

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA SUBSTITUIÇÃO DA REDE
TELEFÔNICA PÚBLICA COMUTADA POR REDE DE
NOVA GERAÇÃO**

PATRÍCIA SOUZA DE MOURA

ORIENTADOR: LEONARDO GUERRA DE REZENDE GUEDES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PUBLICAÇÃO: PPGENE.DM - 041/07

BRASÍLIA/DF: OUTUBRO – 2007

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA SUBSTITUIÇÃO DA REDE
TELEFÔNICA PÚBLICA COMUTADA POR REDE DE NOVA
GERAÇÃO**

PATRÍCIA SOUZA DE MOURA

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
ENGENHARIA ELÉTRICA**

APROVADA POR:

**Prof. Leonardo Guerra de Rezende Guedes, Doutor (ENE/FT-UnB)
(Orientador)**

**Prof. Flávio Elias Gomes de Deus, Doutor (ENE/FT-UnB)
(Examinador Interno)**

**Prof. Getúlio Antero de Deus Junior, Doutor (EEEC-UFG)
(Examinador Externo)**

BRASÍLIA, 29 DE OUTUBRO DE 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

MOURA, PATRÍCIA SOUZA

Análise de Cenários para Substituição da Rede Telefônica Pública Comutada por Rede de Nova Geração [Distrito Federal] 2007.

xviii, 121p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Engenharia Elétrica, 2007).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica.

1.NGN

2.IMS

3.Substituição RTPC

4.Análise de Investimento

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOURA, P. S. (2007). Análise de Cenários para Substituição da Rede Telefônica Pública Comutada por Rede de Nova Geração. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM-041/07, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 139p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Patrícia Souza de Moura

TÍTULO: Análise de Cenários de Substituição da Rede Telefônica Pública Comutada por Rede de Nova Geração.

GRAU: Mestre

ANO: 2007

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Patrícia Souza de Moura
SQS 308 – Bloco A – Apto. 311 – Asa Sul
70.355-010 Brasília – DF – Brasil.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado ao meu querido sobrinho e afilhado Hugo Moura Freire (*in memoriam*) que encheu nossas vidas com seu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Pedro Alexandrino de Moura e Maria José de Sousa Moura, por toda uma vida de dedicação e pela importância que sempre deram à formação de seus filhos.

Agradeço a minha querida filha, Laura Moura Chaer, que a cada dia me mostra que o amor é infinito. Pelo apoio e incentivo constantes e pelo carinho e compreensão demonstrados neste período em que não pude estar tão presente.

Aos meus irmãos e colegas de profissão, Alexandre Márcio (*in memoriam*) e Paulo Rodrigo, à minha “irmã de Brasília”, Jacqueline Carla, e aos meus “irmãos de Goiânia”, Aurélio Aulus e Ana Catarina pela união e apoio mútuo que tornam nossas jornadas mais leves.

Ao Luiz Carlos de Sousa, pelo apoio e incentivo.

Aos meus colegas da Brasil Telecom e deste mestrado, onde dividimos alguns momentos difíceis e outros tantos de descontração, Cristiano Rios, Fabiano Guiotti, Fábio Grodzki e Márcio Borges por compartilharem comigo sua amizade.

Ao Alexandre Ouriques, coordenador do grupo de trabalho de *Replacement* da BrT, e aos demais componentes do grupo pelos conhecimentos e infindáveis discussões compartilhados.

À Brasil Telecom e à UnB, por esta importante parceria que nos deu a oportunidade de crescimento pessoal, acadêmico e profissional e principalmente por mostrar que é possível esta interação entre academia e empresa onde o maior beneficiado é a sociedade brasileira.

Ao meu orientador Professor Doutor Leonardo Guerra de Rezende Guedes pela sua contribuição, paciência e dedicação na elaboração desta dissertação.

Ao meu colega de trabalho e co-orientador, Alberto Magno Boaventura, por me emprestar material, tempo e didática, mas principalmente pelo desprendimento em dividir seu conhecimento.

Por fim, ao nosso Pai, por nos dar a oportunidade da vida, que é difícil, mas é muito boa.

“Somos aquilo que fazemos
repetidamente. Excelência, então, não é
um modo de agir, mas um hábito.”

Aristóteles

RESUMO

ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA SUBSTITUIÇÃO DA REDE TELEFÔNICA PÚBLICA COMUTADA POR REDE DE NOVA GERAÇÃO

Autor: Patrícia Souza de Moura

Orientador: Leonardo Guerra de Rezende Guedes

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

Brasília, Outubro de 2007

O usuário de telefonia vem modificando seu perfil desde o surgimento da telefonia móvel e da Internet. A rede telefônica pública comutada (RTPC) não está apta a tratar este novo usuário. Os atuais equipamentos de comutação por circuito estão sofrendo descontinuidade de fabricação. Os órgãos de padronização estão trabalhando fortemente na elaboração de recomendações e especificações de elementos funcionais e protocolos que já são e serão utilizados pelos equipamentos de nova geração (NGN – *Next Generation Network*) e, considerando as especificações já disponibilizadas, os fornecedores já estão ofertando esta nova linha de equipamentos NGN. Dentro deste contexto, o presente trabalho buscou apresentar como são estruturadas estas redes de nova geração e analisou três cenários de substituição de centrais telefônicas da Brasil Telecom, utilizando ferramentas de avaliação de investimentos aqui descritas. Como resultado deste trabalho, conclui-se que, para que a substituição dos equipamentos seja economicamente viável, é necessário que haja um incremento na receita por assinante migrado e que esta receita adicional é possível ser gerada dada a flexibilidade e rapidez de desenvolvimento que a NGN propõe para a criação de novos serviços.

Palavras chave: NGN, IMS, substituição da RTPC, análise de investimento.

ABSTRACT

ANALYSIS OF SCENARIOS FOR SUBSTITUTION OF THE PUBLIC SWITCHED TELEPHONE NETWORK BY NEXT GENERATION NETWORK

Author: Patrícia Souza de Moura

Supervisor: Leonardo Guerra de Rezende Guedes

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

Brasília, October 2007

The user of telephony is changing its profile since the emergence of mobile telephony and the Internet. The public switched telephone network (PSTN) is not able to deal with this new user. Current equipments for circuit switching are suffering discontinuity manufacturing. The bodies of standardization are working heavily in the development of recommendations and specifications of functional elements and protocols that already are and will be used by equipments for a next generation (NGN-Next Generation Network) and, considering the specifications already available, the suppliers already are offering this new equipment line NGN. Within this context, the present study sought to present how these next generation networks are structured and examined three scenarios for the replacement of Brasil Telecom's telephone exchanges, using tools for evaluating investments described herein. As a result of this work, it is concluded that for the replacement of equipment could be economically viable, there must be an increase in revenue per subscriber migrated and that the additional revenue can be generated, seen that the NGN propose flexibility and speed of development for the creation of new services.

Palavras chave: NGN, IMS, replacement of PSTN, investment analysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REDE TELEFÔNICA PÚBLICA COMUTADA DA BRASIL TELECOM	5
2.1	DESCRIÇÃO DA REDE	6
2.2	AVALIAÇÃO DAS CENTRAIS TELEFÔNICAS DA BrT	10
3	EVOLUÇÃO DA ARQUITETURA DAS REDES DE VOZ.....	15
3.1	REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO (NGN).....	17
3.1.1	Histórico da padronização da NGN pela ITU-T.....	18
3.1.2	Conceituação da NGN	21
3.1.3	Arquitetura da NGN	23
3.1.3.1	Camada de aplicação	25
3.1.3.2	Camada de controle	25
3.1.3.3	Camada de mídia	26
3.1.3.4	Camada de transporte	27
3.1.3.5	Camada de acesso	28
3.1.3.6	Camada de gerenciamento de rede	28
3.2	IMS – IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM	29
3.2.1	Arquitetura do IMS.....	33
3.2.2	Protocolo SIP (Session Initiation Protocol).....	37
3.2.2.1	Arquitetura SIP	38
3.3	TISPAN NGN.....	42
3.3.1	O Core IP Multimedia Subsystem (IMS)	45
3.3.2	Subsistema de Emulação PSTN/ISDN (PES).....	46
3.3.2.1	PES baseado em <i>softswitch</i> e PES baseado em IMS	47
3.3.3	Outros subsistemas multimídia	47
3.3.4	Componentes comuns.....	48
3.3.5	Subcamada de controle de transporte	48
3.3.5.1	<i>Network attachment subsystem</i> (NASS).....	48
3.3.5.2	<i>Resource and admission control subsystem</i> (RACS)	49
3.3.6	Funções de transferência	49
3.3.6.1	<i>Border gateway function</i> (BGF)	50
3.3.6.2	<i>Layer 2 termination function</i> (L2TF)	50

3.3.6.3	<i>Access relay function (ARF)</i>	50
3.3.6.4	<i>Media gateway function (MGF)</i>	50
3.3.6.5	<i>Media resource function processor (MRFP)</i>	51
3.3.6.6	<i>Signaling gateway function (SGF)</i>	51
4	MODELO DE SUBSTITUIÇÃO DA RTPC	52
4.1	PES BASEADO EM <i>SOFTSWITCH</i>	52
4.2	PES BASEADO EM IMS	54
4.2.1	Arquitetura funcional	54
4.2.2	<i>Access gateway control function (AGCF)</i>	55
4.3	PES BASEADO EM PRÉ-IMS	56
5	AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS	58
5.1	FLUXO DE CAIXA (FC)	60
5.2	VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) SEM RISCO	64
5.3	VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) COM RISCO	66
5.4	FLUXO DE CAIXA LÍQUIDO DA EMPRESA (FCFF)	67
5.4.1	Custo médio ponderado de capital (WACC)	68
5.4.1.1	Custo do capital próprio (CE).....	70
5.4.1.2	Custo do capital de terceiros (C _D)	72
5.5	PERPETUIDADE	72
5.6	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	73
5.7	MODELO DE AVALIAÇÃO PARA BRASIL TELECOM	74
5.7.1	Economia de transmissão devido à substituição de estágio remoto por gateway de acesso (AGW)	76
5.7.2	Economia de enlaces de transmissão devido à compressão e topologia (local e longa distância)	78
5.7.3	Economia de energia e ar condicionado	80
5.7.4	Economia de operação e manutenção	81
5.7.5	Economia de atualização de software das centrais telefônicas	82
5.7.6	Economia com reutilização de componentes das centrais desativadas . 83	
5.7.7	CAPEX da nova solução	83
5.7.7.1	CAPEX de rede	83
5.7.7.2	CAPEX de OSS/BSS.....	83

5.8	CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO	86
5.8.1	Cenário 1	87
5.8.2	Cenário 2	92
5.8.3	Cenário 3	97
5.8.4	Análise de sensibilidade	102
6	CONCLUSÕES.....	106
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
A	CENÁRIOS DE SUBSTITUIÇÃO NACIONAL E INTERNACIONAL	112
A.1	CENÁRIO INTERNACIONAL.....	112
A.1.1	ALCATEL-LUCENT	112
A.1.1.1	Slovak Telecom – Eslováquia	112
A.1.1.2	KPN - Holanda.....	113
A.1.2	ERICSSON.....	113
A.1.2.1	Elion – Estônia - Operadora do grupo Telia Sonera.....	113
A.1.2.2	France Telecom (FT) – França.....	113
A.1.3	HUAWEI.....	114
A.1.3.1	CANTV – Venezuela	114
A.1.3.2	TOT – Telephone Organization of Thailand – Tailândia	114
A.1.3.3	BTC – Bulgária	114
A.1.3.4	China Telecom – Shenzhen – China	115
A.1.4	ITALTEL	115
A.1.4.1	Telecom Italia – Itália.....	115
A.1.4.2	Tellas – Grécia	115
A.1.4.3	Cable&Wireless – Inglaterra.....	116
A.1.5	NORTEL	116
A.1.5.1	Verizon – EUA	116
A.1.5.2	Sprint - EUA.....	116
A.1.6	SIEMENS	116
A.1.6.1	Ministry of Post and Telecommunications of Angola - Angola.....	116
A.1.7	UT STARCOM	117
A.1.7.1	PLDT – Filipinas.....	117
A.1.8	ZTE	117

A.1.8.1 China Telecom - China	117
A.1.8.2 China Telecom - Shanghai	118
A.1.8.3 China Telecom – Guangdong	118
A.1.9 PROJETOS MULTI-VENDOR	119
A.1.9.1 British Telecom (BT) – Grã-Bretanha - Projeto 21th Century Network (21CN)	119
A.1.9.2 Telefonica – Espanha	120
A.2 CENÁRIO NACIONAL	121
A.2.1 TELEFONICA	121
A.2.2 TELEMAR/OI	121
A.2.3 EMBRATEL	121
A.2.4 CTBC	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.2 – Centrais N1 e suas Regiões de Atendimento.....	9
Tabela 2.3 – Quantidade de Terminais e Centrais por Ordem Decrescente de Criticidade	14
Tabela 5.1 – Fluxo de Caixa Incremental para o Exemplo	63
Tabela 5.2 – Distribuição de Tráfego em Função do Elemento de Rede	75
Tabela 5.3 – Premissas Básicas Usadas para Avaliação dos Cenários.....	86
Tabela 5.4 - Cenário 1: Resumo de Centrais e Terminais	87
Tabela 5.5 - Cenário 1: OPEX e CAPEX.....	88
Tabela 5.6 - Cenário 1: Receita Adicional – Payback de 5 Anos.....	89
Tabela 5.7 - Cenário 1: Receita Adicional Considerando Perpetuidade	89
Tabela 5.8 - Cenário 1: Fluxo de Caixa – <i>Pay-back</i> em 5 anos (Valores em R\$).....	90
Tabela 5.9 - Cenário 1: Fluxo de Caixa – Perpetuidade (Valores em R\$)	91
Tabela 5.10 - Cenário 2: Resumo de Centrais e Terminais	92
Tabela 5.11 - Cenário 2: OPEX e CAPEX.....	92
Tabela 5.12 - Cenário 2: Receita Adicional – Payback de 5 Anos.....	93
Tabela 5.13 - Cenário 2: Receita Adicional – Perpetuidade.....	94
Tabela 5.14 - Cenário 2: Fluxo de Caixa – <i>Pay-back</i> em 5 anos (Valores em R\$).....	95
Tabela 5.15 - Cenário 2: Fluxo de Caixa – Perpetuidade (Valores em R\$)	96
Tabela 5.16 - Cenário 3: Resumo de Centrais e Terminais	97
Tabela 5.17 - Cenário 3: OPEX e CAPEX.....	98
Tabela 5.18 - Cenário 3: Receita Adicional – Payback de 5 Anos.....	99
Tabela 5.19 - Cenário 2: Receita Adicional – Perpetuidade.....	99
Tabela 5.20 - Cenário 3: Fluxo de Caixa – <i>Pay-back</i> em 5 anos (Valores em R\$).....	100
Tabela 5.21 - Cenário 3: Fluxo de Caixa – Perpetuidade (Valores em R\$)	101
Tabela 5.22 – Estudo de Sensibilidade dos Parâmetros Inferidos.....	103
Tabela 5.23 – Variação dos Parâmetros para Obtenção das Receitas Mínimas e Máximas	104
Tabela 5.24 – Variação Percentual em Relação aos Acréscimos nas Receitas Nominais.	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Acessos Instalados e em Serviço no Brasil	5
Figura 2.2 – Topologia das Centrais de Comutação da BrT	8
Figura 3.1 – Evolução da Arquitetura das Redes de Voz.....	15
Figura 3.2 – Evolução da Arquitetura das Redes de Voz.....	16
Figura 3.3 – Topologia de uma Rede NGN.....	24
Figura 3.4 – Elementos e Arquitetura Simplificada do IMS	29
Figura 3.5 – Cadeia de Valor dos Serviços de Multimídia e o IMS.....	31
Figura 3.6 – Arquitetura IMS	34
Figura 3.7 – Rede Trapezóide SIP.....	39
Figura 3.8 – Arquitetura Funcional TISPAN NGN.....	43
Figura 3.9 – <i>Core IMS</i> na Arquitetura NGN.....	45
Figura 3.10 – <i>PSTN Emulation Subsystem</i> e seus Relacionamentos	47
Figura 4.1 – Arquitetura Funcional da PES Baseada em <i>Softswitch</i>	52
Figura 4.2 – Arquitetura Funcional da PES Baseada em IMS	54
Figura 4.3 – Arquitetura da PES baseada em Pré-IMS	56
Figura 5.1 – Diagrama de Fluxo de Caixa (DFC)	61
Figura 5.2 – Diagrama de Fluxo de Caixa do Exemplo	64
Figura 5.3 - Economia de Enlaces com a Substituição de Estágio Remoto por AGW	76
Figura 5.4 - Economia de Enlaces Devido à Compressão e Topologia (Local e LD).....	78
Figura 5.5 - Economia de Energia e Ar Condicionado.....	81
Figura 5.6 – Infra-estrutura de Conectividade Atual do MASC.....	84
Figura 5.7 – Infra-estrutura de Conectividade de Aprovisionamento após a Substituição .	85
Figura 5.8 - Cenário 1: Composição da Economia de OPEX	88
Figura 5.9 - Cenário 2: Composição da Economia de OPEX	93
Figura 5.10 - Cenário 3: Composição da Economia de OPEX	98

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

3GPP	<i>3rd Generation Partnership Project</i>
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
AGCF	<i>Access Gateway Control Function</i>
AGW	<i>Access Gateway</i>
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANUF	Área de Numeração Fechada
API	<i>Application Protocol Interface</i>
AS	<i>Application Server</i>
ASF	<i>Application Server Function</i>
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
BA	Boletim de Atividade
BGCF	<i>Breakout Gateway Control Function</i>
BrT	Brasil Telecom
BSS	<i>Business Support Systems</i>
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
CCBS	<i>Completion of Calls to Busy Subscriber</i>
CMTS	<i>Cable Modem Termination System</i>
CPA-T	Controle por Programa Armazenado - Temporal
CPG	<i>Customer Premises Gateway</i>
CSCF	<i>Call Session Control Function</i>
DFC	Diagrama de Fluxo de Caixa
DRE	Demonstrativo de Resultados do Exercício
DSLAM	<i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i>
DWDM	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i>
ELR	Estágio de Linha Remoto
ER	Estágio Remoto
ES	<i>ETSI Standard</i>
ETSI	<i>European Telecommunications Standard Institute</i>
EVA	<i>Economic Value Added</i>
FC	Fluxo de Caixa

FCFF	<i>Free Cash Flow to Firm</i>
G.711	Recomendação ITU-T para Codificação de Voz
G.729	Recomendação ITU-T para Codificação de Voz
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
H.248	Protocolo para Controle de <i>Media Gateway</i>
HMM	Hora de Maior Movimento
HSS	<i>Home Subscriber Server</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IAD	<i>Integrated Access Devices</i>
IBCF	<i>Interconnection Border Control Function</i>
I-CSCF	<i>Interrogating-CSCF</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IMS	<i>IP Multimedia Subsystem</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IR	Imposto de Renda
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i>
ISP	<i>Internet Service Provider</i>
ISUP	<i>ISDN User Part</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
ITU-T	<i>ITU Telecommunication Standardization Sector</i>
IWF	<i>Interworking Function</i>
LAIR	Lucro Antes do Imposto de Renda
LAN	<i>Local Area Network</i>
LGT	Lei Geral de Telecomunicações
MASC	Mediador de Alarmes, Serviços e Comandos
MGCF	<i>Media Gateway Control Function</i>
MGCP	<i>Media Gateway Control Protocol</i>
MRFC	<i>Multimedia Resource Function Controller</i>
MRPF	<i>Multimedia Resource Processor Function</i>
MSAN	<i>Multi Service Access Network</i>
MTP	<i>Media Transfer Protocol</i>
MVA	<i>Market Value Added</i>
NAPT	<i>Network Address Port Translation</i>
NASS	<i>Network Attachment Subsystem</i>

NGN	<i>Next Generation Networks</i>
NMS	Nó Multi-serviço
NNI	<i>Network Node Interface</i>
NOPAT	<i>Net Operating Profit After Taxe</i>
O&M	Operação e Manutenção
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
OSS	<i>Operation Suport Systems</i>
PABX	<i>Private Automatic Branch Exchange</i>
P-CSCF	<i>Proxy-CSCF</i>
PES	<i>PSTN Emulation Subsystem</i>
PGMU	Plano Geral de Metas de Universalização
POP	<i>Point of Presence</i>
POTS	<i>Plain Old Telephony Service</i>
PSS	<i>PSTN Simulation Subsystem</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RACS	<i>Resource and Admission Control Subsystem</i>
RAS	<i>Remote Access Server</i>
RDSI	Rede Digital de Serviços Integrados
RFC	<i>Request for Comments</i>
RI	Rede Inteligente
RSTP	<i>Real time Streaming Protocol</i>
RTP	<i>Real time Transport Protocol</i>
RTPC	Rede Telefônica Pública Comutada
SAT	Sistema de Administração de Tráfego
SBC	<i>Session Border Controller</i>
SCC#7	Sinalização por Canal Comum Número 7
SCCP	<i>Signaling Connection Control Part</i>
S-CSCF	<i>Serving-CSCF</i>
SCTP	<i>Stream Control Transmission Protocol</i>
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SDP	<i>Session Description Protocol</i>
SGF	<i>Signaling Gateway Function</i>
SGF	Sistema de Gerência de Falhas

SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SLF	<i>Subscription Locator Function</i>
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
STFC	Serviço Telefônico Fixo Comutado
TCAP	<i>Transaction Capabilities Application Part</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TD	Tandem
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i>
TGCF	<i>Trunk Gateway Control Function</i>
TISPAN	<i>Telecoms & Internet Converged Services & Protocols for Advanced Networks</i>
TS	<i>Technical Specification</i>
UPSF	<i>User Profile Server Function</i>
URA	Unidade Respondedora de Áudio
URL	<i>Uniform Resource Locators</i>
V 5.2	Interface entre Rede de Acesso e Central Telefônica
VoBB	<i>Voice over Broad Band</i>
VoIP	<i>Voice over IP</i>
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	<i>Weighted Average Cost of Capital</i>

1 INTRODUÇÃO

Antonio Meucci inventou o telefone, Alexander Graham Bell patenteou e Theodore Newton Vail transformou a telefonia em negócio. Vail, depois de aposentado, retornou à AT&T (*American Telephone and Telegraph Company*) em 1906 para tirar a corporação de dificuldades. Ele estabeleceu cinco princípios como política da organização e com eles conseguiu seu objetivo, trazendo crescimento e prosperidade para a companhia e alcançou o inventor em importância para as telecomunicações.

Três desses princípios são claramente aplicáveis ao atual cenário de telecomunicações onde se vêem fortes mudanças tecnológicas:

- O negócio da companhia é a antecipação e a satisfação das exigências de serviços do público;
- A regulação pública para a telefonia precisa ser atendida como uma alternativa à companhia de propriedade do governo;
- A companhia precisa ser um forte atrativo para o mercado de capitais.

Após tanto tempo, ainda pode-se afirmar que estes são princípios fundamentais no negócio de telecomunicações e que são absolutamente atuais: antecipação ao atendimento e satisfação do cliente, atendimento à regulamentação vigente e lucro. As mudanças e evoluções pelas quais o setor de telecomunicações vem passando foram motivadas por estes princípios, aliados é claro, ao expressivo desenvolvimento da microeletrônica.

O setor de telecomunicações está novamente em um destes momentos de evolução e transição trazidos pelo uso de voz sobre IP. A partir da visão inicial do Departamento de Defesa norte-americano, nos anos 60, de uma rede anárquica, a Internet seguiu um caminho independente e paralelo ao das telecomunicações e, apoiada em elementos de rede desta última, pode apresentar-se como uma rede extremamente capilarizada e tornou o protocolo IP (*Internet Protocol*), na década de 90, uma realidade em todas as nações do mundo. Contudo, os primeiros artigos sobre o assunto datam do início de 70, com a primeira experiência de transmissão de pacotes IP com áudio, entre a *University of Southern California* e o *Massachusetts Institute of Technology*, em agosto de 1974. A

primeira RFC (*Request for Comments*) sobre pacotes de voz, RFC 741, foi publicada em 1977.

O uso de voz sobre IP vem sendo uma das grandes metas de investimentos por fornecedores de soluções. As redes públicas atuais foram concebidas para tratar tráfego de voz em modo circuito, portanto um redirecionamento para redes de comutação de pacotes torna-se inevitável, e esta é a proposta das redes de próxima geração (NGN).

Esta proposta, já aceita pelo setor de telecomunicações, fez com que os fornecedores venham descontinuando, desde 2003, parcial ou integralmente, a produção dos tradicionais equipamentos TDM (*Time Division Multiplexing*). Para determinadas versões de software de centrais, a descontinuidade já é uma realidade, além de também não mais haver suporte técnico. Nestas centrais, para que se possam realizar intervenções para suportar situações de crescimento de terminais ou troncos, capacidade de novas programações ou reposição de sobressalentes, os fornecedores exigem a atualização de software que, na maioria dos casos, implica em atualização de hardware, o que eleva em demasia custo de um projeto.

Ora, se há uma nova geração de equipamentos sendo especificada e disponibilizada pela indústria, há um contra-senso em se realizar altos investimentos em equipamentos que já podem ser considerados como ultrapassados.

Uma vez que o público e a regulamentação governamental devem ser atendidos, conforme o primeiro e segundo princípios, isto significa que a corporação deve apoiar-se em uma rede tecnologicamente atualizada e com um mercado fornecedor ativo e lucrativo. Com o posicionamento dos fornecedores acima mencionado, as prestadoras tiveram que iniciar seus estudos de migração para a NGN (*Next Generation Network*). Assim, este trabalho apresenta os mais atuais conceitos relativos à NGN, especificamente com relação ao IMS (*IP Multimedia Subsystem*) que vem sendo adotado pela indústria e especificado pelos organismos de padronização como o padrão para o sistema de suporte aos serviços multimídia e convergentes. Apresenta também o cenário mundial atual de evolução das operadoras nesta direção.

