uma tecnologia, mas é a base dos estudos da Tecnologia da Informação.

Conforme Bernal (2007), para se implantar os serviços de VoIP em uma rede corporativa já instalada, deve-se avaliar as possíveis mudanças que esta rede irá exigir para suportar as requisições dos serviços a serem disponibilizados.

Para ele, deve-se efetuar um planejamento metódico, com diversas etapas, tais como identificar as necessidades e metas da organização; determinar sua cultura, definir os objetivos a serem alcançados com a mudança, determinar as demandas, a topologia requerida, planejar o tráfego, estudar as vantagens e desvantagens dos protocolos existentes, tomar a decisão e efetuar a escolha da tecnologia a ser implementada.

Deve-se, contudo, anterior a qualquer outra medida, avaliar a rede existente, para se determinar a banda total e individual por canal de voz, o atraso máximo esperado para voz e a taxa de perda máxima esperada de pacotes, para então implementar as melhorias de QoS, estabelecendo uma performance mínima do serviço.

Nas etapas subsequentes, deve-se, implementar um projeto de melhoria com vistas a obter o desenho detalhado da solução, da topologia, redundâncias. Aconselhável é planejar o gerenciamento da rede com ferramentas que possibilitem a análise, segurança, suporte para usuários finais.

Para depois partir para a especificação e dimensionamento de equipamentos, delimitando os investimentos e custos de propriedade das tecnologias VoIP. Para tanto deve-se elaborar um plano de testes de interoperabilidade, um cronograma de execução, um plano de treinamento e um plano para implantação.

Segundo Bernal (2007) *“para estimar as melhorias necessárias, é preciso separá-las em duas categorias: Qualidade do Serviço (QoS) e Performance Mínima do Serviço e Cumprimento de Service Level Agreement (SLA)”*.

Já Colcher *et al* (2005) reconhecem que uma série de funções devem ser oferecidas à rede de comunicação para provisão do QoS. Segundo ele, *“as funções de provisão de QoS atuam em diferentes fases do ciclo de vida de um serviço: Solicitação de serviço; estabelecimento de contratos de serviços”*, chamado por Bernal (2007) de SLA; *“Manutenção de contratos de serviço e; Término do contrato de serviço”*.

O SLA nada mais é que o compromisso de geração de fluxos em conformidade com o que se especificou na solicitação do serviço, para tanto se pode empregar mecanismos estáticos ou dinâmicos.

Chamou de estático a carga administrativa empreendida pelo administrador da rede, que na maioria das vezes é proibitiva e, de dinâmica a carga administrativa imposta pelo administrador, sendo variável e imposta de acordo com a demanda, ou seja, ao tráfego gerado pelos fluxos das aplicações e a especificação da QoS esperada.

Estabelecido tais contratos de serviço, a rede deverá manter o nível de serviço por meio de mecanismos apropriados, isto requer um constante monitoramento da rede, procurando garantir sua segurança no sentido que não se transporte pacotes que não estejam em conformidade com o perfil de tráfego estabelecido, evitando assim, comprometer os fluxos de pacotes que estejam em conformidade. A rede em si, deve ser capaz de *“autofiscalizar-se”*, respondendo prontamente às altas demandas ocasionais, sem, contudo, degradar a QoS fornecida.

O cenário, então, na PMMG e em toda a Administração Pública do Estado de Minas Gerais é de uma rede específica para provimento de um determinado tipo de serviço, no entanto, com a criação da Cidade Administrativa do Estado de Minas Gerais, no bairro Serra Verde, região norte de Belo Horizonte, tal realidade se mostra que está prestes a sofrer alterações.

## **2.1 Voz sobre IP (VoIP)**

A tecnologia VoIP possibilita desde um serviço conversacional até uma rede IP de multiserviços.

Serviço conversacional, segundo Colcher (2005, p.146), é “o serviço essencialmente destinado à comunicação de voz” semelhante ao Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) com suas facilidades, “com a participação de pelo menos um interlocutor ligado a uma rede IP”. Segundo este mesmo autor, rede IP de multiserviços, trata-se de “uma rede única de próxima geração construída sobre uma diversidade de tecnologias de transporte [...] sobre as quais podem ser implantados diferentes serviços de comunicação” de forma integrada, tanto de voz, dados e vídeo.

## 2.1.1 Arquiteturas básicas

### 2.1.1.1 O serviço conversacional de VoIP ponto a ponto

O serviço conversacional VoIP ponto a ponto é a arquitetura, onde os interlocutores utilizam de equipamentos, dotados de codificadores e decodificadores de áudio e interfaces conectadas a uma rede local IP e ao Sistema de Telefonia Fixo Comutado (STFC), ou ainda a um provedor de Internet, para estabelecerem uma ligação. Estes equipamentos são denominados de terminais, podendo ser um software com *Application Programming Interface* (API) de captura e reprodução de áudio e de comunicação IP, de forma que possam transmitir e receber amostras de áudios digitalizados e na forma de datagramas IP, denominados de *softphone*. Podem-se usar, além de microcomputadores, equipamentos específicos, conhecidos como telefones IP, que têm a capacidade de codificar e decodificar sinais de voz como “fluxos de áudio digital, bem como transmitir e receber esses fluxos em uma rede IP, de modo análogo a softphones”. Pode-se empregar ainda, os “adaptadores de telefones analógicos (*Analog Telephone Adaptors – ATAs*)”, os quais permitem a conexão de um telefone convencional a um microcomputador ou diretamente à rede IP. Uma ATA é um conversor analógico digital de sinal de voz. Com a utilização desta tecnologia pode-se estabelecer uma chamada de voz com base no endereço IP do receptor. (COLCHER *et al.* p. 146)

Uma ligação VoIP ponto a ponto necessita apenas de estar conectado a uma rede para que se inicie uma sincronização de amostras de áudio e um fluxo por esta rede, utilizando o protocolo IP. Serviços mais complexos, tais como redirecionamento de chamadas, audioconferências, auto-atendimento eletrônico, serviços unificados de mensagens (*voice-mail*) e outros, exigem que os terminais possuam protocolos de sinalização, que estabeleçam chamadas entre os terminais, sobre os quais são oferecidos multiserviços. A recomendação da ITU H.323 e o SIP são os padrões típicos, de sinalização VoIP entre terminais.

### 2.1.1.2 O serviço conversacional de VoIP com servidores VoIP (*gateway*)

Para interligação da rede IP com o STFC se utiliza Gateways de voz e gateways de sinalização.

Entende-se por *gateway* uma interface intermediária que sirva para interligar redes ou sistemas que utilizam protocolos de comunicação diferentes, compatibilizando-o. No caso de VoIP, temos os *gateways* de gerência, os de *gateways* de voz e *gateways* de sinalização.

O *gateway* de gerência é o responsável em disponibilizar funções que necessitam estar disponíveis, ainda que os terminais VoIP estejam inoperantes. Este tipo de Gateway centralizará o oferecimento de funções, tais como: controle de acesso, banda passante, roteamento de chamadas. (COLCHER *et al.*, 2005, p. 147)

O *gateway de voz* é a interface responsável em fazer a interoperabilidade entre a rede IP e o STFC. Tem como funções a codificação e decodificação digital de voz, a transcodificação entre formatos digitais, transmissão de amostras de voz em datagramas IP. Os *gateways* de voz incluem: os *gateways* residenciais são para interligar interfaces analógicas do STFC em residências, para o STFC não passa de um terminal telefônico da rede de assinantes; *gateways* de acesso para interligação de centrais telefônicas analógicas ou digitais do STFC; *gateways* de *trunking* para interligar troncos digitais ou analógicos equiparam-se a uma central de trânsito no STFC; *gateways* de voz sobre redes *Asynchronous Transfer Mode* (ATM), interface do STFC com as redes ATM. (COLCHER *et al.*, 2005, p. 147)

*Gateways* de sinalização lidam com o “*tratamento de pedido de estabelecimento de chamadas*” que parte do STFC com destino aos equipamentos da rede VoIP, e vice-versa. Entre suas funções, temos: que a “*conversão da sinalização traduz mensagens ou tons especiais de sinalização*” utilizados no STFC para sinalização VoIP; “*controle de gateways de mídia*” que efetuam o “*controle da lógica de funcionamento dos gateways de mídia, requisitando a geração de sinais nas linhas telefônicas (tom de discagem, ocupado etc.) ou sendo notificado a respeito de eventos disparados nas mesmas (fone fora de gancho, número discado etc)*”. A sinalização feita pelos gateways de sinalização utiliza dos protocolos MGCP e Megaco/H.248. (COLCHER *et al.*, 2005, p. 149).

### 2.1.1.3 O serviço conversacional de VoIP híbrido

Envolve as arquiteturas anteriores onde os interlocutores originam e recebem chamadas de um telefone padrão e/ou um microcomputador, ou entre telefones do STFC. Para tanto se utiliza *gateways* de controle, de sinalização e de voz. Em tais situações, deve-se ter um serviço de mapeamento ou translação de endereços IP em números telefônicos.

#### 2.1.1.4 Redes IP de Multiserviços

Colcher *et al.* (2005) afirma que as Redes IP multiserviços personificam uma rede única, capaz de trafegar diferentes serviços de telecomunicações e computação integrados, tais como voz, dados e vídeo.

Dentro desta premissa, criou-se o conceito *IP Multimedia Subsystem (IMS)* para prover um controle maior das chamadas baseadas em IP. Como protocolo de sinalização escolheu-se o SIP. O IMS tem uma arquitetura para permitir mobilidade, sendo úteis para as concessionárias de Serviço Móvel Pessoal (SMP). O sistema IMS é composto de um conjunto de redes que podem ser acessadas pelos terminais, as quais se classificam em *Home Network (HN)* ou *Visited Network (VN)*. Um terminal IMS está associado a apenas uma HN, a qual se registra. Uma vez conectado a uma rede de acesso HN ou VN, o terminal associa-se a um servidor *Proxy*, o qual passa a ser um servidor de saída. A partir daí, o terminal passa a enviar mensagens SIP de registro que são direcionadas aos servidores HN ou VN. O IMS permitirá uma arquitetura unificada de rede para oferecimento de serviços IP multimídia, com acesso o tempo todo (ubíquo) à internet.

A recomendação ITU-T Y.2001, preocupa-se em desenvolver um padrão de *Next Generation Networks (NGN)*, dado o cenário de convergência para as redes IP de multiserviços ou redes *All-IP Networks (AIPs)*. Para se conseguir a interoperabilidade de arquiteturas gerenciais a ITU-T tem se esforçado para desenvolver um ambiente de gerência para NGN, definindo padrões de interfaces de gerência interoperáveis para arquiteturas de gerências distintas expressas na recomendação M.3030. (COLCHER *et al.* 2005, p.259 – 267).

#### 2.2. A Recomendação H.323

H.323 é uma série de recomendações definidas pela ITU-T com o objetivo de padronizar a transmissão de dados em sistemas de conferência audiovisual por meio de redes comutadas por pacotes. Permite a utilização de qualquer tecnologia de enlace e topologia da rede, podendo ser a topologia ponto a ponto ou redes interconectadas. Esta recomendação vem definir os componentes que estão presentes em um sistema padrão H.323 e os fluxos de informação previstos entres tais componentes.

Segundo Colcher *et al.* (2005, p. 157) a recomendação H.323 “indica [...] os protocolos usados no transporte desses fluxos” os quais “operam nos níveis de sessão, apresentação e aplicação do modelo OSI, [...] necessitando que a rede [...] ofereça serviços de entrega fim a fim de nível de transporte”.

A recomendação H.323 estabelece procedimentos para a comunicação multimídia, entre usuários de uma rede comutada por pacotes, que não provê garantia de QoS. Para que se possa utilizar e perceber corretamente o protocolo H.323 é fundamental entender a importância e as funcionalidades dos seus componentes. Apesar da multiplicidade do protocolo H.323, o processamento é distribuído pelos seguintes componentes: terminais; *gateways*; *gatekeepers*; *Multipoint Control Units* (MCU's).

Terminais podem ser um telefone IP ou uma aplicação executada em um microcomputador pessoal, providos de recursos multimídias (*softphone*) para prover comunicação em tempo real. Pela recomendação, todos os terminais devem suportar voz e o suporte de vídeo é opcional; *gateways*, que poderá ser ao mesmo tempo de mídia e de sinalização. Tornam-se essenciais para garantir a interoperabilidade no provimento de comunicação de terminais H.323 com outros terminais de padrões da série H.3xx; *gatekeepers* que pode ser entendido como um *gateway* de gerência, sua utilização possibilita o controle centralizado do sistema, uma vez que provê serviços de controle de chamada e registro de todos os pontos finais (COLCHER *et al*, 2005, p. 159).

Um *gatekeeper* é também responsável pela gerência de banda passante usada pelo sistema H.323 “na rede comutada por pacotes e a tradução entre endereços dessa rede e aliases (‘apelidos’) para pontos finais. Um alias em H.323 pode se um número de telefone ou uma URI H.323 [Universal Resource Indicators] na forma: *h323:usuário@maquina:porta;parâmetro-uri*”. um *gatekeeper* e os pontos finais que nele são registrados compõem uma zona de gerência. Este componente do sistema H.323 oferece suporte a funções de contabilidade, gerência, segurança e roteamento de chamadas (COLCHER *et al*, 2005, p. 160).

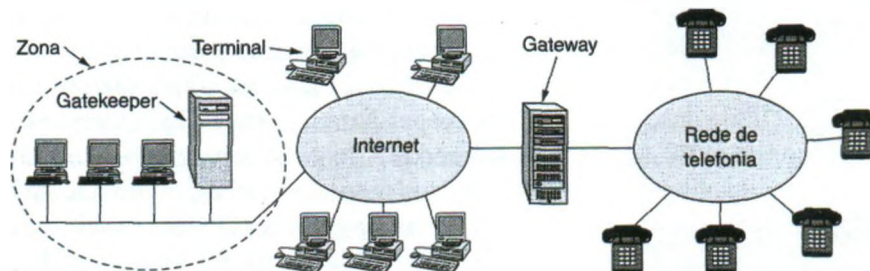
*Multipoint Control Units* (MCUs) é um componente opcional que suporta conferências entre três ou mais participantes. Um MCU consiste de um *Multipoint Controller* (MC) e zero ou mais *Multipoint Processors* (MP). É no MC que ocorre a centralização de processo de estabelecimento de chamadas multipontos e as negociações de parâmetros de comunicação entre os terminais, de forma que se determinem as capacidades comuns para o devido processamento de áudio e vídeo. Já o MP é o responsável pelo encaminhamento, chaveamento e processamento de áudio, vídeo e dados. (COLCHER *et al*, 2005, p. 161)

A recomendação H.323 depende de outros padrões, serviços e procedimentos, os quais são recepcionados por esta recomendação. Tais padrões são: o T.380, T.120, o V.150.1 que tratam acerca do transporte de dados (texto, imagens, fax, sinais de modem); o *Real-time Transport Protocol* (RTP), *Real-time Transport Control Protocol* (RTCP) que tratam sobre o transporte de áudio e vídeo; o H.245 e o H.225.0 que são protocolos de

controle e sinalização; o H.246 e H.248 que definem a interoperabilidade com redes do STFC; H.235 que trata sobre a segurança em sistemas baseados no protocolo de controle H.245; H.450.x de serviços suplementares; h.460.x que traz as extensões aos serviços de sinalização do protocolo h.255.0 e; H.501, H.510 e o H.530 que trata sobre a gerência e segurança de usuários, terminais e serviços em ambientes móveis.

Por meio da figura 1 pode-se visualizar o modelo geral constante da Recomendação H.323 da ITU. No centro existe um *gateway* que faz a conexão da Internet à rede de telefonia. A comunicação é feita por meio dos protocolos H.323 no lado da Internet e dos protocolos PSTN no lado da rede telefônica. Os dispositivos de comunicação são chamados de terminais. Uma LAN pode ter um *gatekeeper* (guardião) que controla os pontos terminais sob sua jurisdição, denominada zona (**TANENBAUM, 2.003, p. 730**).

**Figura 1 – Modelo Arquitetônico da Recomendação H.323 para VoIP**



Fonte: **TANENBAUN, 2.003, p. 731**.

Os terminais fornecem a interface usuário e o protocolo H.323, sendo responsáveis pela comunicação multimídia (áudio, vídeo e dados), bidirecional em tempo real. No caso do VoIP, os terminais H.323 são normalmente um telefone IP. No caso do vídeo, um terminal de videoconferência. Para que um dispositivo seja considerado um terminal H.323, este deverá conter: interface de rede; CODEC áudio; software H.323. Devem ainda suportar os protocolos G.711, o G.723.1 e o G.729 recomendados para aplicações onde a largura de banda seja reduzida, protocolos estes de codificação e decodificação de voz. O suporte para vídeo e dados é opcional; o uso do H.261 é obrigatório nas transmissões vídeo. Os protocolos H.245 e H.225 são usados para funções de controle, e o RTP é usado para o controle de seqüência dos pacotes.

A principal função do *gateway* é fornecer os meios para que uma rede H.323 comunique com outras redes, tipicamente a Rede Telefônica Fixa Comutada (RTFC). Para fornecer esta interoperabilidade o *gateway* é responsável pela adaptação da sinalização, controle de fluxos e conversão multimídia entre as diferentes redes. É utilizado para iniciar, manter e terminar uma chamada.

O *Real Time Control Protocol* (RTCP) é necessário para controlar os canais do RTP. Também se faz necessário um protocolo para estabelecer e encerrar conexões, fornecer tons de discagem, gerar sons de chamada e o restante da telefonia padrão. A ITU Q.931 é utilizada para este fim. Os terminais precisam de um protocolo para se comunicar com o gatekeeper (se presente). Para esse propósito, é usado o H.225. O canal do PC para o gatekeeper que ele gerencia é chamado canal RAS (*Registration/Admission/Status*). Esse canal permite que os terminais entrem e saiam da zona, solicitem e retornem largura de banda, e forneçam atualizações de status, entre outras coisas. Por fim, é necessário um protocolo para a transmissão de dados reais. O RTP é usado com esse propósito. Ele é gerenciado pelo RTCP, O posicionamento de todos esses protocolos é mostrado na Figura 2.

**Figura 2 – A Pilha de Protocolos H.323**

Voz	Controle			
G.7xx	RTCP	H.225 (RAS)	Q. 931 (Sinalização de chamadas)	H.245 (Controle de chamadas).
RTP				
UDP			TCP	
IP				
Protocolo de enlace de dados				
Protocolo da camada física				

Fonte: **TENENBAUM**, 2.003, p. 731

Os *gatekeepers* regulam todos os dispositivos terminais que podem iniciar e/ou receber chamadas. Sempre que existam gatekeepers numa rede H.323, é obrigatório que os terminais utilizem os seus serviços. A arquitetura H.323 utiliza um conceito de zona que compreende o gatekeeper e todos os conceitos que ele controla como podemos observar na figura 1. O *gatekeeper* deve providenciar a todos os dispositivos registrados, os serviços de controle de admissão, tradução de endereços e controle de largura de banda. Antes de iniciar qualquer chamada o H.323 utiliza o protocolo de Registro/Admissão/Status (RAS) para permitir que os dispositivos entrem ou saiam da zona, ou seja, autorização para efetuar chamadas. Os critérios que devem ser utilizados pelo *gatekeeper* para a autorização de chamadas não são especificados no H.323 ficando a critério da implementação. O *gatekeeper* é um dispositivo que tem o controle sobre as chamadas realizadas e/ou recebidas pelos dispositivos na zona sob a sua responsabilidade, sendo uma importante fonte de informação para fins de contabilização de chamadas.

O *Multipoint Control Units* (MCU) dá suporte necessário a conferências envolvendo mais do que dois dispositivos terminais. Controla os recursos e as negociações de CODECs

de transmissão áudio e vídeo entre diferentes terminais. Um MCU é constituído por dois componentes funcionais: O *Multipoint Controller* (MC) que manipula a negociação H.245 com todos os dispositivos que vão participar na conferência, identificando a capacidade de áudio e vídeo comum a todos, determinando assim um modo comum a ser adotado. Cada dispositivo estabelece uma sessão bidirecional com o MC; O *Multipoint Processor* (MP) que é responsável por converter informação multimídia para diferentes formatos, ou por combinar áudio proveniente de várias fontes, transmitindo o fluxo combinado para todos os dispositivos.

### 2.2.1 Estabelecimento de Chamada no H.323

O processo para estabelecer e manter uma chamada com o protocolo H.323 se reveste de certa complexidade. Para se realizar uma chamada, torna-se necessário conhecer as fases e recursos para tal fim. As diferentes fases e procedimentos para estabelecer uma ligação são: descoberta e registro; configuração da chamada; negociação sinalização de fluxo; negociação do controle de fluxo; terminar chamada.

Durante a fase de descoberta e registro o terminal tem que descobrir o *gatekeeper* (GK) e, para isso, efetua uma transmissão por difusão de um pacote *User Datagram Protocol* (UDP) de forma a descobrir o GK. O Registro é efetuado para determinar qual é a zona a que o dispositivo está associado, (zona, é um conjunto de componentes H.323 geridos por um único GK). Logo que o GK responde, o dispositivo terminal aprende o endereço IP do GK. Nesta fase, regista-se com o GK, enviando uma mensagem RAS num pacote UDP. O telefone IP volta a enviar uma mensagem RAS ao GK solicitando a largura de banda. Somente após a largura de banda ser concedida que há a possibilidade de iniciar a configuração da chamada. A idéia de solicitar a largura de banda tem como objetivo de permitir ao GK limitar o número de chamadas, evitando assim saturar a linha de saída, e desse modo oferecer a qualidade de serviço desejado.

Depois da concessão da largura de banda, o telefone envia uma chamada Q.931 de configuração por meio de uma ligação *Transmission control Protocol* (TCP). A configuração da chamada utiliza os protocolos existentes na rede telefônica, que são orientados à conexão. Esta mensagem especifica o número de telefone que está a ser chamado. O GK responde com uma mensagem Q.931 para confirmar a correta recepção da solicitação. Nesta fase o GK encaminha a mensagem de configuração da chamada para o gateway.

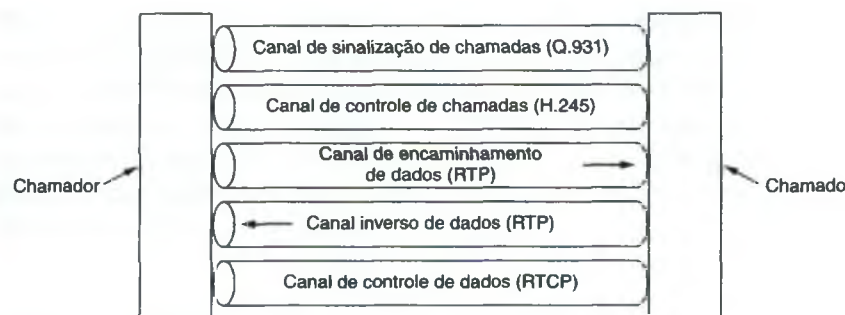
A configuração da chamada é baseada na norma ITU-Q.931 (H.225 é um subconjunto da Q.931), que fornece os meios para estabelecer, manter e terminar uma chamada. Para a configuração de uma chamada utilizando o protocolo H.323: 1. O telefone

envia uma mensagem H.225 de sinalização para o gateway, solicitando uma conexão. 2. O gateway envia uma mensagem de retorno ao telefone IP, avisando que pode avançar com a chamada; 3. O gateway envia uma mensagem RAS ao GK a solicitar autorização para a chamada; 4. O GK envia uma mensagem de retorno ao gateway indicando a autorização para a chamada; 5. O gateway envia uma mensagem H.225 ao telefone IP, alertando que a chamada foi estabelecida; 6. O *gateway* envia uma mensagem ao telefone IP, confirmando a chamada, a qual é estabelecida. Após o estabelecimento da ligação, apenas o gateway se encontra envolvido na chamada, uma vez que os pacotes seguintes ignoram o *gatekeeper* e vão diretamente para o endereço IP do *gateway*.

Neste momento, só temos um canal entre as duas partes. Trata-se apenas de uma conexão da camada física para a movimentação de bits. O protocolo H.245 é agora usado para negociar os parâmetros dos canais da camada lógica. Múltiplos canais lógicos de diversos tipos (áudio, vídeo e dados) são permitidos para uma única chamada. O H.245 abre um canal lógico para cada tipo de transferência. Os canais podem ser unidirecionais ou bidirecionais.

Cada lado começa anunciando os seus recursos, por exemplo, se pode lidar com vídeo ou conferência de chamadas, quais os CODEC são aceitos etc., depois que cada lado sabe o que o outro pode manipular, são configurados dois canais de dados unidirecionais, e também são atribuídos a cada parte um CODEC e outros parâmetros. Depois de concluídas as negociações, o fluxo de dados pode começar a utilizar o protocolo RTP. Este é gerenciado pelo RTCP, o qual desempenha uma função importante no controle de tráfego. Quando uma das partes desliga o telefone, o canal de sinalização do H.225/Q.931 é utilizado para desfazer a conexão. Quando a chamada é encerrada, o telefone IP volta a conectar-se com o *gatekeeper* com mensagem RAS de forma a proceder a liberação da largura de banda que tinha utilizado. A Figura 3 mostra os canais lógicos envolvidos durante a realização de uma chamada.

**Figura 3 – Canais Lógicos entre usuários durante a realização de uma chamada**



### 2.3 Session Initiation Protocol (SIP) <sup>1</sup>

Dada a grandeza, complexidade e inflexibilidade do H.323, ele foi classificado como um protocolo típico de empresas de telecomunicações. Por conseguinte, o *Internet Engineering Task Force* (IETF) estabeleceu o comitê *Multipart Multimedia Session Control* (MMUSIC), para elaborar um protocolo mais simples e modular de utilização de Voz sobre IP, baseado no *Simple Mail Transport Protocol* (SMTP) e no *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Obteve-se resultado o *Session Initiation Protocol* (SIP), cuja descrição encontra-se na RFC 3261. Foi projetado para interagir com outros protocolos da Internet como TCP, UDP, TLS, IP, DNS e outros. Por esse motivo oferece grande estabilidade e flexibilidade.

O SIP define os procedimentos para se efetuar chamadas telefônicas, videoconferência e outras aplicações de multimídia na Internet. Atua na camada 7 (sete) do modelo OSI, a camada de aplicação, sendo independente das camadas inferiores (camada de Apresentação, Camada de Sessão, Camada de Transporte, Camada de Rede, Camada de Enlace e Camada Física). Está baseado na arquitetura cliente/servidor, na qual o cliente inicia a chamada e o servidor responde a essa chamada.

O SIP foi projetado como um protocolo de sinalização de nível de aplicação. Por exemplo, ele define os números de telefone como *Uniform Resource Locator* (URL's), para que as páginas Web possam conter esses números, bastando apenas um *click* do mouse sobre o *link* para que se tenha o início da chamada. Podem também ser utilizados endereços IP do tipo IPv4 e IPv6 ou mesmo números de telefone reais.

O SIP é um protocolo mais recente que o H.323 que, devido a sua simplicidade, escalabilidade, modularidade e facilidade de interoperar com outras aplicações, tornou-se um protocolo atrativo para comunicações de voz sobre IP.

O SIP pode estabelecer sessões de duas partes (ligações telefônicas comuns), sessões de várias partes (onde todos podem ouvir e falar) e seções de multidifusão (com um transmissor e muitos receptores). As sessões podem conter áudio, vídeo ou dados, sendo que os dados são úteis para, por exemplo, a realização de jogos em tempo real com vários participantes. O SIP cuida apenas da configuração, do gerenciamento e do encerramento de sessões. Outros protocolos, como o RTP/RTCP, são usados para transporte de dados. O SIP é um protocolo da camada de aplicação e pode funcionar sobre o UDP ou o TCP. (TANENBAUM, 2003, p. 734)

O SIP oferece 6 (seis) tipos de serviços para iniciação e finalização de sessões multimídias, a saber: Localização do Usuário – O SIP é responsável pela localização do terminal para estabelecer a conexão; Disponibilidade do Usuário – Responsável por realizar a vontade do usuário em estabelecer um sessão de comunicação; Recursos do Usuário –

<sup>1</sup> Todo este tópico foi baseado na descrição contida em: TANENBAUM, 2003, p. 733 – 737.

Responsável pela determinação dos meios a serem utilizados; Características da Negociação – Responsável pela negociação e acordo entre as partes, quanto às funcionalidades que serão compartilhadas; Gestão da Sessão – Responsável por iniciar, terminar ou colocar em espera, sessões; Modificar Sessão – Responsável por modificar uma sessão em andamento.

O SIP é utilizado em conjunto com outros protocolos, fornecendo primitivas que podem ser utilizadas para estabelecer, modificar e terminar uma sessão. “Assim, o tratamento da sinalização de uma comunicação é independente do tratamento do transporte de mídias.” Como funções básicas do SIP se têm: “localização de uma terminação, sinalização do desejo de se comunicar, negociação dos parâmetros necessários para estabelecer uma sessão e término de sessão. (COLCHER et al, 2005, p. 190)

### 2.3.1 Arquitetura do SIP

O SIP é um protocolo fim a fim, que possui quatro componentes em sua arquitetura, a saber: *User Agent (UA)*, *Proxy Server*, *Redirect Server* e *Registrar Server*. Os três últimos elementos, trabalhando em conjunto em uma rede IP, passam a constituir uma rede SIP.

*User Agents* é a entidade do SIP que interage com o usuário. Possui a capacidade de enviar e receber requisições, assim, ele pode funcionar como *User Agent Client (UAC)* – uma aplicação cliente que inicia o pedido SIP; ou como *User Agent Server (UAS)* – uma aplicação servidor que executa o contato com o cliente quando recebe o pedido SIP e devolve a resposta em benefício do usuário cliente (UAC), enviando requisições e recebendo respostas (DUARTE; VAZ; DINAU, 2009).

Tipicamente um ponto terminal SIP pode atuar como cliente/servidor. Quem define se um ponto terminal funciona como cliente ou servidor é o usuário, no momento em que inicia o pedido. Os componentes físicos da arquitetura SIP podem ser agrupados em duas categorias: Clientes e Servidores.

Os clientes SIP incluem: telefones que podem atuar como UAS ou UAC; Microcomputadores pessoais com capacidades telefônicas instaladas (*Softphones*); *Gateways* que fornecem o controle de chamadas e uma diversidade de serviço, sendo os mais comuns os mecanismos de tradução entre os dispositivos terminais SIP com outro tipo de terminais. Esta função inclui tradução entre formatos de transmissão, definição de CODECs áudio e Vídeo e configuração de chamadas.

Os servidores SIP incluem: o *Proxy Server* é um servidor intermediário do SIP, que atua como cliente e servidor, recebendo as requisições e passando adiante para servidores

mais próximos do destino. Existem dois tipos de servidores *Proxy*, a saber: o *Stateful Proxy Server* e o *Stateless Proxy Server*. O *Stateful Proxy Server* mantém o estado das transações e permite dividir a chamada (*Fork*) para múltiplos servidores na tentativa de localizar o usuário, dessa maneira ele cria uma árvore de busca, possui maior confiabilidade, capacidade de computar o gasto do cliente e utilizam protocolo TCP. O *Stateless Proxy Server* não armazena o estado da transação apenas envia adiante as requisições e as respostas, possuindo maior velocidade, porém menos confiabilidade e incapacidade de computar gastos do cliente; o *Redirect Server* é um tipo de servidor SIP, que responde ao pedido do UA fornecendo informações sobre o usuário, não reencaminhando pedidos; o *Registrar Server* é o servidor de registro que processa os pedidos dos UACs e registra a sua corrente localização. Normalmente, este servidor encontra-se na mesma localização que o *redirect* ou *proxy server*.

### 2.3.2 Funcionamento do Protocolo SIP

O SIP é um protocolo de texto (ASCII) que se utiliza de pedidos e respostas para estabelecer comunicações entre vários componentes de uma rede.

ASCII é o acrônimo para *American Standard Code for Information Interchange* que traduzindo para o português é o Código Padrão Norte-americano para Intercâmbio de Informações. Esse código tem por objetivo padronizar os códigos para caracteres alfanuméricos. O ASCII é um código numérico que representa os caracteres, usando uma escala decimal de 0 a 127. Esses números decimais são convertidos no microcomputador para binários, sendo que cada uma das letras que for digitada corresponde a um desses códigos.

O texto ASCII consiste em um nome de método na primeira linha, seguido por linhas adicionais contendo cabeçalhos para passagem de parâmetros. Os cabeçalhos permitem ao SIP interoperar com aplicações da Internet. Os usuários de uma rede SIP são identificados por um único endereço. O endereço SIP é similar a um endereço de e-mail, ou seja, são representados como URL's que utilizam o esquema SIP, por exemplo, *sip:userID@dominio.br*. Os URL's do SIP também podem conter endereços Ipv4, endereços Ipv6 ou números de telefone.

O usuário registra o seu ID por meio do *Registrar Server*, bem como sua localização. O *Registrar Server* fornece esta informação ao servidor de localização. Quando o usuário inicia a chamada, uma mensagem SIP é enviada para o servidor *proxy* ou *redirect*. O pedido inclui o endereço do "usuário chamador" e o endereço do "usuário chamado". O usuário final

pode movimentar-se por vários sítios terminais, sendo que a localização do outro usuário poderá ser dinamicamente registrada pelo servidor SIP.

Como o SIP funciona numa arquitetura cliente/servidor e, em sua versão atual (RFC 3261), possui 6 métodos de requisição, *INVITE*, *ACK*, *CANCEL*, *OPTIONS*, *REGISTER* e *BYE*, cuja descrição são: o método *INVITE* solicita a inicialização ou estabelecimento de uma sessão. O corpo do *INVITE* contém a descrição da sessão utilizando o *Session Description Protocol* (SDP). Se um método *INVITE* for enviado durante a execução de uma sessão, ele é chamado de re-*INVITE*. Re-*INVITE*'s geralmente são utilizados para mudar parâmetros da sessão; o método *ACK* funciona como a confirmação de um *INVITE*, se o *INVITE* não contiver a descrição da sessão, o *ACK* deve conter, ou seja, confirma se uma sessão foi inicializada; o método *CANCEL* cancela todas as solicitações pendentes de resposta; o método *OPTIONS* faz uma pergunta sobre as capacidades e disponibilidade das funcionalidades do receptor, sendo que a resposta contém uma listagem com os métodos, extensões e CODEC's suportados, em outras palavras, este método consulta um *host* sobre seus recursos; *REGISTER* é utilizado por um usuário para registrar o "alias" (apelido) do seu endereço em algum servidor SIP, ou seja, informa um servidor de redirecionamento sobre a localização atual do usuário; *BYE* é o método que solicita o término de uma sessão iniciada.

### 2.3.3 Código de Resposta do SIP

Um código de resposta SIP é uma mensagem gerada por um UAS ou um servidor SIP, para responder a uma solicitação de um UAC. Existem 6 tipos de classes de Códigos de Resposta, 5 delas derivam do HTTP e a última criada para o SIP. Elas são mostradas e descritas da seguinte forma: 1xx – Classe Informacional, essa classe contém mensagens que indicam o progresso da chamada, a primeira mensagem dessa classe recebida pelo UAC, confirma o recebimento do *INVITE* pelo servidor e indica que o UAC deve parar de enviar solicitações *INVITE*; 2xx – Classe sucesso, indica a aceitação de uma solicitação, no caso de ser uma solicitação *INVITE*, deve ser enviado um *ACK* confirmando; 3xx – Classe Redirecionamento, em geral enviado por um servidor SIP de redirecionamento, serve para indicar que o destinatário não está nessa localização e informar sua nova localização. O UAC pode ser configurado para enviar um *INVITE* para nova localização sem perguntar ao usuário ou o servidor pode enviar um *ACK* e redirecionar a solicitação de *INVITE* para nova localização do destinatário; 4xx – Classe Erro do Cliente informa que houve um erro na solicitação por parte do cliente, que deverá refazer a solicitação de acordo com o erro indicado; 5xx – Classe Erro do Servidor informa que a mensagem não pode ser enviada com sucesso em decorrência de um erro com o servidor, o cliente poderá fazer essa mesma

solicitação em outros servidores; 6xx – Classe Erro Global informa que houve um erro e que essa mensagem irá falhar em qualquer servidor, portanto não deverá ser reenviada, somente servidores que possuem total conhecimento sobre o destinatário podem enviar esse tipo de mensagem.

Caso uma mensagem em particular não possa ser entendida por um UAC, ele deverá entendê-la pela descrição da classe, por exemplo, um UAC recebe uma mensagem 599 (servidor desconectado) e não compreende a mensagem, ele interpretará como a classe 5xx, erro do servidor (**DUARTE; VAZ; DINAU, 2009**).

### 2.3.4 Cabeçalho SIP

Na versão SIPv1 (RFC 2543), existiam 4 (quatro) tipos de campos de cabeçalho: geral; requisição; resposta e; entidade. Como não eram usados pelo protocolo, a SIPv2 (RFC 3261), não incluía essas classificações.

O cabeçalho SIP, em geral, segue as mesmas regras do cabeçalho *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), com o seguinte escopo: *header:field*, onde *header* é um marcador que representa o nome do campo de cabeçalho e *field* um marcador que representa a informação do cabeçalho. Ambos os marcadores são *case insensitive*, campos de cabeçalhos que não conseguem ser entendidos pelos servidores, portanto, são ignorados. Alguns exemplos de cabeçalho são mostrados abaixo, o caractere entre parênteses representa a forma simplificada de representar esse cabeçalho (**DUARTE; VAZ; DINAU, 2009**):

1) Call-ID (i) – cabeçalho indispensável numa comunicação SIP, ele serve como identificador único para uma mensagem, ele é gerado localmente de maneira randômica, contem um @ e um endereço de IP do transmissor. Exemplo de uso: i:34d54321a6cc5676@146.164.98.78

2) From (f) – cabeçalho necessário em toda comunicação SIP, ele identifica o transmissor de determinada requisição. Exemplo de uso: From:<sip:adilsonoprado@uol.com.br>

3) Date – cabeçalho não obrigatório que indica a data em que uma resposta ou requisição foi enviada, esse campo segue o padrão de data do HTTP. Exemplo de uso: Date: Tue, 27 Out 2009 10:29:00 GMT.

4) CSeq – cabeçalho obrigatório que funciona como um contador para cada requisição feita, com exceção de *ACK* e *CANCEL*. O CSeq é utilizado pelos UAS para diferenciar uma requisição nova de uma retransmissão e utilizado pelos UAC para identificar a qual requisição uma determinada resposta pertence. Exemplo de Uso: CSeq: 3 *OPTIONS*

5) *Proxy-Authorization* – Cabeçalho que contém as informações de UA solicitando autorização em um servidor *Proxy*, ele pode responder com uma mensagem 407 *Proxy Authentication Required* contendo um desafio.

### 2.3.5 Autenticação SIP

O SIP utiliza duas autenticações, uma entre um UA e um servidor e a outra entre dois UA. Um servidor pode exigir uma autenticação de UA, antes de permitir que ele utilize seus serviços. E dois UA necessitam de autenticação para garantir com quem você está realmente falando.

No SIP existem duas formas de autenticação, uma forma simples baseada no HTTP *digest* e o outro esquema envolve criptografia e troca de certificados. No HTTP *digest*, o servidor *Proxy* responde a uma solicitação de autenticação, cujo solicitante não está autenticado, com uma resposta 407 *Proxy Authentication Required* com o desafio. Após enviado o ACK, o UA solicitante pode reenviar o *INVITE* com um cabeçalho *Proxy-Authorization*, geralmente a mensagem é enviada com o mesmo *Call-id*, porém com um incremento do CSeq. UA, *redirect* e *Registrar Server* normalmente enviam a mensagem 401 *Unauthorized* para qualquer solicitação de *INVITE* sem um *Proxy-Authorization*. As credenciais de um UA geralmente são um nome de usuário e senha encriptados. Entretanto HTTP *digest* não garante a segurança, para isso deve ser usado o Transport Layer Security (TLS) ou *Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions (S/MIME)*, que são protocolos que provêm a privacidade e a integridade de dados entre duas aplicações que estejam se comunicando pela Internet, com a autenticação das partes envolvidas e da criptografia dos dados transmitidos entre elas, impedindo que terceiros não autorizados tenham acesso indevido ou falsifiquem os dados sendo transmitidos.

O TLS 1.0 é suportado pelo SIP, e se usado como transporte, permite que dois servidores *Proxy* se autenticuem mutuamente. No caso de dois servidores se autenticando o TLS é muito eficiente, porém caso seja necessário a autenticação entre mais servidores *Proxy* o S/MIME é mais eficiente.

O SIP possui uma grande variedade de outros recursos, inclusive a espera de chamadas, triagem de chamadas, criptografia e autenticação. Possuindo também a capacidade de efetuar chamadas de um computador para um terminal da RTFC, caso exista um *Gateway* apropriado disponível entre a Internet e a Rede Telefônica.

## 2.4 Comparação entre o H.323 e SIP

O SIP e H.323 foram projetados para endereçarem sessões de controle e funções de sinalização em arquiteturas de controle de chamadas. Ambos permitem comunicações com dois ou mais participantes, utilizando computadores ou telefones como pontos terminais, admitindo negociações de parâmetros, criptografia e utilizam os protocolos RTP e RTCP para transporte em tempo real e controle, respectivamente. Apesar das semelhanças, também apresentam diferenças, quais sejam:

O protocolo H.323 é constituído por múltiplos protocolos incluindo, Q.931 para a sinalização, H.245 para a negociação e o *Registration/Admission/Status* (RAS) para controle de sessões. Sendo considerado um protocolo grande, pesado, complexo e rígido, típico das empresas de telecomunicações e de difícil adaptação de soluções futuras. O SIP, por sua vez é um protocolo típico da Internet e funciona por meio de troca de mensagens simples de texto ASCII, permitindo a interoperabilidade com os outros protocolos da Internet, mas não muito bom com os protocolos de sinalização da Rede Telefônica Fixa Comutada. Por ser um protocolo altamente modular e flexível, (modelo VoIP IETF), pode ser facilmente adaptado a novas aplicações.

O SIP vem ganhando espaço sobre H.323 na telefonia IP. O protocolo H.323 é um protocolo robusto que foi inicialmente desenvolvido para aplicações multimídias em redes de comutação de pacotes, diferente do SIP, que é um protocolo simples e eficiente, baseado nos protocolos HTTP e SMTP da Internet. O H.323 possui uma complexidade muito maior que o SIP, uma vez que, utiliza diferentes protocolos e não é baseado em texto, é baseado em codificação binária *Abstract Syntax Notation One Packed Encoding Rules (ASN.1 PER)*, além de possuir uma baixa integração com outros componentes da Internet e não oferece suporte a Firewall nem *instant messenger*, pois, seu desenvolvimento inicial não teve como foco a comunicação utilizando a *Internet*.

O H.323 se mostra como um padrão poderoso e ao mesmo tempo complexo para ser utilizado na ToIP, uma vez que a tecnologia VoIP visa uma redução dos custos. Assim, o H.323 se mostra como uma solução onerosa, exigindo um esforço maior em sua implementação, diferente do SIP que é um protocolo simples, confiável e desenvolvido com foco nas comunicações via *Internet*, sendo melhor para a telefonia IP. Assim, pode-se inferir que o SIP poderá substituir o H.323 devido a complexidade deste. (DUARTE; VAZ; DINAU, 2009)

A Tabela 1, explicita as características do H.323 e SIP.

Tabela 1 – Comparação entre o H.323 e o SIP

Item	H.323	SIP
Projetado por	ITU	IETF
Compatibilidade com PSTN	Sim	Ampla
Compatibilidade com a Internet	Não	Sim
Arquitetura	Monolítica	Modular
Completeza	Pilha de protocolos completa	O SIP lida apenas com a configuração
Negociação de parâmetros	Sim	Sim
Sinalização de chamadas	Q.931 sobre TCP	SIP sobre TCP ou UDP
Formato de mensagens	Binário	ASCII
Transporte de mídia	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Chamadas de vários participantes	Sim	Sim
Conferências de multimídia	Sim	Não
Endereçamento	Número de host ou telefone	URL
Término de chamadas	Explícito ou encerramento por TCP	Explícito ou por timeout
Transmissão de mensagens instantâneas	Não	Sim
Criptografia	Sim	Sim
Tamanho do documento de padrões	1 .400 páginas	250 páginas
Implementação	Grande e complexa	Moderada
Status	Extensamente distribuído	Boas perspectivas de êxito

Fonte: TANENBAUM, 2.003, p. 736.

### 2.5 Media Gateway Control Protocol (MGCP)

De acordo com Colcher *et al.* (2005, p. 223) “*uma abordagem para simplificar terminais e gateway de mídia é separar suas funções lógicas de tratamento de formato de mídia e de tratamento de sinalização em diferentes equipamentos, e usar protocolos de controle específicos entres eles*”. Foi dentro desta premissa que surge o *Media Gateway Control Protocol (MGCP)*.

O MGCP é um protocolo para controle de gateways de telefonia por meio de elementos de controle externo chamados *media gateways controllers*. A idéia principal do MGCP é prover mecanismos que possibilitem a criação de *gateways* distribuídos, onde se

tenha a tradução de padrões e mídias de uma rede para outra. O MGCP utiliza terminais simples chamados *Media Gateways* (MGs).

*Media Gateway* é um hardware interconectado de um lado à rede de pacotes e do outro à rede de telefonia do STFC e que perfaz a conversão de protocolos entre a rede de telefonia existente (legada) e a rede TCP/IP. Pode estar situado em qualquer parte da rede (acesso, borda, núcleo) e é controlado pelo *SoftSwitch* por meio de protocolos de sinalização. Os MGs incluem: número de portas, capacidades de compressão, grau de interoperabilidade com diferentes tipos de *SoftSwitches* e suporte a múltiplas interfaces de rede. (LEONEL; PEDINI, 2005, p. 5)

o *SoftSwitch* é o elemento que reflete a segunda camada de funcionalidade, congregando grande parte da inteligência da nova arquitetura. Executa as funções de controle de chamadas, roteamento, supervisão dos *Media Gateways* por meio de instruções adequadas pra realizar o tratamento de chamadas, autenticação, autorização e contabilização e ainda, a tradução de números de telefone tradicionais e endereços IP. O *SoftSwitch* também acumula a função de translação de sinalizações, quando necessário. (LEONEL; PEDINI, 2005, p. 5)

Trata-se de um protocolo mestre-escravo, onde, no papel de servidor está o *Media Gateway Controller* (MGC) que provê o gerenciamento centralizado, de onde partem os comandos e serviços; nos extremos da linha ficam os MGs que possibilitam interação com o usuário. Os MGs são terminais simples, sem funções inteligentes, onde todas as funções são realizadas no MGC. Desta forma, as mensagens de controle entre servidor/cliente (MGC/MGs) são enviadas em UDP/IP e quando se estabelece uma conexão de voz, utiliza-se o RTP. “o IETF não considera o MGCP como um padrão, e a RFC que descreve esse protocolo é classificada como ‘informativa’, sendo apontado o Megaco/H.248 como protocolo padrão para comunicação entre gateways de mídia e MGC”. O MGCP é um protocolo modular, permitindo extensões para adequar o protocolo a diferentes tecnologias de rede. (COLCHER *et al.*, 2005, p. 225).

O protocolo MGCP é composto pelos seguintes componentes: *Call Agent*, *Media Gateway* (MG) e *signaling gateway* (SG).

## 2.6 MEGACO/H.248

Derivado do protocolo de controle de gateway de mídia (MGCP), o Megaco fornece controle centralizado de serviços e comunicação de multimídia sobre redes baseadas em pacotes IP. Permite maior capacidade de ajuste que o H.323 e enfoca os requisitos técnicos e os recursos de conferência multimídia omitidos no MGCP.

Do ponto de vista funcional, o Megaco é um protocolo de sinalização usado entre os elementos de uma arquitetura distribuída que inclui gateways de mídia e controladores de gateways de mídia (geralmente chamados de *softswitches* ou de agentes de sessão). Ou seja, sua funcionalidade primária é extremamente semelhante ao MGCP, sendo também um protocolo mestre-escravo.

É importante destacar a diferença entre o MGCP e Megaco/H.248 e os demais protocolos de sinalização, em particular o SIP. O objetivo do MGCP e do Megaco/h.248 é o controle de um elemento em particular (os gateways), enquanto do SIP é o estabelecimento de sessões entre diversos tipos de elementos distintos.

Tanto o MGCP, quanto o Megaco/h.248 tem como aplicação principal a interoperabilidade de redes de voz por meio de *gateways* de mídia. É um protocolo complementar ao H.323 e ao SIP.

## 2.7 O Inter-Asterisk Exchange (IAX)

O *Inter-Asterisk Exchange* (IAX) é um protocolo de controle e transmissão de mídia por meio de redes IP. Foi desenvolvido como alternativa aos protocolos SIP e o H.323.

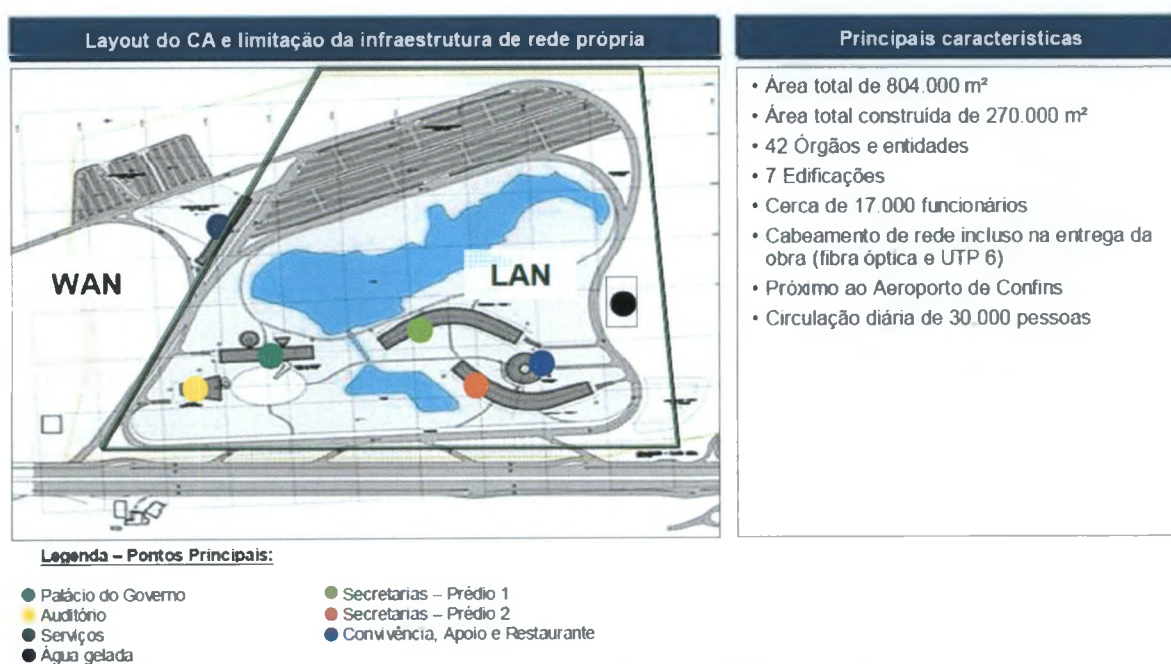
É um protocolo proprietário, ou seja, normalmente usado para a comunicação entre servidores de comunicação Asterisk, mas que podem integrar *softphones*, *hardphones*, ATAs e outros que suportem este protocolo. Sua principal característica é utilizar uma única porta *User Datagram Protocol* (UDP), que é a 4569, tanto para sinalização quanto para o tráfego da mídia, o que facilita a transposição de redes envolvendo *network address translation* (NAT). O NAT é o protocolo responsável pela tradução dos endereços Ip e portas TCP da rede local para a Internet, ou seja, o pacote enviado ou recebido sai da estação de trabalho e ao chegar no servidor, é substituído pelo IP da rede local, e vice versa, desta forma se está validando o envio de pacotes na rede. (MELO; VIVIURKA, 2007, p. 17 - 20).

Considerando ser um protocolo proprietário, é utilizado para quem irá implementar a tecnologia VoIP com servidores Asterisk.

### 3 VOIP NA CIDADE ADMINISTRATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS

A Cidade Administrativa de Minas Gerais (CAMG) é um empreendimento do Governo do Estado de Minas Gerais que abrigará os órgãos da Administração direta e indireta do Executivo Estadual no mesmo espaço físico, reunindo cerca de 17.000 (dezesete mil) servidores e terceirizados em uma área de 804 mil metros quadrados, localizada na MG-10 (Linha Verde), bairro Serra Verde, região norte de Belo Horizonte, conforme se pode verificar no *layout* da planta de situação mostrada na figura 4. (SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO, 2009a, p. 34)

Figura 4 – Layout da Cidade Administrativa do Estado de Minas Gerais



Fonte: SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO, 2009a, p. 36

Quanto ao Projeto Tecnológico da CAMG, este contempla uma infraestrutura de rede de dados e de telecomunicações, equipamentos, softwares, licenças e insumos necessários à operação dos serviços na Cidade Administrativa de Minas Gerais, por meio do emprego da tecnologia de VoIP.