O terceiro princípio do setor aborda a lucratividade do negócio e, neste trabalho, é o centro do estudo. São utilizadas ferramentas de avaliação de investimentos para analisar o

impacto financeiro de uma substituição parcial das centrais telefônicas, no caso da Brasil Telecom (BrT), por rede NGN. Os investimentos e as possíveis economias proporcionadas por esta evolução são aqui descritos e quantificados, excetuando-se a economia com ganhos de espaço, entretanto este benefício não deve ser negligenciado, uma vez que as operadoras possuem grandes edificações em importantes áreas dos maiores centros urbanos. Merece destaque a economia gerada pelos menores consumos de energia, uma vez que este item caminha junto com a viabilização do meio ambiente.

Este trabalho aborda os aspectos econômicos relativos a uma substituição parcial da rede de telefonia da BrT, bem como apresenta a rede proposta para esta migração.

No Capítulo 2, é mostrada a rede de comutação de voz da BrT e uma proposta para avaliação da condição técnica das centrais que a compõem, avaliação esta que será utilizada em um dos cenários de substituição proposto.

No Capítulo 3, é apresentada a estratégia de evolução das redes de voz onde são descritos os principais conceitos da NGN e um pequeno histórico da sua padronização pela ITU-T (*ITU Telecommunication Standardization Sector*), é apresentado o IMS que vem sendo adotado hoje pela indústria como sendo o padrão para o sistema de suporte aos serviços multimídia e convergentes relacionados ao acesso e ainda tem-se a descrição da organização que o TISPAN (*Telecoms & Internet Converged Services & Protocols for Advanced Networks*) vem realizando para a migração das redes de circuito comutado para as redes baseadas em pacotes.

No Capítulo 4, são apresentadas as duas alternativas definidas pelo TISPAN para substituição da RTPC (Rede Telefônica Pública Comutada) e uma terceira proposta intermediária, mais viável para o momento.

O Capítulo 5 é destinado ao detalhamento de conceitos e ferramentas para avaliação de investimentos e à apresentação do modelo de avaliação para a BrT, onde são descritas as economias possíveis em uma migração. Com este modelo são avaliados três cenários distintos de substituição da rede da BrT.

O Capítulo 7 mostra as conclusões observadas com este trabalho, principalmente com relação ao embasamento para a tomada de decisão de migração.

2 REDE TELEFÔNICA PÚBLICA COMUTADA DA BRASIL TELECOM

A rede telefônica pública comutada do Brasil vem sendo construída ao longo de vários anos, mas, como um sistema, esta rede iniciou sua implantação no começo dos anos 70 com a criação do Sistema Telebrás. No final dos anos 80, iniciou-se a implantação de centrais digitais e no final dos anos 90, com a privatização do Sistema Telebrás, houve um crescimento vertiginoso de terminais com a ampliação e implantação de inúmeras centrais digitais, determinado pela universalização dos serviços.

De acordo com a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), a universalização visa garantir o direito de acesso de toda pessoa ou instituição, independentemente de sua localização e condição sócio-econômica, aos serviços de telecomunicações. As concessionárias do serviço de telefonia fixa devem cumprir obrigações de universalização previstas na Lei 9.472/1997 (Lei Geral de Telecomunicações - LGT). Essas obrigações são detalhadas no Plano Geral de Metas de Universalização (PGMU). A Figura 2.1 mostra o crescimento de acessos instalados e em serviço no Brasil.

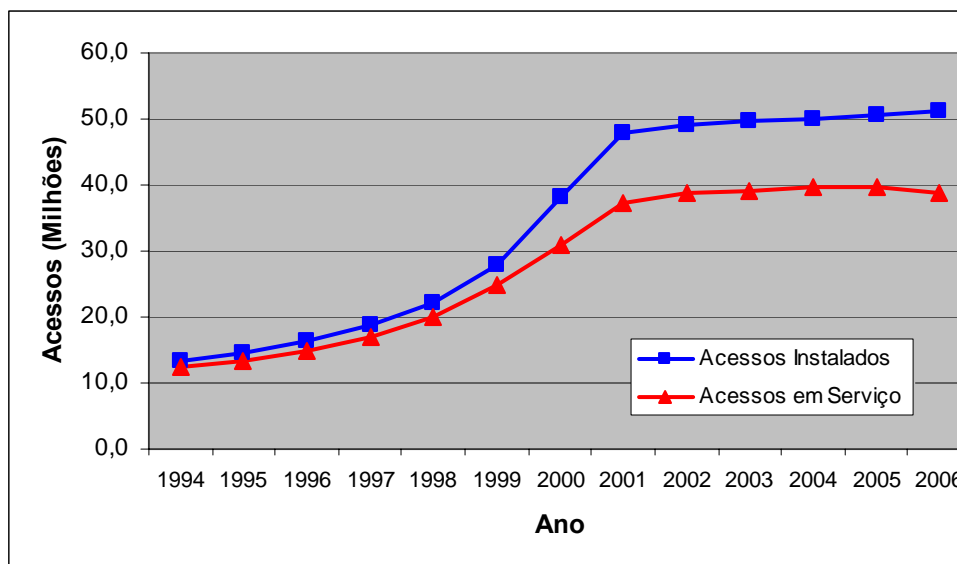


Figura 2.1 – Acessos Instalados e em Serviço no Brasil

Fonte: <http://www.teleco.com.br>

2.1 DESCRIÇÃO DA REDE

A Brasil Telecom (BrT), através de contrato de concessão, atende a Região II, composta pelos seguintes estados: AC, RO, TO, MT, MS, GO, PR, SC, RS e pelo DF. Sua rede de comutação de voz fixa é constituída por diversos equipamentos de diversos fornecedores e suas centrais são 100% digitais.

A rede da BrT é uma rede hierárquica, com centrais locais e trânsito, centrais de pequeno e grande porte nas quais podem estar ligados estágios de linha remotos *indoor* – ELRs e estágios remotos *outdoor* – ERs, onde tanto a central como os estágios a ela entroncada pertencem sempre ao mesmo fornecedor. Neste caso, o protocolo de comunicação utilizado entre a central e estes estágios remotos é proprietário. Além destes, existem ainda os estágios remotos *outdoor* multi-serviço – NMS que, neste caso, podem ser entroncados a qualquer central que trate o protocolo de comunicação central-estágio V5.2, que é um protocolo aberto. A Tabela 2.1 representa um resumo da variedade de tecnologias de centrais existentes na planta da Brasil Telecom, com as respectivas quantidades de terminais e equipamentos instalados.

Tabela 2.1 – Terminais e Centrais da BrT

Fabricante	Modelo	Terminais Instalados	Quantidade de Equipamentos
A	A1	14.476	54
	A2	745.064	251
	A3	270.495	343
	A4	1.617.722	609
A Total		2.647.757	1.257
B	B1	2.208.988	689
	B2	20.509	3
	B3	6.876	24
	B4	35.844	109
	B5	4.149	125
B Total		2.276.366	950
C	C1	20.000	93
	C2	2.064	5
C Total		22.064	98
D	D1	678.390	208
	D2	79.234	78
	D3	49.149	131
	D4	40	1
	D5	1.104	7
	D6	106.243	239
D Total		914.160	664
E	E1	32.808	75
	E2	268.371	104
	E3	587.869	291
E Total		889.048	470
F	F1	112	4
	F2	6.784	139
F Total		6.896	143
G	G1	33.447	23
	G2	7.192	10
G Total		40.639	33
H	H1	3.507.078	2182
	H2	93.999	217
H Total		3.601.077	2.399
I	I1	13.854	322
I Total		13.854	322
J	J1	127.564	328
J Total		127.564	328
TOTAL GLOBAL		10.539.425	6.664

Em relação à topologia da rede de comutação, as centrais estão divididas em três níveis hierárquicos (camadas), conforme descrito a seguir e apresentado na Figura 2.2.

- Centrais de nível 1 – N1 ou Gateways: centrais de maior nível hierárquico, sem terminais, unicamente com função trânsito interurbano nacional e internacional;
- Centrais de nível 2 – N2: centrais de nível hierárquico intermediário, que podem ter unicamente função trânsito, função local ou função mista (local e trânsito). A função trânsito destas centrais pode ser local ou interurbana;
- Centrais de nível 3 – N3: centrais de menor nível hierárquico, unicamente com função local.

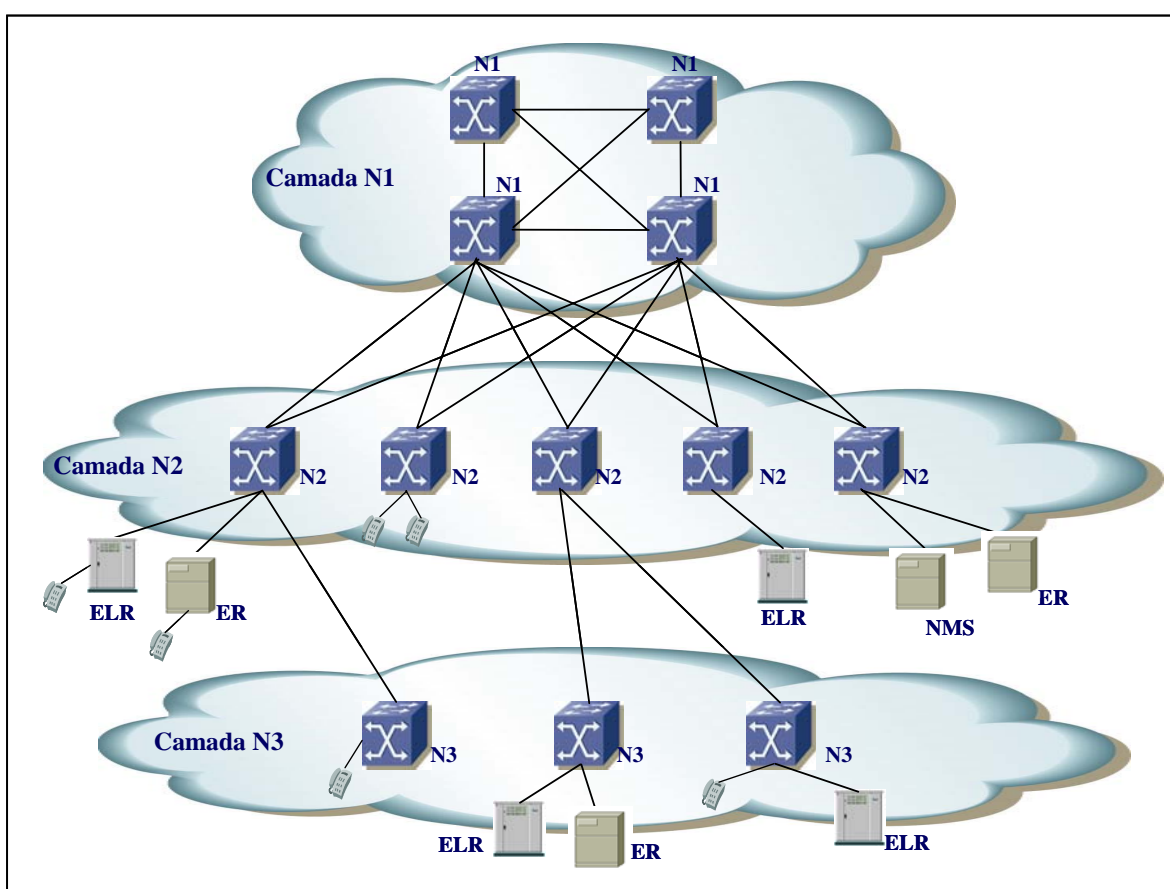


Figura 2.2 – Topologia das Centrais de Comutação da BrT

A camada N1 é composta por oito pares de centrais, onde cada par atende uma região. Estas 16 centrais estão interligadas por uma malha completa, ou seja, cada central N1 possui rotas com todas as demais centrais N1. Cada par trata todo o tráfego interurbano inter-regional (N2-N1-N1-N2) e grande parte do tráfego intra-regional (N2-N1-N2). Os pares são compostos conforme descrito na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Centrais N1 e suas Regiões de Atendimento

Localização do Par N1	Regiões de Atendimento
Goiânia	Goiás e Tocantins
Brasília	Distrito Federal, parte de Goiás e parte de Tocantins
Cuiabá e Campo Grande	Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Acre e Rondônia
Florianópolis	Santa Catarina
Curitiba	Curitiba e Área Metropolitana
Londrina e Maringá	Interior do Paraná
Porto Alegre	Porto Alegre - Área Metropolitana
Porto Alegre	Interior do Rio Grande do Sul

A camada N2 é composta por 194 centrais, sendo que destas 7 são tráfegos interurbanos puros, 6 são tráfegos locais puros (tandem), 123 são centrais mistas e 58 são centrais locais puros.

Para proporcionar maior confiabilidade ao tráfego de longa distância, cada uma das centrais N2 está entroncada a um par de centrais N1 e entregam/recebem o tráfego em partição de carga (50% - 50%), entretanto o dimensionamento das rotas entre as centrais N1 e N2 é feito para 60% - 60% do tráfego, o que garante que, em caso de queda de uma das rotas N1-N2, a outra suporte 80% do tráfego total na HMM (hora de maior movimento).

Não há entroncamento direto entre duas centrais N2, portanto o tráfego interurbano (IU) tratado por uma N2 com destino a outra N2 é encaminhado através do par de centrais N1. A exceção é para os casos onde existe um interesse de tráfego entre centrais N2, pertencentes à mesma região, que justifique a abertura de uma rota com, no mínimo, 300 circuitos, seja ela local ou IU.

A camada N3 é composta por 1.494 centrais locais que se entroncam em apenas uma das centrais N2 de sua região, portanto o tráfego IU de uma N3 com destino a outra N3 ou N2 é sempre encaminhado para uma central N2.

Tanto na camada N2 como na N3, encontram-se os ELRs, ERs e NMSs, que podem estar ligados em centrais N2 ou em centrais N3.

A interconexão com as outras operadoras pode ocorrer em centrais N1, N2 ou N3.

2.2 AVALIAÇÃO DAS CENTRAIS TELEFÔNICAS DA BrT

Diversos são os aspectos que definem a condição técnica de uma central telefônica, sendo alguns mais e outros menos relevantes. Para este trabalho era fundamental ter um panorama desta condição, entretanto devido à diversidade de equipamentos e funções destes na rede não havia um formato definido que disponibilizasse a situação destas centrais vistas como um conjunto.

Com o objetivo de buscar esta equalização de avaliação, foi realizado, um levantamento, junto às áreas de Operação e Manutenção das Filiais da BrT, sobre a atual situação das centrais telefônicas com respeito a aspectos que descrevem a condição técnica das mesmas. Alguns destes aspectos são mensuráveis de forma direta, outros são qualitativos, o que dificulta uma mensuração direta.

Para realizar esta avaliação completa e de forma quantitativa, foram propostos onze itens de avaliação que, aplicados para cada central, possibilitaram a equalização e quantificação dos aspectos técnicos necessários à avaliação, permitindo assim uma classificação das centrais.

Dentro de um universo maior, foram escolhidos aspectos considerados como principais características de uma central. São critérios usuais e de ordem prática, que são individualmente utilizados na BrT. Para cada um dos aspectos foi definida uma pontuação que podia variar de 0 a 2, com exceção do aspecto Defeito Médio, que por ter apresentado uma grande variação (1 a 700), foi-lhe atribuída uma pontuação que variou de 0 a 3. A soma da pontuação de cada um destes itens define o grau de criticidade da central, ou seja, quanto maior a pontuação da central, pior é sua condição técnica. Em seguida estão descritos os aspectos utilizados na composição desta proposta de avaliação das centrais:

1 - Defeito Médio: Através de sistemas de gerência de rede, foram obtidos relatórios com a quantidade de boletins de atividades de falha - BA por central. O BA relata falhas em processadores, falhas em procedimentos de bilhetagem, quedas de rota, ausência de tom de disco, instalação de *patch* de software devido à falha e outros. Foram considerados os BAs emitidos nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2006 e janeiro, fevereiro e março de 2007. Foi feita a média aritmética destes valores e, para cada central onde houve

ocorrência, obteve-se um valor médio de BA que variou de 1 a 700. As centrais foram pontuadas com o seguinte critério:

- BA: de 1 a 30 – pontuação 0
- BA: de 31 a 90 – pontuação 1
- BA: de 91 a 180 – pontuação 2
- BA: de 181 a 700 – pontuação 3

2 – Necessidade de Intervenção na Central Devido à Portabilidade: Na solução de portabilidade numérica que deverá ser adotada pela BrT, todas as centrais N2 deverão disponibilizar de sinalização por canal comum número 7 - ISUP (*ISDN User Part*). As centrais N2 que não possuem esta sinalização foram pontuadas com 2 pontos e as que possuem receberam pontuação zero.

3 – Acesso ao MASC: O MASC (Mediador de Alarmes, Serviços e Comandos) é um sistema de provisionamento e coleta de dados das centrais. Este item foi pontuado considerando-se 1 ponto para a central que não possui acesso ao MASC e pontuação zero para aquela que possui.

4 – Equipamento Descontinuado: Este item foi pontuado considerando-se 2 pontos para a central que está descontinuada pelo fornecedor e pontuação zero para aquela que não está.

5 – Sobressalente: Este item foi pontuado considerando-se 1 ponto para a central que não possui sobressalentes em quantidade adequada e pontuação zero para aquela que possui.

6 – Função da Central: Este item foi pontuado considerando-se o nível hierárquico da central na rede, com o seguinte critério:

- Função da Central = N1/N2/TD – pontuação 2
- Função da Central = N3 – pontuação 1
- Função da Central = Estágios remotos – pontuação 0

7 – Percentual de Ocupação da Base de Dados: As filiais preencheram com valores percentuais três campos de ocupação de base de dados: “Tarifação, Encaminhamento e Origens”. Se ao menos um destes campos estivesse com valores nas faixas descritas abaixo, a central recebeu a seguinte pontuação:

- Ocupação da base de dados: até 69% – pontuação 0
- Ocupação da base de dados: de 70 a 75% – pontuação 1
- Ocupação da base de dados: acima de 75% – pontuação 2

8 – Necessidade de Atualização de Software/Hardware ou Troca de Equipamento: No levantamento realizado junto às filiais da BrT, estas responderam com “Sim” ou “Não” a respeito de cada uma das três necessidades. Se ao menos uma destas necessidades foi respondida com “SIM”, a central foi pontuada com 2 pontos, senão a pontuação foi zero. Para cada resposta afirmativa, a Filial preencheu um campo de “Justificativa” onde foi detalhado o problema ou a limitação da central, e outro campo de “Demanda Operacional” onde a Filial sugeriu a intervenção a ser realizada para solucionar o problema apresentado.

9 – Problemas Operacionais: Com os campos “Justificativa” e “Demanda Operacional” preenchidos pelas Filiais, este item foi pontuado considerando-se 2 pontos para a central com problemas operacionais críticos, 1 ponto para a central com problemas operacionais medianos e pontuação zero para aquela que não apresentou problemas.

10 – Dificuldade de Programação: Com os campos “Justificativa” e “Demanda Operacional” preenchidos pelas Filiais, este item foi pontuado considerando-se 2 pontos para a central que apresentou dificuldade de programação crítica, 1 ponto para a central com dificuldade de programação mediana e pontuação zero para aquela que não apresentou problemas.

11 – Suporte Técnico: Com os campos “Justificativa” e “Demanda Operacional” preenchidos pelas Filiais, este item foi pontuado considerando-se 1 ponto para a central que apresentou dificuldade com suporte técnico e pontuação zero para aquela que não apresentou.

A pontuação máxima ou pior poderia ser de 20 pontos. A máxima alcançada foi de 14 pontos.

Na Tabela 2.3 tem-se um resumo do levantamento da situação das centrais em ordem decrescente de pontuação, portanto de criticidade, onde estão relacionados a quantidade de centrais e o total de terminais correspondentes a estas centrais (próprios mais estágios a ela filiados).

Tabela 2.3 – Quantidade de Terminais e Centrais por Ordem Decrescente de Criticidade

Pontuação	Função	Terminais Instalados	Quantidade de Centrais
14	N2	30.344	2
13	N2	82.525	3
12	N2	86.845	4
	N3	77.465	7
11	N2	64.972	2
	N3	28.865	50
10	N1	0	1
	N2	226.113	11
	N3	23.729	4
9	N1	0	3
	N2	147.805	6
	N2/TD	44.497	1
	N3	146.237	97
	TD	0	1
8	N1	0	1
	N2	598.265	15
	N3	192.382	183
	TD	0	1
7	N2	641.579	17
	N2/TD	20.933	1
	N3	234.402	175
	TD	0	2
6	N1	0	2
	N2	1.518.637	38
	N3	263.468	137
5	N1	0	4
	N2	1.346.436	32
	N3	576.131	434
4	N1	0	4
	N2	1.166.651	31
	N2/TD	37.125	1
	N3	637.765	176
	TD	0	1
3	N1	0	1
	N2	791.963	20
	N3	545.469	116
2	N2	91.004	3
	N3	629.819	75
	TD	0	1
1	N3	287.999	41
Total Global		10.539.425	1.704

3 EVOLUÇÃO DA ARQUITETURA DAS REDES DE VOZ

Historicamente, os serviços de telecomunicações eram adotados pelos usuários por meio da oferta, ou seja, criava-se a tecnologia, em seguida o serviço, para depois surgirem o mercado e as necessidades do cliente. Ou seja, havia uma paridade entre tecnologia e serviço, onde a rede refletia uma integralização vertical (em silos) para provimento dos serviços, como serviços móveis, serviços de telefonia fixa, serviços de banda-larga fixo e outros. Com o ambiente de competição esta ordem inverteu, tornando-se imperativo o conhecimento da necessidade do cliente para adequação e oferta de serviço customizado.

O atendimento às necessidades do cliente e do mercado, aliado à disponibilidade tecnológica, deu origem a um novo paradigma de rede, onde funcionalidades comuns aos diferentes tipos de rede de serviços foram agrupadas de maneira horizontal, em diferentes níveis ou camadas de abstração. Este paradigma não é novo, e iniciou-se com a criação da Rede Inteligente (RI) nas décadas de 70/80, e posteriormente, no final da década de 90, os novos modelos de VoIP/NGN sugeriram a segregação das funções de controle e transporte. A Figura 3.1 mostra a evolução da arquitetura das redes de voz.

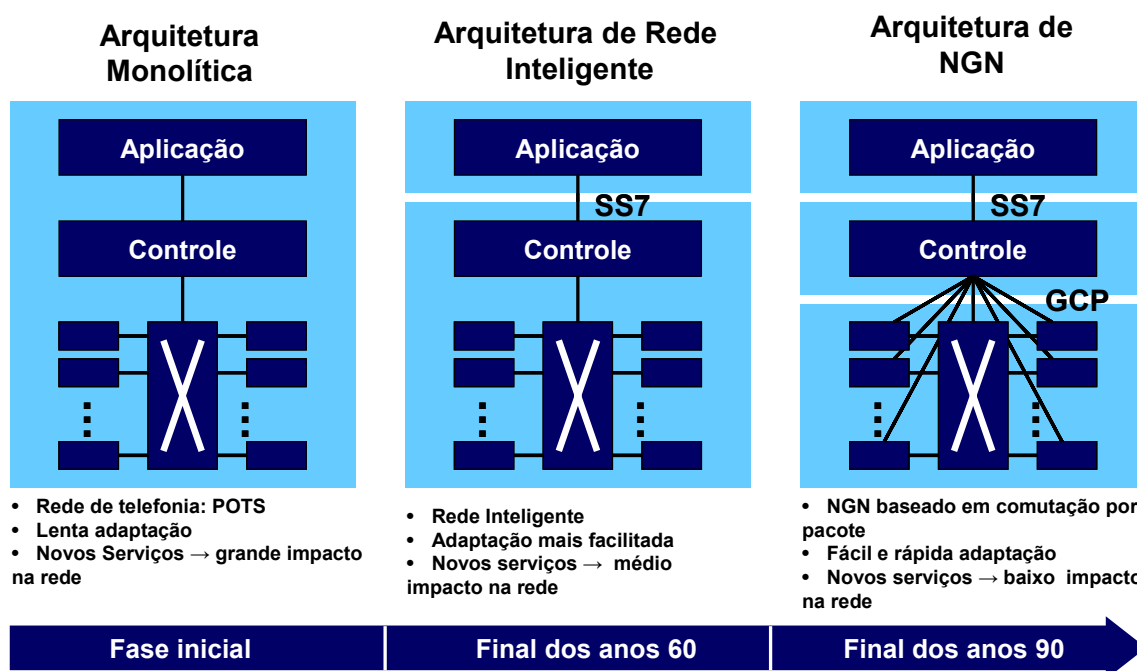


Figura 3.1 – Evolução da Arquitetura das Redes de Voz
Fonte: Caderno de Diretrizes da BrT (2007)

Hoje, existem vários modelos de referência para a nova rede, onde o mais comum é a separação da rede/elementos de: transporte/acesso, controle, serviço/aplicação, acompanhado pelos planos de suporte à operação ao negócio (OSS/BSS) que permeiam todas as camadas supramencionadas.

A segregação em camadas funcionais permitiu uma maior flexibilidade, onde cada novo serviço a ser desenvolvido não impacta todos os elementos de rede, como acontecia com uma infra-estrutura de elementos monolíticos. Como, também, a própria definição da camada de aplicação, onde serviços sofisticados podem ser desenvolvidos através da interrupção da chamada /sessão básica para consulta a servidores de aplicação, diminuindo o tempo de desenvolvimento através de uma camada de abstração entre o serviço e rede, com a vantagem do emprego a todos os usuários (ubiquidade).

A Figura 3.2 mostra a estratégia de evolução das redes de voz.

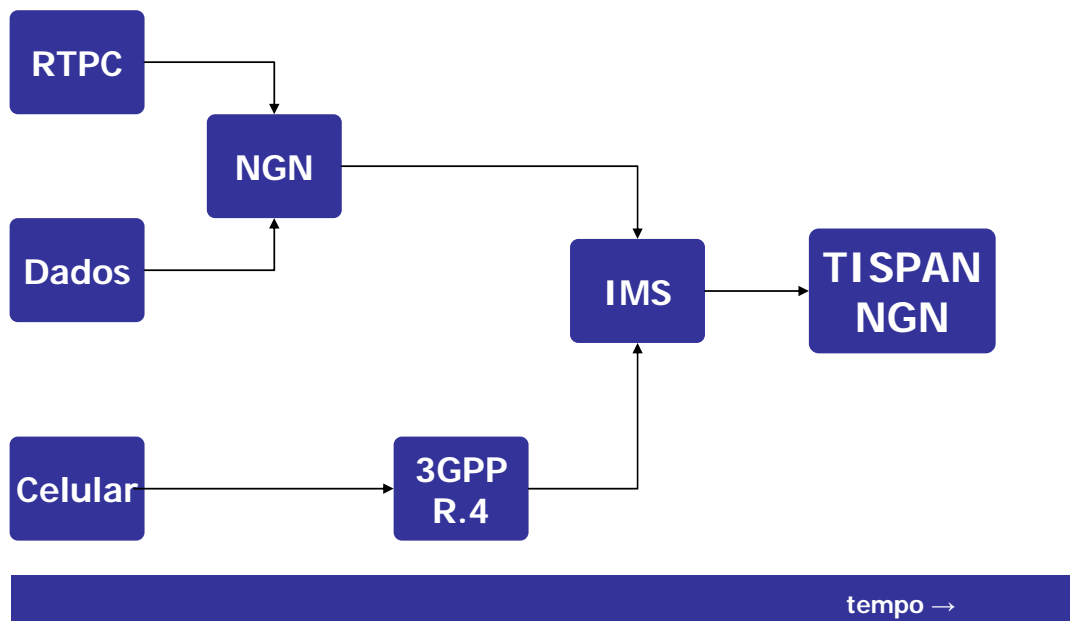


Figura 3.2 – Evolução da Arquitetura das Redes de Voz
Fonte: Caderno de Diretrizes da BrT (2007)

As discussões sobre a evolução das redes de comunicação determinísticas, baseadas nas operações em modo circuito, já ocorrem há algum tempo. As redes operadas em modo circuito estão evoluindo para uma nova geração de redes baseadas em modo pacote. Estas redes são desenvolvidas para suportarem sofisticados serviços de multimídia, ou seja, convergência de voz, dados e vídeo numa única rede orientada a pacote. Logo surge o

termo NGN – *Next Generation Networks* (Redes de Próxima Geração) que tem como principal proposta a evolução das redes determinísticas de telecomunicações centradas nos serviços de voz para redes estatísticas centradas nos serviços de dados.

A evolução da arquitetura NGN para o IMS (*IP Multimedia Subsystem*) objetiva integrar as redes de telefonia fixa e móvel e os serviços de voz, dados e vídeo. A NGN evoluirá para o IMS através da arquitetura definida pelo TISPAN (*Telecoms & Internet Converged Services & Protocols for Advanced Networks*) que é o responsável por todos os aspectos de padronização para as redes convergentes presentes e futuras, no ETSI. Este órgão de padronização decidiu usar o IMS como base e adicionar especificações relativas à telefonia fixa às especificações definidas pelo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*).

3.1 REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO (NGN)

Segundo a recomendação do ITU-T, Y.2001 (Dez 2004) a definição de NGN é: “Uma rede baseada em pacotes capaz de prover serviços de telecomunicações e capaz de fazer uso de múltiplas tecnologias de transporte com QoS (*Quality of Service*) em banda larga, na qual as funções relacionadas a serviço sejam independentes das tecnologias relacionadas ao transporte”.

As NGN são redes de comunicação convergentes, com capacidade para transmitir voz, dados, imagens, áudio e vídeo ao mesmo tempo. Utilizam uma estrutura de transmissão por pacotes do Protocolo Internet (IP – *Internet Protocol*) onde os terminais enviam pacotes de dados, em datagramas IP, para um ponto concentrador, de onde passam a circular pela rede até encontrar o destino, que é um endereço IP. Basicamente, é o mesmo procedimento hoje em uso na Internet. Para que possam trafegar nas novas redes, os sinais de voz precisam ser transformados em pacotes, que se misturam aos pacotes de dados (e vídeo) durante o transporte. Essa função é realizada por *gateways* de voz, que são instalados na camada de transporte da rede, onde também estão os roteadores e toda a infra-estrutura física da operadora.

Uma das grandes vantagens das NGN está no uso de interfaces e protocolos abertos e padronizados. Além disso, sua arquitetura em camadas flexível e escalável dispensa alguns elementos da rede de circuitos convencional, como as centrais de trânsito.

3.1.1 Histórico da padronização da NGN pela ITU-T

O processo de padronização da NGN, pela ITU-T, partiu de um projeto denominado NGN 2004 Project, datado de Fevereiro de 2004, com o objetivo de coordenar atividades relacionadas à NGN, estabelecer guias de implementação e normas para a realização da NGN. A principal preocupação desse trabalho de padronização foi garantir nas atividades de padronização ITU-T, que fossem endereçados todos os elementos requeridos para a interoperabilidade e capacitação de rede para suportar aplicações de forma global sobre a NGN.

Em 1995, a ITU-T lançou o GII Project (*Global Information Infrastructure Project*) com o objetivo de preparar normas para a era emergente de informação. Ele basicamente descreve “a provisão de vários serviços por uma variedade de provedores, sobre uma variedade de tecnologias de rede de diferentes setores da indústria”. As atividades do GII Project vêm sendo conduzidas por muitos projetos dedicados, envolvendo Grupos de Estudo da ITU-T com objetivos comuns, para preparar um conjunto de Recomendações.

Até 2007 o GII teve o principal papel na organização das novas normas ITU-T. Ele tem alcançado seus objetivos produzindo as Recomendações série Y, onde aspectos gerais têm sido definidos:

- Recomendação “ITU Y.110 *Global Information Infrastructure Principles and Framework Architecture*”: documento de engenharia de sistemas alto nível que define conceitos necessários à realização do GII. É base para grupos de estudo dentro e fora da ITU incluindo os voltados a NGN;
- Recomendação “ITU Y.120 *Global Information Infrastructure Scenario Methodology*”: visão baseada em funcionalidades, compondo uma proposta de modelos funcionais da GII (pontos de referência e entidades funcionais);
- Recomendação “ITU Y.130 *Information Communication Architecture*”: descreve uma arquitetura de comunicação da informação (ICA) que tem por objetivo

estabelecer diretrizes para o desenvolvimento futuro das redes e serviços de comunicação da informação;

- Recomendação “ITU Y.140 *Global Information Infrastructure (GII) Reference Points for Interconnection Framework*”: apresenta uma visão panorâmica do papel que desempenham as principais recomendações ITU-T no campo da interconexão como parte da infra-estrutura mundial de informação.

No mesmo período em que o GII foi definido pela ITU-T, novas tecnologias vinham amadurecendo e ficando mais avançadas, e as redes existentes precisaram evoluir em face à nova realidade das telecomunicações. Particularmente, a divisão entre telefonia e dados passa a não ser mais válida e deve ser completamente convergente nas redes de próxima geração.

Foi então que a ITU iniciou o NGN 2004 Project. O Grupo de Estudo SG 13 da ITU-T iniciou este projeto específico para NGN, alinhado com o GII. A NGN é vista como a realização concreta dos conceitos do GII.

A ITU-T, através do SG 13, deu início ao NGN 2004 e com base nas produções do GII propôs vários padrões.

A data alvo para os padrões NGN era 2004. Alguns padrões propostos foram completados e aprovados: Y-NGN-Overview (Y.2001) e Y-GRM- NGN (Y.2011). Com base nessas normas pode-se ter uma visão geral e os princípios da NGN.

Em meados de 2004 foi levantada por parte da ITU-T a urgência em trabalhar em normas globais para NGN e levar alguma clareza ao esforço de padronização da NGN. Isto coincidiu com o período de preparação para o *World Telecommunication Standardization Assembly* (WTSA-04) em Outubro de 2004, que é um evento regular que define o futuro dos trabalhos do ITU-T para o próximo período, no caso 2005-2008.

Dada a urgência dos trabalhos envolvendo NGN, os membros da ITU sentiram a necessidade de agir rapidamente e não esperar o WTSA-04. Há regras e regulamentações que devem ser construídas e lapidadas no decorrer de alguns anos e há uma parte

importante que é manter as organizações e as padronizações coesas, para ir ao encontro das necessidades de cada um, em um tempo aceitável.

Operadoras em todo mundo estão implementando estratégias NGN e planos de investir bilhões de dólares em novas redes baseadas em IP. Operadoras, fabricantes de sistemas e membros da ITU-T, acreditam que padrões internacionais facilitarão um mercado global para sistemas de mais baixo custo, proporcionando interoperabilidade global, com implementações mistas e casadas.

Em sete de maio de 2004 a ITU-T estabeleceu um novo grupo, o FGNGN - *Focus Group on NGN*, para cuidar das necessidades urgentes de produção de normas globais NGN. Em junho de 2004, todos os *Drafts* dos padrões relacionados à NGN, iniciados pelo SG 13, foram transferidos para o FGNGN. O NGN 2004 Project foi congelado.

O trabalho do FGNGN grupo foi inicialmente construir a arquitetura de convergência das redes fixa e móvel existentes, para prover transparência entre essas redes. O progresso do trabalho se daria nas áreas de QoS, autenticação, segurança e sinalização.

Os primeiros resultados do FGNGN são “*Building Blocks*” sob os quais os fabricantes e provedores de serviços podem começar a direcionar a NGN.

O FGNGN foi realmente lançado em 23 de Junho de 2004, e começou seu trabalho principalmente com os diversos *Drafts* que foram estudados e transferidos pelo JRG (*Joint Rapporteur Group*) sobre NGN. O resultado atual são 18 documentos aprovados e alguns *Drafts* prontos, os quais serão desenvolvidos mais à frente através dos grupos de estudo relevantes.

O FGNGN distribuiu estes sete grupos de trabalho de acordo com cada área de estudo, com três líderes técnicos em cada grupo. O resultado final será um total de 30 documentos. Alguns desses já foram aprovados e transferidos para os Grupos de Estudos relevantes.

Para manter atualizado o relacionamento entre a ITU-T e o IETF (*Internet Engineering Task Force*) sobre assuntos específicos de NGN que impactam ambos, o SG13 criou, em maio de 2005, um *Liaison Officer* em NGN do SG13 para com o IETF.

Em 2007, seguindo o FGNGN, os trabalhos em NGN estão progredindo sob a responsabilidade do NGN-GSI (*NGN Global Standards Initiative*), envolvendo todos os grupos de estudo e outras organizações trabalhando em NGN dentro da ITU-T. Estas são as metas e objetivos do NGN-GSI:

- Endereçar o mercado que precisa das normas NGN;
- Produzir normas globais para NGN;
- Manter visibilidade dos trabalhos espalhados entre diferentes grupos técnicos no ITU-T;
- Disseminar mais o papel principal do ITU-T entre os grupos, no trabalho de padronização NGN.

3.1.2 Conceituação da NGN

A NGN é a proposta de evolução das atuais redes de telecomunicações centradas em voz para redes centradas em dados.

A escolha da NGN como infra-estrutura para prestação de novos serviços, em detrimento de outras redes, está baseada não somente em custo de implementação, complexidade, aspectos operacionais, escalabilidade e aderência às padronizações mundiais, mas também em uma estratégia de evolução contínua da rede em direção a arquitetura IMS (*IP Multimedia Subsystem*) que será detalhada mais adiante.

Esta evolução da arquitetura NGN para a arquitetura IMS objetiva integrar, as redes de telefonia fixa e móvel e os serviços de voz, dados e vídeo. O caminho para evolução do lado da rede fixa irá passar pela arquitetura definida pelo TISPAN (grupo de trabalho do ETSI), ou seja, a NGN evoluirá para o IMS através da arquitetura definida pelo TISPAN.

A NGN proverá infra-estrutura e protocolos para criar, desenvolver e gerenciar todos os tipos de serviços possíveis. Estes compreendem serviços usando diferentes tipos de mídia (áudio, visual e audiovisual), com todos os tipos de codificação e serviços de dados, conversacional, *unicast* (um para um), *multicast* (um para vários) e *broadcast* (um para todos), mensagem, dados simples, serviços de transferência, tempo real e não real, sensíveis a atraso e tolerantes a atraso.

A arquitetura NGN define um conjunto de equipamentos que, de forma coerente, suportam serviços convergentes de voz e dados em uma topologia de rede convergente. É dividida em pelo menos três camadas básicas: transporte e acesso, controle de chamadas e serviços. Na primeira camada, estão as unidades de acesso de assinantes, como telefones IP e *access gateways* (espécie de armário multiprotocolo que faz a interface entre a rede IP e os diferentes tipos de conexão do usuário, como circuito de voz e linha ADSL), além de comutadores, roteadores e *media gateways* (que transformam sinais de voz da rede convencional em pacotes).

A camada de controle de chamadas é a responsável pelo encaminhamento, supervisão e liberação das ligações que trafegam pela rede IP. É uma parte estratégica da rede, onde fica o elemento responsável pela inteligência das NGN: o *softswitch*, ou *media gateway controller*.

Já a camada de serviços, considerada o grande diferencial, e o atrativo das redes de próxima geração, é formada pelos softwares que vão permitir às operadoras oferecer novos e múltiplos serviços aos usuários.

Os terminais que se conectarão à NGN incluem terminais telefônicos analógicos, máquinas de fax, terminais RDSI, telefones celulares móveis, dispositivos terminais GPRS (*General Packet Radio Service*), terminais SIP (*Session Initiation Protocol*), telefones Ethernet através de PCs (*Personal Computers*), *set-top boxes* digitais, *cable modems*, e outros.

A NGN proverá mecanismos de segurança para proteger a troca de informação sensível, para proteger contra uso fraudulento dos serviços providos e proteger sua própria infraestrutura de ataques externos.

A NGN pretende introduzir uma nova organização que toca principalmente os planos de transporte e de controle. Para explorar esse conceito, é preciso agora desenvolver novas aplicações ou enriquecer as existentes. Elas vão trazer a coerência necessária entre as aplicações tradicionais, do mundo da telefonia, e as do mundo dos dados, graças à utilização de um plano de transporte fundamentado sobre o IP e à separação das camadas de transporte, controle e aplicação. De outra forma, a cooperação entre estes dois mundos vai sem dúvida harmonizar as funcionalidades de ligação de um ao outro mundo, como as

mensagens textuais, as mensagens vocais, a localização geográfica ou a presença. Enfim, essa harmonização permite as aplicações existentes ou as novas aplicações tirar partido das funcionalidades dos dois mundos.

3.1.3 Arquitetura da NGN

A arquitetura da NGN repousa sobre o transporte de voz e de dados em forma de pacotes. Ela decompõe os blocos monolíticos dos comutadores atuais em diferentes camadas de rede que interfuncionam por intermédio de interfaces abertas. A inteligência de tratamento de chamada via comutador da RTPC (Rede Telefônica Pública Comutada) é dissociada do hardware da matriz de comutação. Esta inteligência agora reside em um equipamento distinto: o *softswitch* ou servidor de chamada (*media gateway controller* ou agente de chamada), que dentro da nova arquitetura é o elemento de controle. As interfaces abertas em direção às aplicações de rede inteligente (RI) e dos novos servidores de aplicação facilitam o fornecimento rápido de serviços e a diminuição dos atrasos de comercialização.

A arquitetura da rede NGN se baseia na separação das funções em cinco camadas distintas, que são: camada de acesso, de transporte, de mídia, de controle e camada de aplicação todas elas com gerenciamento de rede e de serviços. Esta arquitetura convergente se dá sobre uma rede IP segura e com garantias de qualidade de serviço.

As plataformas correspondentes a cada camada comunicam-se através de interfaces abertas, permitindo flexibilidade e soluções de fornecedores diversos. Cada camada oferece um nível de abstração que permite a implementação de novas aplicações usando os serviços das camadas inferiores e interfaces aos Sistemas de Suporte a Operação (OSS - *Operation Support Systems*) e Sistemas de Suporte ao Negócio (BSS - *Business Support Systems*). O *framework* permite que as plataformas de rede sejam usadas de forma indistinta pelas aplicações, por exemplo, uma plataforma da camada de mídia, como a de reconhecimento de voz, pode ser usada por qualquer aplicação, atual ou futura, que necessite dessa funcionalidade.

A evolução natural da rede oferecerá novos serviços, inclusive, a clientes da rede atual. De fato, este suporte é intrínseco à solução planejada, pois independe da forma de acesso.

Assim sendo, serviços como *Wide Area Centrex*, TV Fone, entre outros podem ser oferecidos, dentro de uma estratégia de evolução e sem perda de generalidade. Da mesma forma, a solução está apta para suportar tanto clientes nativos IP, residentes no STFC (Serviço Telefônico Fixo Comutado) ou com acesso sem fio. A esses clientes toda a gama de serviços multimídia pode ser ofertada (desde que o terminal do cliente esteja apto para o serviço).

Outro aspecto importante da evolução é a gerência de rede fim-a-fim. Além da gerência sobre os equipamentos teremos também gerência total sobre os serviços provisionados (OSS/BSS), com cada vez mais mecanismos automáticos de provisionamento e monitoração sendo oferecidos aos assinantes, e recursos unificados de autenticação e autorização para os serviços. A Figura 3.1 ilustra a arquitetura da NGN.

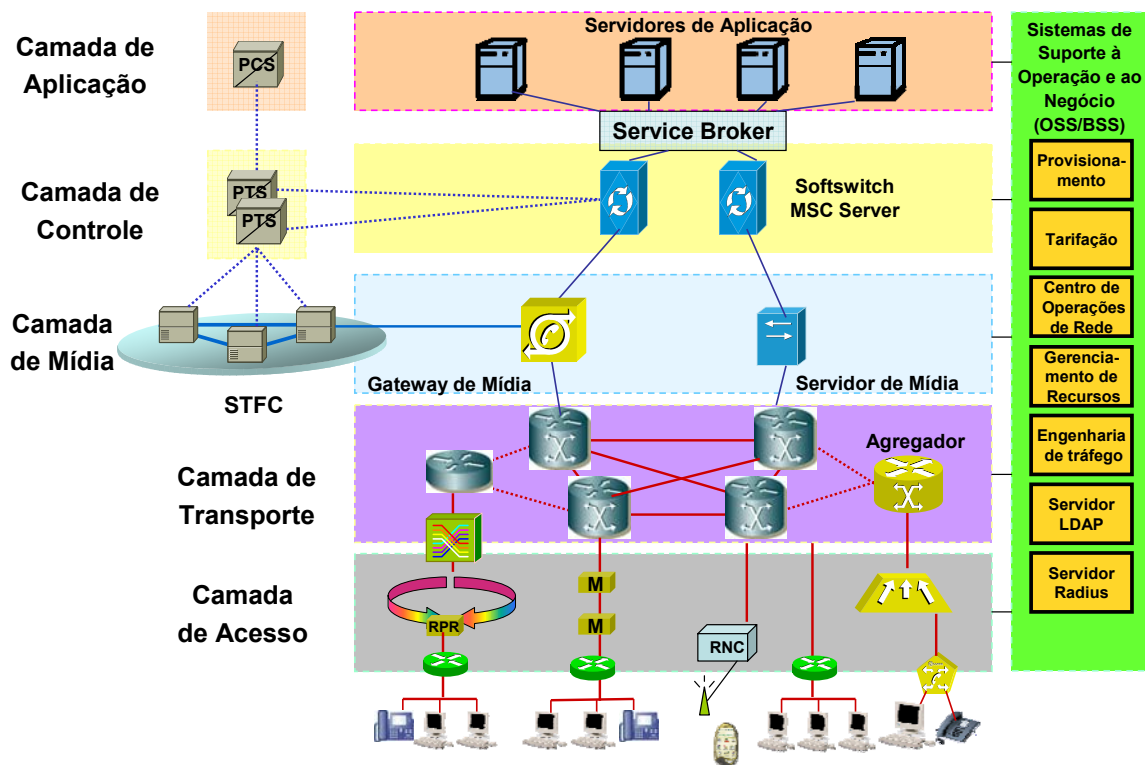


Figura 3.3 – Topologia de uma Rede NGN
 Fonte: Caderno de Diretrizes da BrT (2007)

3.1.3.1 Camada de aplicação

Como já mencionado, a nova arquitetura define a separação das funções da rede em camadas distintas, e o nível superior é definido como a camada de aplicação. Nesta camada residem as funções de execução e gerência dos serviços oferecidos e sinalização com as funções de controle de chamadas da rede. A camada de aplicação é composta por um grupo de servidores onde cada categoria de servidores corresponde a um serviço básico sob controle de terceiros. Alguns serviços podem ser realizados em redes diferentes, as ações dos servidores são somente relacionadas a serviços e não a camadas mais baixas específicas da rede. Esta camada provê também as APIs (*Application Protocol Interface*) para criação e implantação de serviços.

Devido à separação em camadas é mandatória a existência de protocolos abertos entre as camadas e entre cada camada e a camada de OSS/BSS. Estes protocolos estão sendo definidos por organismos internacionais de padronização que têm trabalhado na definição destes protocolos e na sua interoperabilidade com os equipamentos desenvolvidos pelos diversos fornecedores internacionais.

Os novos serviços prestados dentro da arquitetura de rede serão baseados em Servidores de Aplicação localizados nesta camada de aplicação.

3.1.3.2 Camada de controle

O elemento responsável pela camada de controle é o *softswitch* que atua no controle de todos os elementos que fazem parte da rede. *Softswitch* é um termo genérico para qualquer software aberto usado para interconectar o ambiente de telefonia convencional (RTPC) com o ambiente de voz sobre IP - VoIP (*Voice Over IP*), separando as funções de controle de chamada (camada de controle) das funções de transporte (camada de transporte – Rede IP).

É ainda o responsável pelo interfaceamento e conversão de protocolos e pela interoperabilidade da sinalização da rede de telefonia convencional (sinalização por canal comum SCC#7) com as sinalizações utilizadas na rede de dados.

A principal diferença funcional entre o *softswitch* e a central de comutação é que nas centrais CPA-T (Controle por Programa Armazenado – Temporal) todas as funções de controle de chamada e de roteamento estão inseridas nelas próprias, enquanto que na nova arquitetura a função de controle de chamadas está no *softswitch* e a função de roteamento está em outro equipamento de outra camada (*media gateways* – camada de mídia).

3.1.3.3 Camada de mídia

Os equipamentos da camada de mídia são responsáveis pela conversão dos diferentes tipos de mídias. É o equipamento que transforma os sinais de voz recebidos da rede telefônica convencional (de comutação por circuitos) em pacotes de dados no formato IP. Esses dados são, então, transportados por redes IP até próximo do seu destino, onde outro *media gateway* os converte novamente em sinais de voz (comutada), antes de enviá-los ao destinatário. Devido à sua função, os *media gateways* são chamados também de *gateways* de voz. Abaixo estão descritos os dois principais elementos desta camada:

- *Media Gateways* (MG): São usados para interfacear a NGN com a RTPC. Têm como função executar a mediação entre os serviços e possibilitar a conversão de todos os tipos de serviços multimídia sobre a rede de transporte IP. Por exemplo, possibilitam a conversão dos serviços de voz tradicionais para voz sobre IP. O equipamento típico desta camada é o TGW (*Trunking Gateway*), *gateway* de entroncamento, que serve como uma ponte entre as centrais de comutação TDM (por circuito) e um *backbone* de rede IP. Ele cuida da transição da RTPC para a rede de pacote ao nível de tronco e está conectado a uma comutação de tronco ou local. Um TGW tem interface classe IV e suporta VoIP;
- *Media Server* (MS): São as plataformas responsáveis pelos recursos de mídia como locuções de mensagens, similar a uma máquina anunciadora de central telefônica, e fornecimento de tom de discar, necessários na execução dos serviços. Suporta diversas aplicações simultâneas propiciando a redução de custo de implantação e operação e capacita a rede à rápida introdução de novos serviços. Funções mais avançadas de um MS incluem TTS (*text-to-speech* – conversão de voz para texto e

texto para voz), URA (unidade de resposta audível), reconhecimento de voz, secretária eletrônica e UMS (*unified messaging system*).

3.1.3.4 Camada de transporte

A camada de transporte é formada basicamente pela rede IP e as redes ATM e determinística, suportadas pela rede de transmissão SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) e DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*).

A Rede IP da Brasil Telecom é composta por roteadores, *switches*, servidores de acesso remoto, agregadores/concentradores de acessos ADSL e outros equipamentos utilizados para a prestação de grande gama de serviços que utilizam a tecnologia de comunicação por pacotes IP. A sua arquitetura é constituída por 3 níveis hierárquicos: acesso, distribuição e *core*.

A capilarização da Rede IP é proporcionada pela interligação de seus roteadores de acesso com a rede determinística e com a rede ATM, proporcionando acessos à rede IP em praticamente qualquer localidade da Brasil Telecom. A rede ATM serve também para a interconexão entre roteadores IP instalados em localidades distantes aos centros principais de roteamento. Estes centros de roteamento estão interligados através do *backbone* de transporte SDH/DWDM.

O *core* é constituído por equipamentos roteadores IP com alta capacidade de processamento. Os roteadores do nível de acesso, localizados nos POPs (*Points of Presence*) de agregação, concentram todo o tráfego da rede de acesso antes de encaminhá-lo para o *core* de distribuição. Os roteadores de acesso que deverão suportar agregação ADSL são nomeados roteadores agregadores. Ainda no nível de acesso, tem-se os DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), os RAS (*Remote Access Server*) e as redes ethernet metropolitanas. Nos POPs existem *Media Gateways* para a intermediação de tráfego de voz com a rede telefônica (RTPC).

3.1.3.5 Camada de acesso

Compreende os acessos via rede determinística, rede ATM, acessos ADSL, acessos da rede ethernet metropolitana e acessos wireless. O equipamento de cliente poderá ser um roteador, modem ADSL com CPG (*Customer Premises Gateway*) ou IAD (*Integrated Access Devices*).

Na camada de acesso também estará instalado o Access Gateway (AGW) que é o equipamento de acesso responsável pela conexão do par metálico do assinante. Este equipamento tanto pode ser um DSLAM que suporte placas de voz como uma evolução dos MSAN (Multi Service Access Network), que suportem placas de voz controladas por um *softswitch*.

3.1.3.6 Camada de gerenciamento de rede

Esta camada deve prover todas as ferramentas necessárias para realização das funcionalidades de gerenciamento de falhas, desempenho, configuração, segurança e tarifação, realizadas através dos OSS/BSS (*Operation Support Systems / Business Support Systems*), interligadas aos sistemas de gerenciamento dos elementos de rede.