Na escolha da tecnologia IP, buscou-se uma solução moderna, alinhada com as tendências do mercado, da convergência de redes e a implantação de uma rede multiserviços digital única, que contemplasse serviços de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e outras operações e serviços para a CAMG como, por exemplo, câmeras de vídeo-monitoramento, sistemas de sonorização e, sistemas de acesso físico e de identificação.

Os órgãos e entidades instalados na CAMG e os diferentes serviços suportados pela solução IP serão segregados por meio de redes lógicas virtuais (VLAN) e *Virtual Routing*

*and Forwarding (VRF)* ponto a ponto e por meio do estabelecimento de prioridades de serviços (QoS), o que garantirá a autonomia e a especificidade de cada órgão, bem como a qualidade dos serviços prestados.

*Virtual Routing and Forwarding (VRF)* é uma tecnologia inclusa nos roteadores de uma rede IP que permite múltiplas instâncias de endereçamento com a utilização de uma tabela. Pode-se dizer ainda que o VRF seja a combinação entre tabelas de roteamento de uma VPN, a tabela de roteamento convencional e os protocolos de roteamento IP associados. Isto aumenta as funcionalidades da rede, permitindo que o tráfego na rede seja dividido em segmentos sem a utilização de dispositivos múltiplos, ou seja, o roteamento é feito de forma separada e privada para cada cliente VPN, e cada um tem a sua própria tabela de roteamento VRF. Pode-se afirmar que esta tecnologia promove a segregação do tráfego de forma automática e que contribui para aumentar a segurança da rede, eliminando a necessidade de criptografia e autenticação. Assim, os provedores de Internet tiram vantagem do VRF para criar redes privadas virtuais, de forma segregada, atendendo a diferentes clientes. Infere-se, então, que a tecnologia VRF se presta ao encaminhamento e tráfego em uma VPN.

Com o objetivo de racionalizar o custo total de operação, estabeleceu-se na CAMG, a convergência total de rede de dados e de voz, por meio da telefonia IP em todas as instalações, sem prejuízo à autonomia e à segregação funcional de cada ente estatal. Para os locais onde houver um ponto de dados ativo, o telefone IP estará ligado em série com a estação de trabalho, por meio de mini-switch com funcionalidade de QoS no próprio aparelho telefônico, com o compartilhamento da mesma porta do switch de acesso à sala de telecomunicações de cada andar.

Buscou-se também disponibilizar recursos para a realização de videoconferência, teleconferência e comunicação corporativa de voz na tecnologia IP.

A solução de infra-estrutura de rede de telecomunicações abrangerá todo o complexo de edificações da CAMG, promovendo amplo acesso à rede local, à *Wide Area Network (WAN)* e aos sistemas e servidores corporativos e como maneira de prover a eficiência e a segurança da exploração desta rede, previu-se a redundância de equipamentos e soluções.

### **3.1 Topologia e Estruturação da rede na CAMG**

O projeto da rede multiserviços da CAMG utilizou a topologia de dupla estrela, buscando a maximização do desempenho e a disponibilidade dos recursos de comunicação, com a previsão de conexões para a prestação dos serviços de comunicação de voz e de

dados nos dois pontos de origem da topologia escolhida, por meio de encaminhamentos distintos. Previu-se inicialmente uma única conexão de 1 Gbps entre a CAMG e a Cia de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais (PRODEMGE) para a prestação dos serviços de comunicação de dados.

Para provisão de serviço de telefonia, a Concessionária de STFC deverá disponibilizar conexões de entroncamento E1, em um primeiro momento, para posteriormente migrar para o IP, com capacidade para aproximadamente 2.400 conversações simultâneas (80 canais E1). Canal E1 é a base da hierarquia digital plesiossincrona (PDH), utilizada no Brasil e na Europa, onde o sistema de comunicações digitais são baseadas em sinais modulados por código de pulsos (PCM), com estruturas de 30 canais.

*Pulse Code Modulation (PCM)* é uma das formas de armazenamento de áudio em formato digital. No PCM o áudio é transformado numa série de amostras, cada uma com uma amplitude. No *Compact Disc (CD)* por exemplo temos 44100 amostras por segundo (44.1 KHz) com uma amplitude de 16 bits ou seja, 65 mil valores diferentes. Apesar da qualidade ser boa, o PCM não prevê o uso de compressão, enquanto em um CD se armazena apenas 74 minutos de música em PCM, em MPEG Audio Layer-3 (MP3) pode-se armazenar cerca de 10 horas. Existem várias outras aplicações para o PCM, o formato com taxa de amostragem de 8 KHz com 8 bits de resolução é usado no sistema telefônico, onde o sinal de voz é digitalizado pela central telefônica no formato PCM e transmitido no formato digital entre as centrais, sendo novamente convertido em sinal analógico em outra central telefônica e transmitida até o usuário.

Para suprir o acesso à rede da CAMG para notebooks e outros equipamentos de computação móvel, de usuários internos ou visitantes, utilizar-se-á, de forma complementar ao cabeamento estruturado, uma rede de comutação de pacotes sem fio (*Wireless*) para integrar a solução de segurança de controle de acesso e como meio auxiliar para prover conexões entre dispositivos de telefonia móvel de uso corporativo e o gateway de telefonia IP da CAMG;

A rede *Wireless* terá todas as funcionalidades da rede cabeada, devendo ter seu acesso disponibilizado em toda área coberta dos prédios das secretarias, do Palácio do Governo, do prédio da Água Gelada, do prédio de serviços, do centro de convivência e do auditório. Os *Access Points (APs)* deverão ser implementados nos padrões IEEE 802.11, padrão para *Wireless Local Area Network (WLAN)*. Para garantir a cobertura mencionada acima, dimensionou-se uma quantidade de APs para cada pavimento em cada prédio no padrão de um equipamento para cada 1.000 (mil) m<sup>2</sup> aproximadamente. Os APs deverão

possuir suporte a *Power over Ethernet* (PoE) que permite criar facilidades de instalação, garantir sua disponibilidade mesmo em caso de falta de energia elétrica, por meio de fontes chaveadas, conhecidas como *no-breaks*.

Vale ressaltar que a solução de controladores Wireless deverá possuir gerenciamento centralizado, ou seja, a solução fornecida deverá controlar todos os APs da CAMG com um único equipamento ou conjunto de equipamentos, desde que obedecido o requerimento de gerenciamento em único ponto centralizado

### 3.2 O Sistema de Telefonia IP na CAMG

O sistema de telefonia é uma solução de comunicação de voz corporativa sobre IP, baseada no protocolo SIP.

O sistema deverá ser composto no mínimo por:

1) Aparelhos fixos em três modelos (um modelo básico com porta 10/100 sem miniswitch, um modelo básico com mini-switch 10/100/1000 e um modelo avançado com mini-switch 10/100/1000);

2) Redundância integral dos equipamentos críticos, servidores de aplicação e de mídia, com disponibilidade de 99,9%, o que equivale a 8 (oito) horas de paralisação por ano; no caso específico do Gateway com o STFC, este será sem redundância, ou seja, todos os enlaces de voz terão uma única abordagem prevista para ser no prédio de Água Gelada;

3) Servidores para as funções de controle das chamadas, formação de grupos corporativos com mobilidade para usuários, serviços de assinantes e de grupo, correio de voz, mensagens unificadas (limitado a um número específico de usuários), informação de presença, conferência de voz e portal de serviços;

4) Servidor de mídia e gateway para geração de tons, anúncios, armazenamento de mensagens, conexões com o STFC; O entroncamento com STFC deverá ser realizado por meio da abordagem no prédio de Água Gelada com conexões E1 (ou IP). A conexão com o STFC contempla a terminação de aproximadamente 80 enlaces E1 (2.400 troncos) no gateway.

O encaminhamento das chamadas deverá ser feito de acordo com os seguintes requisitos: Chamadas não corporativas, originadas com destino às redes públicas local, de longa distância e para celular, deverão ser encaminhadas ao STFC, pelas conexões locais, ao provedor de serviço de telefonia; Chamadas terminadas provenientes do STFC deverão ser recebidas por conexões locais com o provedor de serviço de telefonia; Chamadas

corporativas, originadas e terminadas no ambiente da CAMG deverão ser encaminhadas pela rede de telefonia da CAMG; Chamadas corporativas, originadas e terminadas em pontos fora da CAMG deverão ser encaminhadas, por meio da Rede IP Multiserviços (Rede de Governo). A Rede IP Multiserviços abrangerá o Estado de Minas Gerais e pontos nas cidades de São Paulo, Brasília e Rio de Janeiro, bem como acesso a serviços de valor adicionado de acesso à Internet e de trânsito Internet e informação para a Administração Integrada de Contrato. Esta rede se insere em um modelo de Governo Eletrônico.

A ToIP deverá possuir a funcionalidade de Correio de Voz e Mensagens Unificadas de forma integrada e centralizada para parte dos usuários do sistema; equipamentos e serviços de videoconferência, inclusive o equipamento de controle multiponto para a realização de videoconferência com até 20 usuários, instalados em salas dotadas de infraestrutura para videoconferência.

Estão previstas 8 (oito) salas de videoconferência para cada um dos prédios das secretarias e 4 (quatro) salas de videoconferência para o Palácio de Governo, totalizando 20 salas para todo o complexo da CAMG.

O sistema de telefonia fornecido deverá garantir e preservar a segurança e disponibilidade da rede e dos serviços de voz, evitando vulnerabilidades que possam colocar em risco a integridade da rede e do conteúdo trafegado.

### **3.3 Camadas lógicas**

A rede da CAMG foi desenhada de forma escalável, uma vez que poderá crescer, mantendo a privacidade e segregação dos órgãos da Administração Direta e Indireta do Estado de Minas Gerais. Para tanto optou-se por um modelo em rede hierárquica ou em camadas permitindo uma velocidade de resposta e adaptabilidade à alterações e um acesso seguro à esta rede.

Assim, a topologia proposta para a CAMG é composta de três camadas lógicas com características, localização e funcionalidades específicas, conforme ilustração da Figura 5.

Com a hierarquização da rede, os roteadores são capazes de desempenhar tarefas em conjunto, reduzindo e simplificando o endereçamento, de forma que a rede possa, futuramente, suportar o crescimento sem a necessidade de um re-endereçamento desta rede por inteiro. (DIAS, p. 1)

### 3.3.1 Camada Core

A camada *Core* é a primeira, de um conjunto de três, responsável pelo transporte de pacotes a seus destinos o mais rápido possível. Outras tarefas fora de sua esfera de atuação, como autenticação e configuração de políticas, são deixadas a cargo das duas camadas inferiores da hierarquia. Contudo, a camada *Core* é responsável por garantir a conectividade entre os grupos ou áreas de roteadores dentro de uma grande rede. (DIAS, p. 2)

A Camada *Core* é composta por roteadores e switches nível 3 com a função de conectar os grandes centros geradores de tráfego de dados aos pontos de entrada das concessionárias e principais aplicações da rede da CAMG.

Os *switches* da Camada *Core* receberão as conexões provenientes de todos os prédios e ainda se conectarão aos enlaces de comunicação das concessionárias de voz e dados. Estes switches estarão interligados de forma a operar como uma única entidade lógica.

### 3.3.2 Camada de Distribuição

A camada de Distribuição é responsável pelo controle de acesso aos recursos da camada *Core* e determina a largura de banda que será disponibilizada. É nesta camada que define a prioridade de transmissão de dados, ou seja, que define a *Quality of Services* (QoS). Funciona também como um filtro, visto que selecionam as transmissões de dados que não são permitidos ou não são necessários antes que cheguem ao *core* da rede.

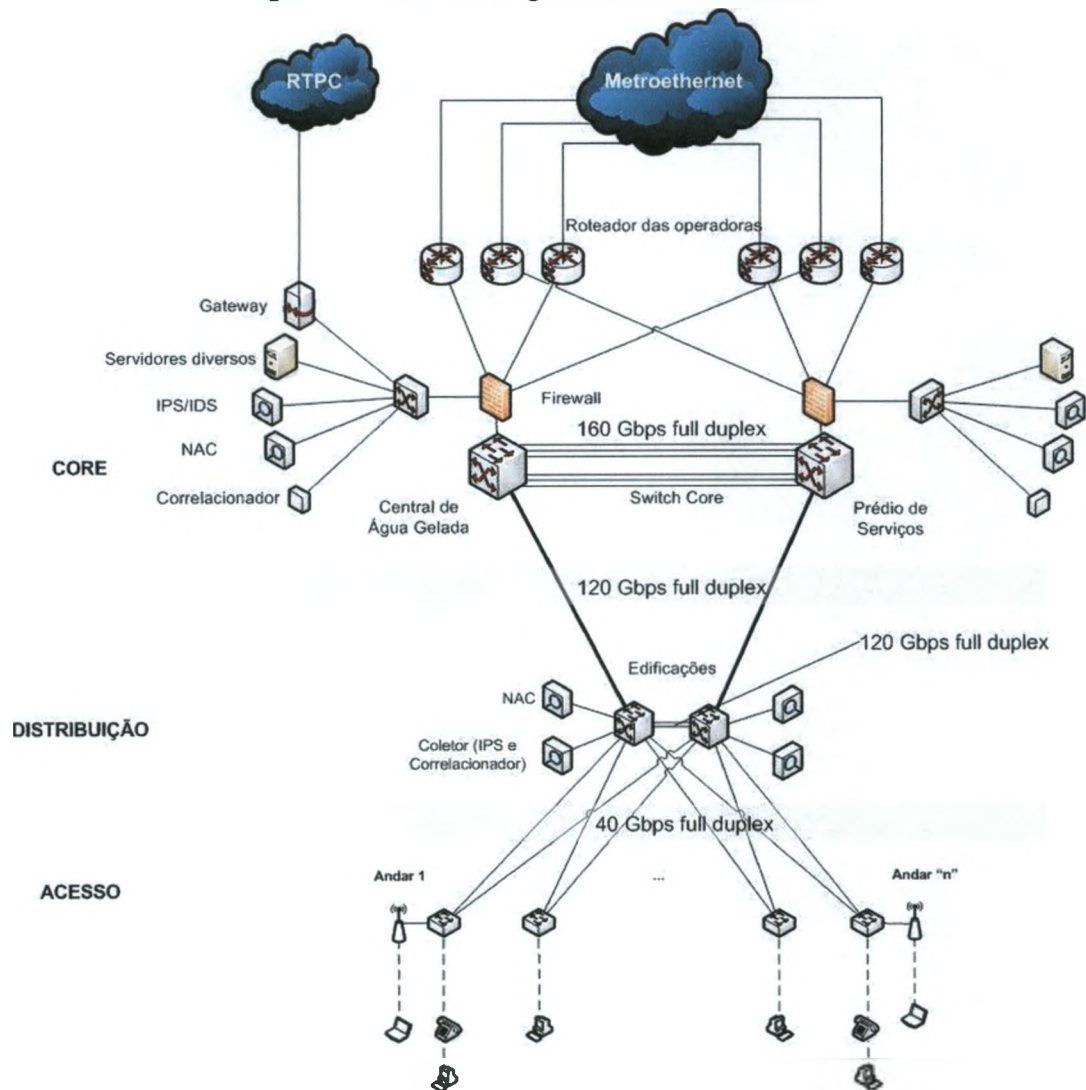
Os *switches* de distribuição devem ser redundantes, em número de 2 (dois) por edificação e corretamente dimensionadas para receber as conexões provenientes de todos os andares e ainda se conectar com os pontos centrais da rede nos prédios de Água Gelada e de Serviços. Estes *switches* deverão ser interligados de forma a operar como uma única entidade lógica.

### 3.3.3 Camada de Acesso

A camada de Acesso dentro do modelo de escalabilidade é responsável em manipular a segurança e o controle de admissão de dados, possuindo recursos para o acesso e autenticação. Esta camada funciona como filtro de tráfego de transmissão e para algumas requisições de serviço, oferecendo uma conectividade segura. Ela é responsável na autenticação de usuários. (DIAS, p. 2)

A Camada Acesso deverá ser composta por switches dimensionados para conectar os pontos de usuários por meio de uma única interface para voz e dados, nos casos em que houver estação de trabalho e telefone IP juntos, e interface para voz e dados segregada e nos casos em que estes equipamentos estiverem instalados sozinhos. Nos casos de apenas pontos de dados, deverá ser considerada a utilização de switches sem PoE. Nos demais casos os switches empregados deverão suportar dispositivos PoE.

Figura 5 – Estrutura Lógica da Rede da CAMG



Fonte: SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO, p. 39.

Os switches de acesso deverão estar distribuídos em todas as 4 salas de telecomunicações localizadas nos pavimentos, em razão da distribuição do cabeamento UTP CAT 6. Cada conjunto de switches de acesso por andar deverá estar diretamente conectado, de forma redundante (com agregação de *links*), aos *switches* de distribuição localizados nas salas de Telecomunicação do subsolo, exceto no Centro de Convivência e

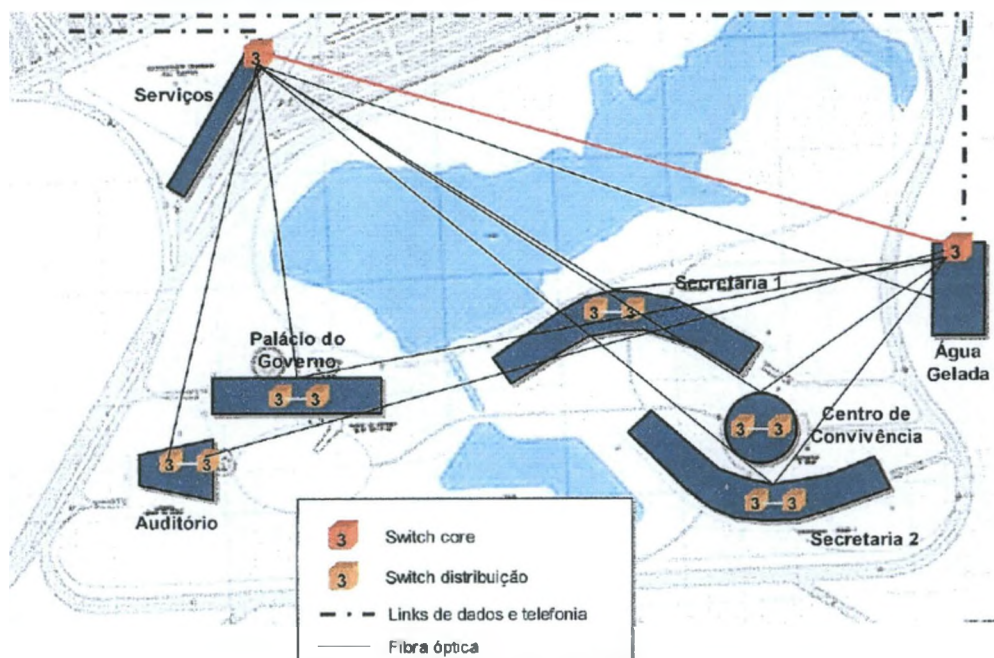
no auditório, que estarão conectados diretamente aos prédios de serviços e de Água Gelada.

### 3.3.4 Conexões e cabeamento estruturado da rede

Está previsto na obra e no projeto tecnológico da CAMG cabeamento estruturado e de fibra óptica para implantação da infraestrutura de rede de telecomunicação. Este cabeamento consiste em fibras ópticas interligando os prédios de Serviços e Água Gelada (ponto de interface com os *links* das operadoras) com todos os outros prédios e entre si.

A Figura 6 apresenta uma ilustração esquemática da distribuição dos *links* de dados entre a WAN e o Core e entre o Core e a Distribuição e a redundância de equipamentos nestes níveis:

Figura 6 - Esquema dos links das operadoras e dos *uplinks*

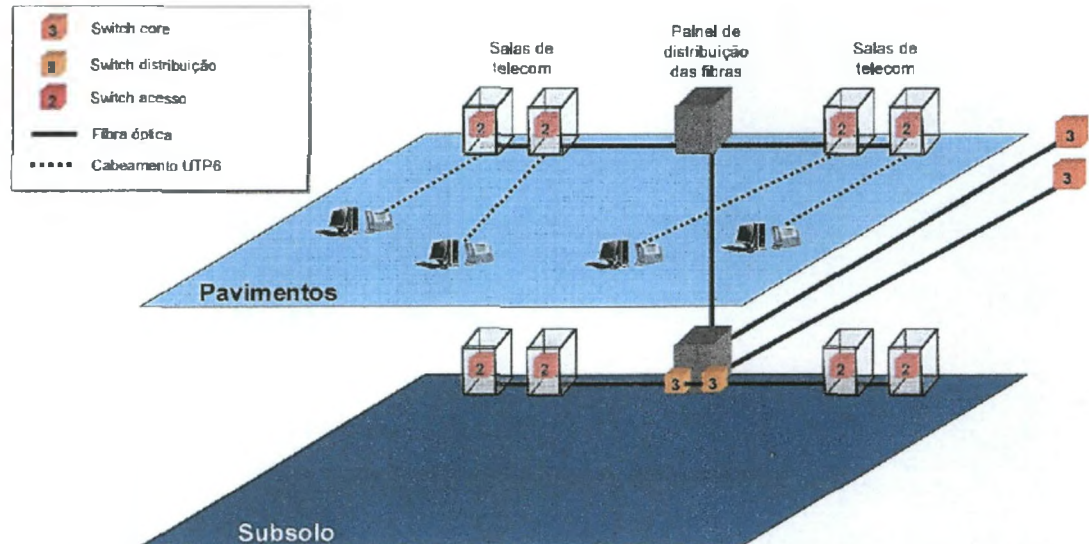


Fonte: SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO, p. 46.

No subsolo de cada prédio estarão instalados os switches de distribuição, que serão responsáveis por conectar os *switches* de acesso dispostos em todos os pavimentos (localizados nas quatro salas de telecomunicações de cada pavimento) ao Core. Os andares padrão dos prédios das Secretarias contarão com 4 (quatro) salas de telecomunicação por pavimento, onde ficarão instalados os *Switches* de acesso, uniformemente distribuídos, conforme mostra a Figura 7.

De cada *switch* de distribuição, localizados no subsolo, subirão fibras ópticas para cada andar, garantindo, assim, a redundância e confiabilidade. Ou seja, os dois *switches* de distribuição alimentarão os *switches* de acesso de todos os andares de maneira redundante.

Figura 7 – Esquema da distribuição do acesso nos pavimentos de cada prédio

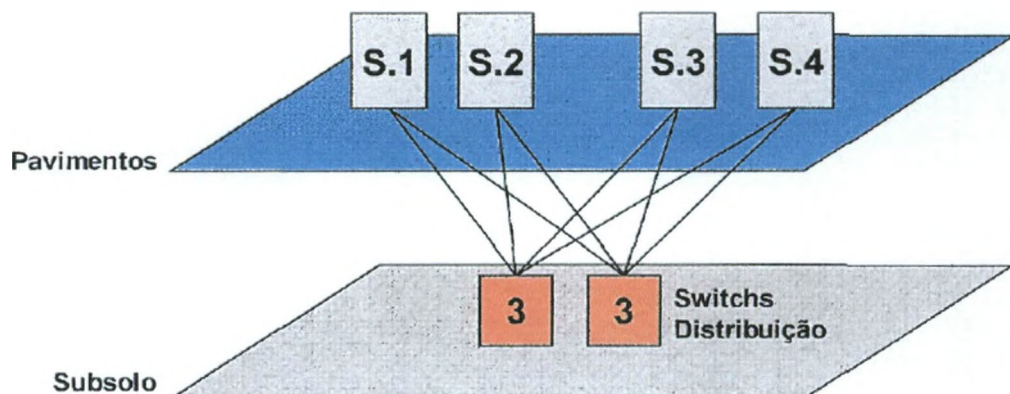


Fonte: SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO, p. 47.

As conexões de fibras ópticas, provenientes dos prédios de Serviços e Água Gelada, formam o backbone principal, chegam às salas de telecomunicações principais de cada prédio localizadas no subsolo onde estão localizados os *switches* de distribuição de cada edificação.

Nos *switches* de distribuição localizados na sala de telecomunicações do subsolo são conectados os *switches* de acesso dos demais pavimentos, utilizando fibras ópticas do tipo multimodo. Em cada pavimento, as salas de Telecom secundárias estarão ligadas a cada *switch* de distribuição do subsolo, conforme Figura 8.

Figura 8 – Layout de conexão das salas de telecomunicações secundárias



Fonte: SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO, p. 47.

Das salas de telecomunicações secundárias, a partir dos *switches* de acesso, ocorre a distribuição da conexão dos pontos da rede local de computadores, telefones e demais dispositivos, utilizando o cabeamento estruturado UTP categoria 6.

No total, deverão ser disponibilizados 26.049 (vinte e seis mil e quarenta e nove pontos de acesso físico à rede local. Dos diversos dispositivos e equipamentos que acessarão esta rede corporativa pode-se citar: computadores, notebooks, sistemas de sonorização ambiente, câmeras de vigilância, catracas, cancelas, leitores biométricos, Access points, aparelhos telefônicos, entre outros (SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO, 2009a, p. 51).

É previsto, na CAMG, uma central de serviços de atendimento e suporte ao usuário de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

#### 4. REDES DA PMMG

O objetivo desta sessão é conhecer o cenário das redes de telecomunicações da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais, para posteriormente, verificar a possibilidade da convergência destas redes por meio da tecnologia Voice on IP (VoIP).

Para tanto, descreve-se mais detalhadamente, devido a abrangência na RMBH, o SIC, depois o Anel Óptico do Sistema de Patrulhamento Vídeo-Monitorado (SPVM), a LPCD e a rede de telefonia da PMMG.

##### 4.1 O Sistema Integrado de Comunicação (SIC)

O Sistema Integrado de Comunicação (SIC) é uma rede de comunicação de dados, voz e imagens, com tecnologia digital via radiofrequência, que utiliza enlaces ponto-multiponto, operando na faixa de 4.9 GHz e *backbones* com enlaces ponto a ponto, cujo processo de aquisição e instalação se estendeu desde novembro de 2.005, durante todo o ano de 2.006 e 2.007.

O objetivo desta rede ponto-a-ponto e ponto-multiponto é prover infraestrutura, física e lógica, para permitir a demanda de tráfego de dados em alta velocidade, voz sobre IP, imagens e agregação de canais E1, para os órgãos que se vinculam à Secretaria de Estado de Defesa Social de Minas Gerais (SEDS/MG).

O SIC está preparado para prover os serviços de correio eletrônico, acesso à Internet e à Intranet, transferência de arquivos, autenticação de usuários, integração de sistemas, gerência e segurança da informação. Também faz parte dos objetivos do SIC, disponibilizar recursos para VoIP e videoconferência e disponibilizar recursos para interligação dos PABX's CPA's (Comando por Processo Armazenado) das Unidades por meio de portas IP específicas viabilizando o acesso por meio dos ramais telefônicos às outras Unidades, sem o uso da Concessionária Local.

##### 4.1.1 Características Gerais do Sistema

O SIC é constituído de um Backbone principal, um Backbone secundário e enlaces alternativos que interligam as Estações Terminais. O sistema implantado está pronto para receber equipamentos de VoIP, permitindo, sem qualquer redução da banda passante, o estabelecimento de canais de voz.

A faixa de 4,9 GHz foi autorizada, pela ANATEL, para o SIC, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), em caráter experimental, até que seja legislado de forma definitiva como faixa para Proteção Pública e Assistência a Desastres (PPDR).

Na atualidade, os canais 7 e 7', previsto na resolução 104 da ANATEL e seu Regulamento, com largura de banda de 40 MHz, e fundamental em 4.970 MHz, está sendo utilizado em enlaces ponto a ponto, em duas localidades na RMBH, a saber: Morro Taquaril (Serra do Curral) e Morro do Careca (Bairro Gutierrez). Portanto a faixa de 4,9 GHz deverá ser usada no SIC de forma compartilhada. Foi autorizado ainda, o uso de canais na faixa de 10,5 GHz, na forma prevista na resolução 307 da ANATEL e seu Regulamento, de forma a estabelecer enlaces Ponto a Ponto e Ponto Multiponto.

Portanto, os enlaces ponto multiponto foram estabelecidos na faixa de frequência de 4.950 a 4.990 MHz, usando os canais designados e outorgados pela ANATEL.

O backbone principal foi estabelecido na configuração 1+1, ou seja, com redundância e os demais enlaces ponto a ponto na configuração 1+0, ou seja, sem redundância.

Todos os equipamentos: Nodais, Terminais e enlaces ponto a ponto, permitem a inserção de canais E1 com interface G.703 (ISDN) balanceado para interconexão de PABX.

#### **4.1.1.1 Backbones**

A organização básica do sistema parte da instalação de três nós centrais, instalados na Diretoria de Telecomunicações da Polícia Civil (DITEL), no Centro Integrado de Atendimento e Despacho (CIAD) e na Diretoria de Tecnologia e Sistemas da Polícia Militar (DTS). Essas três localidades estão interligadas por meio de três pontos repetidores, situados na Centelha I, Centelha II e Morro Santo André, formando assim o Backbone Principal.

O Backbone secundário é formado pelos seguintes pontos repetidores: Centelha I (Serra do Curral), Centelha II (Serra do Curral), Serra da Piedade, Morro do Cachimbo, Morro Jardim Montanhês, Morro Serra Verde e Morro FIAT.

Os pontos dos Backbones principal e secundário são interligados por enlaces Ponto a Ponto, estabelecidos com antenas direcionais com o ganho máximo permitido, configurado para atender às normas da ANATEL, principalmente quanto à *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) e para reduzir a possibilidade de interferências futuras. EIRP é a potência aparente transmitida em direção ao receptor, se for assumido que o sinal é irradiado seja omnidirecional, em outras palavras, é o produto aritmético da potência fornecida para a antena e o seu ganho.

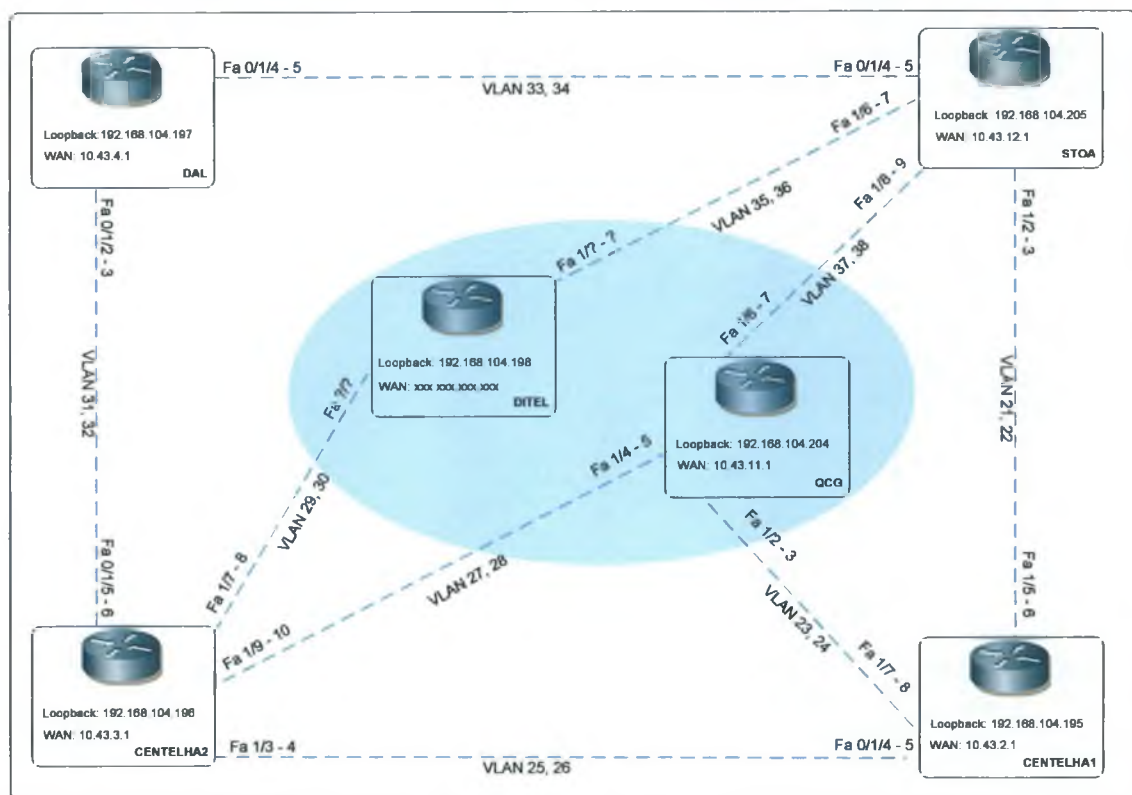
O Backbone principal é formado por 09 (nove) enlaces, e o Backbone secundário é formado por 06 (seis) enlaces e os pontos de repetição encontram-se interligados. Os

*backbones* com topologia em anel estão implementados de forma que o roteamento IP, inerente aos equipamentos, assegure a redundância de rotas, isto é, em caso de falha em um enlace, não será interrompido o encaminhamento do tráfego nos backbones.

Os enlaces ponto a ponto do backbone principal estão estabelecidos na faixa de frequência de 10,5 GHz, com redundância. A taxa de transmissão mínima exigida no Backbone principal refere-se ao funcionamento pleno do enlace na configuração redundante. Caso haja problema em algum equipamento da configuração, então o enlace deverá funcionar, provisoriamente, na configuração 1+0, com metade de sua capacidade total.

A figura 9 representa o diagrama de enlaces do Backbone da rede SIC, onde os enlaces do *backbone* principal estão utilizando radiofrequência na faixa de 10,5 GHz, com uma velocidade de 36 Mbps. (POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2008, p. 42).

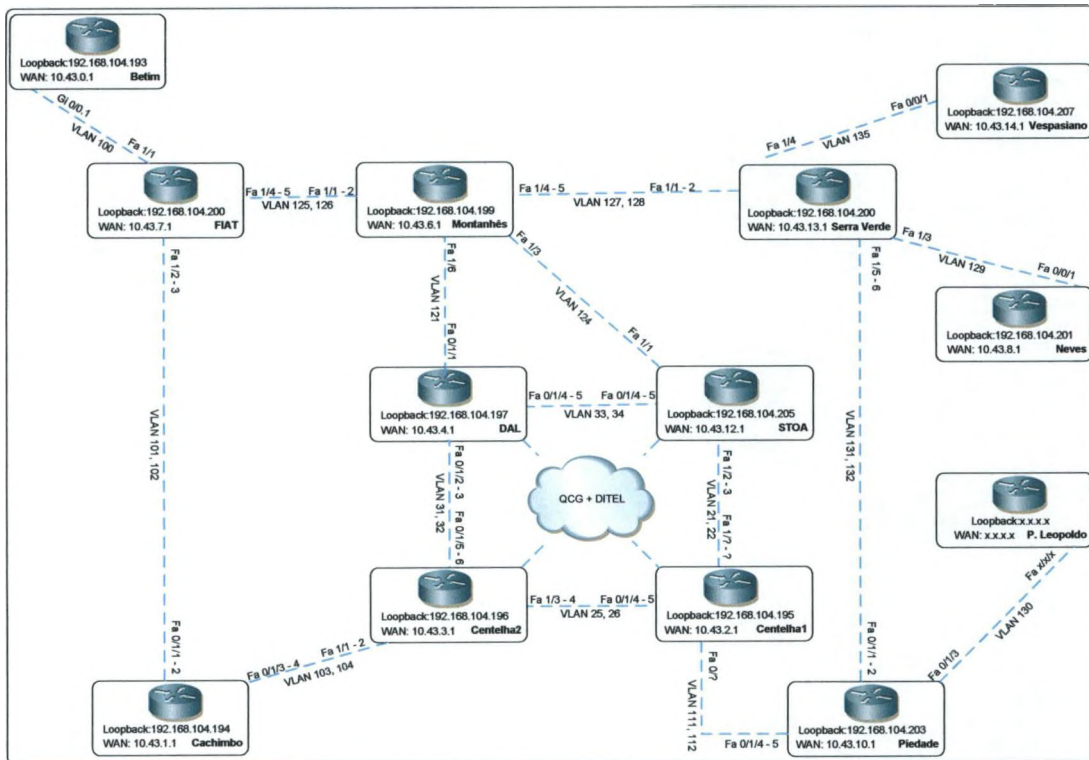
**Figura 9 - Diagrama de enlaces de Backbone Principal rede SIC**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009a, p. 11

Os enlaces ponto a ponto dos backbones secundários e alternativos, depois de autorizados pela ANATEL, foram estabelecidos na faixa de frequência de 4,9 GHz. A opção pela faixa de frequências de 4,9 GHz com velocidade de 18 Mbps ou 10,5 GHz foi precedido de estudo técnico.

Figura 10 - Diagrama de enlaces de Backbones Secundário e Alternativo do SIC



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009a, p. 11

#### 4.1.1.2 Estações Terminais

As Estações Terminais estão interligadas pelas Estações Nodais, funcionando em regime Ponto Multiponto. Toda Nodal está interligada a outra Nodal por enlace Ponto a Ponto, formando os Backbones e possibilitando a interligação das Estações Terminais.

A interface do equipamento da Estação Terminal ligada na rede local é do tipo Fast Ethernet 100 Mbps, de acordo com o padrão IEEE 100 Base-TX; A taxa mínima de tráfego é real em todos os enlaces, sendo que os equipamentos que compõem cada estação são capazes de trafegar numa taxa máxima, também real.

#### 4.1.1.3 Rede Lógica

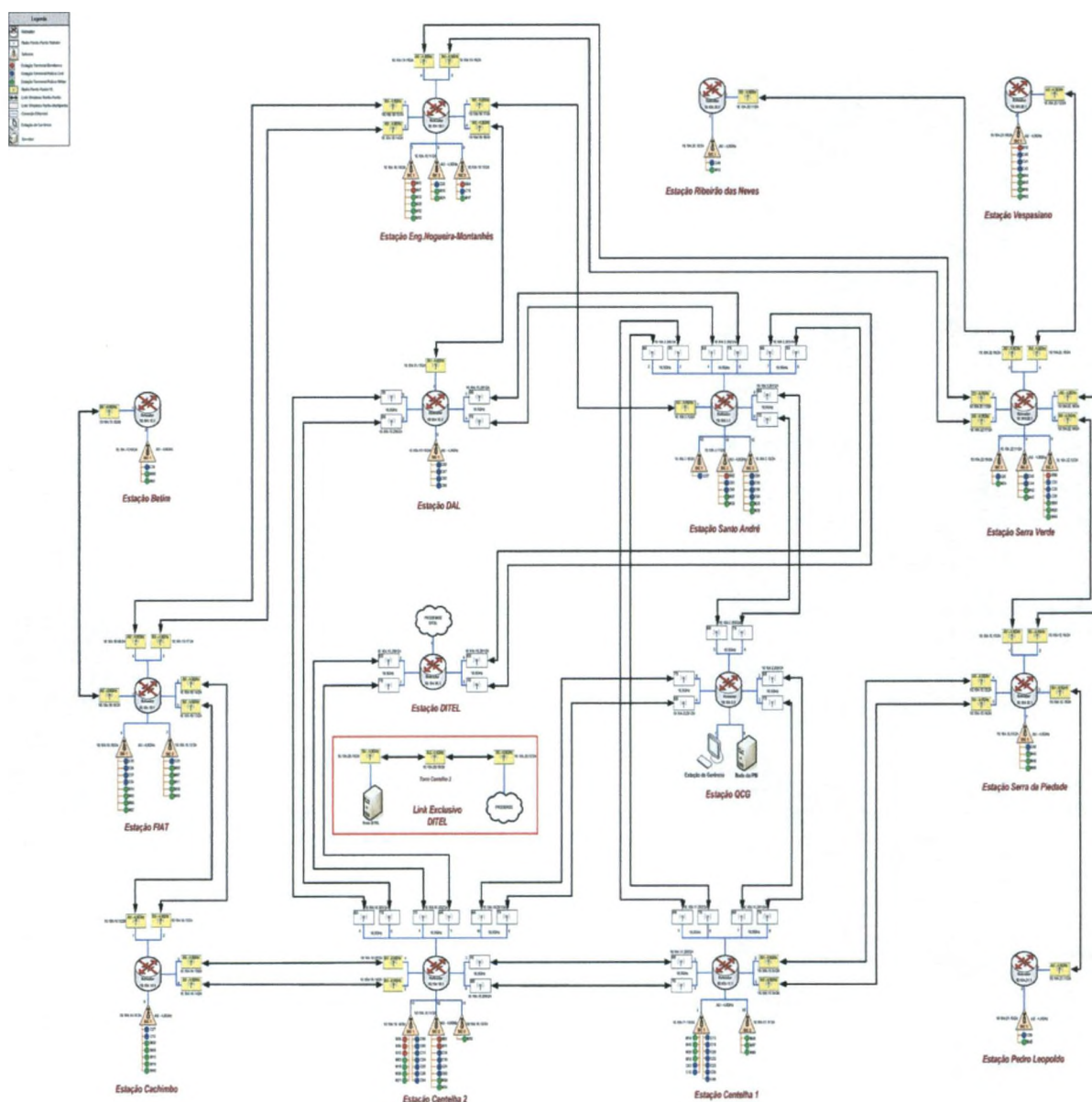
O SIC permite, em toda sua extensão de rede, o roteamento em nível 3 com tráfego de dados, imagem e voz.

Os equipamentos que constituem o SIC permitem a concentração e dimensionamento de tráfego melhor ou igual a 0,8 Erlang, em toda sua extensão, considerando todos os pontos de voz oriundos das Unidades. Erlang é a unidade de

medida de intensidade de tráfego telefônico para um intervalo de uma hora. O Erlang representa o número médio de circuitos ocupados durante uma hora, o número médio de chamadas durante um período de tempo igual ao tempo médio de ocupação e também o tempo total expresso em horas para escorar todas as chamadas (VALE; BRAJTERMAN, 2006, p. 52 – 53).

A SIC está capacitada para prover a interligação de canais de vídeo de forma simultânea, funcionando concomitantemente com as condições estabelecidas para voz e dados na rede.

**Figura 11 – Topologia da Rede SIC**



Fonte: ALBUQUERQUE, 2007, p. 6

Os conversores são de boa qualidade, existentes no mercado, capazes de fazer compressão em MPEG-4, com taxa de 30 frames por segundo (60 *fields*) e alta resolução. Os equipamentos suportam o padrão H261 e/ou outro que consiga trafegar, em menor taxa, qualidade de vídeo igual ou superior à supracitada. Para efeito de dimensionamento, o padrão de compressão utilizado foi o G729. No entanto, os equipamentos permitem o uso dos padrões de compressão G729 e G723. Esses parâmetros são usados nas estações Nodais, estações Terminais e Enlaces ponto a ponto.

Os enlaces dos circuitos têm a capacidade de tráfego configurável, permitindo modificações de velocidade para adequação da taxa de transmissão em função da instalação e/ou remoção de circuitos das Redes de Acesso. Todo o sistema, inclusive os enlaces do Backbone, tem capacidade de reserva de banda multi-aplicação (voz, vídeo, imagem, internet, dentre outros), equivalente a um mínimo de 30% da carga nominal prevista. Entende-se por carga nominal o somatório do tráfego máximo de vídeo, voz e dados, considerados em cada enlace.

O acesso à INTERNET está disponível para todos os participantes da Rede Integrada, providas em três saídas, localizadas no CIAD, DITEL e DTS.

A Solução Tecnológica desta rede MAN adotou características semelhantes a uma LAN (*Local Area Network*), o que potencializa a capacidade de centralização dos serviços de rede já praticada pelas Instituições.

O sistema permite que todos os recursos da rede possam ser compartilhados pelas e para as estações locais das redes LAN interligadas. Os principais recursos de rede, tais como: servidores, impressoras, modem, geralmente conectados em dedicação exclusiva, podem ser compartilhados por todas as estações de trabalho, eliminando a duplicidade de recursos, caso contrário, também é permitido o bloqueio do acesso a esses terminais.

O SIC está dividido, de forma lógica, em pelo menos quatro grandes redes, as quais funcionam segregadas. A configuração ou manutenção lógica de uma dessas redes não interfere no funcionamento e/ou configuração das outras redes. Funcionando dentro de uma dessas grandes redes há outras redes menores ou sub-redes, também com características de LAN, porém isoladas.

#### **4.1.2 Infraestrutura**

Os pontos de repetição possuem abrigos em alvenaria e torres. Todos os abrigos são providos de sistema de pára-raios e aterramento, proteção contra descargas pela rede elétrica e proteção contra descargas pelo cabeamento coaxial.

As instalações das Estações Terminais são padronizadas. Nos pontos terminais, os equipamentos estão instalados nas salas da Central de Processamento de Dados (CPD) ou ambientes semelhantes. Nas localidades onde estão instaladas as estações terminais, há a seguinte infra-estrutura básica: Mastro para suporte das antenas, pára-raios, aterramento, canaletas (tubos ou PVC) embutindo o cabeamento, *Racks* 19", protetores de linha de energia, protetores de linha de RF, protetores de linha de dados.

As estações Terminais e Nodais estão equipadas com aterramento, pára-raios, proteção contra surtos em linha de energia, proteção contra surtos em linha de antenas, proteção contra surtos em linha de dados, energia reserva e estabilizador de energia.

As estações Nodais e equipamentos do Backbone, que não possuem sistema de alimentação sobressalente, são equipados com sistema de energia reserva, com capacidade para alimentar os equipamentos instalados, por pelo menos 4 horas, na falta de energia da concessionária. Esse sistema está dimensionado para atendimento, nas mesmas condições, de até 30% a mais que a carga nominal instalada.

O aterramento em cada local de instalação foi feito com hastes  $\frac{3}{4}$ " de cobre em alta densidade e cordoalha de cobre nu de 35 mm, conectadas com solda isotérmica. A partir da malha principal do aterramento há derivação para as descargas do pára-raios e, em local diferente, derivação para aterramento dos equipamentos. A ligação dos equipamentos à malha foi feita com cordoalha de 16 mm encapada. A descida do pára-raios é de cordoalha 35 mm, em cobre nu. A malha é equalizada com outros pontos que possam ter diferença de potencial no momento de descarga. A topologia da malha de aterramento, bem como a quantidade de hastes utilizadas, foram dimensionadas de forma a fazer um aterramento melhor ou igual a 6 (seis) Ohms.

Os pára-raios estão dimensionados de forma a proteger todas as instalações locais referentes ao SIC. O pára-raios é do tipo Franklin, e encontra-se localizado na máxima altura permitida pela torre, suporte ou poste, com isoladores e afastadores, cordoalha de descida em cobre 35 mm e haste de descida, cravada no pé da torre ou poste. Nos locais onde foram instalados suportes para antenas, fixados nas lajes ou paredes, a extensão do prédio está protegida pelo pára raio, devidamente instalado em mastro metálico, com altura e robustez suficiente para atender as normas técnicas da ABNT e regras da boa engenharia.

A proteção contra surtos em linha de energia está instalada em cada local de estação terminal e nodal, de forma a eliminar surtos provenientes de variações abruptas da rede elétrica e protegendo os equipamentos instalados. Esses protetores são baseados em varistores e têm eficiência comprovada. A proteção contra surtos em linha de antena,

principalmente no caso de cabos coaxiais, está instalada em cada local de estação terminal e nodal, de forma a eliminar os surtos provenientes de variações eletromagnéticas causados pelas descargas atmosféricas. Esses protetores são baseados em varistores e têm eficiência comprovada. Estão instalados protetores em todas as linhas de antena.

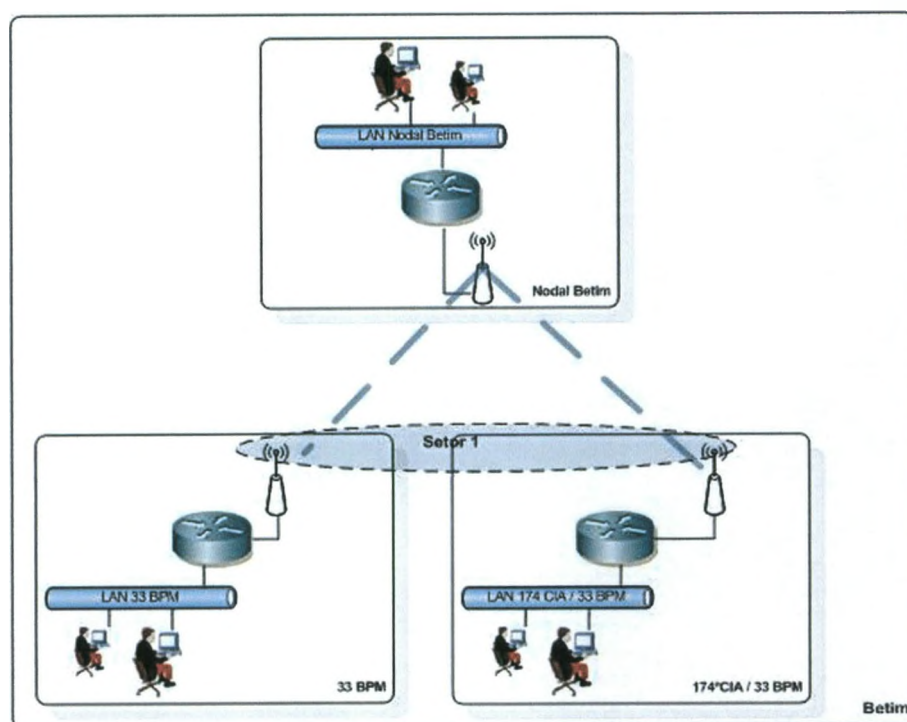
Nos casos em que há o uso de cabo de par trançado para conexão externa, esses também estão protegidos contra surtos e transientes.

A rede elétrica é estabilizada com equipamentos de qualidade comprovada, garantindo o menor índice de variação possível.

#### 4.1.2.1 Unidades Servidas pelo SIC

O Nodal Betim provê sinal de radiofrequência (RF) para as o 33 BPM e a 174CIA / 33 BPM. Pela figura abaixo pode-se constatar que são duas localidades que dependem de um único sinal de RF.

Figura 12 – Nodal Betim

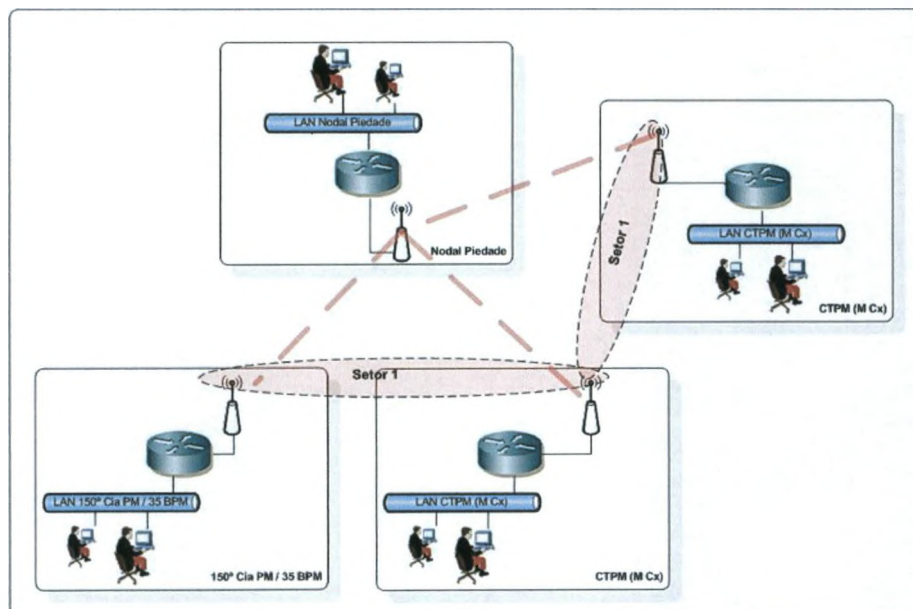


Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 9

O Nodal da Serra da Piedade é responsável em prover o sinal de RF para a 150ª Cia PM / 35 BPM, Colégio Tiradentes da Polícia Militar (Unidade Minas Caixa), no

entanto, são três localidades que dependem do sinal de RF em um único setor de cobertura.

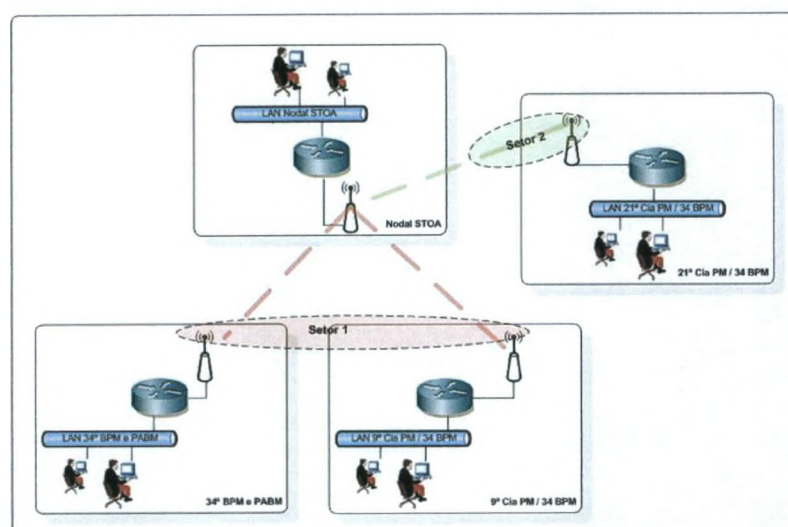
**Figura 13 - Nodal Serra da Piedade**



**Fonte:** LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 11

O Nodal Santo André é responsável em prover sinal de RF para o 34º BPM e Posto de Atendimento do Bombeiro Militar, 9ª Cia PM / 34 BPM e 21ª Cia PM / 34 BPM, com dois setores de cobertura RF.