Um equipamento adicional, que possui funções em várias camadas é o SBC (*Session Border Controller*). O SBC é o elemento de isolamento e segurança entre o *core* NGN e acessos VoIP. Esses acessos VoIP podem ser terminais de usuários residenciais, terminais VoIP no ambiente de uma LAN (*Local Area Network*) ou outros *peers* VoIP. O SBC se comporta como destino final de uma chamada VoIP. Ele termina esta chamada e executa outra chamada até o destino final. Com isto, tanto a sinalização como o tráfego de voz atravessam o SBC e, desta forma, podem ser alterados parâmetros da sinalização propiciando um controle total sobre as chamadas VoIP.

3.2 IMS – IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM

O IMS (*IP Multimedia Subsystem*) originalmente surgiu das iniciativas para padronização de sistemas de comunicações móveis capitaneadas pelo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), sendo acompanhado pelos demais organismos de padronização como no TISPAN (*Telecoms & Internet Converged Services & Protocols for Advanced Networks*), ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) para padronização de NGN para rede fixa e outros acessos, CableLabs para padronização para serviços multimídia sobre TV a cabo, ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*), 3GPP2 (sistemas móveis de terceira geração baseado em CDMA *Code Division Modulation Access*). O IMS vem sendo adotado hoje pela indústria como sendo o padrão para o sistema de suporte aos serviços multimídia e convergentes relacionados ao acesso. A arquitetura do IMS está mostrada na Figura 3.4.

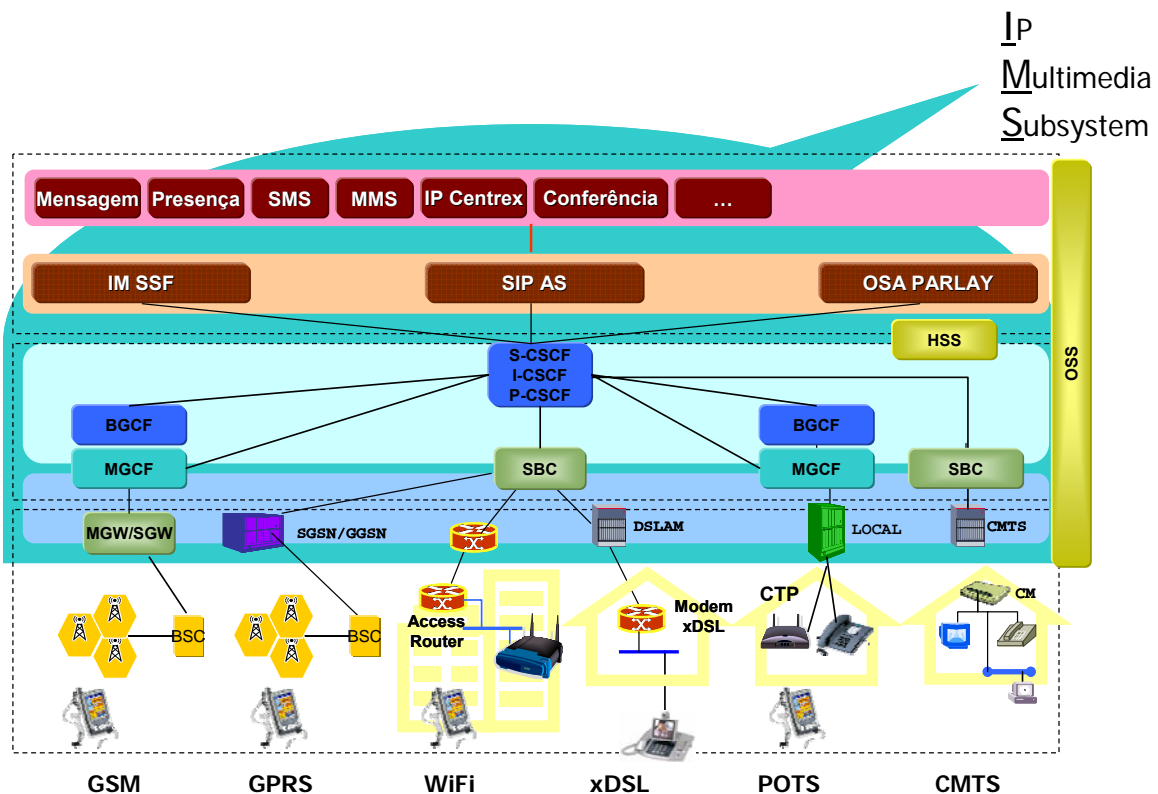


Figura 3.4 – Elementos e Arquitetura Simplificada do IMS

Fonte: Caderno de Diretrizes da BrT (2007)

O IMS é responsável por controlar as sessões de multimídia neste novo paradigma de rede, onde utiliza o protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*). O SIP nasceu no mundo

Internet, é de simples implementação e amplamente utilizado hoje para estabelecimento de sessões. Estes elementos e funcionalidades agrupadas neste novo paradigma de rede trouxeram ao IMS diversas vantagens como:

- Flexibilidade - Independência das camadas e elementos de rede por meio do uso de interfaces padrões, onde a atualização de um elemento não afeta o funcionamento dos demais;
- Sinergia – Plataformas comuns (habilitadores: presença, mensagens, gerenciamento de grupos) podem ser reutilizadas e combinadas em novos serviços para diferentes tecnologias de acesso, minimizando os custos de implementação destes serviços;
- Rapidez de Desenvolvimento – Com a flexibilidade e reutilização, novos serviços podem ser desenvolvidos de maneira rápida e com baixo custo para captura de novas oportunidades;
- Serviços convergentes – Por ser relacionado ao acesso, e baseado em controle de sessões multimídia, o IMS torna-se a plataforma natural para prover serviços convergentes (fixo e móvel) baseados em multimídia;
- Novos Modelos de Negócio - Potencializa novas estruturas de modelo de negócio por meio de acordos de partição de receita, operadoras virtuais (VNOs), entre outros.

O IMS é uma plataforma que suporta a criação rápida e com flexibilidade, reutilizando e combinando funcionalidades existentes, conforme apresentado na Figura 3.5.

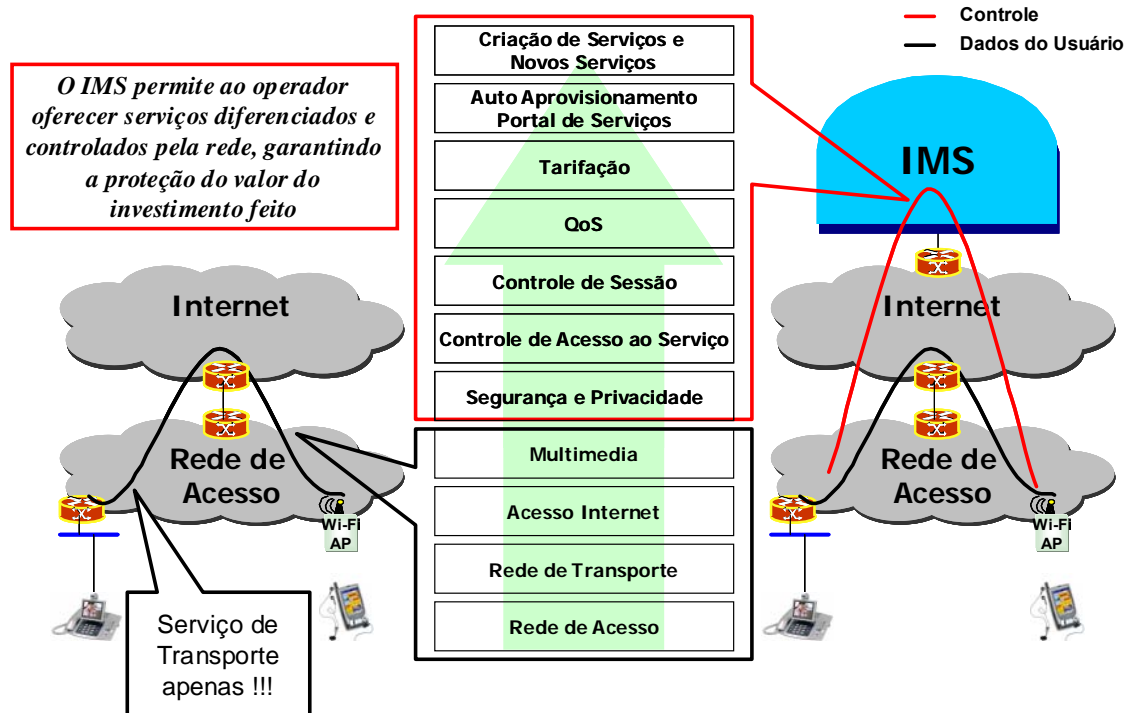


Figura 3.5 – Cadeia de Valor dos Serviços de Multimídia e o IMS
Fonte: Caderno de Diretrizes da BrT (2007)

Outra vantagem do IMS está na agregação de funcionalidades como QoS, tarifação, segurança, novos habilitadores de serviços, garantindo a manutenção do valor na rede através da cobrança associada ao nível de diferenciação dos serviços, ou seja, transformando as operadoras de tradicionais “bitpipes” para provedoras de serviços diferenciados e com cobrança.

Em Camarillo e Garcia (2006) é colocada a seguinte questão: Por que precisamos do IMS, se todo o poder da Internet já está disponível para usuários através da comutação por pacotes? A resposta é: QoS, tarifação e integração de diferentes serviços.

A principal questão com a comutação por pacotes para prover serviços multimídia em tempo real é que esta fornece um serviço de melhor esforço sem QoS, isto é, a rede não oferece garantias sobre a quantidade da largura de banda que um usuário usa para uma particular conexão ou sobre o atraso de pacotes. Conseqüentemente, a qualidade de uma conversação VoIP pode variar sensivelmente por toda sua duração. Em determinado momento a voz soa perfeitamente clara e, instantes depois ela pode tornar-se impossível de ser entendida.

A tentativa de manter uma conversação (ou videoconferência) com um QoS pobre pode tornar-se uma experiência ruim. Assim, uma das razões para a criação do IMS foi prover o QoS necessário para usufruir sem sofrimento de sessões de multimídia em tempo real. O IMS cuida da sincronização do estabelecimento da sessão com provisão de QoS, portanto os usuários têm uma experiência que pode ser prevista.

Outra razão, talvez a mais importante, para a criação do IMS foi a capacidade de tarifar sessões de multimídia devidamente. Um usuário participante de uma videoconferência numa comutação por pacotes, freqüentemente transfere uma grande quantidade de informação (que consiste principalmente de áudio e vídeo codificados). Dependendo da operadora, a transferência de dados implica em altos gastos para o usuário, uma vez que as operadoras fazem a tarifação baseadas no número de bytes transferidos. A operadora não está apta a fornecer um modelo de negócios diferente para a tarifação do usuário porque esta não tem conhecimento do conteúdo destes bytes, que podem ser de uma sessão VoIP, ou mensagem instantânea, ou página da *web* ou um *e-mail*.

Por outro lado, se a operadora sabe qual o serviço que o usuário está utilizando, esta pode prover um plano de tarifação alternativo mais interessante para o usuário. Por exemplo, a operadora pode cobrar uma taxa fixa por mensagens instantâneas, independente do tamanho destas. Adicionalmente, a operadora pode cobrar por uma sessão multimídia baseado em sua duração, independente do número de bytes transferidos.

O IMS não determina nenhum modelo particular de negócio, ao invés disto ele permite que as operadoras cobrem como acharem mais apropriado. O IMS provê informação sobre o serviço utilizado pelo usuário e com esta informação a operadora decide se utiliza uma tarifa única para o serviço ou se aplica a cobrança tradicional baseada em tempo ou em outro tipo de cobrança.

Prover serviços integrados aos usuários é a terceira razão para a existência do IMS. Embora vários fornecedores de equipamentos e operadoras venham a desenvolver serviços multimídia, as operadoras não precisam restringir-se a estes serviços. As operadoras precisam ser capazes de utilizar serviços desenvolvidos por terceiros, combinando-os e integrando-os com serviços que elas já possuam e fornecer aos usuários serviços completamente novos. Por exemplo, uma operadora tem um serviço de caixa postal de voz

capaz de armazenar mensagens de voz e um terceiro desenvolve um serviço de conversação de texto falado. Se a operadora compra este serviço, esta pode oferecer um serviço de texto falado das mensagens armazenadas na caixa postal de voz.

O IMS define interfaces padrões para serem utilizadas pelos criadores/desenvolvedores de serviços. Desta forma, as operadoras podem tirar vantagem do poder da indústria de criação de serviços de múltiplos fornecedores, evitando a dependência de um único fornecedor para obter novos serviços.

Resumindo, o IMS não é um novo serviço e não garante uma aplicação matadora (*“killer application”*), mas sim propicia um novo ambiente flexível (*“killer environment”*) para criação rápida de serviços, consistente com as novas necessidades do mercado, objetivando a captura de novas oportunidades em tempo hábil.

3.2.1 Arquitetura do IMS

A arquitetura do IMS é definida na recomendação ETSI ES 282 007. A Figura 3.6 apresenta de maneira simplificada alguns elementos do IMS e suas interfaces para o PES (*PSTN Emulation Subsystem*) baseado em IMS para exemplificação e contextualização.

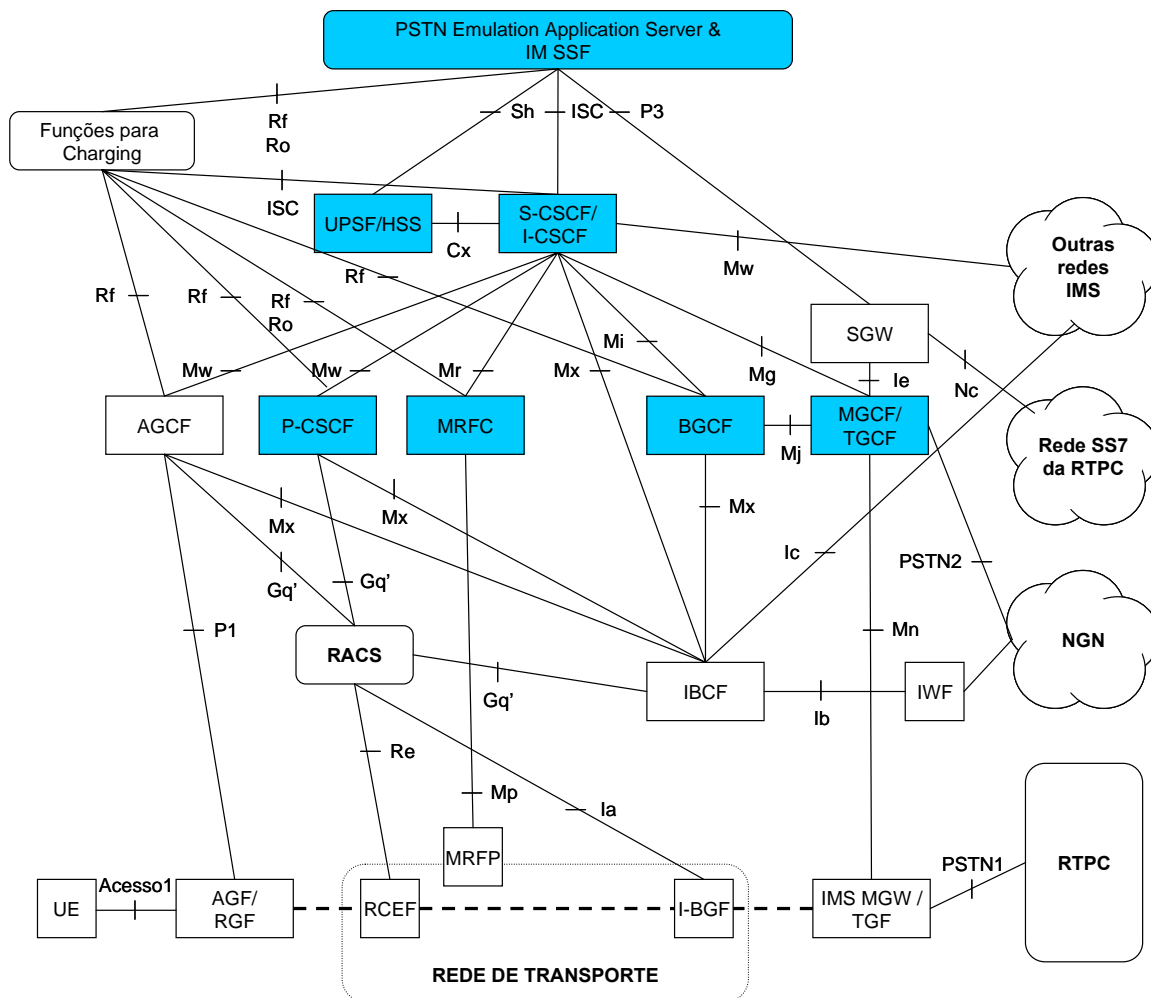


Figura 3.6 – Arquitetura IMS
 Fonte: Adaptado de ETSI ES 282 007 (2006)

Os principais elementos pertencentes ao IMS estão em destaque na Figura 4.4. Para o estabelecimento de sessões multimídia, vários elementos na arquitetura IMS são envolvidos. Estes elementos estão descritos a seguir.

- **CSCF (Call Session Control Function):** O CSCF estabelece, monitora, suporta e finaliza as sessões multimídia e gerencia as interações do usuário com o serviço. Fazendo uma analogia, funciona como uma central telefônica para o ambiente IMS. O CSCF pode atuar como *Proxy CSCF (P-CSCF)*, *Serving CSCF (S-CSCF)* ou *Interrogating CSCF (I-CSCF)*. O P-CSCF é o primeiro ponto de contato para o UE (*user equipment*) com o IMS; o S-CSCF controla o estado das sessões na rede; o I-CSCF é principalmente o ponto de contato dentro da rede da operadora para todas as conexões IMS destinadas a um usuário ou, para usuários em *roaming* que atualmente se encontram dentro da área de serviço da operadora;

- O P-CSCF é o primeiro ponto de contato do terminal IMS com a rede IMS, no plano de sinalização. Todas as chamadas iniciadas ou terminadas por um terminal IMS passam por um P-CSCF. Ele encaminha as mensagens SIP de registro para um I-CSCF e mensagens SIP de estabelecimento de sessões para um S-CSCF;
- O S-CSCF é o equipamento central do plano de controle, pois controla o estado das sessões na rede. O S-CSCF executa as funções de SIP *server* e de SIP *register*, descritas no item 3.2.2.1. Toda a sinalização originada ou terminada por um terminal IMS passa obrigatoriamente por um S-CSCF. Ele analisa todas as mensagens SIP recebidas pelos terminais IMS e executa o encaminhamento para o destino final ou para um servidor de aplicação, conforme o caso;
- O I-CSCF é um SIP Proxy localizado na fronteira da rede, que recebe as mensagens SIP de registro de um P-CSCF. Ele é o ponto de contato na rede da operadora para todas as conexões destinadas a um usuário desta rede, ou para um usuário em *roaming* nesta rede. Podem existir múltiplos I-CSCF numa mesma rede. As seguintes funções são desempenhadas pelo I-CSCF:
 - Registro (*Registration*): Associação a um S-CSCF para o usuário através de *SIP Registration*;
 - Fluxos associados à sessão e sem associação;
 - Roteamento de consulta via SIP de uma outra rede para o S-CSCF;
 - Obtenção do endereço do S-CSCF através de consulta ao HSS/UPSF;
 - Redirecionamento de uma consulta SIP ou resposta para o S-CSCF;
 - Tarificação e medição dos recursos utilizados: geração de CDR (*Call Detail Record*);
 - Adicionalmente, o I-CSCF possui a funcionalidade de cifrar parte das informações nas mensagens SIP que contêm conteúdo sensível, como número dos servidores no domínio, seus nomes no servidor de nomes (DNS), ou suas capacidades. Esta funcionalidade é referida como THIG (*Topology Hiding Internetork Gateway*).

- HSS (*Home Subscriber Server*): É o principal repositório de dados para todos os usuários do IMS, cuja função é semelhante ao HLR na rede celular. No TISpan o HSS foi designado pelo nome de UPSF – *User Profile Server Function* (ETSI TISpan TS 182 006). O HSS armazena dados que incluem a identidade do usuário, informações de registro, parâmetros de acesso, informações de segurança, informações de localização e informações relativas a consulta de serviços. Deve prover autenticação, autorização, tarifação. O HSS deve ser agnóstico ao tipo de serviço provido ao usuário, a aplicação, a rede, ao equipamento terminal do usuário e a localização geográfica. No caso de implementação de múltiplos HSSs na rede, deve-se utilizar uma base de dados adicional responsável pelo mapeamento dos endereços dos usuários e os respectivos HSS. Este elemento é denominado SLF (*Subscription Locator Function*). Entre suas funcionalidades, o SLF deve mapear as identidades públicas do usuário ao endereço do respectivo HSS que contém as informações do usuário. O HSS deve ser capaz de integrar informações heterogêneas e permitir que funcionalidades do *core* da rede sejam oferecidas para as aplicações e domínios de serviço, conseguindo desta forma esconder a heterogeneidade das informações. O HSS deve ser capaz de suportar as seguintes funcionalidades:
 - Gerenciamento de mobilidade;
 - Suporte ao estabelecimento de chamadas e de sessões;
 - Geração das informações de segurança do usuário;
 - Tratamento da identificação do usuário;
 - Autorização de acesso;
 - Suporte a autorização de serviço;
 - Suporte ao provisionamento do serviço;
 - Repositório de dados GUP (*Generic User Profile*).
- MRPF (*Multimedia Resource Processor Function*) / MRFC (*Multimedia Resource Function Controller*): São os responsáveis pelo tratamento dos fluxos de mídias e recursos. São equivalentes as URAs (Unidade Respondedora de Áudio) na rede existente. O MRFC, em conjunto com um MRFP localizado na camada de transporte, provê um conjunto de recursos no *core* da rede para o suporte de serviços. O MRFC interpreta a informação que entra proveniente de um servidor de

aplicação via um S-CSCF e controla o MRFP de acordo com a mesma. O MRFC, em conjunto com o MRFP, provê *bridges* de conferência, gravação de anúncios, transcodificação de mídia, entre outros;

- MGCF (*Media Gateway Control Function*): É o elemento de controle da arquitetura IMS que tem por objetivo servir de interface entre a rede legada baseada em circuito comutado RTPC e o IMS. É o equivalente ao *softswitch*. O MGCF provê a habilidade de controlar os *trunking gateways* através de uma interface padronizada. Este controle inclui a alocação de recursos do *media gateway*, bem como as modificações no uso destes recursos. Comunica-se com o CSCF e a rede fixa e realiza a conversão de protocolos entre ISUP e SIP. O MGCF também suporta o interfuncionamento entre SIP e a sinalização baseada em TCAP (*Transaction Capabilities Application Part*) para serviços suplementares como CCBS (completamento de chamada de usuário ocupado);
- BGCF (*Breakout Gateway Control Function*): É o elemento da rede IMS responsável por selecionar o MGCF para interfuncionamento com a RTPC. O BGCF interage primariamente com o S-CSCF, MGCF e “*peer BGCF*” (outras redes IMS) determinando o melhor roteamento de sessões saintes do IMS para o STFC. Dentro da mesma rede NGN, ele vai selecionar o MGCF que vai controlar a chamada.

3.2.2 Protocolo SIP (Session Initiation Protocol)

O IETF (*Internet Engineering Task Force*) possui vários protocolos que compõem boa parte da solução para o complexo problema de integração de serviços na Internet:

- SIP - *Session Initiation Protocol* - Sinalização;
- SDP - *Session Description Protocol* - Definição de sessão multimídia;
- RTP/RTCP - Entrega fim-a- fim para dados interativos;
- RTSP - *Real Time Streaming Protocol* - Controle de servidores de mídia;
- MGCP - *Media Gateway Control Protocol* - Controle de gateways.

Neste item será abordado apenas o protocolo SIP, usado para sinalização de seções multimídia.

O SIP é um protocolo de controle da camada de aplicação que é utilizado para estabelecer, modificar e terminar sessões multimídia entre usuários em uma rede IP. Dentre suas funcionalidades tem-se a localização de usuários, o estabelecimento de chamadas, determinação das capacidades de um terminal, sinalização para estabelecimento e terminação da chamada e administração na participação de chamadas (transferências, conferências, entre outros). As ligações estabelecidas pelo protocolo SIP podem ser: ponto a ponto, multiponto (todos podem ouvir e falar) e *multicast* (um para muitos). É um protocolo cliente-servidor similar ao HTML (*Hypertext Markup Language*) no tocante à sintaxe e semântica das estruturas empregadas, com campos explicitamente descritos, é baseado em texto, sem codificações binárias. Durante seu funcionamento, requisições são geradas por um cliente e enviadas ao servidor (entidade receptora), que processa tal requisição e envia a resposta ao cliente.

É parte de uma arquitetura multimídia, cujos protocolos vêm sendo continuamente padronizados pelo IETF. Estas aplicações incluem voz, vídeo, jogos, mensagens, controle de chamadas e presença. A idéia de um protocolo de sinalização de sessão sobre IP é posterior a 1992, quando conferências *multicast* eram apenas uma intenção. O SIP teve origem no final de 1996 como um componente do IETF *Mbone* (*multicast backbone*), que era uma rede *multicast* experimental sobre a Internet pública. Foi usado pelo IETF para a distribuição de conteúdo multimídia, incluindo reuniões do IETF, seminários e conferências. Devido à sua simplicidade e capacidade de extensão, o SIP foi depois adotado como um protocolo de sinalização do VoIP, tornando-se uma proposta de padrão IETF em 1999 (RFC 2543). Mais adiante, o SIP foi aprimorado para considerar questões de interoperabilidade e novas funcionalidades. O documento sofreu várias alterações e hoje o SIP é padronizado pela RFC 3261 de 2002.