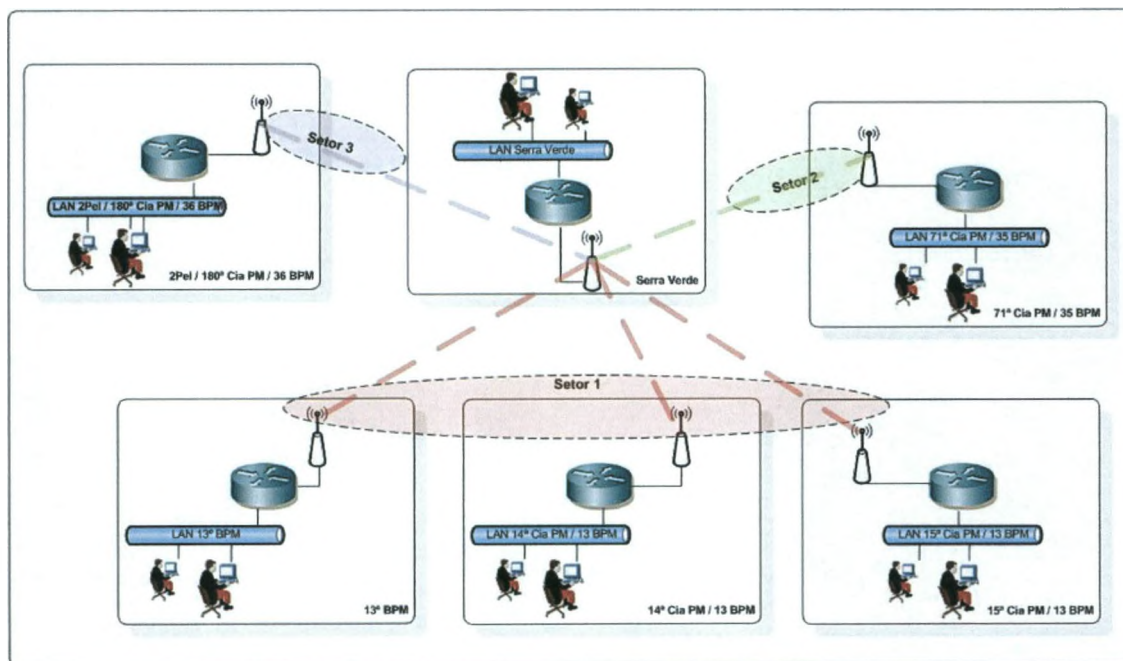
**Figura 14 – Nodal Santo André**



**Fonte:** LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 12

O Nodal Serra verde provê sinal de RF para: 13º BPM, 14ª Cia PM / 13 BPM, 15ª Cia PM / 13 BPM, 71ª Cia PM / 35 BPM e 2Pel / 180ª Cia PM / 36 BPM. A cobertura é feita por três setores.

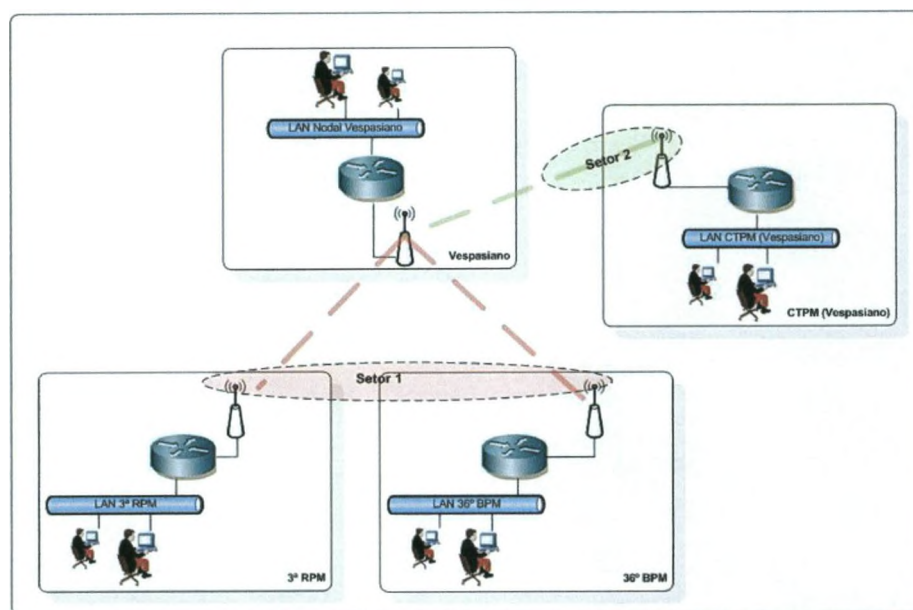
**Figura 15 – Nodal Serra Verde**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 14

O Nodal Vespasiano provê sinal para: 3ª RPM, 36º BPM e CTPM (Vespasiano) por meio de dois setores.

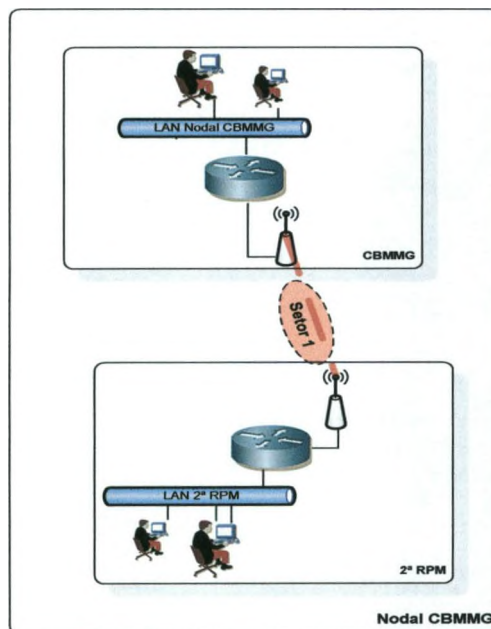
**Figura 16 - - Nodal Vespasiano**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 16

O Nodal Corpo de Bombeiro Militar de Minas Gerais (CBMMG) provê sinal de RF para o CBMMG e para a 2ª RPM por meio de dois setores.

Figura 17 – Nodal CBMMG



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 18

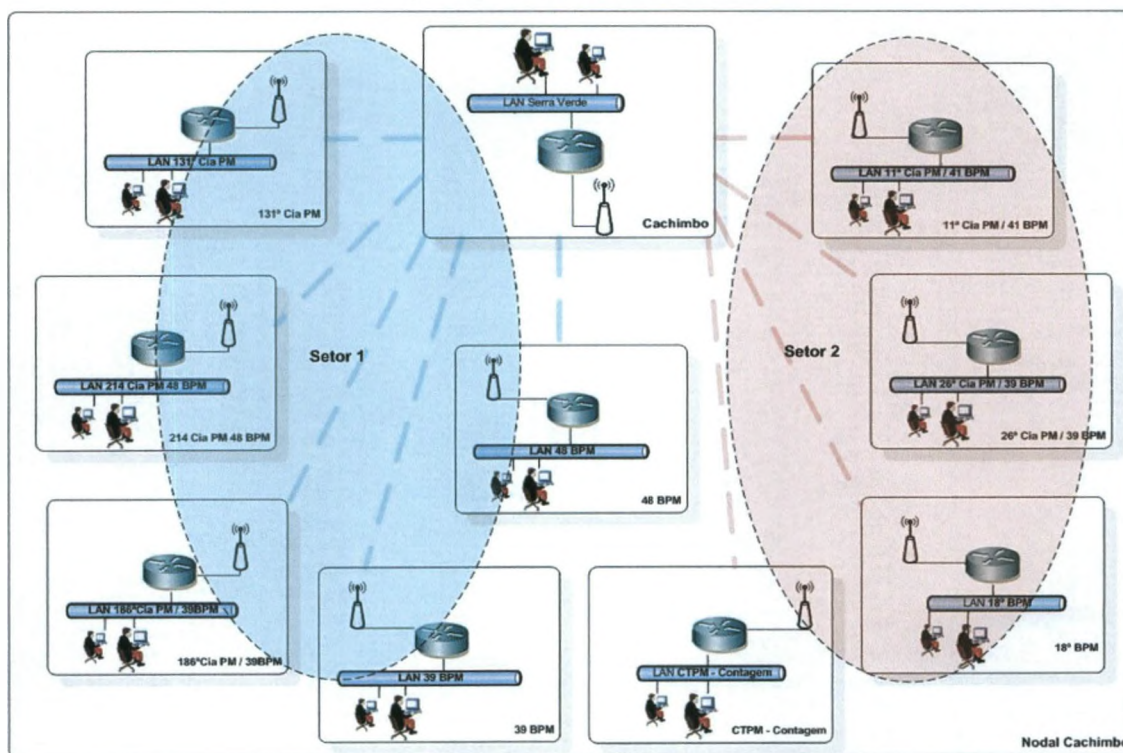
O Nodal Cachimbo provê sinal de RF para: o18º BPM, a 26ª Cia PM / 39 BPM, a131ª Cia PM, a 214 Cia PM/ 48 BPM, a 11ª Cia PM / 41 BPM, a 186ª Cia PM / 39BPM, a 39 BPM, o 48 BPM e para o CTPM – Contagem. Possui nove localidades que dependem do sinal de RF, o qual é gerado por meio de dois setores distintos. O setor 1 tem 5 unidades cobertas e o setor 2 possui 4 unidades.

O Nodal Centelha 1 é responsável por provê o sinal de RF para 12 unidades por meio de 3 setores. Assim são cobertos o Portal 1 - São Benedito, 1º BPM, 5ª Cia PM / 1 BPM, 16º BPM, 23ª Cia PM, 124ª Cia PM, 41BPM, 35º BPM, 69ª Cia PM / 35 BPM, 15ª Cia PM Ind, 7ª Cia Mamb e PABM, HPM e o Portal 3 - Beira Rio.

O Nodal Centelha 2 provê sinais para seis unidades por meio de dois setores distintos. As unidades são: 3ª Cia PM / 1 BPM, 22ª Cia PM, 24ª Cia PM, 127ª Cia PM, 1ª Cia PM Ind e HPM.

O Nodal FIAT é responsável por prover sinal de RF para 7 unidades por meio de dois setores. As unidades atendidas por esta nodal são: 133ª Cia PM / 18 BPM, 7ª Cia Ind PM, 177ª Cia PM / 33 BPM, 1ª Cia M Esp, CTPM (Betim), 187 Cia PM / 33 BPM e 188 Cia PM / 33 BPM.

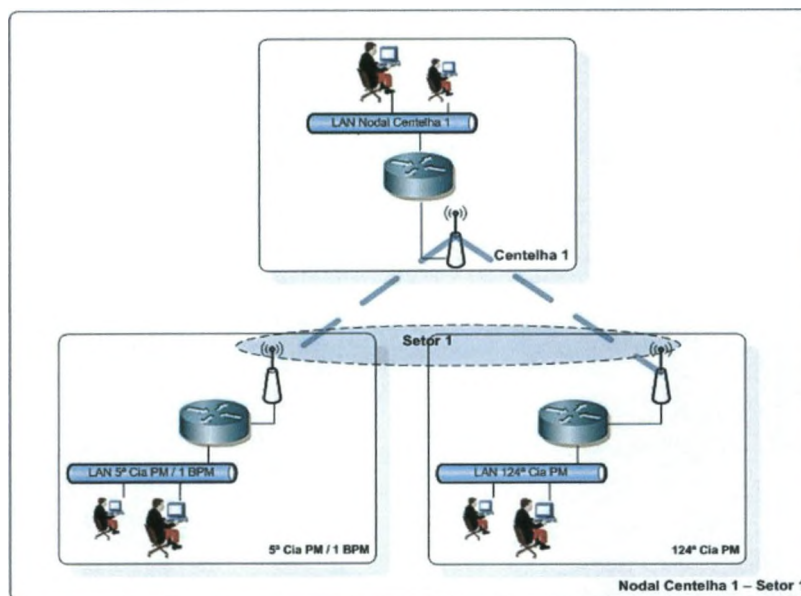
**Figura 18 – Nodal Cachimbo**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 19

Por meio da figura abaixo pode-se visualizar a 5ª Cia PM/1 BPM e 124ª Cia PM que fazem parte do setor 1 do nodal Centelha 1..

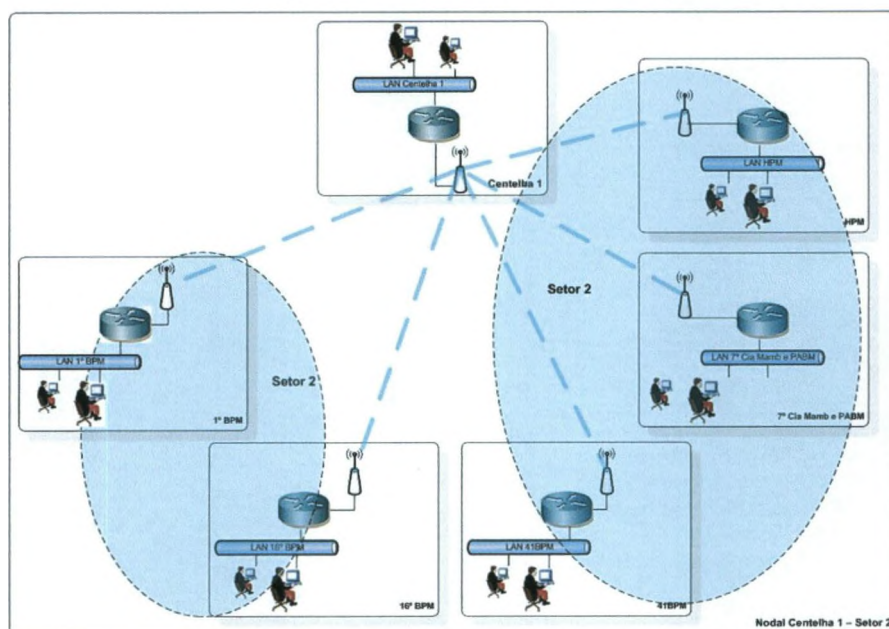
**Figura 19 – Nodal Centelha 1 (Setor 1)**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 22

Abaixo, pode-se visualizar o setor 2 do nodal Centelha 1, que cobre as sedes do 1º BPM, 16º BPM, 41BPM, 7ª Cia Mamb e PABM e HPM.

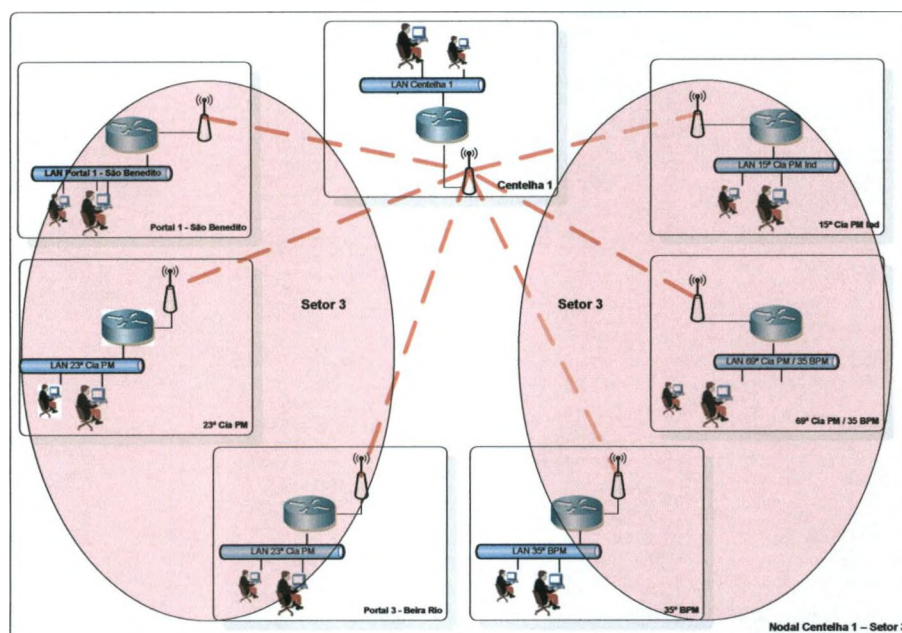
**Figura 20 – Nodal Centelha 1 (Setor 2)**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 22

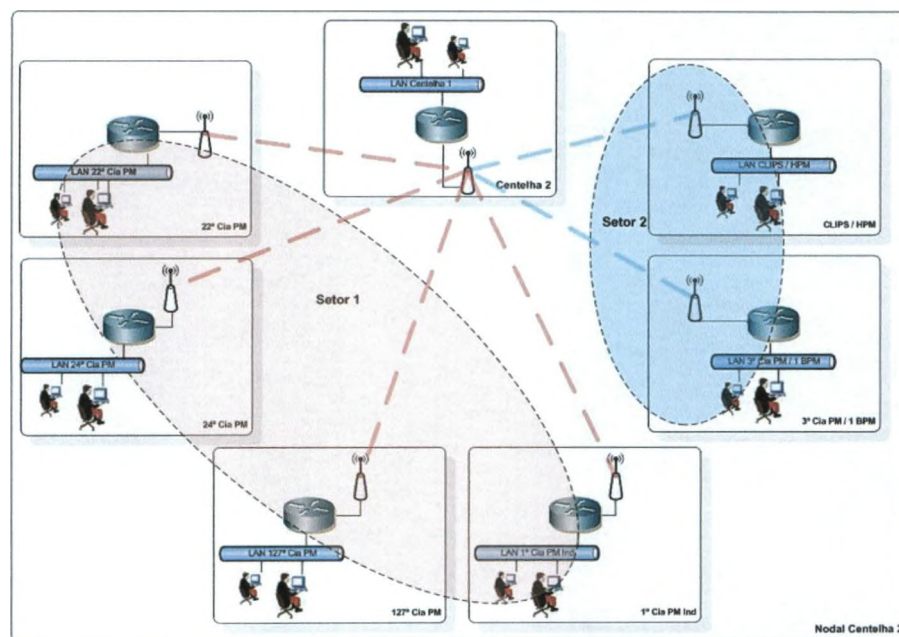
Já o setor 3 do nodal Centelha 1 provê sinal de RF para o Portal 1 - São Benedito, 23ª Cia PM, 35º BPM, 69ª Cia PM / 35 BPM, 15ª Cia PM Ind e Portal 3 - Beira Rio.

**Figura 21 – Nodal Centelha 1 (Setor 3)**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 23

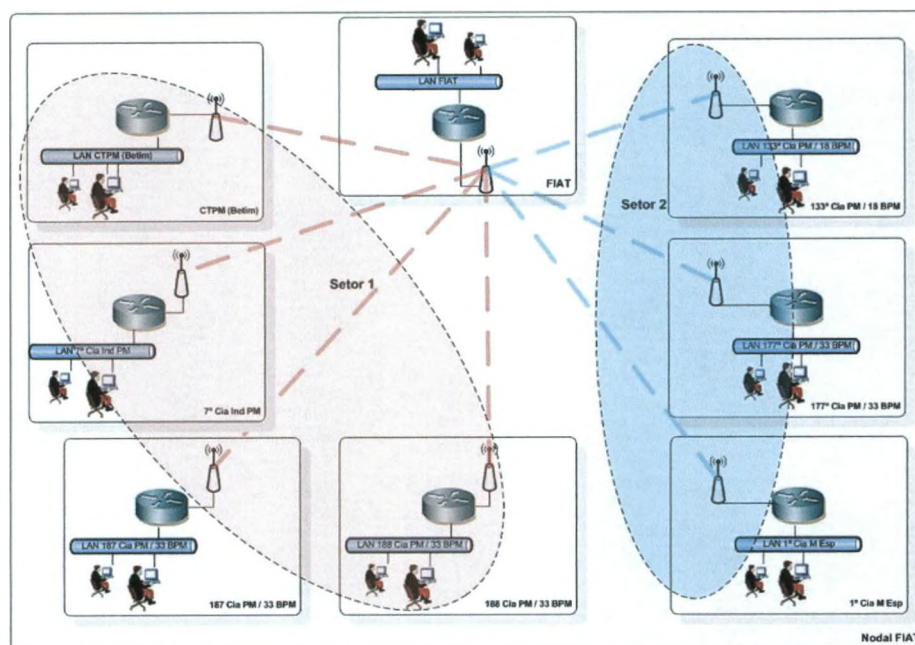
**Figura 22 – Nodal Centelha 2**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 26

Na Figura abaixo pode-se visualizar o Nodal FIAT e seu diagrama de cobertura.

**Figura 23 – Nodal Fiat**

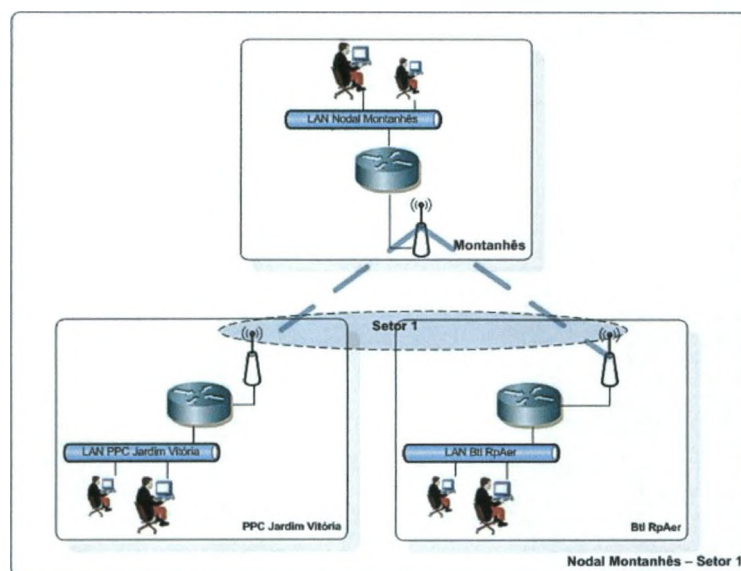


Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 28

O Nodal Montanhês provê sinal de RF para 8 unidades por meio de 3 setores. As unidades cobertas por este nodal são: PPC Jardim Vitória e Btl RpAer o quais fazem parte

do setor 1; as unidades 10ª Cia PM/5 BPM e 126ª Cia PM/5 BPM fazem parte do setor 2 e as unidades 16ª Cia PM/13 BPM, 8ª Cia PM/34 BPM e 3º Esq. RCAT fazem parte do setor 3.

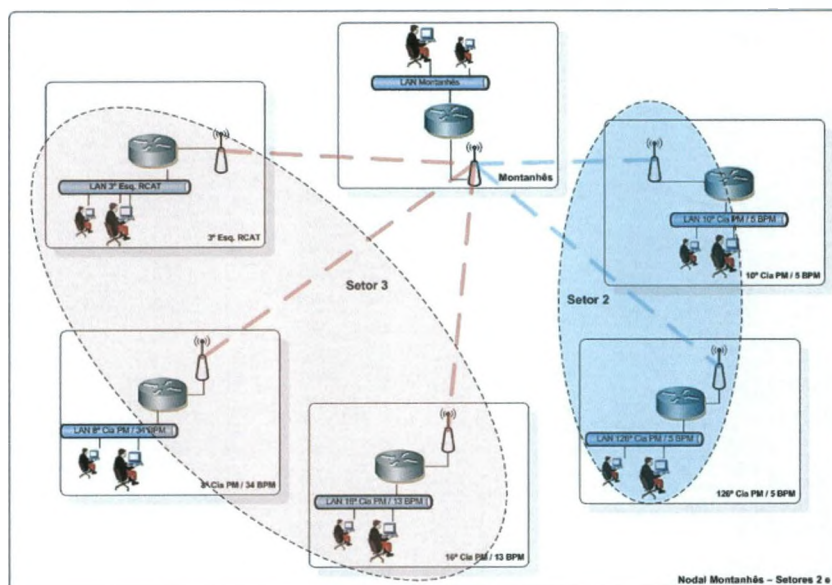
**Figura 24 – Nodal Montanhês (setor 1)**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 30

Pela figura a seguir pode-se observar a cobertura das unidades restantes, as quais são abrangidas pelos setores 2 e 3 do nodal Montanhês.

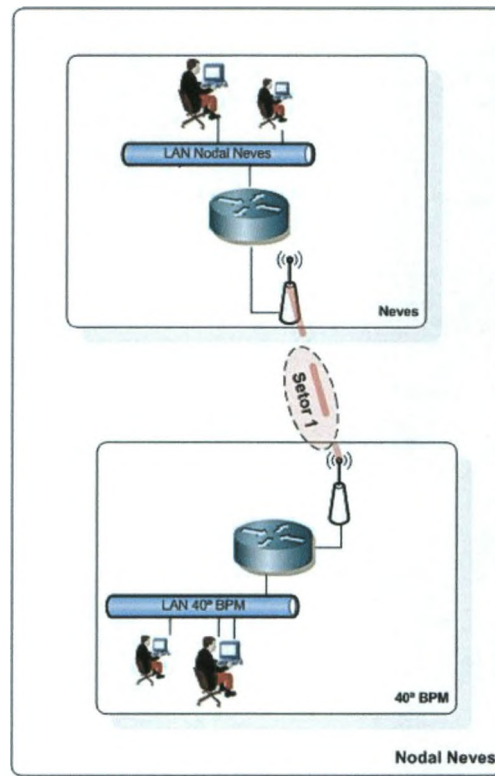
**Figura 25 – Nodal Montanhês (setor 2 e 3)**



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 31

O Nodal Neves compõe-se de apenas um setor e provê RF para uma única UEOp, ou seja, o 40ºBPM.

Figura 26 – Nodal Neves



Fonte: LOPES; OLIVEIRA; JEREMIAS, 2009b, p. 33

#### 4.1.3 Tecnologias Empregadas

Diante do grande volume de dados que trafegam pela rede SIC e são roteadas pelos equipamentos de backbone, optou-se pelo protocolo de roteamento *Open Shortest Path First* (OSPF), uma vez que mantém uma tabela com todas as rotas possíveis, dados sobre os enlaces da rede e assim poderá descobrir qual a melhor rota para entregar o pacote de dados no destino.

Além do OSPF, optou-se, também, nos roteadores do backbone a tecnologia *multiprotocol Border Gateway Protocol* (MP-BGP). O MP-BGP é um protocolo de roteamento dinâmico utilizado para comunicação entre sistemas autônomos, para troca de informações e determinar o melhor caminho para as redes que utilizam o TCP/IP. As informações de roteamento BGP são feitas entre roteadores que tenham uma conexão direta. Desta forma, são trocadas as informações contidas nas tabelas de roteamento BGP de cada um dos roteadores conectados e que o protocolo BGP garanta a alcançabilidade. Tal relação também é chamada de *speakers* (locutores) ou *peers* (pares).