3.2.2.1 Arquitetura SIP

O SIP utiliza arquitetura cliente/servidor. Os elementos do SIP podem ser classificados em:

- SIP *User Agents* (UAs - agentes usuários) – é a entidade SIP que interage com o usuário; ex.: SIP *phones*, PC ou laptop com *soft phone*, PDA (*personal digital assistants*), telefone móvel ou qualquer dispositivo que inicie e termine sessões multimídia;
- SIP *Servers* (servidores) – usados para localizar usuários SIP ou reencaminhar mensagens;
- SIP *Gateways*: para redes públicas PSTN e redes H.323.

Num mundo ideal, comunicações entre dois terminais SIP (ou UAs) ocorrem sem a necessidade de intermediários, mas nem sempre é assim, como é o caso de administradores de rede e provedores de serviço que necessitam do controle do caminho percorrido pelo tráfego em sua rede.

A Figura 3.7 apresenta uma rede típica, conhecida como o “Trapezóide SIP”.

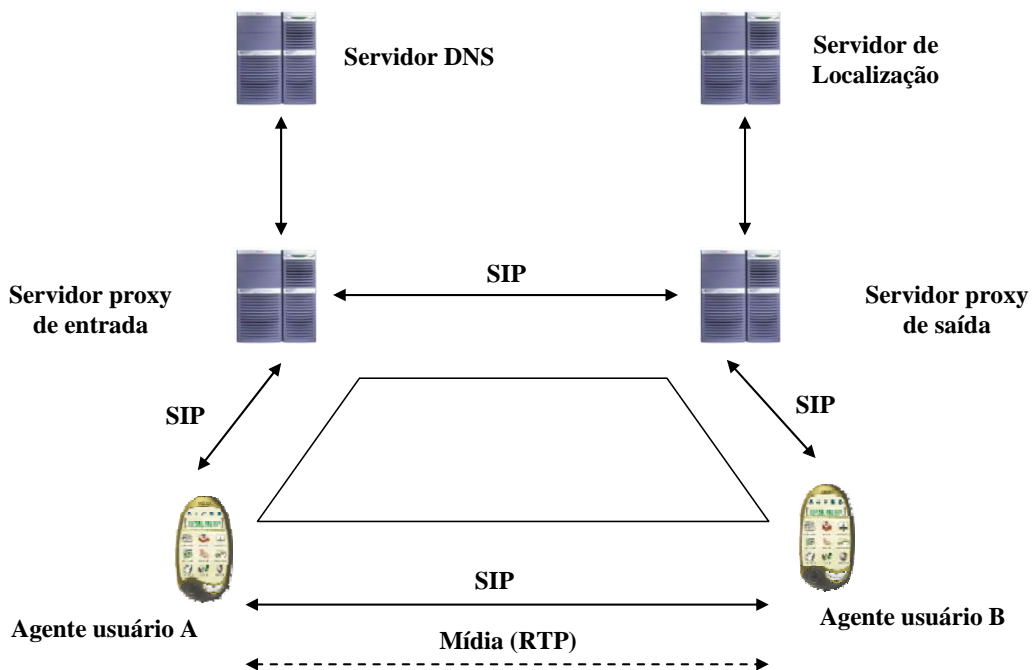


Figura 3.7 – Rede Trapezóide SIP
 Fonte: Adaptado de “SIP Desmystified” - Camarillo 2006

Descrevendo mais detalhadamente os elementos SIP, tem-se:

- SIP *UA* (agente usuário): é a entidade SIP que interage com o usuário e possui uma interface no mesmo. Ele envia e recebe solicitações e respostas, é o terminal de fluxos multimídia e é normalmente, o equipamento do usuário no qual está uma aplicação ou uma ferramenta de hardware dedicado. Por exemplo, se um usuário deseja fazer uma chamada via Internet, utilizando seu computador, ele abre um programa apropriado que contenha um Cliente SIP e interage com este cliente através da interface mencionada, geralmente em uma janela com botões a serem selecionados. O cliente usuário SIP é formado por dois módulos:
 - *User Agent Client* - UAC (agente usuário cliente) – responsável por gerar requisições através de uma aplicação chamadora que inicia uma requisição SIP;
 - *User Agent Server* - UAS (agente usuário servidor) – responsável em responder as requisições; ele pode aceitar, redirecionar ou rejeitar solicitações, ou seja, retorna respostas SIP.

Os dois módulos, UAC e UAS, são sempre obrigatórios para todo cliente.

- SIP *Servers* (servidores): são entidades lógicas por onde as mensagens SIP passam até seus destinos finais. Estes intermediários são usados para rotear e redirecionar solicitações. Os tipos de servidores SIP são:
 - Servidor *Proxy* – recebe e passa adiante solicitações SIP. Pode traduzir interpretar ou reescrever partes específicas das mensagens SIP que não perturbem o estado da solicitação ou do diálogo nos terminais. Um servidor *proxy* pode também enviar solicitações para mais de um lugar ao mesmo tempo. Esta entidade é classificada como um *forking proxy*. Esta ramificação pode ser paralela ou seqüencial;
 - Servidor de Redirecionamento – mapeia o endereço das solicitações dentro de novos endereços. Ele redireciona as solicitações retornando o endereço do servidor para o qual a requisição deve ser direcionada, mas não participa da transação;

- Servidor de Localização – recebe atualizações da localização dos usuários da rede;
- Servidor de Registro – é um servidor que aceita requisições de registro dos clientes.

Forma de endereçamento adotada: os terminais SIP são definidos por uma SIP URL (*Uniform Resource Locators*), similar a um endereço de correio SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), formada por uma parte referente ao nome do usuário ou número telefônico (*user*) e outra ao nome do domínio ou endereço numérico da rede (*host.domain*), isto é, *user@host.domain*. As URLs SIP podem conter endereços IPv4, IPv6 ou números de telefone.

Comandos usados pelo protocolo:

- *REGISTER*: informa a localização de um usuário ao servidor de registro;
- *OPTIONS*: solicita informações de capacidade;
- *INVITE*: “convida” um usuário para uma chamada;
- *ACK*: confirma o recebimento de resposta a um *INVITE*;
- *BYE*: termina a conexão entre dois usuários;
- *CANCEL*: interrompe a busca por um usuário.

Como exemplo do formato das mensagens do protocolo, suponha-se que a usuária Maria queira saber os tipos de codificações suportados pelo usuário Lucas, antes de fazer uma chamada. Através de uma requisição *OPTIONS*, a usuária solicita a informação desejada, utilizando o campo *Accept*. Esta mensagem é enviada do módulo cliente do usuário de Maria, para o módulo servidor do usuário de Lucas:

```

OPTIONS sip:lucas@example.com SIP/2.0
From: Maria <sip:maria@anywhere.org>
To: Lucas <sip:lucas@example.com>
Call-ID: 6378@host.anywhere.org
CSeq: 1 OPTIONS
Accept: application/sdp

```

Em resposta, o módulo cliente do usuário de Lucas envia uma resposta *OPTIONS* indicando ser possível receber áudio nos padrões: PCM μ law (*payload* tipo 0), 1016 (*payload* tipo 1), GSM (*payload* tipo 3), e SX7300/8000 (*payload* tipo 99); e vídeo H.261 (*payload* tipo 31) e H.263 (*payload* tipo 34):

SIP/2.0 200 OK

From: Maria <sip:maria@anywhere.org>

To: Lucas <sip:lucas@example.com> ;tag=376364382

Call-ID: 6378@host.anywhere.org

Content-Length: 81

Content-Type: application/sdp

v=0

m=audio 0 RTP/AVP 0 1 3 99

m=video 0 RTP/AVP 31 34

a=rtpmap:99 SX7300/8000

3.3 TISPAN NGN

O ETSI reconhecendo a convergência entre a comunicação de voz e a comunicação de dados e também entre as redes fixa e móvel, iniciou as pesquisas para padronização em dois grupos de trabalho, o TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization over Networks*) e o SPAN (*Services and Protocols for Advanced Networking*), que em setembro de 2003 foram fundidos em um único grupo, o TISPAN (*Telecommunication and Internet Services and Protocols for Advanced Networking*) para, a partir do *Release 6* do IMS produzida pelo 3GPP, definir como será a evolução da rede fixa de voz comutada.

O TISPAN é o centro de competência do ETSI para a migração das redes de circuito comutado para as redes baseadas em pacotes. É o responsável por todos os aspectos de padronização para as redes convergentes incluindo aspectos de serviço, arquitetura, protocolos, suporte a QoS e segurança.

O NGN *Release 1* foi lançado pelo TISPAN em dezembro de 2005, fornecendo padrões robustos e abertos que a indústria pode utilizar como uma base confiável para o desenvolvimento e implementação da primeira geração de sistemas NGN. No momento, o TISPAN está trabalhando no *Release 2*, com foco na melhoria da mobilidade, novos serviços e entrega de conteúdo com aperfeiçoamento da segurança e gerenciamento de rede. O *Release 2* deverá estar concluído em Dezembro/2007.

A arquitetura funcional do TISPAN para NGN (TISPAN NGN) está estruturada em uma camada de Serviço e uma camada de Transporte baseada em IP, conforme mostra a Figura 3.8.

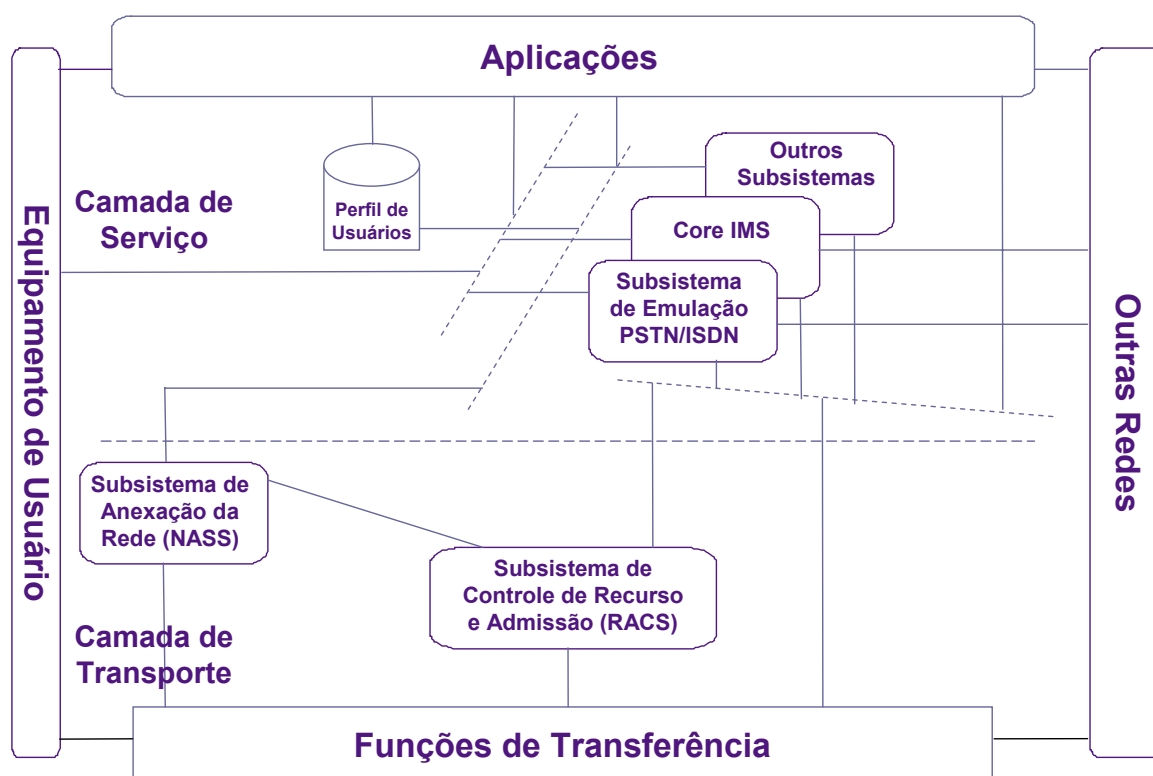


Figura 3.8 – Arquitetura Funcional TISPAN NGN
 Fonte: Adaptado de ETSI ES 282 007 (2006)

A camada de serviço é formada pelos seguintes componentes:

- O *core IP Multimedia Subsystem* (IMS);
- O subsistema de emulação PSTN/ISDN (PES – *PSTN/ISDN Emulation Subsystem*);
- Outros subsistemas multimídia (ex.: subsistema de *streaming*, subsistema de *broadcasting* de conteúdo) e aplicações;

- Componentes comuns (usados por vários subsistemas) como os componentes requeridos para acesso a aplicações, funções de tarifação, gerenciamento de perfil do usuário, gerenciamento de segurança, bases de dados de roteamento.

A camada de transporte provê a conectividade IP para o equipamento do usuário NGN e é composta por:

- Subcamada de controle de transporte, que é dividida em dois subsistemas:
 - NASS (*Network Attachment Subsystem*);
 - RACS (*Resource and Admission Control Subsystem*).
- Funções de transferência, composta pelas seguintes entidades:
 - MGF, BGF, RCEF, ARF, SGF, MRFP e L2TF.

A arquitetura TISPAN orientada a subsistemas permite a adição de novos subsistemas no futuro para cobrir novas demandas e novas classes de serviço. Isto também possibilita a importação (e adaptação) de subsistemas definidos por outros órgãos de padronização.

A conectividade IP é provida para o equipamento do usuário NGN pela camada de transporte, sob controle do NASS (*Network Attachment Subsystem*) e do RACS (*Resource and Admission Control Subsystem*). Estes subsistemas escondem a tecnologia de transporte usada no acesso e no *core* das redes debaixo da camada IP.

A arquitetura TISPAN é uma arquitetura funcional. Cada subsistema é especificado com um conjunto de entidades funcionais e as interfaces relacionadas, o que possibilita que os fornecedores possam combinar as entidades funcionais, quando isto fizer sentido, considerando modelos de negócio, modelos de serviço e as funcionalidades. Quando entidades funcionais são combinadas, a interface entre elas é interna, ou seja, é invisível e não pode ser testada.

Em seguida serão descritos os componentes da camada de serviço e da camada de transporte.

3.3.1 O Core IP Multimedia Subsystem (IMS)

O *core IP Multimedia Subsystem* (IMS) componente da arquitetura NGN (*Core IMS*) suporta o provisionamento de serviços multimídia baseados em SIP para terminais NGN. Ele também suporta o provisionamento de serviços que simulam as redes RTPC/RDSI. No item 4.1 estão descritos a arquitetura e as entidades funcionais do *core IMS*.

A Figura 3.9 ilustra a posição do IMS dentro da arquitetura NGN. Os componentes com os quais interfaceia são:

- Equipamento de usuário;
- *Resource and Admission Control Subsystem* (RACS);
- *Network Attachment Subsystem* (NASS);
- RTPC/RDSI;
- Subsistema de Emulação RTPC/RDSI;
- Outros Subsistemas Multimídia;
- Funções de Bilhetagem;
- Funções de Gerenciamento de Rede;
- Aplicações e Elementos Comuns.

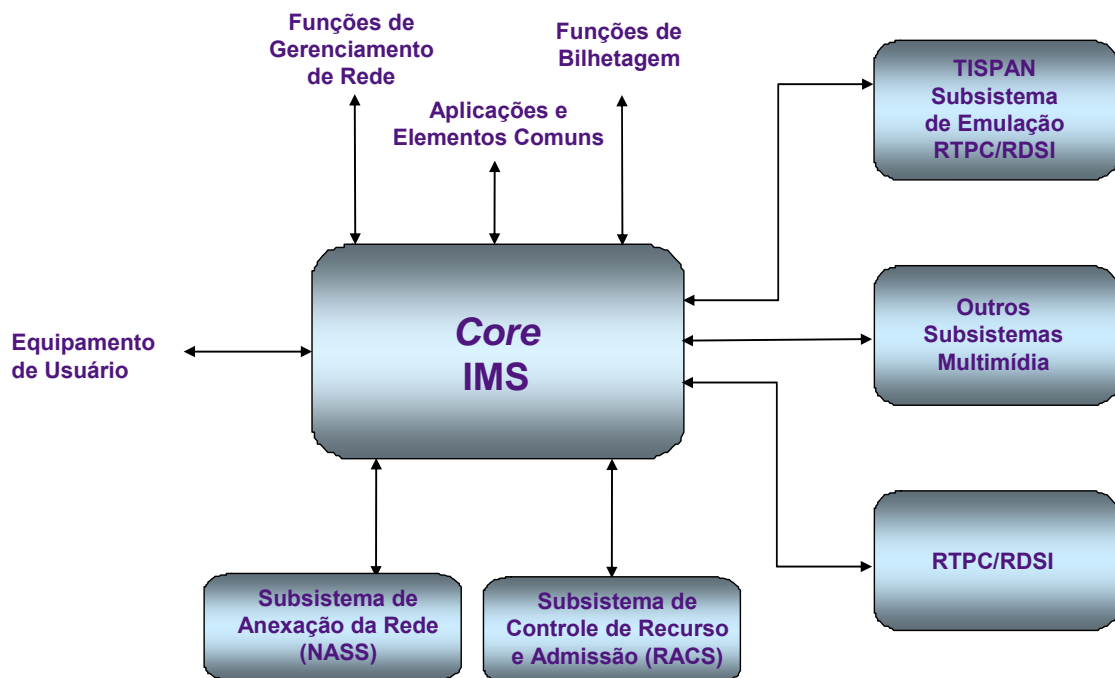


Figura 3.9 – *Core IMS* na Arquitetura NGN
Fonte: Adaptado de ETSI ES 282 007 (2006)

3.3.2 Subsistema de Emulação PSTN/ISDN (PES)

O objetivo da PES (*PSTN/ISDN Emulation Subsystem*) é permitir que os usuários recebam na NGN os mesmos serviços que anteriormente recebiam da RTPC, que tipicamente utilizam tecnologia TDM. É desejável que a transparência seja completa do ponto de vista do serviço.

O PES suporta a emulação dos serviços RTPC/RDSI para terminais legados conectados na NGN, através de *residential gateways*, localizados no ambiente do cliente ou *access gateways* (AGW) que se localizam no ambiente da operadora no acesso IP ou no *core* da rede. O AGW é o equipamento onde são conectadas as portas POTS (*Plain Old Telephony Service*) dos assinantes e é controlado pelo xGCF (*x Gateway Control Function*). Os AGWs são equipamentos do tipo DSLAM, ou seja, equipamentos banda larga com capacidade para ADSL em alta taxa, placas de voz, podendo ainda possuir suporte a acessos TDM E1 ou N x 64 Kbps. Existem duas modalidades para o suporte ao PES: baseado em *Softswitch* e baseado em IMS.

Um princípio importante do subsistema de emulação é que não há nenhuma intenção de padronizar o conjunto de serviços ou a sinalização usada na rede nacional ou na rede da operadora. O conjunto de serviços que é oferecido como parte da emulação é um subconjunto, que pode variar de uma parte pequena do conjunto de funcionalidades da antiga rede TDM até uma implementação completa das funcionalidades desta rede. A PES fornece capacidade de serviços RTPC/RDSI e interfaces usando adaptação para uma infraestrutura IP. Nem todas as capacidades e interfaces têm que estar presentes para prover uma emulação.

A Figura 3.10 mostra o *PSTN/ISDN Emulation Subsystem* (PES) e seus relacionamentos com outros subsistemas TISPAN NGN.

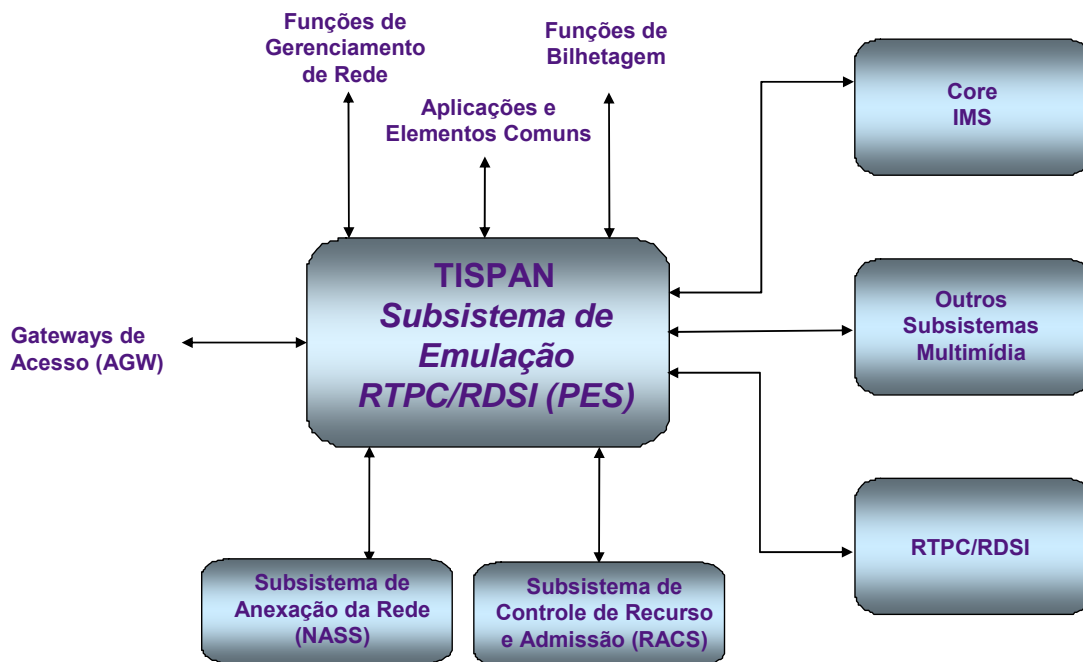


Figura 3.10 – *PSTN Emulation Subsystem* e seus Relacionamentos
 Fonte: Adaptado de ETSI ES 282 007 (2006)

3.3.2.1 PES baseado em *softswitch* e PES baseado em IMS

Os dois tipos de PES (PES baseado em *Softswitch* e PES baseado em IMS) serão considerados como os modelos para a substituição da rede, assim eles serão descritos no Capítulo 4.

3.3.3 Outros subsistemas multimídia

O subsistema de *streaming* suporta o provisionamento dos serviços baseados em *streaming* RSTP (*Real Time Streaming Protocol*) para terminais NGN.

O subsistema de conteúdo *broadcasting* suporta a transmissão de conteúdo multimídia (ex.: filmes, canais de TV, e outros) para grupos de terminais NGN.

3.3.4 Componentes comuns

A arquitetura NGN inclui um número de entidades funcionais que podem ser acessadas por mais de um subsistema. São elas:

- *User Profile Server Function (UPSF);*
- *Subscription Locator Function (SLF);*
- *Application Server Function (ASF);*
- *Interworking Function (IWF);*
- *Interconnection Border Control Function (IBCF);*
- *Charging and Data Collection Functions.*

3.3.5 Subcamada de controle de transporte

A subcamada de controle de transporte divide-se em dois subsistemas:

- *Network Attachment Subsystem (NASS);*
- *Resource and Admission Control Subsystem (RACS).*

3.3.5.1 *Network attachment subsystem (NASS)*

O subsistema de anexação da rede (NASS) providencia o registro em nível de acesso e a inicialização do equipamento de usuário (UE) para acessar os serviços NGN TISPAN. Fornece identificação no nível de rede e autenticação, gerencia o espaço de endereços IP da rede de acesso e autentica o ponto de contato dos serviços NGN TISPAN/Subsistemas de aplicação ao UE.

A anexação à rede através do NASS é baseada em identidade de usuário implícita ou explícita e em credenciais de autenticação armazenadas no NASS.

O *Network Attachment Subsystem* provê as seguintes funcionalidades:

- Aprovisionamento dinâmico do endereçamento IP e de outros parâmetros de configuração do terminal;
- Autenticação ocorre na camada IP, antes ou durante o processo de alocação de endereço;
- Autorização de acesso à rede baseada no perfil do usuário;
- Configuração de acesso a rede baseada no perfil do usuário;
- Gerenciamento de localização ocorrendo na camada IP.

3.3.5.2 *Resource and admission control subsystem (RACS)*

O subsistema de controle de recurso e admissão (RACS) provê controle de admissão e funcionalidades de controle.

Controle de admissão envolve verificação de autorização baseada no perfil do usuário contido no acesso ao NASS, nas regras de controle específicas da operadora e disponibilidade de recursos. A verificação de disponibilidade de recursos implica que a função de controle de admissão verifica se a banda requisitada é compatível com a banda de ambos os usuários, a quantidade de banda já usada pelo mesmo usuário no mesmo acesso, e a possibilidade de outros usuários dividirem os mesmos recursos.

3.3.6 **Funções de transferência**

O modelamento das funções de transferência aqui apresentadas é limitado a aspectos que são visíveis para outros componentes da arquitetura. Somente entidades funcionais que podem interagir com a subcamada de transporte ou a camada de serviço são visíveis no (modelo da subcamada de transferência). Estas entidades são:

- *Border Gateway Function (BGF)*;
- *Layer 2 Termination Function (L2TF)*;
- *Access Relay Function (ARF)*;
- *Media Gateway Function (MGF)*;
- *Media Resource Function Processor (MRFP)*;
- *Signaling Gateway Function (SGF)*.

3.3.6.1 *Border gateway function* (BGF)

O *Border Gateway Function* (BGF) provê a interface entre dois domínios de transporte IP. Ele pode residir na fronteira entre a rede de acesso e o equipamento do cliente, entre a rede de acesso e o *core* da rede ou entre dois *core* de rede. Ele suporta uma ou mais das seguintes funcionalidades:

- Marcação de pacote para tráfego sainte;
- Alocação de recursos e reserva de banda para tráfego *upstream* e *downstream*;
- Alocação e translação de endereço IP e número de porta (NAPT);
- Controle para tráfego entrante;
- *Antispoofing* de endereços IP;
- Medidor de uso;
- Interfuncionamento entre redes IPv4 e IPv6;
- Esconder a topologia da rede.

3.3.6.2 *Layer 2 termination function* (L2TF)

O L2TF termina os procedimentos de “Layer 2” da rede de acesso.

3.3.6.3 *Access relay function* (ARF)

O ARF atua com um retransmissor entre o equipamento de usuário (UE) e o NASS. Ele recebe requisições de acesso à rede do equipamento de usuário e encaminha para o NASS. Antes de encaminhar a requisição, o ARF pode também inserir uma informação de configuração local e aplicar procedimentos de conversão de protocolos.