Tal tecnologia permite a segregação das redes de cada órgão que integra o SIC, com diferentes tabelas de roteamento e encaminhamento de tráfego (*Virtual Routing and Forwarding – VRF*).

De uma forma geral, a rede SIC, possui bons equipamentos para estabelecer a conectividade entre as unidades dos órgãos do Sistema de Defesa Social, e sua configuração garante um desempenho que se pode considerar bom, sendo um bom meio de comunicação, o qual, com poucos ajustes e atualização poderá ser mais bem explorada.

## 4.2 O Anel Óptico

Denominou-se impropriamente de “Anel Óptico”, a WAN óptica que conduz os sinais de imagem das câmeras do Sistema de Patrulhamento Vídeo-Monitorado (SPVM) até a central de monitoramento da PMMG. Esta rede interliga as principais unidades da PMMG e outros órgãos do Sistema de Defesa Social e ainda é utilizado pela BHTrans no sistema de controle de trânsito.

### 4.2.1 Sistema Óptico

Um sistema óptico de telecomunicações se diferencia dos outros sistemas pela frequência da portadora que é na ordem de Tera Hertz (THz). Se constitui basicamente de um transmissor óptico, um canal de transmissão e um receptor óptico.

O transmissor óptico, que na atualidade poderá ser um Diodo Emissor de Luz (LED) ou um laser, com *intensity Modulation (IM)*, tem a função de converter o sinal elétrico em sinal óptico, capaz de ser transmitido pelo meio, e constitui-se de dois componentes, o circuito *driver* e circuito emissor de luz. O circuito *driver* possui a função controle de polarização elétrica e emissão de potência óptica. O circuito emissor de luz é responsável pela conversão e a emissão do sinal óptico.

O receptor óptico possui a função inversa do bloco transmissor, ou seja, detecta o sinal óptico e o converte para elétrico. É constituído por um fotodetector que realiza a conversão optoeletrica por meio da *direct detection (DD)*, e por um circuito amplificador-filtro, onde o sinal recebe um tratamento adequado para a leitura.

O canal de transmissão é composto de trechos de fibras ópticas seguidos de amplificadores ópticos. As fibras ópticas são guias de ondas por onde a luz pode trafegar, desde a extremidade emissora até a extremidade receptora.

Uma fibra óptica é classificada de acordo com o perfil ou distribuição de índice de refração em sua seção reta. Quando ocorre a variação abrupta, na interface núcleo-casca, do índice de refração, a fibra possui um *step-index* (SI), ou seja, um índice degrau. Quando o índice de refração decresce gradualmente de seu valor máximo, no centro do núcleo da fibra, até seu valor mínimo, na interface núcleo-casca, diz que a fibra possui *graded-index* (GI), ou seja, índice gradual.

Dependendo das relações entre índices de refração e diâmetros do núcleo e da casca, a fibra óptica pode suportar apenas um ou vários modos de propagação no núcleo da fibra, assim, se classificam em fibras multimodo e fibras monomodo. A escolha de um destes tipos dependerá do sistema óptico a ser implementado, dos parâmetros físicos do enlace, da necessidade tráfego e os custos associados.

A classificação das fibras em índices degrau, gradual, multimodo e monomodo são complementares, e assim, no mercado existem três tipos de fibras: monomodo degrau, multimodo degrau e multimodo gradual. A fibra monomodo gradual, além do seu alto custo, não possui um bom desempenho, assim, não é fabricada.

As fibras multimodo são mais utilizadas em aplicações de rede locais (LAN), enquanto as fibras monomodo são mais utilizadas para aplicações de redes de longa distância (WAN).

#### **4.2.1.1 Fibras Multimodo (MMF MultiMode Fiber)**

São fibras que possuem vários modos de propagação, o que faz com que os raios de luz percorram por diversos caminhos no interior da fibra. Podem ser encontradas de duas formas: fibras multimodo de índice degrau e fibras multimodo de índice gradual.

##### **4.2.1.1.1 Fibras Multimodo de Índice Degrau**

O material do núcleo é homogêneo, com índice de refração constante e superior ao da casca. A fabricação das fibras de índice degrau é de maior simplicidade e, por isto, possuem características inferiores aos outros tipos de fibras, sendo que uma das deficiências que podemos enumerar é a banda passante estreita, restringindo sua capacidade de transmissão. Possui alta atenuação quando comparada com as fibras monomodo, o que restringe sua aplicação, uma vez que não consegue alcançar grandes distâncias, devido sua limitada capacidade de transmissão.

##### **4.2.1.1.2 Multimodo de Índice Gradual**

O material do núcleo possui índice de refração variável. Esta variação permite a redução do alargamento do impulso luminoso. São fibras mais utilizadas que as de índice degrau. Sua fabricação é mais complexa uma vez que se consegue o índice de refração

gradual com acréscimo de materiais que permitam a dopagem gradual do núcleo da fibra, o que faz com que o índice de refração diminua gradualmente do centro do núcleo até a casca. Esse índice faz com que os raios de luz percorram caminhos diferentes, com velocidades diferentes, e chegue à outra extremidade da fibra ao mesmo tempo, aumentando-se a banda passante e, conseqüentemente, a capacidade de transmissão da fibra óptica.

#### **4.2.1.2 Fibras Monomodo (SMF - *Single Mode Fiber*)**

As fibras monomodo possuem um único modo de propagação, ou seja, os raios de luz percorrem o interior da fibra por um só caminho. Também se diferenciam pela variação do índice de refração do núcleo em relação à casca, e se classificam em índice degrau standard, dispersão deslocada (*dispersion shifted*) ou *non-zero dispersion*. Têm dimensões mais reduzidas do que as fibras multimodos, sendo de fabricação mais complexa.

As características de transmissão destas fibras são superiores às multimodos, principalmente a banda passante, que é mais larga. Apresentam atenuação baixa, aumentando, com isto, a distância entre as transmissões sem o uso de repetidores. Os enlaces com fibras monomodo, geralmente, ultrapassam 50 km entre os repetidores.

As fibras monomodo do tipo dispersão deslocada (*dispersion shifted*) têm concepção mais moderna que as anteriores e apresentam características com muitas vantagens, como baixíssima atenuação e grande largura de banda. Contudo, apresentam desvantagem quanto à fabricação, pois exigem técnicas avançadas e de difícil manuseio (instalação, emendas), com custo muito superior quando comparadas com as fibras do tipo multimodo.

Devido a estas características a fibra monomodo que foi escolhida para que constituísse o "Anel Óptico" do SPVM.

#### **4.2.2 O Sistema de Patrulhamento Vídeo-Monitorado (SPVM)**

O Sistema de Patrulhamento Vídeo-Monitorado (SPVM), de acordo com o art. 125 e seguintes da Resolução 3.933, de 21 de junho de 2007, publicada na Separata do BGPM n.º 47, de 27 de junho de 2007, é a aplicação da tecnologia de Circuito Fechado de Televisão (CFTV) para policiamento de logradouros públicos, composto por câmeras tipo *speed dome* (captura de vídeo), meio de transmissão e central de monitoramento (visualização, controle, gravação, reprodução e back-up).

Foi implementado na cidade de Belo Horizonte a partir de 13 de dezembro de 2.005 para monitoramento do hipercentro, Barro Preto e Savassi. Posteriormente foi instalado no

Estádio de Futebol Governador Magalhães Pinto (Mineirão) e região nordeste de Belo Horizonte.

Devido ao sucesso na prevenção da criminalidade na capital mineira, foi implantado em outras cidades tanto da RMBH, Triângulo, Norte, Sul, Zona da Mata e na Região Metropolitana de Governador Valadares. Está totalmente implantado nas cidades de São Sebastião do Paraíso, Uberlândia, Montes claros e Viçosa e em fase de implantação na cidade de Sete Lagoas, na RMBH. Em processo de contratação, temos as cidades de Uberaba, Governador Valadares e CAMG.

Visando um melhor custo/benefício da solução, as imagens do sistema de videomonitoramento são visualizadas na forma analógica e digitalizadas para fins de gravação.

A configuração básica do sistema, no ponto de captura de vídeo, situados nos logradouros, se constitui de postes de altura de 5 (cinco) metros com suporte e prolongamento das câmeras de forma que estas estejam no centro dos logradouros, preferencialmente, bem na zona central dos cruzamentos.

O poste possui uma caixa hermeticamente fechada que abriga os equipamentos tais como: nobreak, conversor de mídia, fontes de alimentação, conexões elétricas (barramento de tomadas), protetores de linhas (elétrica, vídeo e lógica) e conexões de fibra óptica.

A energia elétrica é retirada diretamente dos postes da concessionária, preferencialmente sem a utilização de medidor. O cabeamento é embutido na parte interna do poste e do suporte, de modo que esteja protegida de vandalismos.

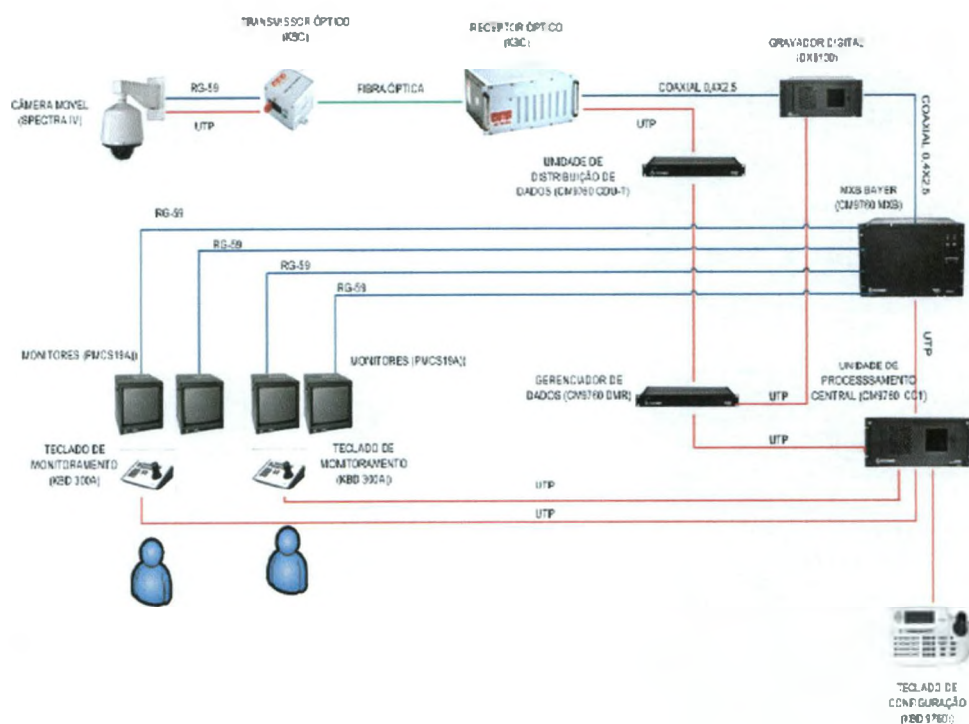
O cabeamento elétrico/óptico é conduzido por tubulação até o topo do poste. O cabeamento óptico que sai de cada ponto de captura passa pelos pontos de concentração e terminam na central de monitoramento, no Centro Integrado de Comunicações Operacionais (CICOp) da PMMG, situado na Praça da Liberdade (BH/MG).

Todas as câmeras são conectadas por meio de fibra óptica monomodo com a central de monitoramento, onde são conectadas e disponibilizadas em armário próprio.

O meio de comunicação para o sistema de monitoramento é analógico, por apresentar melhor custo/benefício em relação às tecnologias existentes no mercado. Os conversores de vídeo analógico para sinais ópticos, chamados transmissores, estão instalados nas caixas/postes (ao lado das câmeras) tendo a função de capturar sinais de vídeo analógico diretamente das câmeras e transmiti-los por meio de fibra óptica monomodo até a central, no CICOp. Esses equipamentos também recebem os sinais de controle Pan, Tilt e Zoom (PTZ) e os disponibilizam às câmeras via porta RS 422 ou 485.

Os sinais ópticos são recebidos e convertidos em sinais de vídeo analógico na central, por equipamentos ópticos apropriados, chamados receptores, que são acondicionados em gabinetes apropriados, tamanho 19", com fontes de alimentação redundantes. Além da recepção dos sinais de vídeo, estes equipamentos têm a função de transmitir os sinais de controle PTZ, recebidos da mesa controladora em porta RS422 ou 485, via fibra óptica até as câmeras.

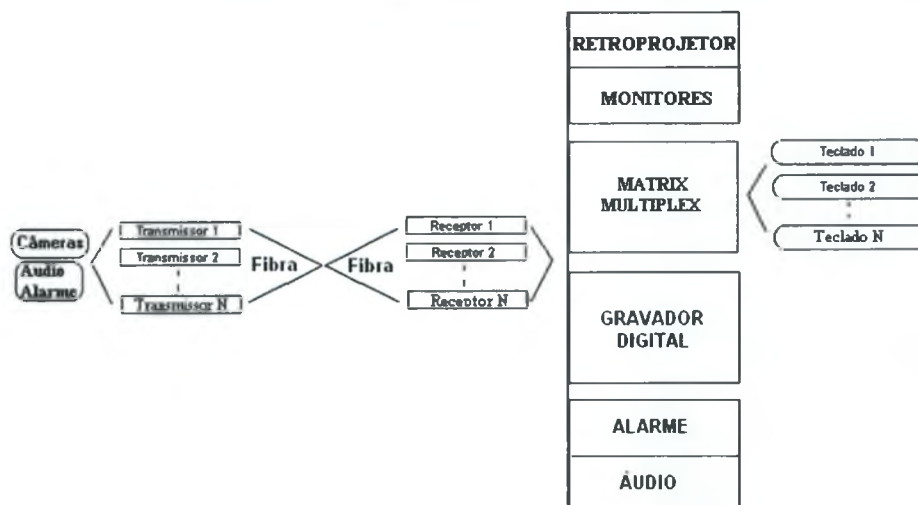
**Figura 27 – Estrutura básica do SPVM**



Fonte: EXPERTI, 2009.

A central é encarregada do monitoramento, da gravação, da reprodução, da supervisão e do controle das câmeras de vídeos instaladas nos logradouros públicos, com utilização de equipamentos que permitem visualizar imagens em tempo real, com alta definição, controle de PTZ e interferência no sistema.

Figura 28 - configuração básica do SPVM



Fonte: POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2005, p. 19

#### 4.3 Linha Privada de Comutação de Dados (LPCD)

Linha Privada de Comutação de Dados (LPCD) é uma tecnologia de rede, disponível para um acesso permanente e dedicado à internet. Baseia-se, geralmente, na tecnologia de multiplexação no tempo, denominada de *Time Division Multiplexing* (TDM). Desta forma, um ou mais usuários compartilham o mesmo meio físico de telecomunicações, sobre uma mesma frequência, porém em intervalos de tempos diferentes. “*Desta forma, a LPCD é entendida como um serviço dedicado, garantindo um circuito físico e por isso se atribui a ela um status de meio de comunicação mais robusto e de maior confiabilidade que os demais*”. A LPCD tem um custo maior que as outras redes de Pacotes, “*justamente por alocar o recurso de rede fim a fim, exclusiva para determinado usuário*”. (PIMENTA; MACEDO; MELLO, p. 3)

A escolha desta rede, normalmente, é feita para usuários que possuam tráfego constante e próximo a taxa de acesso a qual contrataram. “*Esta escolha é consoante com a idéia de que só se justifica a reserva de um recurso, à medida que se deverá alcançar uma alta taxa de utilização, evitando desperdício de investimento*”. (PIMENTA; MACEDO; MELLO, p. 3)

No Estado de Minas Gerais, o tráfego de informações e acesso aos sistemas corporativos, aplicativos e banco de dados instalados no ambiente da Companhia de Tecnologia da Informação do Estado de Minas Gerais (Prodemge) é acessado pelos órgãos do Estado por meio de LPCD.

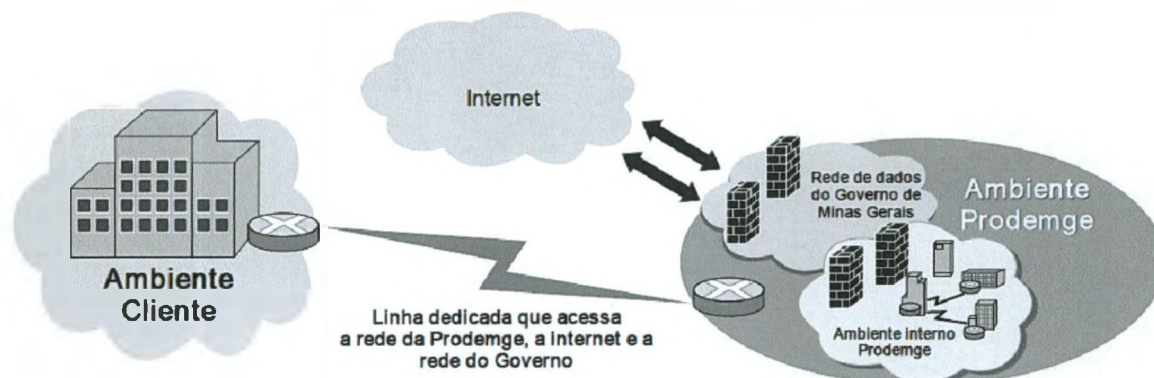
Em cumprimento às diretrizes estabelecidas pelo Governo de Minas Gerais, pode-se afirmar que a Prodemge é uma empresa pública, prestadora de serviços, que faz a intermediação entre os usuários e a concessionária de serviço público de telecomunicações para prover o acesso ao seu *Data Center*. A Prodemge também centraliza a conexão à Internet para o Estado de Minas Gerais visando a racionalização do uso, por meio do compartilhamento deste acesso por todos os órgãos e entidades do Poder Executivo estadual.

Data Center da Prodemge é o sistema de grande porte que processa e armazena sistemas de grande volume de dados em várias plataformas e provê acesso à internet em alta velocidade, possuindo infraestrutura adequada para atender às necessidades de hospedagem de servidores, sistemas ou sítios eletrônicos.

A Prodemge, então, disponibiliza conexão direta com a rede de informações de Minas Gerais, por meio do *Data Center* da Prodemge e o que ela denominou de Gerenciamento Técnico da Integração entre as Redes de Comunicação de Dados.

O acesso a este ambiente Prodemge é feito por meio de uma rede particular virtual, denominada *Virtual Private Network (VPN)*, construída sobre uma rede de comunicações pública, com a utilização de protocolo padrão, no caso o TCP/IP, e criptografia. O acesso VPN é feito em duas modalidades VPN Local (VPN-L) e VPN Usuário (VPN-U).

**Figura 29 – Acesso à rede Prodemge**



**Fonte:** COMPANHIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. p. 2.

Tal acesso, de forma dedicada, está condicionado à contratação, pelos órgãos usuários, de uma LPCD junto às operadoras de telecomunicações.

Para oferecer o serviço de provimento e acesso à internet, a Prodemge disponibiliza duas conexões redundantes, providas por concessionárias de serviços de telecomunicações.

Os canais de acesso à Internet existentes na Prodemge proporcionam alta disponibilidade, redundância e desempenho para os serviços de conexão oferecidos aos

órgãos do Governo de Minas Gerais, para fazer face à demanda por banda de transmissão de dados.

A solução de provimento de acesso à Internet integra dois *links* independentes quanto aos meios de comunicação, seja no acesso, ou no *backbone* nacional e internacional, implementados em dois equipamentos distintos, e suportam tráfego de até 1 Gbps cada um, de forma que se possa garantir redundância e alta disponibilidade do acesso à Internet.

Como empresa pública, a Prodemge para obter a solução de provimento e acesso à *Internet* para os órgãos públicos do estado, é obrigada a executar um processo de aquisição pública por meio de licitação. Por determinação legal, a modalidade, deve, obrigatoriamente, ser o Pregão, para realização de Registro de Preço. (MINAS GERAIS, 2008)

Realizado o Registro de Preços, cada órgão interessado, que, previamente aderiu à aquisição, celebra, com a concessionária de serviço público de telecomunicações, vencedora do certame, um contrato de acesso dedicado ao *Data Center* Prodemge.

A tarefa da Prodemge neste processo é de gestão da rede, onde se disponibilizam para o usuário: orientações sobre a preparação da infraestrutura, física e lógica, interna no local de instalação da linha; a configuração do roteador; informações técnicas para ativação da linha da contratada com as respectivas informações de acompanhamento e execução do serviço de ativação, alteração e cancelamento de linha; a avaliação técnica da linha ativada ou alterada entregue pela concessionária de serviço público de telecomunicações e; executa testes para ver a conformidade com as especificações técnicas em confronto com as especificações contidas no edital do processo licitatório.

No estado de Minas Gerais, as concessionárias de serviço público de telecomunicações, que sagraram vencedoras no Registro de Preço realizado e em consequência estão habilitadas a prover a LPCD são: a Empresa Brasileira de Telecomunicações S/A (Embratel); a Data Net Telecomunicações Ltda (CTBC); e, Telemar Norte Leste S/A (TLN PCS S/A).

O Acesso da PMMG ao *Data Center* Prodemge é feito por LPCD, e abrange todas as sedes de Unidades de Direção, Apoio e de Execução Operacional.

#### **4.4 Rede de Telefonia da PMMG**

A PMMG preocupando-se em oferecer maior rapidez e facilidades nas comunicações telefônicas de seu público interno e externo vem paulatinamente, implantando em suas unidades, centrais telefônicas de última geração, dispendo entre outras facilidades, a

discagem direta a ramal (DDR), isto é, PABX com DDR. Neste sistema, o assinante externo da rede pública, pode se comunicar, automaticamente, ao ramal desejado, sem a necessidade de passar pela mesa operadora do PABX e aguardar o encaminhamento via telefonista.

PABX (*Private Automatic Branch Exchanger*) é o termo inglês para Central Privada de Comutação Telefônica (CPCT), caracterizando-se pela conexão automática, por permitir ligação entre ramais e com a rede pública e ligação não automática da rede pública para os ramais.

Convém esclarecer que, em um passado bem recente, as diversas centrais PABX, com DDR se interligavam entre si por meio de uma central de trânsito situada no Quartel do Comando Geral, o que possibilitava ao usuário de uma central comunicar-se com o ramal de outra central, sem ocupar a rede telefônica pública. Isto representou uma boa economia, uma vez que não eram pagos impulsos à concessionária do Sistema Telefônico Fixo Comutado. No entanto, com a privatização das "teles", esta facilidade tornou-se inviável economicamente, visto exigir uma linha dedicada para interligação das centrais à central de trânsito.

Conta o sistema telefônico da PMMG com diversos PABX de médio e pequeno porte, instalados em outras regiões e na RMBH, sendo centrais modernas que atendem com altíssima eficiência as comunicações onde estão instaladas. Para comunicar com estas centrais, usa-se a rede do STFC

As centrais PABX com DDR dispõem de um conjunto de ramais que interligam entre si ou com a rede pública em função de suas categorias, da mesma forma como o PABX sem DDR. No entanto, este sistema apresenta a diferença de se possibilitar ao assinante externo acesso direto ao ramal desejado, automaticamente, sem intervenção da telefonista (mesa operadora). Tal facilidade promove o descongestionamento do tráfego telefônico na mesa operadora, além de reduzir a zero o tempo de espera para a conexão entre o assinante externo e o ramal desejado.

Na central PABX sem DDR, as ligações internas entre os ramais, ocorrem todas automaticamente, isto é, sem a necessidade da intervenção da telefonista (mesa operadora). Já as ligações externas, que entram, só ocorrem com o auxílio da telefonista para os ramais semi-restritos e privilegiados. As ligações que partem da central, só ocorrem automaticamente, para os ramais privilegiados.

Ramal Privilegiado é o ramal que não sofre qualquer restrição para fazer ligações externas (acesso à rede pública). Geralmente é permitido originar chamadas DDD/DDI.

Semi-restrito é o ramal que tem acesso à rede pública, porém sofre algumas restrições. Estas restrições são programadas de acordo com as necessidades de cada empresa em forma de tabela. Algumas centrais possuem uma tabela já definida de fábrica, outras são programadas na hora da instalação. São as seguintes as restrições: não ter acesso a DDI; não ter acesso a DDD; não ter acesso a telefones celulares; não ter acesso a números iniciados por 08, 09, 800, 900 e outros.

Restrito é o ramal que só tem acesso a outro ramal de um mesmo PABX e ramal externo é aquele que sai de uma central, passa pela rede pública até chegar ao local de destino, normalmente instalado longe da central de origem. Este recurso, nos últimos anos tornou-se economicamente inviável, já que seu custo foi majorado em torno de 500%.

De acordo com a Seção de Telemática do CTT, a PMMG possui atualmente, cerca de 120 centrais telefônicas instaladas, de diferentes marcas, a saber: Alcatel, Siemens, intelbras, Batik, Nec, Nortel, Matec, Leucotron, Nordstar e Ericsson. Tais centrais encontram-se interligadas ao STFC por meio de entroncamentos analógicos e digitais da Embratel, TLN/PCS e CTBC.

## 5 METODOLOGIA UTILIZADA

Esta seção apresenta uma abordagem geral da problemática do objeto de estudo e a metodologia adotada para alcance dos objetivos propostos. Detalha as etapas da pesquisa, citando os caminhos trilhados para a estruturação das idéias, as técnicas utilizadas e a finalidade de cada uma no contexto da pesquisa realizada.

Lakatos e Marconi (2007, p. 83) define método como o “conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista”. Desta forma, para se produzir conhecimento deve-se empregar um método científico, para que no futuro, se algum outro pesquisador quiser repetir a experiência o possa fazer com exatidão, confirmando ou não os dados obtidos.

Após definição dos objetivos a serem alcançados, verificou-se que o método mais adequado para o estudo seria o dedutivo, que busca compreender como a tecnologia VoIP é viável para se otimizar as redes de telecomunicações da PMMG.

Quando se buscou a Otimização da Rede de Telecomunicações com a implantação da tecnologia Voice over Internet Protocol (VoIP) para as Unidades de Direção, Apoio e Execução da Polícia Militar de Minas Gerais, situadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), uma questão se colocou evidente, a saber: até que ponto, tecnicamente, é viável a implantação da tecnologia Voice Over IP (VoIP) para prover a interoperabilidade de redes e convergência de serviços, uma vez que a PMMG utiliza infra-estrutura de redes, separadas e segregadas, para viabilizar o SPVM, o SIC, O STFC, a rede de dados do Sistema PRODEMGE e do Sistema Integrado de Defesa Social (SIDS). Convergência, no entanto, é a unificação entre duas ou mais redes de comunicação distintas numa única rede capaz de prover os serviços antes prestados pelas diversas redes. Interoperabilidade é a capacidade de um sistema (informatizado ou não) de se comunicar com outro sistema (semelhante ou não), que trabalhe com padrões (protocolos) abertos.