3.3.6.4 *Media gateway function* (MGF)

O MGF provê o mapeamento da media e/ou funções de transcodificação entre um domínio de transporte IP e uma rede de comutação por circuito (trancos, loops). Ele pode também realizar conferências e enviar tons e anúncios. São identificados três tipos de MGF:

- O *Residential* MGF (R-MGF), localizado no ambiente do cliente;

- O *Access* MGF (A-MGF) que se localiza no ambiente da operadora no acesso IP ou no core da rede;
- O *Trunking* MGF (T-MGF) se situa na fronteira entre uma rede IP *core* e uma rede RTPC/RDSI.

O R-MGF e o A-MGF provêm acesso para os serviços do subsistema de emulação PSTN/ISDN (PES).

3.3.6.5 *Media resource function processor* (MRFP)

O MRFP provê funções especializadas de processamento de recursos, além das funções disponíveis no *media gateway*. Isto inclui recursos para suporte a conferências multimídias, fonte para anúncios multimídia, implementação de funcionalidades de IVR (*Interactive Voice Response*) e análises de conteúdo de mídia.

3.3.6.6 *Signaling gateway function* (SGF)

O SGF realiza a conversão de sinalização, no nível de transporte, entre a sinalização baseada em transporte SS7 e sinalização baseada em transporte IP. As funcionalidades do SGF abrangem:

- Transporte confiável de SS7 sobre IP, usando SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*);
- Funcionalidades de *firewall* para SS7 – tanto quanto aplicável - através de *screening* dentro dos cabeçalhos do MTP (*Media Transfer Protocol*) e do SCCP (*Signaling Connection Control Part*).

4 MODELO DE SUBSTITUIÇÃO DA RTPC

Conforme descrito no Capítulo 3, o TISPAN define duas arquiteturas dentro do subsistema de emulação da RTPC/RDSI, ou PES (*PSTN Emulation Subsystem*) para a substituição da atual rede telefônica pública comutada, que são o PES baseado em *softswitch* e o PES baseado em IMS.

4.1 PES BASEADO EM *SOFTSWITCH*

Ao especificar as entidades funcionais na NGN tem-se que considerar que existem muitas implementações que já estão completas e outras que ainda estão em desenvolvimento, portanto a padronização não foi detalhada em excesso para evitar gerar muitas incompatibilidades. Foram padronizados apenas os fluxos de informação entrantes e saíntes das entidades do *PSTN/ISDN Emulation Subsystem* e não foi descrita nenhuma implementação em particular. A Figura 4.1 apresenta a arquitetura funcional da PES baseada em *softswitch*.

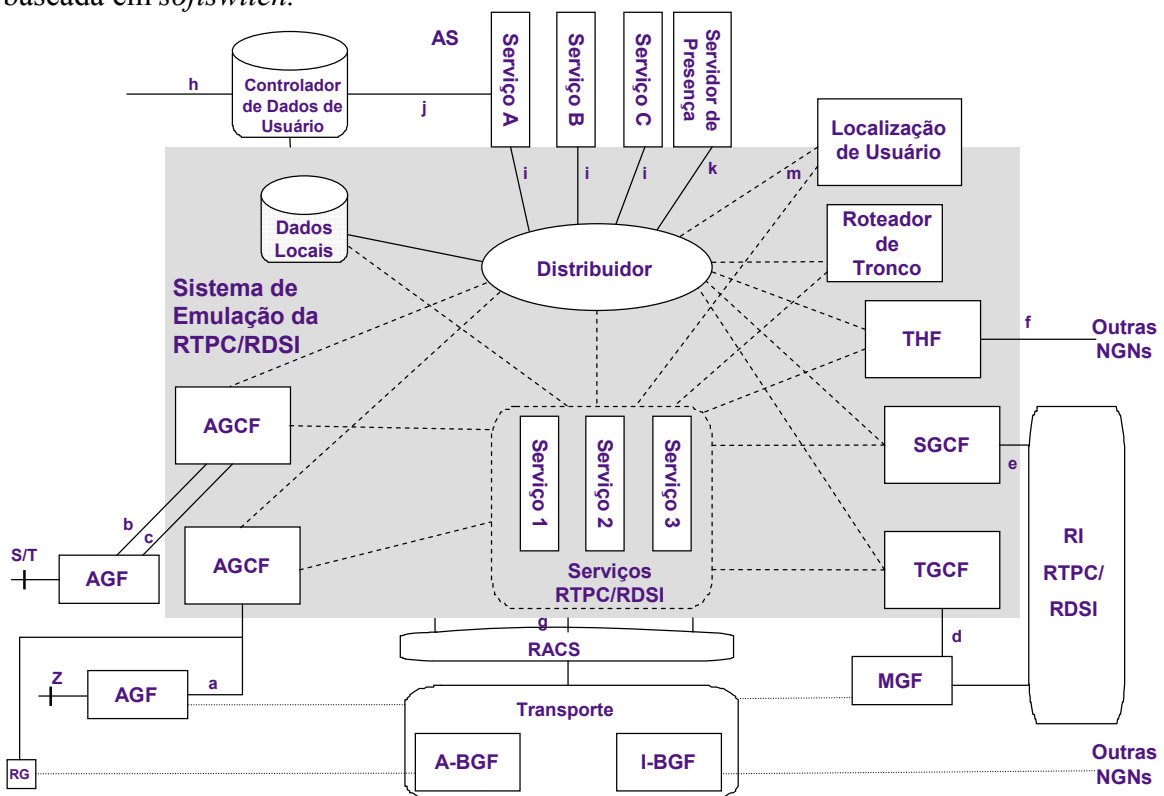


Figura 4.1 – Arquitetura Funcional da PES Baseada em *Softswitch*
 Fonte: Adaptado de ETSI ES 282 002 (2006)

Na arquitetura funcional mostrada na Figura 4.1, pode-se ver que é possível implementar múltiplas arquiteturas diferentes. Entretanto há alguns pontos fundamentais que não devem faltar. O primeiro destes pontos são os *gateways* que convertem as interfaces legadas (PSTN Z) em interfaces NGN. Normalmente são tratados por interfaces H.248, porém esta não é a única maneira de tratá-los. Dependendo do serviço, MGCP ou interfaces que utilizam SIP de maneira adequada, podem ser utilizadas.

O ponto chave é que o fluxo de informação pode carregar a informação necessária para as redes RTPC, as sinalizações de linha e de registro dos clientes bem como a sinalização de serviços especializados.

Os *trunking gateways* também usam H.248, porém também podem usar MGCP ou SIP. Outra vez o ponto chave é que o fluxo de informação pode carregar a sinalização de linha e de registro necessária para conectar os trocos TDM da RTPC.

Pode ser usado um distribuidor de mensagens entre as várias partes do subsistema ou então podem ser feitas ligações diretas entre os elementos. Nota-se que o serviço RTPC/RDSI é mostrado como uma agregação dos serviços 1 a 3. Isto ocorre porque as implementações existentes são muitas vezes espalhadas entre diferentes servidores onde existe uma interação entre os serviços que permite isto.

O AGCF (*Access Gateway Control Function*), que é responsável pelo controle das linhas de acesso e o TGCF (*Trunk Gateway Control Function*), que é responsável pelo controle dos troncos são mostrados como entidades separadas, porém não há razão que obrigue a isto.

Existe somente um caso onde as interfaces têm que ser obrigatoriamente abertas para o restante do NGS. Quando se adiciona os servidores de aplicação IMS para implantar novos serviços, como os serviços A, B e C, a interface será SIP para alinhar com o IMS. Neste exemplo, o distribuidor será o CSCF.

O roteador de tronco realiza a função de determinar o roteamento para uma chamada. Pode também ser necessário consultar a localização do cliente para determinar para qual servidor

ou rede a sinalização, de um dado cliente da RTPC, deve ser enviada. Esta função será executada se o cliente em questão estiver no PES ou RTPC tradicional.

As funções mostradas como serviços 1, 2 e 3 são apenas exemplos. Elas representam o serviço básico de chamada e um conjunto de serviços suplementares que são nativos do *Call Server*. Eles são mostrados a fim de destacar a possibilidade que os serviços nativos incluindo chamadas básicas possam ser distribuídos.

4.2 PES BASEADO EM IMS

4.2.1 Arquitetura funcional

A Figura 4.2 apresenta as entidades funcionais que compõem a arquitetura funcional da PES baseada em IMS e seus relacionamentos com os outros componentes da arquitetura NGN.

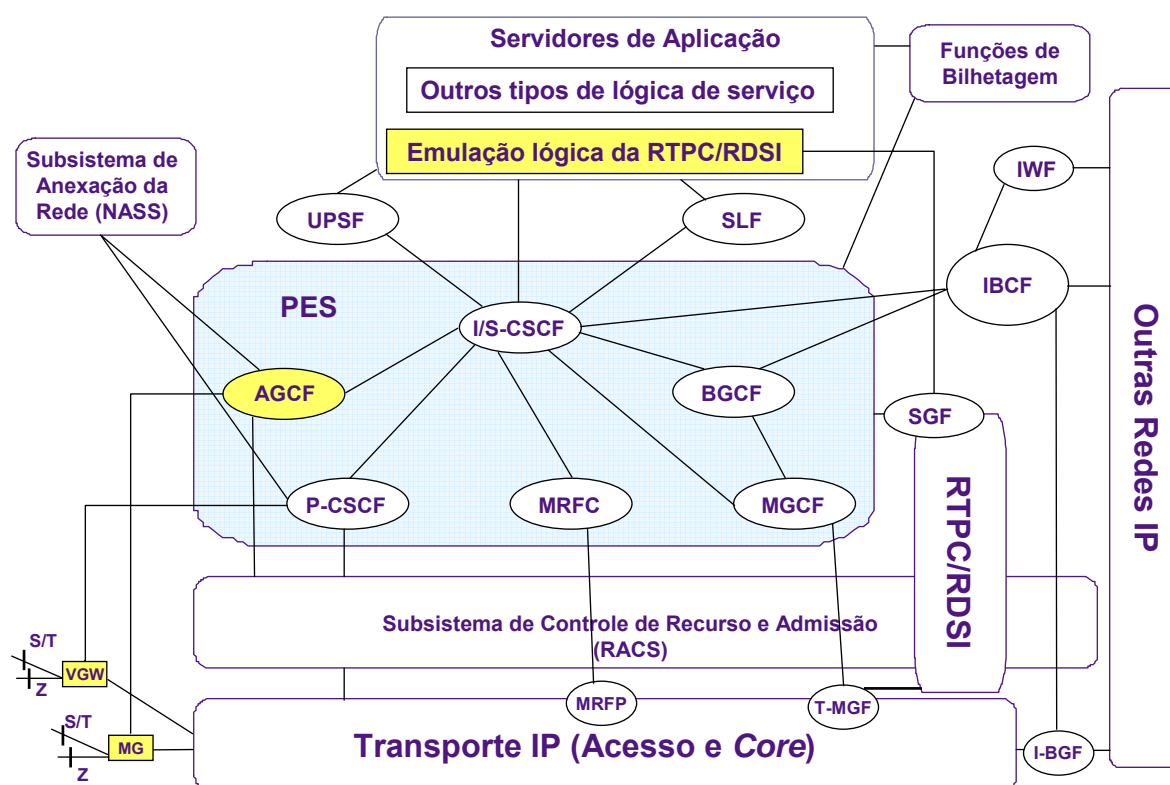


Figura 4.2 – Arquitetura Funcional da PES Baseada em IMS
Fonte: Adaptado de ETSI ES 282 007 (2006)

A maioria das entidades funcionais da PES são idênticas ou derivadas do IMS, com exceção do *Access Gateway Control Function* (AGCF) que tem a responsabilidade de controlar os *gateways* residenciais e os *gateways* de acesso.

4.2.2 *Access gateway control function* (AGCF)

Esta entidade funcional é o primeiro ponto de contato para os *gateways* residenciais e para os *gateways* de acesso. O AGCF é específico para a PES e executa as seguintes funções:

- Atua como um MGC para as funções de controle de *media gateway* (R-MGF e A-MGF);
- Interage com o RACS;
- Interage com NASS para recuperar informação do perfil da linha;
- Executa o interfuncionamento de sinalização entre SIP e sinalização analógica;
- Atua como um SIP *User Agent* no que diz respeito às entidades funcionais IMS SIP;
- Executa as funções normalmente atribuídas a um P-CSCF para os terminais legados conectados atrás dos *media gateways* (tais como: controle dos procedimentos de registro do SIP, geração de reconhecimento de identidades e criação de identificadores de tarifação).

O AGCF deve ser capaz de prover tempos de resposta similares (tom de disco, tom de chamada, entre outros) aos das atuais RTPC. Em caso de falha do AGCF as chamadas estabelecidas devem ser preservadas.

As demais entidades funcionais (CSCF, MRFC, MGCF e BGCF) foram descritas no Capítulo 3.

4.3 PES BASEADO EM PRÉ-IMS

As duas soluções substituição da RTPC, PES baseado em *softswitch* e PES baseado em IMS, apresentam equipamentos distintos para o *core* da rede, o que pode acarretar em investimentos não evolutivos.

A decisão de se optar por uma ou outra arquitetura apresenta vantagens e desvantagens. Desta forma, ao invés de optar por uma ou outra solução, sugere-se a implantação de um passo intermediário, chamado de PES baseado em Pré-IMS, com as seguintes características:

- No *core* da rede, implantar apenas um AGCF (para controlar o acesso de voz) e um MGCF (para controlar os troncos). Dependendo do tamanho do projeto, estas duas funções podem estar inicialmente no mesmo equipamento;
- Os serviços do STFC são hospedados num servidor de aplicação externo. Serviços mais simples podem estar hospedados internamente no AGCF;
- Utilização de protocolos abertos e padronizados (SIP e H.248).

A Figura 4.3 apresenta a arquitetura da PES baseado em Pré-IMS:

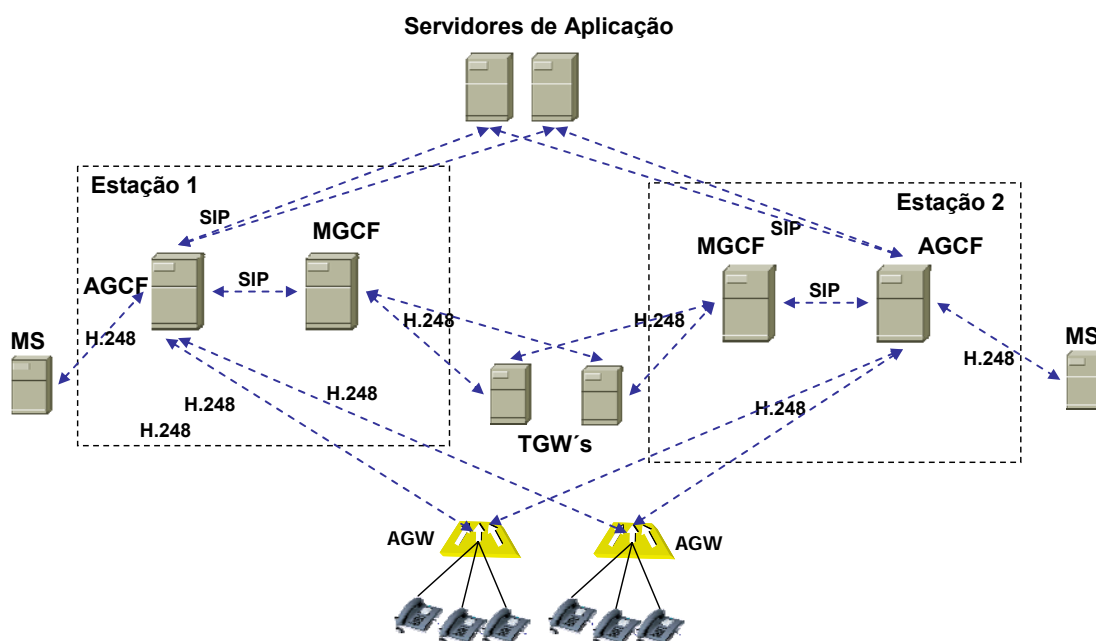


Figura 4.3 – Arquitetura da PES baseada em Pré-IMS

Fonte: Caderno de Diretrizes da BrT (2007)

As vantagens da topologia PES baseado em Pré-IMS são as seguintes:

- Investimentos mais reduzidos: não é necessária a instalação do *core* IMS/HSS;
- Transição gradual;
- Solução à prova de futuro;
- Solução tecnicamente mais simples: implementação mais rápida;
- Melhor desempenho e escalabilidade;
- Pode-se aproveitar os equipamentos NGN da Brasil Telecom;
- Esta mesma infra-estrutura pode ser utilizada para prover serviços banda larga;
- Caso outros serviços justifiquem a implantação do *core* IMS, o mesmo se integrará facilmente a esta arquitetura.

É importante observar que, com esta topologia, o cliente final continua com seu aparelho telefônico analógico, ou seja, não existe necessidade de alteração do aparelho telefônico do cliente. Para estes equipamentos suportarem o atendimento básico da RTPC, as seguintes premissas devem ser observadas:

- O grau de disponibilidade / confiabilidade da nova rede deve ser, no mínimo, igual da rede antiga (RTPC);
- Percepção de qualidade, do ponto de vista do cliente, igual ou melhor que da rede antiga;

Para a prestação do serviço RTPC sobre esta arquitetura, todas as funcionalidades existentes hoje nesta rede devem ser existentes na nova rede. Abaixo são apresentadas algumas destas funcionalidades:

- Serviços suplementares;
- Chamadas a cobrar;
- Interconexão de PABX-DDR com sinalização MFC-R2-Digital;
- Interceptação legal;
- Acesso à serviços de emergência;
- Tarifação na linha (para telefones públicos).

5 AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

Ao avaliar um investimento real, busca-se obter o seu valor justo de mercado, ou aquele que representa de modo equilibrado as potencialidades e os custos de determinado projeto. Entretanto, vale notar que não há um valor “correto” para um investimento, pois o seu valor deve ser determinado considerando as diferentes perspectivas e incertezas existentes. Além disso, o processo de avaliação envolve uma série de avaliações subjetivas que influenciam sobre o valor a ser obtido.

Sendo a avaliação de investimentos uma disciplina analítica, alguns mitos foram desenvolvidos ao longo do tempo. Segundo Damodaran (1996):

“a) Mito 1 – uma avaliação é uma busca objetiva pelo valor “real”

A avaliação não é a ciência que alguns de seus proponentes dizem ser, nem a busca objetiva por valor verdadeiro que os idealistas gostariam que se tornasse. Os modelos que utilizamos na avaliação podem ser quantitativos, mas os dados de entrada deixam margem suficiente para julgamentos subjetivos. Portanto, o valor final que obtivermos através de modelos sofre o efeito das tendências que inserimos no processo.”

“b) Mito 2 – uma boa avaliação fornece estimativa precisa de valor

Mesmo ao final de uma avaliação minuciosa e detalhada, haverá incertezas quanto aos números finais, distorcidos como estão pelas pressuposições que fazemos quanto ao futuro da empresa e da economia. Não é realista esperar ou exigir certeza absoluta numa avaliação, já que fluxos de caixa e taxas de desconto são estimados com erro.”

“c) Mito 3 – quanto mais quantitativo o modelo melhor a avaliação

A utilidade dos modelos apresentados é circunscrita pelo tempo e esforço despendidos pelos analistas para encontrar dados de entrada para o modelo. De modo geral, a qualidade de uma avaliação será diretamente proporcional ao tempo gasto em reunir dados e na compreensão da empresa a ser avaliada.”

Ainda, segundo Damodaran (1996), todas as avaliações têm desvios, não existem avaliações precisas (exatas) e modelos mais simples podem funcionar melhor que modelos complexos.

Embora não conclusivos, os métodos de avaliação oferecem um importante instrumento para auxiliar aqueles que estão envolvidos num processo de avaliação de projetos, prestando-se principalmente, como suporte a importantes decisões estratégicas.

Para que se possa tomar uma decisão a respeito de novas alternativas de investimento, sempre é necessário que se tente estimar o seu retorno. Não se toma uma decisão por certo investimento se o resultado provável for negativo. Desta forma, a avaliação de investimentos é algo de elevada importância no dia-a-dia corporativo, seja para problemas de mensuração de valor, para a avaliação de aquisições ou de vendas, ou por qualquer outro motivo.

O método de determinação do valor de empresas mais importante, tanto do ponto de vista conceitual quanto do ponto de vista prático, é o de avaliação por fluxo de caixa descontado. O fluxo de caixa é a medida real de recursos que a empresa é capaz de gerar, sendo importante pelo fato de que o caixa é o meio utilizado para o pagamento de todos os tipos de obrigações, como por exemplo, salários dos funcionários, fornecedores, financiamentos, entre outros. Por tal motivo, este é o método escolhido para a avaliação dos cenários de substituição da RTPC da BrT descritos no item 5.8 e, portanto, será descrito aqui em maiores detalhes. Neste capítulo serão ainda apresentados alguns conceitos necessários para se chegar ao método de avaliação por fluxo de caixa.

Analisar o fluxo de caixa é, em última análise, analisar o processo de formação de liquidez na empresa. É identificar que atividades estão gerando um fluxo de caixa positivo ou negativo e que atividades estão eventualmente impedindo o caixa gerado de tornar-se disponível. Neste sentido, poder-se afirmar que a geração de liquidez é mais importante do que a geração de lucro já que o que quebra uma empresa não é a falta de lucro; é a falta de liquidez. São inúmeros os exemplos de empresas que se inviabilizaram financeiramente mesmo apresentando lucros contábeis.

“A necessidade de se desenvolver demonstrativos de fluxo de caixa decorre do aumento da complexidade das atividades operacionais, o que provoca grandes disparidades entre o período no qual os lançamentos de receitas e despesas são apresentados e o período em que os correspondentes fluxos de caixa realmente ocorrem. Tal complexidade pode provocar uma maior oscilação no fluxo de caixa. Fatores externos, tais como a inflação ou mudanças no cenário econômico, afetam mais rapidamente os fluxos de caixa do que o lucro contábil.” (Hendriksen, 1982)

“Muitas vezes nós medimos tudo e não entendemos nada. As três coisas mais importantes a medir em um negócio são: a satisfação dos clientes, a satisfação dos empregados e o fluxo de caixa.” (Jack Welch – Revista Exame, 1993)

Outras metodologias de análise de investimento tal como a análise das opções reais devem ser comparadas com o método do fluxo de caixa livre, merecendo também novos estudos para efetuar tais comparações.

Dado o volume de recursos que são necessários em projetos de telecomunicações e que os ciclos destes projetos são hoje muito mais rápidos que na época do monopólio estatal, pode-se afirmar que a avaliação do alto investimento a ser realizado com a substituição de parte das centrais da BrT é um passo decisivo para o futuro da empresa.

5.1 FLUXO DE CAIXA (FC)

Denomina-se fluxo de caixa ao conjunto de entradas e saídas de dinheiro ou equivalente a dinheiro, ao longo do tempo, para um indivíduo ou empresa. As entradas correspondem aos recebimentos e as saídas correspondem aos pagamentos ou desembolsos.

Graficamente o fluxo de caixa é representado através do Diagrama de Fluxo de Caixa (DFC), conforme as seguintes convenções: no eixo horizontal é marcada a escala de tempo, subdividida em sub-períodos (meses, anos, dias, etc); o ponto 0 é a data inicial ou data zero, a partir da qual, todas as demais se encontrarão relacionadas; as quantias são representadas por segmentos verticais, que na medida do possível devem ser proporcionais

aos respectivos valores; entradas de caixa correspondem a segmentos traçados acima do eixo horizontal e saídas de caixa correspondem a segmentos traçados abaixo.

A Figura 5.1 apresenta um DFC típico onde os fluxos FC_1 , FC_3 e FC_n correspondem a entradas de caixa e FC_0 e FC_2 correspondem a saídas de caixa.

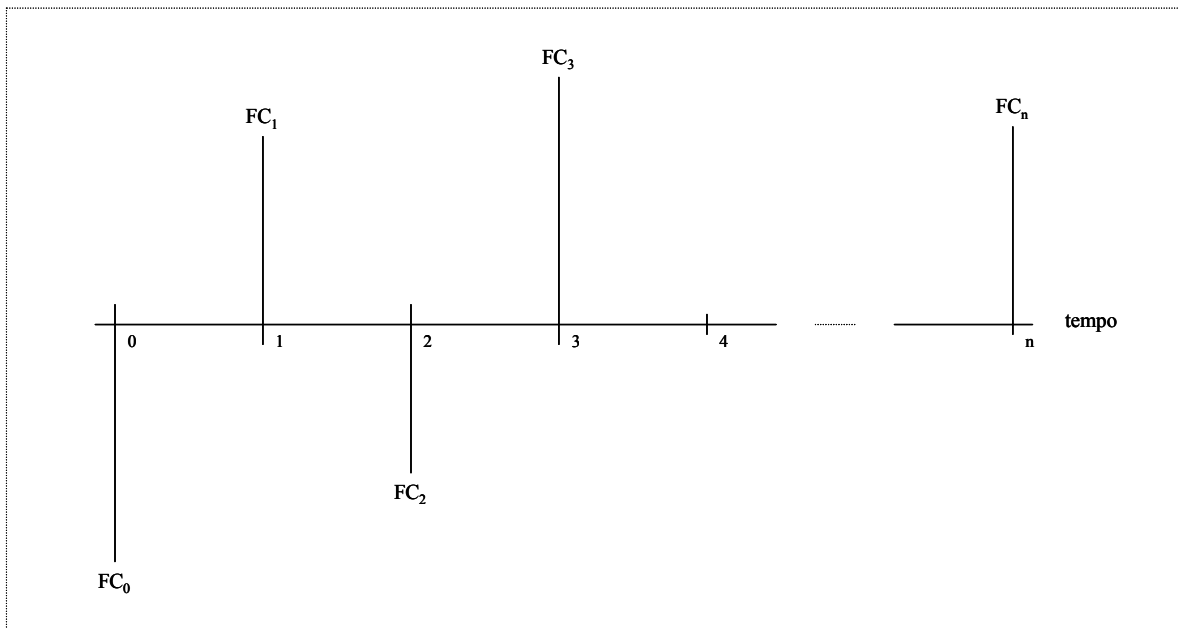


Figura 5.1 – Diagrama de Fluxo de Caixa (DFC)
Fonte: Zentgraf (2002)

Apesar de simples, o conceito de fluxo de caixa é extremamente relevante em finanças, pois a grande maioria dos problemas de matemática financeira recai na resolução de alguns poucos diagramas predefinidos.

É importante ser considerado na montagem de um fluxo de caixa o cuidado com despesas ou receitas que não representem efetivas saídas ou entradas de caixa, tais como despesas de depreciação, provisões, reversões e outros, ou seja, não confundir lucro com fluxo de caixa.

Será apresentado um exemplo bastante ilustrativo de Zentgraf (2002) para melhor explicar a utilização do fluxo de caixa e definir alguns conceitos adicionais.

Exemplo: Uma empresa planeja adquirir uma máquina que irá proporcionar redução em seus custos de produção (custos hoje estimados em \$500,00/ano passarão a \$400,00/ano). Monte o DFC para a proposta sabendo que a nova máquina custará \$1.500,00, possui cinco anos de vida útil (sem valor residual) e que a alíquota de IR (Imposto de Renda) para a empresa é de 30,00%.

Solução: A grosso modo, o resultado (ou lucro) de uma empresa será o valor das receitas por ela obtida diminuído das despesas que incorreu. A cada ano as empresas são obrigadas a apurar seus resultados com base nesta definição. Caso as receitas superem as despesas, haverá lucro e a empresa pagará imposto; caso contrário haverá prejuízo, que poderá ser compensado com lucros futuros, observados os limites estabelecidos na legislação.

Cálculo da Depreciação: A aquisição de uma máquina utilizada em processo produtivo é uma despesa que a empresa incorrerá, e como tal deverá ser deduzida da base de cálculo do IR. O lançamento de todo o custo da aquisição como despesa logo no primeiro ano, entretanto, estará inadequado, pois o equipamento servirá à empresa por cinco anos. Note ainda que caso assim fosse feito, estaria-se diminuindo em excesso a base de cálculo do IR no primeiro ano, o que certamente a Receita Federal não deseja. Sendo assim, contábil e fiscalmente correto será o lançamento a cada ano de uma fração deste investimento, denominada despesa de depreciação. No exemplo, a máquina não possui valor residual (valor de revenda ao fim da vida útil) e dura cinco anos; a despesa de depreciação será portanto, de \$300,00/ano ($=\$1.500,00/5$). Observe que esta é uma despesa que não irá representar uma saída de caixa já que todos os pagamentos a ela relacionados foram efetuados por ocasião da compra da máquina.

Cálculo do Fluxo de Caixa Incremental: Conforme os dados listados no Demonstrativo de Resultados do Exercício (DRE) da Tabela 5.1, onde a coluna “Sem” apresenta os resultados atuais da empresa em análise, a coluna “Com” os resultados caso o equipamento seja adquirido, e a coluna “Delta-Caixa” as variações de fluxo de caixa relevantes à análise desta aquisição (equivale à coluna “Com” subtraída da coluna “Sem”). Observe:

- Como o enunciado não especifica alteração nas receitas caso o equipamento seja adquirido, assume-se que serão fixas e iguais a \$2.000,00/ano;

- A redução dos custos, por permitir à empresa um menor desembolso, aparece na variação positiva (entrada de caixa) na coluna “Delta-Caixa”;
- A depreciação não entra na última coluna, pois não representa saída de caixa; também não devem ser incluídos na última coluna os resultados provenientes das linhas de cálculo utilizadas na DRE (linhas LAIR e Lucro Líquido);
- O LAIR (Lucro Antes do Imposto de Renda, correspondente à base de cálculo do IR) será reduzido caso a máquina seja adquirida; a empresa, portanto, pagará menos imposto e conseqüentemente a variação de caixa será positiva. Cabe observar que o valor obtido (\$60,00) é a resultante de dois efeitos opostos: o primeiro, referente à redução dos custos, contribuirá para um aumento da carga tributária em \$30,00 ($=\$100,00 \times 30,00\%$) e o segundo, referente à dedutibilidade da despesa de depreciação do LAIR, contribuirá para a redução da carga tributária (benefício fiscal) em \$90,00 ($=\$300,00 \times 30,00\%$);
- A diferença entre o lucro líquido e o fluxo de caixa fica por conta da depreciação, que entra no cálculo do lucro líquido, mas não pode ser considerada no cálculo do fluxo de caixa líquido.

Tabela 5.1 – Fluxo de Caixa Incremental para o Exemplo

DRE	Sem (\$)	Com (\$)	Delta-Caixa (\$)
Receitas	2.000,00	2.000,00	0,00
(-) Custos	(500,00)	(400,00)	100,00
(-) Depreciação	0,00	(300,00)	0,00
(=) LAIR	1.500,00	1.300,00	
(-) IR	(450,00)	(390,00)	60,00
(=) Lucro Líquido	1.050,00	910,00	
(+) Depreciação	0,00	300,00	0,00
Fluxo de Caixa Líquido	1.050,00	1.210,00	160,00

Traçado do DFC: Dado o investimento inicial de \$1.500,00, as entradas de caixa líquidas de \$160,00/ano e o prazo de cinco anos para o projeto, tem-se na Figura 5.2 o DFC resultante.

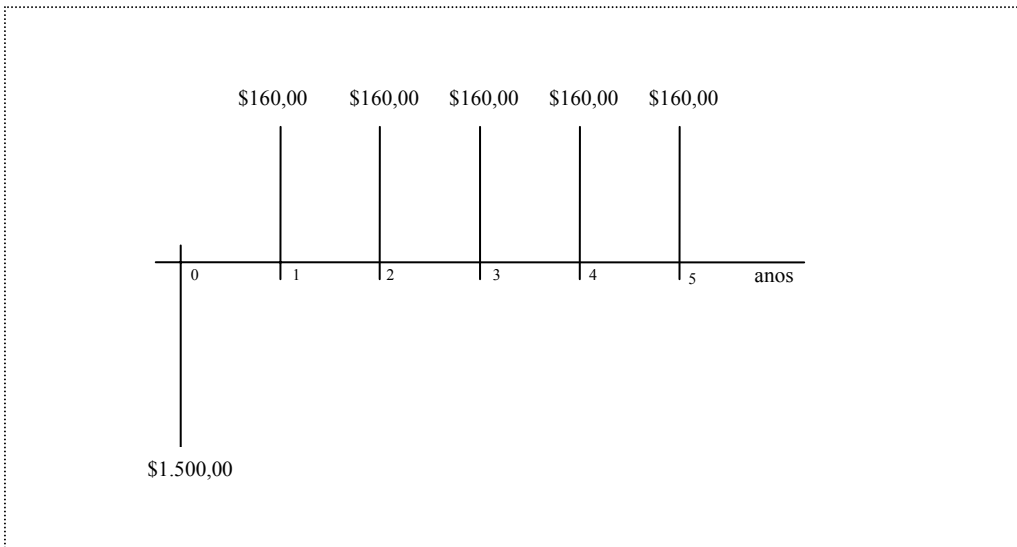


Figura 5.2 – Diagrama de Fluxo de Caixa do Exemplo

5.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) SEM RISCO

Segundo Monteiro (2003), o conceito do VPL é considerado como um dos métodos mais consistentes com o objetivo da empresa de maximizar a riqueza do acionista. Outros métodos alternativos (tais como a regra do *payback*, taxa média de retorno contábil e taxa interna de retorno), apesar de amplamente utilizados no universo corporativo, têm sido julgados inferiores ao VPL na literatura padrão de finanças.

O valor presente líquido de um investimento é a diferença entre o valor presente das entradas e saídas de caixa presentes e futuras, descontada a taxa de juros (taxa de desconto). Desta forma, e uma vez que os VPLs são aditivos, a riqueza dos acionistas é maximizada ao escolherem-se todos os projetos com VPL de valor positivo.

A fórmula do VPL das receitas líquidas é dada por:

$$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} - I, \quad (5.1)$$

onde:

r = taxa de desconto;

C_t = é o fluxo de caixa líquido para o período t ;

I = investimento inicial;

T = número de períodos do projeto.

As vantagens principais do método VPL são:

- Ao contrário da taxa média de retorno contábil, o método VPL usa fluxos de caixa ao invés de lucros líquidos, incluindo a depreciação como fonte de recursos. Esta característica torna a abordagem do VPL consistente com a teoria financeira moderna;
- O VPL, ao contrário da taxa média de retorno e do *payback* simples, reconhece o valor do dinheiro no tempo;
- Ao aceitar projetos com VPL positivos, a empresa também aumentará o seu valor (visando a maximização da riqueza dos acionistas) e não correrá o risco de aceitar um projeto com retorno negativo, num projeto onde existam múltiplas taxas de retorno;
- Na comparação entre dois projetos de investimentos, o método do VPL permite que seja encontrada uma taxa de desconto ajustada ao risco de cada projeto, eliminando o problema de comparação entre projetos de perfis de risco diferenciados;
- Na escolha entre dois projetos de investimentos mutuamente excludentes (ou independentes), nos quais distintas taxas de desconto podem inverter a ordem de preferência entre projetos, o método do VPL é sempre o mais adequado, pois evita que decisões erradas sejam tomadas com base na TIR (taxa interna de retorno), que é uma taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial, individual dos projetos.

Uma limitação da abordagem do VPL reside na necessidade de se assumir que a administração é capaz de fazer previsões dos fluxos de caixa dos anos futuros, e que as premissas adotadas permanecerão estáticas durante todo o projeto, sem qualquer intervenção da gerência em caso de resultados inesperados e desfavoráveis.

No mundo corporativo real, quanto mais distante for o horizonte de tempo, maiores serão as incertezas e mais imprecisas serão as previsões de fluxo de caixa, uma vez que estes fluxos são diretamente influenciados pelas vendas futuras, custos em geral (mão-de-obra,

materiais, equipamentos), taxas de juros, políticas governamentais, aspectos climáticos, mudanças demográficas, políticas internacionais, gostos dos consumidores, novas tecnologias e assim por diante.

Outro ponto crítico da abordagem do VPL está na decisão de qual taxa de desconto utilizar. As taxas de desconto são influenciadas pelo nível de risco e duração do projeto, e tendem a subir acompanhando taxas de juros e inflação. Assim, o VPL apresentado sem o ajuste de risco, com base na premissa de que os valores de fluxo de caixa estimados são absolutamente precisos, podem levar à aceitação de um projeto que deveria ser rejeitado ou vice-versa.

5.3 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) COM RISCO

No cálculo do VPL num ambiente sem risco, o objetivo de maximização da receita do acionista é atingido ao se escolher projetos que, após o desconto dos fluxos de caixa futuros pelo seu custo de oportunidade (taxa de juros livre de risco ou a taxa de retorno requerida pela empresa ou mercado em investimentos compatíveis), apresentam VPL positivo.

Ao introduzir-se incerteza, a mesma idéia básica permanece inalterada, porém o conceito de “investimentos compatíveis” passa a significar investimentos com as mesmas características de risco. Assim, sugere-se que a taxa de desconto r passe a ser substituída por k , que representa a soma r (taxa de juros livre de risco) mais um prêmio de risco (p) usado para compensar o risco associado ao projeto. Assim, o VPL com risco é dado por:

$$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+k)^t} - I \quad (5.2)$$

onde:

$k = r+p$ = taxa de desconto ajustada ao risco;

C_t = é o fluxo de caixa líquido para o período t ;

I = investimento inicial;

T = número de períodos do projeto.

A taxa de desconto ajustada ao risco (k) é também denominada de Custo de Oportunidade do Capital. A taxa de desconto na qual o desconto e a composição são feitos refletem três fatores: (1) a preferência pelo consumo atual; (2) a expectativa de inflação; (3) a incerteza associada com os fluxos de caixa que estão sendo descontados.

Diante de um mercado que apresente um conjunto de oportunidades para a aplicação de seu capital, um investidor opta pelo investimento no ativo A, desde que o retorno proporcionado por A, seja superior ao retorno oferecido pelas demais propostas que serão deixadas de lado; posto de outra forma, ao decidir por A, o investidor está perdendo a oportunidade de aplicar em outros ativos. A esta taxa que o investidor deixa de ganhar denomina-se Custo de Oportunidade do Capital.

Dada uma determinada taxa de juros k , correspondente ao custo de oportunidade associado a um ativo, o VPL determinará o ganho (ou perda) expresso em dinheiro de hoje, que o investidor terá em comparação a um investimento similar que proporcione a taxa de juros k como retorno.

Conforme já exposto, quando positivo o VPL indicará exatamente quanto o investidor acrescentou de riqueza ao seu patrimônio e quando negativo indicará exatamente quanto destruiu de riqueza.

5.4 FLUXO DE CAIXA LÍQUIDO DA EMPRESA (FCFF)

O FCFF (*Free Cash Flow to Firm*) é a soma dos fluxos de caixa para todos os detentores de direito da empresa, incluindo ações e dívidas. Representa o fluxo de caixa que contribui para o aumento de valor da empresa, remunerando o seu ativo.

Em linhas gerais, o método dos fluxos de caixa descontados consiste em estimarem-se os fluxos de caixa futuros da empresa e trazê-los a valor presente por uma determinada taxa de desconto. Em outras palavras, o valor de uma empresa pode ser expresso como o valor presente do fluxo FCFF esperado, dado por:

$$V_E = \sum_{t=1}^T \frac{FCFF_t}{(1+WACC)^t}, \quad (5.3)$$

onde,

FCFF = Fluxo de Caixa Líquido da Empresa;

WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) = Custo Médio Ponderado de Capital da Empresa;

T = número de períodos do projeto.

5.4.1 Custo médio ponderado de capital (WACC)

Normalmente, projetos de investimento dentro do mesmo perfil de risco dos negócios de uma empresa não afetam o risco total da corporação e, portanto, podem ser descontados pelo custo médio ponderado de capital da empresa que é definido como a média ponderada dos custos dos diversos componentes de financiamento utilizados por uma empresa.

O custo de capital de uma empresa serve como parâmetro nas tomadas de decisões de investimentos em geral, pois reflete a taxa mínima de retorno para cobrir o custo dos recursos para financiar os investimentos. Em outras palavras, o custo de capital é a taxa de retorno (custo) que a empresa deve pagar aos investidores para que estes tenham interesse na compra de títulos e ações da empresa.

Os fundos disponíveis para uma empresa originam-se tanto em fontes internas quanto em fontes externas. As fontes externas são os financiamentos, fornecedores (contas a pagar), empréstimos de longo prazo (principalmente títulos e debêntures) e ações. As fontes internas, por sua vez, são os lucros retidos, cujo custo pode ser comparado a uma nova emissão de ações ordinárias.

Os custos de capital de uma empresa refletem o seu risco, pois são determinados pelo mercado. Obviamente, se o risco é alto, o retorno exigido será alto, e se o risco for baixo, o retorno também será baixo, a menos que seja afetado por incertezas econômicas.

Existe também o risco do prazo de operação. Quanto maior o prazo dos investimentos, maior a incerteza e conseqüentemente, o custo de capital, que inclui o risco de perdas por concordata ou falência da empresa. Analogamente, o retorno exigido pelos acionistas é significativamente mais alto do que o retorno exigido por um credor de curto prazo. Isso ocorre devido ao prazo (os recursos investidos em ações são perpétuos, e os credores são quitados antes dos acionistas em caso de falência) e porque os investidores exigem compensação pelos riscos extras a que serão submetidos.

Assim, pode-se dividir o custo de capital em duas categorias principais: custo do capital de terceiros e custo do capital próprio.

O cálculo do custo do capital de terceiros (ou custo da dívida) é um exercício relativamente simples, uma vez que as taxas de juros são resultado das taxas de mercado e da precificação do mesmo para os títulos emitidos pela empresa. Entre os fatores que influenciam o custo do capital de terceiros estão o nível corrente da taxa de juros, o risco de inadimplência da empresa e os benefícios fiscais aos empréstimos. Além disso, uma vez que os custos com capital de terceiros são dedutíveis para fins de imposto de renda, o cálculo do mesmo deve ser ajustado para refletir este efeito.

O custo da capital próprio, por sua vez, não é tão facilmente obtido, e o seu cálculo exige algumas aproximações que podem ser feitas através do cálculo do valor presente dos dividendos futuros esperados, ou de metodologias que buscam estimar o custo do capital próprio considerando o risco do mercado, como o CAPM (*Capital Asset Pricing Model* ou Modelo de Precificação de Ativos Financeiros) e o APT (*Arbitrage Pricing Theory* ou Modelo de Precificação por Arbitragem).

Para o cálculo do custo médio ponderado de capital, tanto o custo do capital de terceiros como o custo do capital próprio são considerados e é expresso por:

$$WACC = C_D(1 - IR)\frac{D}{D + E} + C_E\frac{E}{D + E}, \quad (5.4)$$

onde:

IR = Alíquota de Imposto de Renda;

C_D = Custo de Capital de Terceiros;

C_E = Custo do Capital Próprio;

D = Valor de Mercado da Dívida (ou dívidas);

E = Valor de Mercado do Capital Próprio (patrimônio líquido ou ações mais lucros retidos).

Na avaliação pelo enfoque da empresa, obtém-se o valor presente da empresa como um todo, através dos fluxos de caixa esperados para a empresa, descontados pelo custo médio ponderado de capital. Assim, o cálculo do fluxo de caixa da empresa é dado por:

$$VPL = \sum_{t=1}^T \frac{FCe}{(1+WACC)^t}, \quad (5.5)$$

onde:

FCe = Fluxo de Caixa da Empresa no Período T

$WACC$ = Custo Médio Ponderado de Capital

5.4.1.1 Custo do capital próprio (C_E)

O método mais comum para determinação de C_E é a utilização da consagrada teoria do CAPM, que vem sendo discutida e utilizada amplamente em muitos trabalhos de finanças modernas desde a sua elaboração em meados da década de 60. Em essência, o CAPM defende que o custo de oportunidade do capital próprio é igual ao retorno de títulos livres de risco, mais o risco sistêmico da companhia (β , ou beta) multiplicado pelo prêmio de risco do mercado. A equação geral o custo de capital próprio é dada por:

$$C_E = R_F + \beta(R_M - R_F), \quad (5.6)$$

onde:

R_F = Taxa de retorno de títulos livres de risco;

β = Risco sistêmico da empresa;

R_M = Retorno esperado da carteira ampla do mercado de ações.

O β de um ativo reflete a sensibilidade (covariância) do retorno de um ativo em relação ao retorno da carteira de ativos do mercado. Ativos com β elevado devem apresentar maior retorno esperado relativamente a ativos com β baixo, pois apresentam maior risco não-diversificável, que são fatores de mercado que afetam todas as empresas, como guerra, inflação, crises internacionais, ou seja, quanto o ativo está sujeito às variações não controláveis do mercado e do ambiente. Desta forma, o prêmio por risco será sempre multiplicado por este coeficiente, exigindo um prêmio maior por risco quanto maior a variação do ativo em relação à carteira de mercado.

O β representa o risco inerente à empresa em questão. Em outras palavras, o β de determinada companhia é o fator de atenuação ou amplificação do risco do mercado amplo de ações. Exemplificando, se o β de determinada empresa é 1,5, a cada 1% de variação no preço da carteira de mercado a ação da empresa variará, em média, 1,5%. Da mesma forma, se o β for 0,5, a cada 1% de variação no preço da carteira de mercado a ação da empresa variará, em média, 0,5%. O cálculo do β se dá através da análise de regressão (o β é a inclinação da reta de regressão).

Quando a empresa não tem o capital aberto, pode-se utilizar o β de empresas comparáveis como aproximação. Entretanto, as empresas têm diferentes níveis de alavancagem financeira (dívida / capital próprio) entre si. De acordo com Damodaran (1996), como um aumento na alavancagem financeira da empresa faz com que seu β aumente e vice-versa, é necessário que os β sejam ajustados para que possam ser comparáveis.

A partir da média dos β desalavancados das empresas comparáveis, aplica-se o processo inverso e determina-se o β da empresa em questão. Damodaran (1996) também coloca que além do nível de alavancagem financeira, o β também varia de acordo com a sensibilidade da demanda pelos produtos e serviços da empresa (empresas cujos produtos apresentam demanda cíclica ou elástica têm β maior) e com a alavancagem operacional (quanto maior a proporção de custos fixos nos custos totais, maior o β).

Adicionalmente, quando avalia-se empresas em outros países que não os Estados Unidos da América, deve-se somar à expressão do custo de capital próprio um componente que reflete o risco-país. Este risco é calculado pela diferença entre o retorno dos títulos norte-

americanos utilizados como ativo livre de risco e os títulos de características semelhantes (ou cesta de títulos) do país em questão.

5.4.1.2 Custo do capital de terceiros (C_D)

O custo do capital de terceiros (dívida) é calculado da seguinte forma:

$$C_D = R_F + RP, \quad (5.7)$$

onde:

R_F = Taxa de retorno de títulos livres de risco;

RP = Prêmio pelo risco da companhia.

O prêmio pelo risco é determinado de acordo com o risco de crédito da companhia, ou seja, de acordo com a possibilidade de não-pagamento da dívida. Quando a empresa tem títulos de renda fixa negociados publicamente, pode-se utilizar o preço de mercado para estimar a percepção de risco em relação a tais títulos e, desta forma, estimar o prêmio pelo risco. Se a empresa não tem títulos negociados, mas fez uma captação de recursos recentemente, pode-se utilizar o custo desta captação como referência. Quando estas informações não estiverem disponíveis, pode-se submeter a empresa a uma análise de crédito e, baseando-se na classificação obtida, estima-se o prêmio pelo risco de acordo com os prêmios de empresas com classificações semelhantes.

5.5 PERPETUIDADE

Uma empresa, diferentemente de seus projetos, espera-se que tenha vida infinita e, portanto, continue a operar por períodos mais longos do que os projetados nos fluxos de caixa. Dessa forma, a avaliação deve ser efetuada em dois períodos distintos:

- Abrange o horizonte de tempo viável de projeção dos fluxos de caixa operacionais;
- Abrange o período após o horizonte de projeção acima mencionado.

Assim, o fluxo de caixa de uma empresa deve ser projetado pela quantidade de anos sobre os quais consegue-se prever com razoável confiança o comportamento das principais variáveis operacionais relevantes. Pode-se citar como variáveis relevantes, os preços dos produtos, o volume de vendas, o custo de matérias primas, despesas operacionais, entre outros. A experiência prática tem demonstrado que a maioria das avaliações técnicas trabalham com períodos de projeção entre 5 e 10 anos.

Considera-se como valor residual da empresa ou valor da perpetuidade os fluxos de caixa não cobertos pelo período de projeção. Alguns autores estimam o valor da perpetuidade, a partir do fluxo de caixa livre do último período de projeção. Este será o conceito aqui utilizado. O período pós-horizonte de projeção para o infinito pode ser dotado ou não de crescimento, a critério do avaliador e da empresa avaliada. Neste trabalho não será adotado crescimento.

O valor de perpetuidade pode ser calculado tomando-se como base o valor do fluxo de caixa do último ano do período de projeção. A fórmula para o cálculo da perpetuidade é dada por:

$$PERPETUIDADE = Fc / WACC, \quad (5.8)$$

onde:

Fc = Fluxo de Caixa;

WACC = Custo Médio Ponderado de Capital.

O valor de perpetuidade obtido também é trazido a valor presente.

5.6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Em análises de investimentos freqüentemente aparecem situações onde tem-se estimativas pouco confiáveis e também não se sabe se vale a pena investir mais para melhorar a sua confiabilidade. Uma maneira simples de abordar este problema é por meio de análise de sensibilidade.

A análise de sensibilidade consiste em deixar os valores das variáveis conhecidas variarem num determinado intervalo, por exemplo, $\pm 20\%$ e analisar as suas implicações sobre a ordenação das alternativas.

Segundo Montenegro (1982), supondo que se esteja estudando a implantação de um equipamento cuja vida útil não é conhecida precisamente, mas sabe-se que se situa em torno de 15 anos. Uma maneira de se proceder é fazer toda a análise considerando a vida útil de 15 anos; numa segunda fase se analisa quais os efeitos sob a ordenação das alternativas quando se considera uma vida útil de 12 a 18 anos. Se ao deixar a vida útil assumir os valores de 12 e 18 anos não houver mudança expressiva com relação à alternativa que será implantada, não haverá necessidade de maior conhecimento sobre o valor desta variável e a análise estará completa. Em caso contrário, quando a alternativa escolhida variar com a vida útil utilizada, será preciso analisar a variação no valor presente da alternativa. Se a variação no valor presente for pequena, isto significará que as alternativas que estão sendo comparadas são basicamente iguais do ponto de vista financeiro e, portanto, a escolha dentre estas alternativas pode ser feita por qualquer outro critério auxiliar. Se, no entanto, as variações na vida útil do equipamento corresponderem a variações significativas no valor presente da alternativa, então será necessário um melhor estudo do valor mais provável desta variável.

5.7 MODELO DE AVALIAÇÃO PARA BRASIL TELECOM

Para elaboração do modelo de avaliação de substituição da RTPC por uma arquitetura Pré-IMS, serão analisados três cenários propostos para os quais serão feitas avaliações utilizando-se as ferramentas de avaliação de investimentos descritas anteriormente neste capítulo e que estão baseadas em fluxos de caixa descontados FCFF. Para tanto será utilizado o VPL, dado por:

$$VPL = -Investimento + \sum_{n=1}^N \frac{FCFF(n)}{(1+WACC)^n}, \quad (5.9)$$

Nos fluxos de caixa obtidos, serão apenas apropriados os custos e receitas acrescidas em função da mudança da planta, utilizando o princípio da aditividade dos ativos.

Nos cenários estudados foram considerados como despesa os investimentos necessários para a implantação de novos equipamentos e como receitas foram consideradas a reutilização da planta substituída e principalmente as substituições de equipamentos, uma vez que estas substituições irão gerar economia, sejam por suas características técnicas ou de topologia. As economias são baseadas, portanto, na evolução tecnológica de uma migração da rede TDM para uma rede NGN. Foram verificadas as seguintes economias:

- Economia de enlaces de transmissão devido à substituição de estágio remoto por AGW (*gateway* de acesso);
- Economia de enlaces de transmissão devido à compressão e topologia (Local e Longa Distância);
- Economia de energia e ar condicionado;
- Economia de operação e manutenção;
- Economia de atualização de software de centrais telefônicas;
- Economia com reutilização de componentes das centrais desativadas.