Neste sentido, viabilidade técnica é uma avaliação da praticidade de uma solução técnica específica e a disponibilidade dos recursos técnicos. A questão é se a tecnologia proposta é prática, se poderá ou não ser empregada ou se está ou não disponível.

O cenário, então, na PMMG e nos Órgãos vinculados ao Sistema de Defesa Social é de redes dedicadas para prover serviços de voz, dados e imagem.

CLEMENTE (2006, p.4) *apud* Hacklin, V. Raurich, C. Marxt (2004) afirma que existem três tipos de dinâmica de inovações habilitadas pela convergência:

(i) **Convergência potencial:** Combinação de duas ou mais tecnologias novas em um novo conceito que pode permitir soluções inovadoras e desenvolvimento acelerado das tecnologias; (ii) **Convergência lateral:** Tecnologias já existentes combinadas com novas tecnologias permitem melhorias radicais nas funcionalidades existentes; (iii) **Convergência de aplicações:** duas ou mais tecnologias conhecidas convergem e, combinadas com soluções já existentes, adquirem novo valor agregado.

Segundo os autores que propuseram a estudar a tecnologia VoIP, a rede IP é uma tecnologia disruptiva, na *“qual a Internet e a telefonia fixa convergem para a mesma base tecnológica”*, estando em condição de oferecer suporte adequado à integração de redes e convergência de serviços e enumeram como vantagem: a infraestrutura física unificada; a tecnologia como alternativa de redução dos custos; o estabelecimento de padrões que possibilitaram a melhoria da QoS em IP. (CLEMENTE et al., 2006, p. 2 – 6)

Por isso a pergunta norteadora foi no sentido de saber se a *Voice over Internet Protocol (VoIP)* é uma tecnologia apropriada para promover a interoperabilidade e para prover a convergência dos serviços prestados nas diversas redes (anel óptico, SIC e LPCD) em uso na PMMG?

Estabeleceu-se como hipótese básica que a tecnologia VoIP se mostra apropriada para garantir a convergência e interoperabilidade entre as redes (*anel óptico*, SIC, STFC e LPCD) no provimento de serviços de voz, dados e imagem. E como hipótese secundária verificou-se que a tecnologia *Voice Over Internet Protocol (VoIP)*, se mostra apropriada e viável tecnologicamente para prover a convergência das redes utilizadas pelas Unidades de Direção, Apoio e Execução da PMMG, inicialmente naquelas situadas na RMBH.

Quanto aos objetivos, classifica-se a pesquisa, ora pretendida, em bibliográfica. A pesquisa do tipo bibliográfica, permite aprofundar em fontes diversas de informações para coletar dados gerais e específicos a respeito da tecnologia VoIP e da capacidade das redes instaladas na Polícia Militar de Minas Gerais.

Pretendeu-se ainda, com este tipo de pesquisa proceder a uma análise crítica das informações coletadas. Para tanto a enunciação de hipóteses básica e secundária, se deu, apenas como um norte ao estudo pretendido sem, contudo, ter a preocupação, no decorrer da pesquisa de verificar a comprovação destas hipóteses.

É importante salientar que não constitui objetivo desta pesquisa descrever a tecnologia VoIP minuciosamente, para tanto poder-se-á consultar os autores constantes na referência e que constituem a base deste estudo, pois apresentam detalhadamente esta tecnologia, de forma compreensível, tanto para especialistas da área, como para leigos.

Assim, o que se deseja conhecer é o potencial da tecnologia VoIP para prover a interoperabilidade entre as redes instaladas nas Unidades da PMMG e a possibilidade da

convergência de serviços de imagem, voz e dados, para tanto se propõe realizar uma análise das obras que abordam o assunto e os documentos intra-organização Policial Militar, para se ter uma idéia clara do tamanho das diversas redes corporativas já existentes. Assim, é que se classificará a pesquisa como qualitativa.

A linha de raciocínio que foi adotada, no processo de pesquisa, proporcionou as bases lógicas à investigação científica. A opção em se fazer um estudo da tecnologia VoIP, conhecê-la, e verificar se tal tecnologia é apropriada para possibilitar a convergência e a interoperabilidade entre as redes, levou à utilização, como lógica investigativa, o método dedutivo, uma vez que se pretendeu comparar uma situação particular (Anel Óptico, SIC, LPCD e rede telefônica da PMMG) frente a uma tecnologia que se mostra viável para prover serviços convergentes.

Procedeu-se um estudo sistematizado empregando a técnica denominada de documentação indireta, tanto de forma documental como bibliográfica. Utilizou-se como fontes primárias ou pesquisa documental as leis e decretos legislativos emanados pela União e Estado, resoluções, diretrizes, relatórios, contratos, processos licitatórios, produzidos pela Administração da Polícia Militar. Utilizou-se de fontes secundárias ou pesquisa bibliográfica, conhecimentos científicos ou afins ao tema deste estudo.

Pretendeu-se, ainda, reunir informações que permitissem, no futuro, desenvolver um piloto de rede VoIP, com a interligação de algumas Unidades da PMMG, situadas da Região Metropolitana de Belo Horizonte, do nível estratégico, tático ou operacional, que devido às suas características têm a necessidade ou mantêm contatos intensos, por meio do Sistema Telefônico Fixo Comutado (STFC).

Realizou-se uma visita na empresa Experti Empreendimentos Ltda, situada na Alameda do Ingá, n.º 88, Vale do Sereno, CEP 34000 000, município de Nova Lima, Estado de Minas Gerais, onde se teve oportunidade de ver a tecnologia VoIP em funcionamento e a constatação de que esta tecnologia possibilita uma melhor gestão da utilização do telefone e em consequência uma redução dos gastos, sobretudo com chamadas interurbanas nacionais e internacionais. Visitou-se também o futuro Palácio do Governo de Minas Gerais na CAMG, onde se teve a oportunidade de verificar a instalação dos equipamentos e cabeamento da rede de cabeamento estruturado.

## 6 VIABILIDADE DA CONVERGÊNCIA DAS REDES DA PMMG POR MEIO DA VoIP

O objetivo desta seção, diante do conteúdo apresentado até agora, é apresentar o cenários e perspectivas do Estado de Minas Gerais, diante da tecnologia VoIP e a viabilidade técnica de utilizar o VoIP como tecnologia para unificar e convergir redes.

### 6.1 Perspectivas Estaduais

O cenário existente na PMMG é a coexistência de redes independentes e dedicadas para provê serviços de voz (STFC), dados (SIC) e imagem (SPVM), como citado anteriormente.

No Estado de Minas Gerais, a CAMG se desponta como uma solução única de rede multisserviços, com *Virtual Local Area Networks* (VLANs) por tipo de serviço, com a segregação das instituições estatais e por grupo de usuários. Esta VLAN Utilizará de QoS para priorizar o tipo de serviço.

Como estrutura física, a CAMG utiliza-se de uma rede de fibra Óptica como acesso principal e cabeamento estruturado na distribuição horizontal e vertical de voz e dados, por cabo *unshielded twisted-pair* categoria 6 (UTP CAT 6), cuja característica de desempenho desta categoria de cabeamento e conexão para voz e dados é de até 100 Mbps. Utilizará 100 % (cem por cento) de ToIP no ambiente interno, para se comunicação intra e entre os órgãos públicos. Se conectará com o STFC por meio de canais digitais, ou seja, 80 *links* E1, perfazendo um total de 2.400 (dois mil e quatrocentos) canais. (SEPLAG, 2009c, p. 15)

A CAMG congregará a maioria dos órgãos ou entidades da Administração Pública estadual e se insere dentro do escopo do Decreto Estadual n.º 45.006 (Dec 45.006/2009), de 10 de janeiro de 2009, que “*institui a Rede IP Multisserviços do Estado de Minas Gerais*”. Integram a esta rede os órgãos e entidades da Administração Direta e Indireta do Estado de Minas Gerais, exceção às redes dos órgãos vinculados ao Sistema de Defesa Social, dentre outras, o SPVM, a rede telefônica de cada Órgão e o SIC. Ao se excluir o SPVM, a rede telefônica e o SIC da participação na Rede IP Multisserviços do Estado de Minas Gerais, o Dec 45.006/2009 está dando uma discricionariedade aos órgãos vinculados ao Sistema de Defesa Social, dentre eles, a PMMG. Mas a realidade atual tende a sofrer mudanças, visto que o Comando Geral da Corporação PM se instalará no CAMG.

Dentro da política governamental de uma Rede IP Multisserviços, a ser executada por meio da Prodemge, o estado de Minas Gerais está empreendendo a contratação de prestação de serviços de telecomunicações para a implantação, operação, manutenção e gerenciamento de Rede IP Multisserviços, abrangendo Minas Gerais e pontos nas cidades

de São Paulo, Brasília e Rio de Janeiro, bem como de serviços de valor adicionado de Acesso *Internet* e de Trânsito *Internet*. (MINAS GERAIS, 2009, p.3)

Assim, se pode inferir que o Governo do Estado de Minas Gerais tem entendido que é muito mais fácil administrar uma única rede convergente, considerando que o custo, de apenas uma rede, é menor que o custo de diversas redes segregadas em diversos órgãos e entidades da Administração Direta e Indireta do estado.

## **6.2 Viabilidade Técnica do VoIP na Convergência e Unificação de Redes**

Para Fagundes (2004, p.1-2) a VoIP se desponta como uma nova tecnologia com justificativa clara e sustentável, com diversos benefícios para os usuários. Tais benefícios do VoIP podem ser divididos dentro de cinco categorias:

- 1) Redução de Custos, uma vez que os preços fixos para acesso a Internet podem se configurar numa oportunidade para reduzir os custos de voz e fax. Essas reduções de custos estão baseadas em evitar o uso das chamadas internacionais e estatuais com a utilização da infra-estrutura da *Internet* do que a redução dos custos globais de um melhor compartilhamento dos equipamentos e rede pelos provedores de telecomunicações. Tal compartilhamento poderá levar a uma redução de custos para a voz.
- 2) Simplificação pela integração da infra-estrutura para suportar as formas de comunicação, contribuindo para uma padronização e redução nos investimentos na aquisição de equipamentos. A infraestrutura compartilhada pode otimizar o uso da largura de banda da rede e a minimização dos custos de redundância da topologia de rede. As diferenças nos padrões de uso de voz e dados oferecem oportunidades adicionais para melhorar a eficiência das redes de comunicações.
- 3) Consolidação por meio do *Simple Network Management Protocol* - Protocolo Simples de Gerência de Rede (SNP), típico de redes TCP/IP, na camada de aplicação, o que facilita o intercâmbio de informação entre os dispositivos de rede. O SNMP possibilita aos administradores de rede gerenciar o desempenho da rede, encontrar e resolver seus eventuais problemas, e fornecer informações para o planejamento de sua expansão, dentre outras.
- 4) Aplicação Avançada. Embora os serviços básicos de telefonia e fax sejam as aplicações iniciais do VoIP é possível aplicações multimídia e aplicações multiserviços.

- 5) Não obsolescência da tecnologia com as tendências do mercado de comunicação unificada (UC). *Unified Communications* (UC) é a consolidação dos diversos dispositivos e aplicações de comunicação existentes atualmente. Softwares e redes IP de banda larga permitem que aplicações como telefones, vídeo-conferência, sistemas de mensagem e ferramentas de colaboração sejam combinadas em interfaces padronizadas e integradas nas aplicações dos processos. As UC se beneficiam das redes IP para trafegar informações. Tais tecnologias são responsáveis pela integração eficaz das redes e sistemas do ambiente corporativo. (SIEMENS, 2008, p.2)

A tecnologia VoIP apresenta com uma arquitetura mais flexível e menos hierarquizada que a estrutura do STFC, com apenas três níveis a saber: controle de conexão (digitalização, codificação/decodificação e empacotamento de sinais de voz); controle de chamadas (estabelecimento e manutenção de chamadas) e; aplicações e serviços (chamada em espera, audioconferência, *caller ID* e outras).

Na tecnologia VoIP utiliza-se padrões abertos em *Application Programming Interfaces* (APIs) para desenvolvimento de novas funcionalidades.

Os elementos principais da convergência são o *Media Gateway*, o *SoftSwitch*; o Servidor de Aplicações e; os *end-points* tais como os *IP phones*, ou seja, equipamentos que suportam os protocolos VoIP e a sinalização em TCP/IP.

A VoIP também trouxe uma evolução no transporte de pacotes de dados, passando pelo *Asynchronous Transfer Mode* (ATM), com uma plataforma de comutação de dados em alta velocidade e suporte a classe de serviços nas redes de longa distância. No entanto, no ATM os custos de manutenção e atualizações eram elevados e a configuração de novas topologias requeria um grande esforço e, devido ao grau de complexidade, buscou-se uma nova alternativa, o que levou à criação do *Multi Protocol Label Switching* (MPLS), para garantir ao TCP/IP “funcionalidades eficientes de engenharia de tráfego, sob a forma de repasse veloz de pacotes IP em ‘túneis lógicos’ criados dinamicamente sobre a estrutura de roteamento existente”. O MPLS “está alinhado” com o *Differentiated Services* (DiffServ), de QoS, “com emprego de técnicas de gestão inteligente de filas de pacotes nos roteadores da rede de dados”, tornando viável o transporte integrado de voz e dados, sem a perda da qualidade. (LEONEL; PEDINI, 2005, p.6)

Para adicionar recursos de QoS dois modelos de classes de serviços para tráfego Internet foram considerados e desenvolvidos pela *Internet Engineering Task Force* (IETF), a saber: os serviços diferenciados, denominado *Differentiated Services* (DiffServ) ou ainda de Soft QoS, que provê uma tratamento diferenciado, com preferência estatística, a

determinados tipos de fluxo conforme critérios de políticas de gerenciamento de rede; e o segundo refere-se aos serviços integrados ou *Integrated Services* (IntServ), também chamado de *Hard QoS*, que fornece uma garantia absoluta na alocação dos recursos da rede. Os Serviços diferenciados (DiffServ) traduzem uma arquitetura que permite trabalhar com diferentes tipos ou níveis de serviço para o tráfego da rede, a fim de possibilitar um melhor e máximo aproveitamento da largura de banda disponível numa rede IP. Esta arquitetura consiste no uso do *byte Type of Service* (ToS) de cada pacote IP para marcar a prioridade ou nível de serviço que cada pacote necessita, com a vantagem de não afetar fluxos encriptados, já que o byte ToS de cada pacote não é encriptado. O IntServ (Serviços integrados) é um modelo que permite o tráfego de fluxos numa rede através de níveis de serviço. Permite que sejam criadas reservas para cada fluxo, reservas estas que podem ser a largura de banda como outras características, tais como: tamanho dos pacotes máximo, taxas máximas, etc. (SILVA, 2.005, p. 1)

Tais técnicas permitiram o aperfeiçoamento do canal de comunicação, reduzindo os atrasos com o estabelecimento de parâmetros adequados de níveis máximos para *delay* que é o atraso no envio dos pacotes, para o *jitter* que é a variação no atraso entre pacotes de dados, para o *loss* que é a taxa de perda dos pacotes e para a largura de banda.

Os protocolos utilizados na convergência VoIP para sinalização e troca de informações de controle de gerenciamento dos serviços, podem ser alocados em dois grupos, conforme descrição anterior, ou seja, os protocolos mestre/escravo (MGCP e Megaco) e os protocolos *peer-to-peer* (H.323 e SIP).

O MGCP define um ambiente em que os gateways de telefonia são controlados a partir de um componente central chamado de *Call Agent* ou *Media Gateway Controller* (MGC). Um *gateway* MGCP lida com a tradução de áudio entre a rede pública (PSTN) e a rede de comutação de pacotes. Os *gateways* interagem com um *Call Agent* que realiza o processamento do sinal e da chamada. Os principais componentes do MGCP são :*Call Agent*, *Media Gateway* (MG) e *signaling gateway* (SG).

O Megaco, evolução do padrão MGCP, é designado pela ITU como H.248. Assemelha-se ao MGCP, diferindo nas melhorias e funcionalidades, não oferecidas por aquele. MGCP foi desenvolvido com a simples premissa de centralizar o controle de chamadas em um ponto central usando um MGC e possuindo diversos MG realizando operações de baixo nível como conexões e desconexões.

O protocolo H.323 da *International Telecommunications Union* (ITU) é um padrão para estabelecer comunicações de voz, vídeo e dados em um ambiente sem QoS, tal como a *Internet*, sendo este um dos principais motivos para sagrar-se, junto com o SIP um dos

protocolos VoIP mais utilizado na Web. Ele define os aspectos de sincronização entre transmissão de voz, vídeo e dados. Desta família de protocolos, temos o H.225 que estabelece o canal de sinalização de chamada, além do canal *Registration, Admission and Status* (RAS); o H.245 que estabelece o canal de controle da chamada e; durante a comunicação, se tem o H.225 que estabelece a sinalização de chamada. (TANENBAUM, 2.003, p. 730 – 733).

O *Session Initiation Protocol* (SIP) fornece outra plataforma para o estabelecimento e a manutenção de chamadas VoIP. Criado pela *Internet Engineering Task Force* (IETF), é um protocolo de sinalização e controle para o estabelecimento, manutenção e encerramento de sessões multimídia com um ou mais participantes. Utiliza o conceito de “convites” (*session invitations*). O usuário que inicia a chamada envia uma mensagem do tipo INVITE e o usuário final responde (se for positivamente) enviando uma mensagem de OK e já começa a transmissão das mídias. Assim pode-se inferir que o SIP utiliza um modelo do tipo pedido-resposta, assim, o início da comunicação é estabelecido de forma mais rápida e simples, se comparamos ao H.323.

Considerando-se, ainda, que a tecnologia VoIP é uma arquitetura de *Next Generation Networking* (NGN), baseado no IP, pode-se concluir com segurança que esta tecnologia sofrerá mais evolução, passando para o *IP Multimedia Subsystem* (IMS).

O IMS foi definido pelo *Generation Partnership Project* (3GPP), tendo seu início como uma tecnologia para redes móveis 3G, no entanto foi adotado como um padrão mais amplo, com base no protocolo SIP. O IMS se consagrou como uma arquitetura genérica para multimídia e para oferecer serviços de voz sobre IP. O IMS suporta múltiplos tipos de acesso, incluindo *Global System for Mobile Communications* (GSM), *Wide-Band Code-Division Multiple Access* (W-CDMA), *Code Division Multiple Access 2000* (CDMA2000), sem fios, banda larga de rede fixa e aplicações de dados. Também se destina a permitir às operadoras a introdução de novos serviços, no nível mais alto da rede comutada por pacotes. Atualmente, está em desenvolvimento o *IMS Release 7* como padrão da *CableLabs PacketCable 2.0*, despontando assim, como uma arquitetura específica para a prestação de serviços por meio de redes de banda larga via cabo, o que inclui VoIP, a integração de telefonia celular e outras aplicações relacionadas a serviço de convergência, gestão de presença, mensagens instantâneas e unificadas, videoconferências, dentre outras. (LEONEL; PEDINI, 2005, p.8)

Cediço, verifica-se que uma estrutura de comunicação em um único ambiente capaz de transportar voz, vídeo e pacotes de dados pelo mesmo canal de comunicação,

com suporte de diferentes dispositivos de acesso é o escopo da tecnologia VoIP, que foi criada, especificamente, para prover esta convergência.

### 6.3 Convergência e Unificação das Redes PMMG

O que se pretende é sugerir a implementação de serviço de voz utilizando a infraestrutura de comunicações já existente (SIC, SPVM, LPCD e STFC) que serve à administração da PMMG para a transmissão de voz, dados e imagem, de forma a maximizar o uso da estrutura instalada, com o cuidado de manutenção da qualidade das aplicações e tráfego de dados.

Para implantar a tecnologia VoIP em uma rede corporativa, da dimensão das redes existentes na PMMG, deve-se avaliar quais são as mudanças necessárias de forma que a nova rede suporte a qualidade requerida por esta tecnologia.

Deve-se *“estimar as melhorias que se fazem necessárias”* e separá-las em duas categorias, a saber; QoS e *“performance mínima do serviço e cumprimento de SLA”*. Como *“atributos de qualidade de rede”*, deve-se estabelecer parâmetros de disponibilidade, confiabilidade, capacidade de recuperação. A disponibilidade pode ser entendida como o tempo em que a rede encontra-se disponível ao acesso, devendo-se os recursos principais serem dimensionados adequadamente e previsto uma redundância ou duplicação de dispositivos, para evitar paralisações operacionais que possam ocorrer no caso de eventualidades. A confiabilidade relaciona-se com o provimento do serviço durante todo o tempo, sem falhas ou erros, assim, relaciona-se com a taxa de transmissão sem perda de pacotes, taxa de erros, estabilidade e redundância. Para tanto se devem prever circuitos redundantes. Já a capacidade de recuperação é a facilidade de retomada da rede em caso de falhas, o que poderá de uma forma ou outra afetar a disponibilidade da rede e a confiabilidade. (BERNAL, 2007, p. 137 – 143)

A topologia de rede a ser escolhida deve contemplar a flexibilidade operacional, os atributos de qualidade da rede, a forma de gerenciamento, o balanceamento de carga, a escalabilidade e o investimento a ser empreendido.

Pode-se a exemplo da CAMG implementar uma topologia de rede de forma escalável ou hierárquica, com camadas que permitam a segregação das diversas Unidades da PMMG e ao mesmo tempo possa expandi-la. Assim, pode-se adotar uma topologia hierárquica, com: camada *core* onde se instala roteadores *ou switches* de alta tecnologia com vista à *“disponibilidade e desempenho”*, com camada de distribuição composta de roteadores *ou switches* responsáveis em estabelecer as regras de QoS e com a camada de

acesso com roteadores *ou switches* com grande número de porta de acesso para conexão dos usuários à rede. (BERNAL, 2007, 145)

Segundo Daher (2005, p. 106) são cinco os aspectos considerados no projeto, na análise custo/benefício para o Estado, a saber: a sinalização e encaminhamento dos pacotes de voz; a qualidade do sinal de voz; o impacto do tráfego adicional de dados digitalizados na rede; a qualidade necessária ao serviço; e a interconexão e Integração com STFC

Acerca da sinalização e encaminhamento de pacotes temos os protocolos H.323 e o SIP. Quanto ao IAX, por ser proprietário, não é aconselhável no serviço público, visto ficar apenas adstrito a um fornecedor apenas.

O H.323 é um protocolo mais complexo que o SIP, dada sua concepção inicial de: suporte a conferência ponto-a-ponto e multiponto por meio da *multipoint Control Unit* (MCU); sua heterogeneidade, visto que seus equipamentos devem suportar a comunicação de áudio e, ainda, o suporte a dados textuais e imagens com sincronismo em redes comutadas por pacotes; suporte para contabilidade e gerência; segurança com a autenticação de usuários e o suporte de serviços complementares, tais como redirecionamento de chamadas, videoconferências, dentre outros. Acrescenta-se a isto a sua estrutura hierarquizada de *gatekeepers* para gerenciar múltiplas zonas. (COLCHER *et al.*, 2005, P. 158, 163, 174).

O SIP contempla a criação e gerenciamento de sessões para troca de fluxos multimídias entre aplicações. É um protocolo de sinalização de nível de aplicação, podendo ser utilizado, juntamente com outros protocolos e "*componentes na construção de uma arquitetura multimídia completa*". Tal como o H.323, o SIP possui uma arquitetura de sinalização *peer-to-peer*, a saber: *user agent* (UA) e *user agent server* (UAS); *proxy server*, *redirect server* e; *registrar server*. (COLCHER *et al.*, 2005, P. 189, 190)

Desta forma o protocolo SIP inicia a transmissão dos pacotes de voz por meio de consulta do UA ao servidor (*proxy server*), que possui as tabelas de números de destino e os respectivos endereços de rede, que traduz o destino desejado endereçamento IP. De uma forma simples a conversação poderá se proceder, em duas modalidades a saber: "*na primeira, os pacotes de voz são roteados pelo equipamento que hospeda o serviço SIP*" (*redirect server* e *registrar server*); "*e, na segunda, a conexão é estabelecida apenas entre os equipamentos terminais de voz, sem a interferência do servidor*". (DAHER, 2005, p. 106)

Assim, uma das primeiras decisões a ser tomada é a escolha protocolo.

Em termos de políticas de Governo do Estado de Minas Gerais, pela tendência do mercado, pela simplicidade de estabelecimento de conexões e implementação, a escolha do protocolo não é difícil, visto que o SIP se mostra mais viável na atualidade, tanto é que foi o protocolo escolhido para implementação da rede da CAMG e da Rede IP Multiserviços do Estado de Minas Gerais.

De acordo com Daher (2005, p. 108) a sinalização e encaminhamento dos pacotes de voz digitalizada é realizada por meio de algoritmo codificador/decodificador (CODEC), que tratam o sinal digitalizado por meio de técnicas de compressão de sinais digitais, preservando a inteligibilidade da informação original. A tecnologia VoIP utiliza-se de padrões da ITU-T, os quais estabelecem os mecanismos usuais de compressão de voz, garantindo a interoperabilidade com diversos fabricantes de equipamentos de telecomunicações, por meio de diversas opções de tratamento de sinais, que deverão ser escolhidas com base na relação custo/ benefício requerida pela solução desejada.

Dentre os padrões recomendados pela ITU-T, segundo Daher (2005, p. 108), está o G. 723.1 com base na *Pulse Code Modulation (PCM)*, apresentando uma taxa de compressão de 5,3 Kbps e 6,3 Kbps, o que significa que requer a menor largura de banda dentre os padrões, não exigindo recurso adicional de processamento, preservando a qualidade de voz, sem atrasos adicionais que em consequência traz o menor impacto no tráfego corporativo, visto que existem localidades na PMMG, cujas conexões operam em baixa velocidade, ou seja, "256 kbps" (POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2006, p. 11 – 16).

Para adicionar recursos de QoS na tecnologia VoIP, tem-se o Diffserv que utiliza o campo *Type of Service (ToS)* do cabeçalho IP para classificar como prioritários os pacotes de dados. O DiffServ opera sobre grandes volumes de dados em oposição a fluxos ou reservas individuais, o que significa que haverá uma negociação para todos os pacotes, esta negociação é designada de *Service Level Agreements (SLA)*. Tais acordos especificam que classes de tráfego serão servidas, que garantias são necessárias para cada classe, e qual o volume de dados para cada classe. Quem classifica os pacotes é o emissor por meio do ToP. Se o tráfego ultrapassar o estabelecido no SLA, podem ser cobradas taxas ao emissor, mas se não houver espaço no *buffer* do roteador, pode-se estabelecer uma política de descarte (*drop*) dos pacotes. *Buffer* é o espaço na memória do roteador para armazenamento temporário (escrita e leitura) de dados à espera de processamento.

A Interconexão com o STF, ao se colocar em prática a tecnologia VoIP, pode ser conseguida por meio de diversos equipamentos que façam esta interface, dentre eles: *gateways VoIP*; computadores pessoais; telefones IP; adaptador para telefone analógico

(ATA); roteadores com portas específicas para conexão de telefones analógicos ou PABX por meio de troncos digitais ou com portas para conexão á rede local. O importante é que se garanta a interoperabilidade com a rede pública de telefonia, sem que se tenha que adotar procedimentos diferentes dos habituais. (DAHER, 2.005, p. 111).

Deve-se ainda, durante a implementação da rede VoIP, migrar de forma gradativa, com investimentos modulados, de forma que não cause grande impacto na transição. Imprescindível é o estabelecimento de um plano de numeração, de forma que se tenha uma solução que possa expandir gradativamente em conformidade com a disponibilidade orçamentária e financeira estadual.

## 7 CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Do estudo empreendido pode-se inferir que a tecnologia VoIP está mudando o paradigma de acesso à informação, oferecendo voz, dados e multimídia em uma única infraestrutura de acesso convergente.

O maior benefício do conceito de comunicação de Voz sobre IP (VoIP), está na redução imediata dos custos de comunicação entre pontos geograficamente distintos, principalmente no que diz respeito às ligações interurbanas (DDD) e internacionais (DDI), uma vez que se pode criar uma rede de telefonia privada, de baixo custo de aquisição e baixo custo operacional, sobre a infraestrutura existente de conexão à Internet, e assim suas ligações não serão taxadas como DDD ou DDI, mas todas passarão a ser locais.

De acordo com Shepard (2007, p. 173), “o ‘núcleo’ da rede IP [...] é feito de roteadores, comutadores de redes de areal local [...], instalações cabeadas e sem fio, firewalls robustos, e suporte para Pacotes na Ethernet (PoE – Packets Over Ethernet)”.

No mercado, novos componentes de redes, que suportam, de forma híbrida, os protocolos H.323 e SIP estão sendo desenvolvidos. Exemplo deste feito, cita-se a empresa *Quintum Technologies Inc.* com a sua linha, intitulada Tenor, de Gateways e *Switches MultiPath* VoIP, que foram projetados para fazer a interoperabilidade com os principais padrões de sinalização internacionais do STFC, o que significa uma integração com qualquer PABX padrão de mercado. Além disto, seus equipamentos VoIP são capazes de suportar, de forma híbrida, os protocolos H.323 e SIP.

Com esta nova linha de equipamentos é possível aproveitar todo o legado de equipamentos existentes no Sistema de Defesa Social, com a implementação efetiva de: controle de banda; do gerenciamento de rede; alto nível de segurança; um baixo consumo de banda, uma vez que os CODEC se baseiam no padrão ITU G.723 com compressão de 6.3 Kbps; tal solução dispensa a utilização de um servidor dedicado e software para controle de chamadas telefônicas via IP; a solução necessita de *link* (intranet, internet rápida, ADSL, conexão discada, *frame relay*, MPLS, LPCD, entre outras, e provedores habilitados) em cada uma das localidades, que se irá implantar a tecnologia VoIP.

Deve-se tirar proveito de que o provedor de serviço de *internet* para o estado é a Prodemge.

Desta forma a mesma infraestrutura de rede pode transportar e disponibilizar serviços de voz, dados e imagem; ou um mesmo serviço pode estar disponível em diferentes tipos de redes; ou, ainda, um usuário pode, por meio de um mesmo equipamento,

acessar diversos serviços, de forma integrada. A convergência se apóia, de forma mais efetiva, na própria *internet* ou nas redes que propiciam conexões de alta velocidade.

Diz-se que se está diante uma tecnologia disruptiva ou de inovação disruptiva, pois trata-se de um produto que se propõe substituir o STFC ou , trazendo uma nova propositura de valor ao mercado de telecomunicações, na visão de Shepard (2007, p.266), que afirma: “*não há dúvida de que a VoIP é o estágio final das redes atuais, e a pergunta fundamental é ‘quando’*”.

Assim, diante do que se expõe, pode-se, seguramente concluir que o *Voice over Internet Protocol* (VoIP) é uma tecnologia apropriada para promover a interoperabilidade e para prover a convergência dos serviços prestados nas diversas redes (anel óptico, SIC e LPCD) em uso na PMMG. Tem-se que a infraestrutura de VoIP estará preparada para atender futuras necessidades de comunicação unificada para os órgãos vinculados ao sistema de defesa social.

O que se pode sugerir, caso se faça uma opção por esta tecnologia é o desenvolvimento de um piloto de rede VoIP, com a interligação de algumas Unidades da PMMG, situadas da Região Metropolitana de Belo Horizonte, que podem ser do nível estratégico, tático ou operacional, que devido às suas características têm a necessidade ou mantêm contatos intensos, por meio do Sistema Telefônico Fixo Comutado (STFC).

Sugere-se, ao se implementar a rede piloto, que a escolha das Unidades da PMMG da RMBH deva recair naquelas, cujo tráfego estimado seja relevante, o que se pode aferir por meio das faturas do STFC, emitidas pela Concessionária local.

O desenvolvimento de um piloto de rede VoIP, servirá de parâmetro para verificar a performance das redes da PMMG e possibilitará a realização de testes de interoperabilidade entre os componentes de rede, possibilitando a familiarização e o contato com a tecnologia VoIP.

Tais sugestões de implantação do VoIP, podem e merecem ser acolhidas por parte da Administração Pública, no entanto, deve-se proceder algumas adaptações, face as regras de Direito Administrativo. Desta forma, para que tal solução tecnológica seja adotada pela PMMG, deve-se, obrigatoriamente, observar as regras insertas na Lei Federal n.º 8.666, de 21 de junho de 1993, que regulamenta o art. 37, inciso XXI da Constituição Federal e que institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências e as demais normas pertinentes. Assim, deve-se adequadamente escolher a modalidade de licitação apropriada, elaborar o edital e após todo o rito desse processo licitatório efetuar a aquisição de equipamentos e contratação dos serviços de consultoria e adaptação.

**REFERÊNCIAS**

ALBUQUERQUE, Denis Roberto. **Rede SIC BHE-MG: projeto reestruturação BBone 2007**. São Paulo: FTD Comunicações de Dados, 2007, 22p.

ANATEL. **Resolução n.º 104, de 26 de fevereiro de 1999: aprova o Regulamento sobre Canalização e Condições de Uso da faixa de 5 GHz**. Disponível em: < [http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=9494&assuntoPublicacao=Resolu%E7%E3o%20n.%B0%20104&caminhoRel=Cidadao-Biblioteca-Acervo%20Documental&filtro=1&documentoPath=biblioteca/resolucao/1999/res\\_104\\_1999.pdf](http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=9494&assuntoPublicacao=Resolu%E7%E3o%20n.%B0%20104&caminhoRel=Cidadao-Biblioteca-Acervo%20Documental&filtro=1&documentoPath=biblioteca/resolucao/1999/res_104_1999.pdf) >. Acesso em: 12 setembro 2009.

\_\_\_\_\_. **Resolução n.º 307, de 14 de agosto de 2002: aprova o Regulamento sobre Canalização e Condições de Uso da faixa de 10,5 GHz**. Disponível em: < [http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=43188&assuntoPublicacao=Resolu%E7%E3o%20n.%B0%20307&caminhoRel=Cidadao-Biblioteca-Acervo%20Documental&filtro=1&documentoPath=biblioteca/resolucao/2002/res\\_307\\_2002.pdf](http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=43188&assuntoPublicacao=Resolu%E7%E3o%20n.%B0%20307&caminhoRel=Cidadao-Biblioteca-Acervo%20Documental&filtro=1&documentoPath=biblioteca/resolucao/2002/res_307_2002.pdf) >. Acesso em: 12 setembro 2009.

\_\_\_\_\_. **Serviços de voz sobre IP (VoIP)**. Disponível em: < <http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.do#> >. Acesso em: 20 julho 2009b.

BASTOS, Carlos Alberto Malcher; SANCHEZ, Maria Luiza d'Almeida. **Redes de comunicações**. – Rio de Janeiro: UFF/CEP – EB, 2.006, 217p. (Curso de Sistemas Modernos de Telecomunicações).

BERNAL, Paulo Sérgio Milano. **Voz sobre protocolo IP: a nova realidade da telefonia**. 1. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2007.

CARVALHO, Luiz Pinto de. **Evolução dos sistemas de telecomunicações**. – Rio de Janeiro: UFF/CEP – EB, 2.005, 266p. (Curso de Sistemas Modernos de Telecomunicações).

CHOWDHURY, Dhiman D. **Projetos avançados de redes IP: roteamento, qualidade de serviço e voz sobre IP**. Tradução por VIEIRA, Daniel. – Rio de Janeiro: Campus, 2002, 380 p.

CLEMENTE, Rafael *et al.* **Convergência e inovação: entendendo os impactos do VoIP na dinâmica do setor de telecomunicações**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26, 2006, Fortaleza, artigo. Rio de Janeiro: UFRJ/GPI, 2006. Disponível em: < <http://www.gpi.ufrj.br/pdfs/artigos/Clemente,Levy,Cameira,Proenca%20-%20Convergencia%20e%20inovacao-%20entendendo%20os%20impactos%20do%20VoIP%20na%20dinamica%20do%20setor%20de%20telecomunicacoes.pdf> > acesso em 06 Out 2009.

COLCHER, Sérgio *et al.* **VoIP: Voz sobre IP**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005, 5.<sup>a</sup> Tiragem, 288 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Gestão de rede de dados**. Disponível em: < [http://www.prodemge.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=26&Itemid=48](http://www.prodemge.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=48) > Acesso em: 16 Setembro 2009a.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Cartilha de gestão de rede de dados**. Disponível em: < [http://www.prodemge.gov.br/imagens/stories/g\\_rededados.pdf](http://www.prodemge.gov.br/imagens/stories/g_rededados.pdf) > Acesso em: 16 Setembro 2009b.

DAHER, Sergio de Melo. **Uma solução de Voz sobre IP para a Rede Estadual de Minas Gerais** in Revista Fonte, Belo Horizonte: PRODEMGE, n. 3, p. 105 – 111, Dez. 2005. Disponível em: <[http://www.prodemge.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=45&Itemid=104](http://www.prodemge.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid=104)> Acesso em: 10 Set. 2009.

DIAS, Thiago Francisco. **Novos temas, novos conhecimentos, novas oportunidades.** IMASTER. Disponível em [http://imasters.uol.com.br/artigo/3321/cisco/novos\\_temas\\_novos\\_conhecimentos\\_novas\\_oportunidades/](http://imasters.uol.com.br/artigo/3321/cisco/novos_temas_novos_conhecimentos_novas_oportunidades/) Acesso em: 12 Set 2009.

DUARTE, Otto Carlos Muniz Bandeira; VAZ, Igor; DINAU, Priscilla. *SIP: Session Initiation Protocol*. – Rio de Janeiro: UFRJ. Disponível em: <[http://www.gta.ufrj.br/grad/06\\_1/sip/index.html](http://www.gta.ufrj.br/grad/06_1/sip/index.html)> Acesso em 05 Set 2009.

EXPERTI Empreendimentos Ltda. Diagrama de Conectividade de CFTV. 2009.

FAGUNDES, Eduardo Mayer. **A convergência das redes de voz.** efagunde.com. 2004. Disponível em: <[http://www.efagundes.com/artigos/Arquivos\\_pdf/Convergencia\\_das\\_redes\\_de%20voz.PDF](http://www.efagundes.com/artigos/Arquivos_pdf/Convergencia_das_redes_de%20voz.PDF)> Acesso em 30 Set 2009

GOMES, Carlos Henrique Vicentini. **Voz sobre IP**. – Santa Rita do Sapucaí: INATEL Disponível em: <[http://www.inatel.br/posgraduacao/redes/download/VoIP\\_Pos\\_Gradua%C3%A7%C3%A3o\\_BH.pdf](http://www.inatel.br/posgraduacao/redes/download/VoIP_Pos_Gradua%C3%A7%C3%A3o_BH.pdf)> Acesso em 08 Jul 2006.

HARBOE, Paula Brandão; DANTAS, Tarcisio Martins. **Sistemas ópticos**. – Rio de Janeiro: UFF/CEP – EB, 2.005, 192 p. – (Curso de Sistemas Modernos de Telecomunicações).

HERSENT, Olivier; GURLE, David; PETIT, Jean-Pierre. **Telefonia IP**. Trad. Adriano Vilela Barbosa e Hugo Bastos de Paula. – São Paulo: Prentice Hall, 2002.

IETF. RFC 2212: **Guaranteed Quality of Service**. 1997. Disponível em < <http://www.ietf.org/rfc/rfc2212.txt> 7/11/aaaa> Acesso em 10 Jul 2006a.

\_\_\_\_\_, RFC 3317: **DiffServ QoS Policy Information Base**. 2.003. Disponível em <<http://newsgen/9911/qos.html>> Acesso em 10 Jul 2006b.

LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 315 p.

LEONEL, Jorge; PEDINI, Pedro. **Voz sobre IP: a revolução da telefonia**. São Paulo: Promon S.A. Promon Business & Technology Review, 2005. Disponível em: , [http://www.promon.com.br/portugues/noticias/download/VoIP\\_4Web.pdf](http://www.promon.com.br/portugues/noticias/download/VoIP_4Web.pdf)> Acesso em 22 Setembro 2009.

LOPES, Leandro; OLIVEIRA, Bernard; JEREMIAS, Jorge. Documentação técnica da rede SIC. Netservice Tecnologia da Informação. 2.009a.

\_\_\_\_\_. PJ-TEC-2009-1950A-Rede SIC. NETSERVICES TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO. 2009b.

MELO, Daiane Stelmach; VIVIURKA, Rafaela de Fátima. **Implantação de central telefônica PABX via software Asterisk**. 2007. p. 57. Monografia (graduação em Tecnólogo em Informática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://www.dainfpr.ct.utfpr.edu.br/~crisrina/Asterisk.pdf>> Acesso em: 06 Out 2009.

MINAS GERAIS. **Emprego da Polícia Militar de Minas Gerais - Diretriz para Produção de Serviços de Segurança Pública n.º 12/2.002 – CG.** Belo Horizonte: Separata do BGPM n. 028, 16 abril 2002. Disponível em: <http://intranetpm.mg.gov.br> Acesso em 20 de julho de 2009.

\_\_\_\_\_. **Lei 6.624 de 18 de julho de 1975. Dispõe sobre a organização básica da Polícia Militar do Estado de Gerais e dá outras providências.** Disponível em: [http://h.era.almg.gov.br/cgi-bin/nph-brs?co1=e&d=NJMG&p=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama\\_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&l=20&r=1&f=G&s1=LEI%206624%201975.NORM.&SECT8=SOCONS](http://h.era.almg.gov.br/cgi-bin/nph-brs?co1=e&d=NJMG&p=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&l=20&r=1&f=G&s1=LEI%206624%201975.NORM.&SECT8=SOCONS) Acesso em 22 de julho de 2009.

\_\_\_\_\_. **Decreto 44786, de 18 de abril de 2008: contém o regulamento da modalidade de licitação denominada pregão, nas formas presencial e eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns, no âmbito do estado de minas gerais, e dá outras providências.** Belo Horizonte: Minas Gerais, Diário do Executivo, Legislativo e Publicação de Terceiros, p. 1, col. 1, 25 Set 2008. Disponível em: [http://hera.almg.gov.br/cgi-bin/nph-brs?d=NJMG&f=G&l=20&n=&p=1&r=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama\\_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&SECT8=DIRINJMG&SECT9=TODODOC&co1=E&co2=E&co3=E&s1=Decreto&s2=44786&s3=2008&s4=>](http://hera.almg.gov.br/cgi-bin/nph-brs?d=NJMG&f=G&l=20&n=&p=1&r=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&SECT8=DIRINJMG&SECT9=TODODOC&co1=E&co2=E&co3=E&s1=Decreto&s2=44786&s3=2008&s4=>) Acesso em: 06 Out 2009.

MINAS GERAIS. **Decreto 45006: institui a Rede IP Multiserviços do Estado de Minas Gerais.** Minas Gerais, Diário do Executivo, 10 Jan 2009, p. 31, col. 1. Disponível em [http://hera.almg.gov.br/cgi-bin/nph-brs?d=NJMG&f=G&l=20&n=&p=1&r=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama\\_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&SECT8=DIRINJMG&SECT9=TODODOC&co1=E&co2=E&co3=E&s1=Decreto&s2=45006&s3=2009&s4=>](http://hera.almg.gov.br/cgi-bin/nph-brs?d=NJMG&f=G&l=20&n=&p=1&r=1&u=http://www.almg.gov.br/njmg/chama_pesquisa.asp&SECT1=IMAGE&SECT2=THESOFF&SECT3=PLUROFF&SECT6=HITIMG&SECT7=LINKON&SECT8=DIRINJMG&SECT9=TODODOC&co1=E&co2=E&co3=E&s1=Decreto&s2=45006&s3=2009&s4=>) Acesso em 21 Setembro 2009.

\_\_\_\_\_. **Projeto rede governamental do Estado de Minas Gerais: termo de referência.** E-gov Minas, 2009. Disponível em: [http://www.egov.mg.gov.br/Rede\\_Governo-13](http://www.egov.mg.gov.br/Rede_Governo-13) acesso em 08 Set 2009.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. **Rádiodifusão: rádio OM/OC/OT.** Portal do Ministério das Comunicações. Disponível em: <http://www.mc.gov.br/radiodifusao/radio-om-oc-ot> Acesso em 16 agosto 2009.

PELISSON, Luiz Augusto. **LPCD – Linha Privativa de Comunicação de Dados.** Associação Brasileira dos Usuários de Acesso Rápido. Disponível em: <http://www.abusar.org/lpcd.html> Acesso em 16 Agosto 2009.

PEREIRA, Helena bonito Couto. **Michaelis: dicionário escolar espanhol-português, português-espanhol.** – São Paulo: Melhoramentos, 2.002. – Dicionário Michaelis.

PIMENTA, Hugo Luís do Nascimento; MACEDO, Marco Aurélio; MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de. **Decisão da realização de investimentos em tecnologia da informação com análise envoltória de dados.** Rio de Janeiro: UFF, 10 p. Disponível em: [http://74.125.47.132/search?q=cache:Facfe4zp0EwJ:www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume32003/relpesq\\_303\\_16.doc+Definir+LPCD&cd=14&hl=pt-R&ct=clnk&gl=br](http://74.125.47.132/search?q=cache:Facfe4zp0EwJ:www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume32003/relpesq_303_16.doc+Definir+LPCD&cd=14&hl=pt-R&ct=clnk&gl=br) Acesso em: < 16 Agosto 2009

POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Processo n.º 48/2008 - Pregão eletrônico n.º 46/2008: Contratação de empresa para prestação de serviços de inventário, documentação, configuração, customização, otimização, manutenção**

preventiva, preditiva e corretiva do Sistema Integrado de Comunicação (rede SIC) da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (PMMG). Belo Horizonte: CTS, 2008, 78 p. Disponível em: <[https://www.licitanet.mg.gov.br/frame\\_licitacoes.asp](https://www.licitanet.mg.gov.br/frame_licitacoes.asp)> Acesso em: 11 Set 2009.

POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Resolução n.º 3933, de 21 de junho de 2007: disciplina o emprego e a utilização dos equipamentos, serviços e infraestrutura de telecomunicações na PMMG.** Belo Horizonte: Separata do BGPM n.º 47, 27 Junho 2007a, 59 p. Disponível em: <<https://intranet.policiamilitar.mg.gov.br/intranet/app/legislacao/vwBGPM.action?act=download&caminhoFisicoArquivo=/srv//bgpm//2007/20070626047SEPARATA.PDF&nomeArquivo=20070626047SEPARATA.PDF>> Acesso em: 12 Set 2009.

\_\_\_\_\_. **Processo n.º 10/2005 - Pregão presencial n.º 10/2005:** Aquisição de um sistema instalado de monitoramento por meio de câmeras de vídeo para vigilância eletrônica do público no Estádio Magalhães Pinto (Mineirão). Belo Horizonte: CA/Telecom, 2005, 64 p.

\_\_\_\_\_. **Contrato n.º 5251/06 (SIAD) prestação de serviços: Contrato de prestação de serviço que entre si celebram o Estado de Minas Gerais, por intermédio da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais e a Empresa Brasileira de Telecomunicações S/A – EMBRATEL.** Belo Horizonte: Minas Gerais, Diário do Executivo, Legislativo e Publicações de Terceiros, Cad. I, p. 33, 13 Dez. 2006.

\_\_\_\_\_. **Resolução n.º 3933, de 21 de Junho de 2007: disciplina o emprego e a utilização dos equipamentos, serviços e infra-estrutura de telecomunicações na PMMG.** – Belo Horizonte: Separata do BGPM n.º 47, 26 Jun 2007b, 58 p. Disponível em: <<https://intranet.policiamilitar.mg.gov.br/auth-pmmg/login.action?act=login>> Acesso em: 28 Setembro 2009.

QUINTUN The Perfect Fit. **PBX/IP PBX Compatibility.** Disponível em: <[http://www.quintum.com/enterprise/en\\_compatibility.html](http://www.quintum.com/enterprise/en_compatibility.html)> Acesso em: 28 de setembro de 2009.

RIBEIRO, João Baptista Bayão; BRUNO, Terezinha Fernandes. **Transmissão digital.** - UFF/CEP – Rio de Janeiro: EB, 2.006, 364p. (Curso de Sistemas Modernos de Telecomunicações).

RIBEIRO, João Baptista Bayão. **Tecnologias de acesso local.** – Rio de Janeiro: UFF/CEP – EB, 2.006, 132p. (Curso de Sistemas Modernos de Telecomunicações).

SANTOS, Ana Paula dos. **Qualidade de Serviço na Internet.** Boletim Bimestral sobre Tecnologia de Redes. – Rio de Janeiro: RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, 12 Nov 1999, Vol III, n.º 6. Disponível em: <<http://www.rnp.br/>> acesso em 10 de julho de 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA SOCIAL. **Processo n.º 02/2005 - Pregão presencial n.º 200/2005:** Aquisição e implantação de um Sistema Integrado de Comunicação (SIC), com Tecnologia Digital Via Rádio Ponto Multiponto, e backbones com enlaces ponto a ponto, para a Secretaria de Estado de Defesa Social de Minas Gerais (SEDS/MG), Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (PMMG) e Polícia Civil do Estado de Minas Gerais (PCMG). Belo Horizonte: DMP, 2005, 96 p.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO. **Minuta de Edital de Pregão Presencial: Prestação de serviços de infraestrutura de rede de dados e telecomunicações local de alta performance, incluindo o fornecimento de equipamentos, softwares, licenças e demais insumos necessários à operação dos serviços na Cidade Administrativa de Minas Gerais – CAMG, 2009a.** Disponível em ,

[http://www.planejamento.mg.gov.br/centro\\_adm/audiencia/arquivos/Minuta\\_Edital\\_Pregao\\_Presencial\\_Redes\\_Telecom\\_CAMG.pdf](http://www.planejamento.mg.gov.br/centro_adm/audiencia/arquivos/Minuta_Edital_Pregao_Presencial_Redes_Telecom_CAMG.pdf)> Acesso em: 08 Set 2009.

\_\_\_\_\_. **Audiência Pública 001/2009 Serviços de infraestrutura de rede para a Cidade Administrativa**. 2009b. Disponível em: <[http://www.planejamento.mg.gov.br/centro\\_adm/audiencia/arquivos/Apr\\_Audiencia.ppt](http://www.planejamento.mg.gov.br/centro_adm/audiencia/arquivos/Apr_Audiencia.ppt)> Acesso em 24 Set 2009.

SHEPARD, Steven. **Voz sobre IP: curso rápido**. Tradução por MORGADO, Flávio. – Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007, 390 p.

SIEMENS Enterprise Communications. **Communication for the open minded**. São Paulo: Dados e Fatos: 2008. Disponível em: <[http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=89&url=http%3A%2F%2Fwww.siemens.com.br%2Ftemplates%2Fget\\_download2.aspx%3Fid%3D5084%26type%3DFILES&ei=pZvCSO\\_UKo3pIAf-lc3cBA&rct=j&q=o+que+%C3%A9+comunica%C3%A7%C3%B5es+unificadas+e+redes+ip&usg=AFQjCNGaqlQR1\\_NAdvSHKT3Vp812dalW0w](http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=89&url=http%3A%2F%2Fwww.siemens.com.br%2Ftemplates%2Fget_download2.aspx%3Fid%3D5084%26type%3DFILES&ei=pZvCSO_UKo3pIAf-lc3cBA&rct=j&q=o+que+%C3%A9+comunica%C3%A7%C3%B5es+unificadas+e+redes+ip&usg=AFQjCNGaqlQR1_NAdvSHKT3Vp812dalW0w)>. Acesso em 29 Set 2009.

SILVA, Adailton J.S. **Qualidade de serviço em VoIP: parte I**. – 2005. Disponível em: <<http://www.cliconnect.com/br/Artigos/QualidadeServico.html#ng-qos>> Acesso em 10 Jul 2006.

SILVA, Dinailton José da. **Análise de qualidade de serviço em redes corporativas**. Campinas: 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Campinas: Instituto de Computação. Disponível em: <<http://www.las.ic.unicamp.br/paulo/teses/20041217-MP-Dinailton.Jose.da.Silva-Analise.de.qualidade.de.servico.em.redes.corporativas.pdf>> Acesso em 08 Jul 2006.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. Tradução por Souza, Vandenberg D. de. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2003, 11ª tiragem, 945 p.

TERRA, Paulo. **Voz sobre IP e Qualidade de Serviço**. Porto: 2004. Projecto (Licenciatura em Engenharia Informática – Ramo de Computadores e Sistemas). Instituto Superior de Engenharia do Porto. Departamento de Engenharia Informática. Disponível em: <<http://www.dei.isep.ipp.pt/~paf/proj/Set2004/Telefonia%20IP%20%20e%20QOS.pdf>> Acesso em 10 Jul 2006.

TOLEDO, Alex Sander de Oliveira. **Convergência de voz e dados em redes corporativas: o estado da arte**. Belo Horizonte: 2002. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – CEFET/MG.

VALE, Eduardo Rodrigues; BRAJTERMAN, Moacir. **Telefonia avançada**. UFF/CEP – EB, 2.006, 392p. (Curso de Sistemas Modernos de Telecomunicações).