Para o estudo foram assumidas algumas premissas, dentre elas a matriz de interesse de tráfego em função da funcionalidade do elemento de rede (N3, N2, N1 ou Estágios). A Tabela 5.2 apresenta as premissas utilizadas para a distribuição do interesse de tráfego, onde: Intra LO é o tráfego local dentro do mesmo elemento de acesso; LO TDM é o tráfego local entre elementos de acesso para rede TDM; LD TDM é o tráfego de longa distância para rede TDM; LO NGN é o tráfego local para rede NGN e LD NGN é o tráfego de longa distância para rede NGN.

Tabela 5.2 – Distribuição de Tráfego em Função do Elemento de Rede

	Intra LO	LO TDM	LD TDM	LO NGN	LD NGN	Total
N1	0%	0%	50%	0%	50%	100%
N2	30%	10%	25%	10%	25%	100%
N3	60%	10%	10%	10%	10%	100%
ER	60%	10%	10%	10%	10%	100%
ELR	60%	10%	10%	10%	10%	100%
Extensão de Rede	60%	10%	10%	10%	10%	100%

Algumas premissas foram assumidas e outras foram obtidas de operadoras no Brasil. Para cada cenário avaliado, será feito um estudo de sensibilidade para analisar o impacto de algumas destas premissas no cálculo do fluxo de caixa líquido da empresa.

5.7.1 Economia de transmissão devido à substituição de estágio remoto por *gateway* de acesso (AGW)

Os estágios remotos de assinantes são equipamentos de linha telefônica que são conectados e controlados por uma central chamada de central mãe. As chamadas telefônicas para serem realizadas passam obrigatoriamente pela central mãe que comuta a chamada e encaminha para o destino desejado, mesmo para chamadas originadas e terminadas no mesmo estágio remoto, portanto, nesta situação, a chamada sai do estágio remoto vai até a central mãe e retorna ao mesmo para que a chamada seja completada.

Na proposta de implantação de uma arquitetura Pré-IMS está prevista a implementação de *gateways* de acesso (AGW) em substituição desses estágios. No AGW esta chamada é comutada localmente, não havendo necessidade de utilização de recursos de transmissão para levar este tráfego até a central mãe. A Figura 5.3 apresenta esta situação.

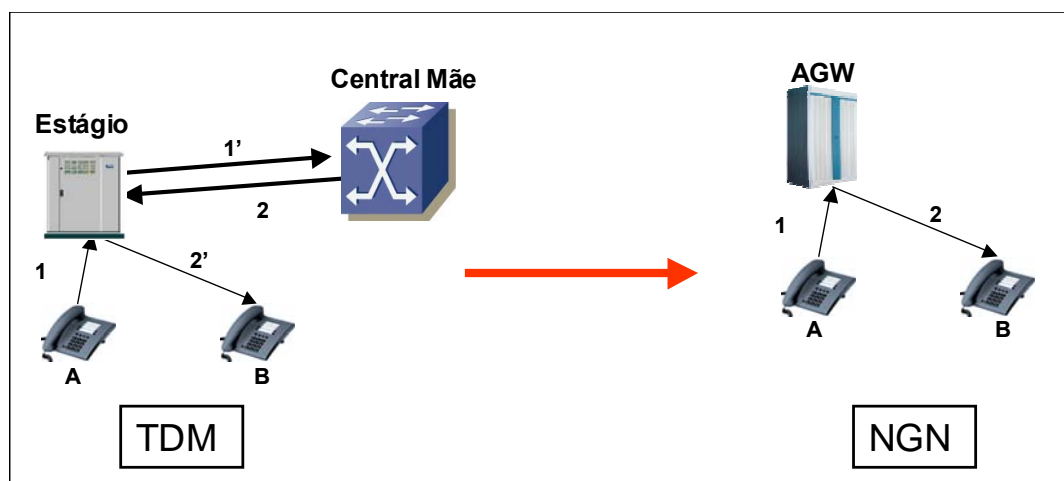


Figura 5.3 - Economia de Enlaces com a Substituição de Estágio Remoto por AGW

A formulação apresentada considera o tráfego interno ao estágio remoto (intra-local). No caso da rede existente, rede TDM, o recurso de transmissão é usado duas vezes, onde o número de circuitos necessários pode ser dado por:

$$\#Circuitos_Intra - Local = NumeroDeCircuitos((2 \times trafego_Intra - Local), 1\%), \quad (5.10)$$

onde, *NumeroDeCircuitos* é a função que calcula o número de circuitos baseado em Erlang-B, *trafego_Intra - Local* é o tráfego intra-local e 1% é a perda considerada neste caso.

O número de E1s equivalentes ao número de circuitos calculado será dado por:

$$\#E1_TDM = \left[\frac{\#Circuitos_Intra - Local}{30} \right]. \quad (5.11)$$

Para o caso da utilização de uma arquitetura Pré-IMS (NGN), a quantidade de circuitos seria a mesma de uma solução TDM, ou seja, $\#E1_TDM = \#E1_NGN$, entretanto além da economia de E1s devido ao fato do AGW realizar a comutação do tráfego intra-local, existe também a economia de E1s devido à compressão e multiplexação estatística dos circuitos, ou seja, devido à codificação que será utilizada.

O codificador de voz utilizado é o G.729, cuja taxa efetiva sobre transporte para um único circuito de voz é 34,4 Kbps. Este codificador foi escolhido por exigir uma menor largura de banda que o G.711, tradicionalmente usado na RTPC, propiciando uma economia de transmissão e ainda manter uma sensação sonora razoável.

Assim, a quantidade de E1s para a solução com AGW é:

$$\#E1_NGN = \left[\frac{34,4 \times (\#Circuitos_Intra - Local)}{30 \times 64} \right] \quad (5.12)$$

A economia de utilização de transmissão para o caso do estágio remoto será dada por:

$$\Delta E1 = \#E1_TDM - \#E1_NGN \quad (5.13)$$

Considerando como custo de $\Delta E1$ o valor do OPEX, tem-se:

$$CustoE1 = ValorOPEX(Degrau) \times \Delta E1, \quad (5.14)$$

onde $ValorOPEX(Degrau)$ representa o custo em OPEX (*Operational Expenditure*), por E1, em função do degraú tarifário associada à distância geodésica.

5.7.2 Economia de enlaces de transmissão devido à compressão e topologia (local e longa distância)

A economia de enlaces devido à compressão e a simplificação da topologia é decorrente da otimização de recursos através da codificação de voz (neste estudo codec G.729) e a eliminação de hierarquias de centrais (N2 e N3) por utilizar uma única rede de transporte e controle, a rede IP.

À medida que uma área atendida por uma central convencional TDM passe a ser atendida por uma rede NGN, os tráfegos Local TDM e LD TDM tendem a desaparecer, privilegiando os tráfegos Local NGN e LD NGN. Neste caso, com a utilização de codificadores e compressores de voz e com otimização da topologia da rede, pode-se alcançar uma economia de enlaces, conforme apresentado na Figura 5.4.

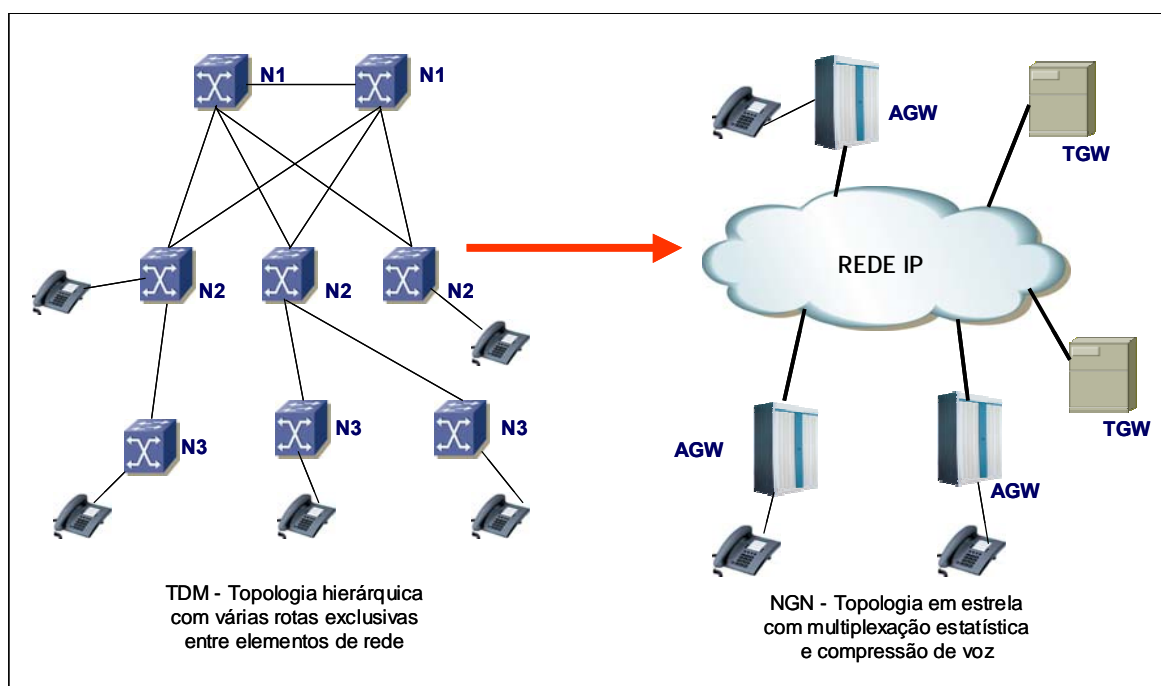


Figura 5.4 - Economia de Enlaces Devido à Compressão e Topologia (Local e LD)

Assim, a necessidade de entroncamento local NGN será dada por:

$$\#Circuitos_Local - NGN = NumeroDeCircuitos(trafego_Local - NGN, 1\%) \quad (5.15)$$

Caso estes circuitos utilizassem TDM, a necessidade de equivalentes E1 seria:

$$\#E1_TDM = \left[\frac{\#Circuitos_Local - NGN}{30} \right] \quad (5.16)$$

Porém, utilizando NGN, a quantidade de E1s necessários é dada por:

$$\#E1_NGN = \left[\frac{34,4 \times (\#Circuitos_Local - NGN)}{30 \times 64} \right] \quad (5.17)$$

A economia de utilização de transmissão para o caso do acesso remoto é dada por:

$$\Delta E1 = \#E1_TDM - \#E1_NGN \quad (5.13)$$

Em termos de OPEX:

$$CustoE1 = ValorOPEX(Degrau) \times \Delta E1 \quad (5.14)$$

Para o entroncamento de longa distância:

$$\#Circuitos_LD - NGN = NumeroDeCircuitos(trafego_LD - NGN, 1\%) \quad (5.18)$$

Para as centrais do tipo N2, o tráfego de longa distância NGN, por simplificação, é formado por duas componentes mais significativas:

- devido ao tráfego dos terminais desta central N2;
- devido ao tráfego dos terminais das centrais N3 associados a esta central N2.

Assim:

$$\text{trafego}_{LD-NGN} = (\text{Acessos}N3 + \text{Acessos}N2) \cdot \text{trafego}_{LD-NGN}_{\text{por}_{\text{acesso}}} \quad (5.19)$$

Caso estes circuitos utilizassem TDM, a necessidade de equivalentes E1 seria:

$$\#E1_{TDM} = \left[\frac{\#Circuitos_{LD-NGN}}{30} \right] \quad (5.20)$$

Porém, utilizando NGN, a quantidade de E1s necessários é dada por:

$$\#E1_{NGN} = \left[\frac{34,4 \times (\#Circuitos_{LD-NGN})}{30 \times 64} \right] \quad (5.21)$$

A economia de utilização de transmissão para o caso do acesso remoto é dada por:

$$\Delta E1 = \#E1_{TDM} - \#E1_{NGN} \quad (5.13)$$

Em termos de OPEX:

$$\text{Custo}E1 = \text{ValorOPEX}(\text{Degrau}) \times \Delta E1 \quad (5.14)$$

5.7.3 Economia de energia e ar condicionado

A economia de consumo de energia e ar condicionado está associada à evolução tecnológica e a distribuição dos elementos de rede com menor consumo. Neste estudo não serão avaliados os ganhos com a liberação de espaço em termos de receitas com aluguel ou venda de infra-estrutura e/ou economia de OPEX, pois esta não é uma prática na BrT. A Figura 5.5 representa esta situação.

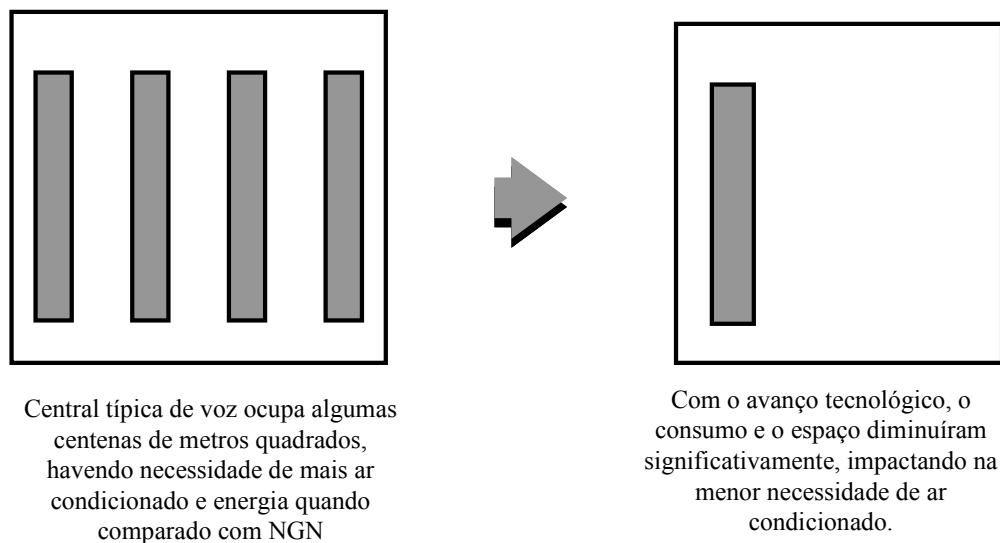


Figura 5.5 - Economia de Energia e Ar Condicionado

Os dados de consumo por elemento de rede e custos foram obtidos na própria Brasil Telecom, considerando o consumo por assinante em Ampere para os modelos de centrais TDM existentes na BrT. Com base nestes dados, ao se comparar o consumo de um terminal TDM e de um terminal NGN, a economia observada foi de 65% devido ao menor consumo de energia dos novos equipamentos e da conseqüente menor demanda de ar-condicionado.

5.7.4 Economia de operação e manutenção

É crítico o cálculo da economia relativo à operação e manutenção (O&M) com a nova rede NGN, pois depende de um novo modelo de operação. No entanto, para a elaboração deste trabalho serão considerados os ganhos que a mudança de topologia trará, conforme mostrado na Figura 5.4, e que indica redução no número de centrais e rotas na planta instalada.

Na topologia atual existem 210 centrais telefônicas do tipo N1 e N2 e 1.494 centrais telefônicas tipo N3. Na topologia proposta as centrais telefônicas N1 e N2 são eliminadas o que representa uma redução aproximada de 12% no número total de centrais e de EIs totais na rede. Esta redução será considerada no cálculo de ganho do OPEX da nova rede, em um dos cenários de sensibilidade.

Na topologia atual existem 1.704 centrais telefônicas tipo N1, N2 e N3 (onde reside a inteligência das programações) sendo, portanto, pontos onde ocorrem as programações de rotas, encaminhamento de tráfego, configuração de assinantes e pontos de tarifação. Na topologia futura NGN os pontos onde ocorrerão estas programações será reduzido drasticamente para aproximados 80 pontos (estimado em um ponto para cada 100.000 terminais), o que propiciará uma redução do OPEX associado.

Outros custos relevantes no modelo atual são aqueles relativos ao suporte técnico e sobressalentes, decorrentes da diversidade de modelos de centrais existentes na planta e da diversidade de fornecedores de equipamentos. Na topologia futura NGN espera-se uma redução destes custos considerando que deverá ocorrer redução no número de fornecedores, além da padronização da rede.

Serão adotados três cenários (pessimista, otimista e intermediário) nos cálculos do ganho relativo à redução de OPEX, ou seja:

- Cenário pessimista: ganho = 5%;
- Cenário intermediário: ganho = 10%;
- Cenário otimista: ganho = 20%.

Será considerada a redução de OPEX de 10% relativo à simplificação da planta, que é o cenário intermediário apresentado acima. Os demais cenários serão considerados na análise de sensibilidade.

5.7.5 Economia de atualização de software das centrais telefônicas

Em sua grande maioria, as centrais que serão substituídas, se continuarem na planta necessitará de atualização de software para continuarem a suportar as necessidades de evolução da rede sob o aspecto de novas funcionalidades, expansões, programações específicas devido às interconexões e outras demandas que poderão surgir como as demandas regulatórias (ex.: portabilidade numérica). Com esta economia não haverá necessidade de investimentos nestes elementos de rede.

5.7.6 Economia com reutilização de componentes das centrais desativadas

Com a desativação das centrais substituídas, existe a possibilidade de reutilização do hardware para sobressalentes. Numa primeira aproximação, esta economia em investimento representa R\$ 10,00 por acesso de assinantes. Como é uma premissa assumida, um estudo de sensibilidade será realizado nos cenários apresentados.

5.7.7 CAPEX da nova solução

O CAPEX (*Capital Expenditure*) da solução baseada no *core* Pré-IMS será composto pelo investimento necessário em rede e pelo investimento necessário OSS/BSS, descritos nos itens a seguir.

5.7.7.1 CAPEX de rede

Os valores utilizados para determinação do CAPEX da substituição estão baseados em valores orientativos apresentados em 2007 por diversos fornecedores. Os valores variam de acordo com o número de terminais por estação e são inversamente proporcionais à quantidade de terminais, até um limite de 10.000 terminais.

Além do *core* “Pré-IMS” e o custo do acesso, estão inclusos os custos de gerência, sobressalentes, projeto, instalação e rede IP.

5.7.7.2 CAPEX de OSS/BSS

Os sistemas de OSS/BSS (*Operation Support System/Business Support System*) da Brasil Telecom passaram por um processo de atualização bastante significativo nos últimos anos. De uma forma geral, estes sistemas já estão preparados para suportar uma rede convergente e são capazes de absorver novas tecnologias. Desta forma, deve-se adotar uma solução de evolução gradual dos sistemas, maximizando os investimentos realizados.

De uma forma geral, os BSS são pouco impactados pela infra-estrutura de rede e fortemente impactados na criação de novos serviços, incluindo a forma de

comercialização, a cobrança e o atendimento aos clientes. Por outro lado, os OSS sofrem um impacto significativo com a substituição da infra-estrutura de rede. Como neste trabalho não está sendo considerada a entrada de novos serviços, serão consideradas somente as alterações em OSS.

Os mais importantes processos/ferramentas de OSS das centrais da BrT, como processo de provisionamento das centrais (ativação de terminais, serviços suplementares, bloqueios, etc), gerência de falhas (coleta de alarmes para envio ao Sistema de Gerência de Falhas - SGF) e gerência de desempenho (coleta de dados de tráfego para envio ao Sistema de Administração de Tráfego - SAT) são realizados pelo MASC, no qual estão interligados em torno de 95% dos terminais da BrT. A Figura 5.6 apresenta a estrutura de conectividade destas ferramentas.

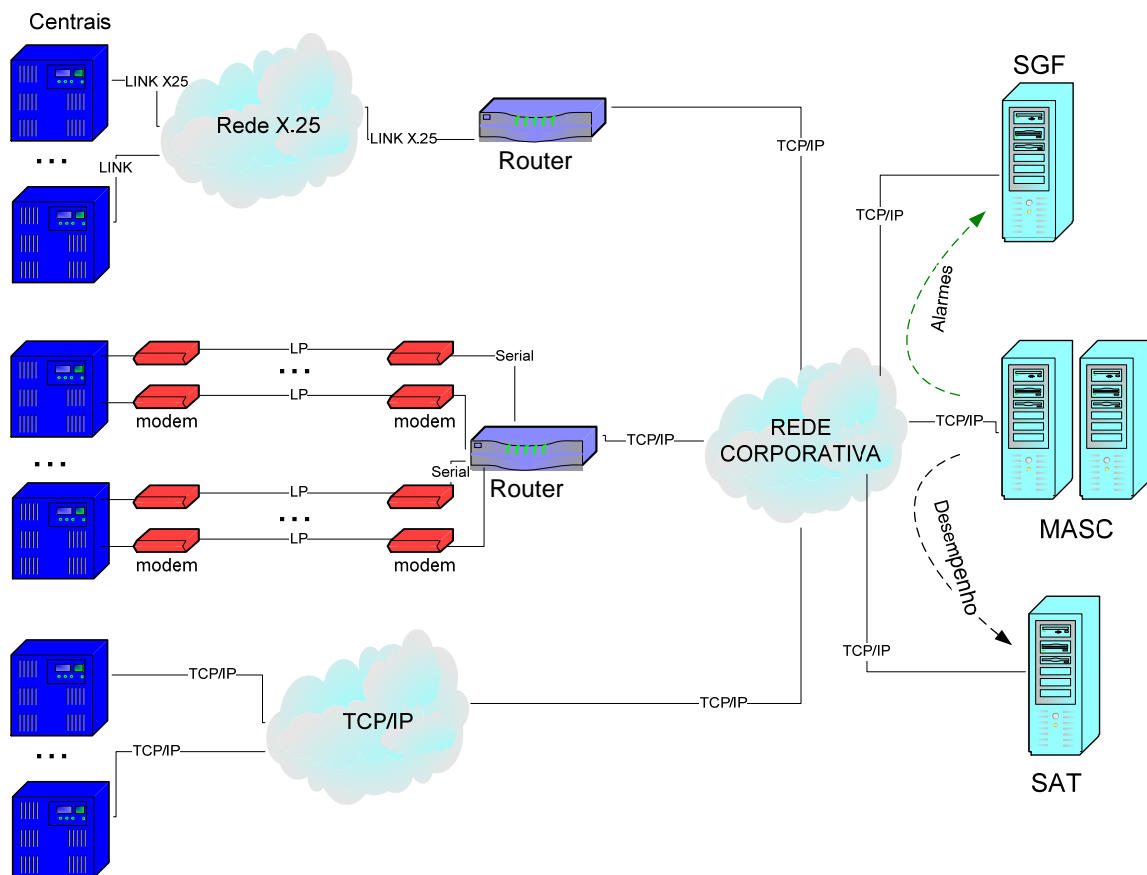


Figura 5.6 – Infra-estrutura de Conectividade Atual do MASC
 Fonte: Caderno de Diretrizes da BrT (2007)

Com a substituição dos terminais, alguns destes processos/ferramentas deixarão de utilizar o MASC, como por exemplo, a gerência de falhas (a nova rede terá uma gerência de falhas que se comunica diretamente a este sistema de gerência), conforme mostra a Figura 5.7. Por outro lado, os terminais estarão concentrados em um número muito menor de elementos e terão conectividade direta com a rede TCP/IP. Desta forma, a infra-estrutura de conectividade do sistema de provisionamento será muito simplificada e terá uma qualidade superior. Esta simplificação permitirá:

- Redução dos custos da infra-estrutura de conectividade;
- Aumento do percentual de serviços executados automaticamente;
- Facilidade na implementação de novos serviços (redução de tecnologias).

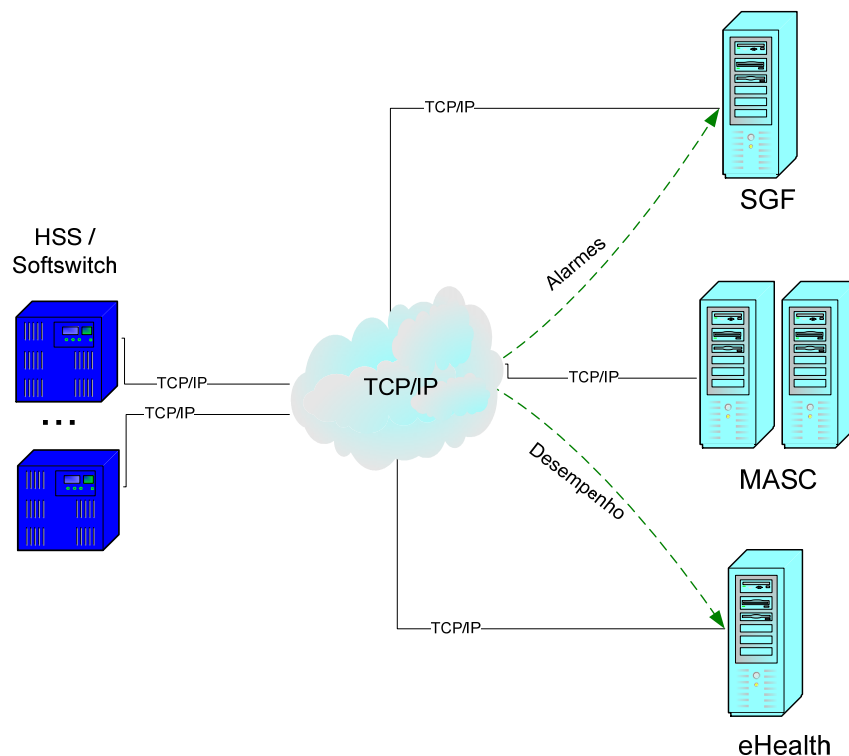


Figura 5.7 – Infra-estrutura de Conectividade de Provisionamento após a Substituição
 Fonte: Caderno de Diretrizes da BrT (2007)

O real impacto e as necessidades de investimentos dependem da arquitetura da solução adotada para a substituição, do fornecedor e da escala da implantação. Nos custos do processo, além dos investimentos em customização de aplicações, licenças, infra-estrutura, deverão também ser considerados os recursos necessários para integração das aplicações, testes integrados e outros. Entretanto, o investimento necessário em OSS é muito pequeno

se comparado ao investimento de rede, assim será adotado um valor fixo e de pequena ordem (R\$ 3.000.000,00). Além disto, os OSS não serão discutidos com detalhe neste trabalho que tem seu foco maior nas alterações de rede.

5.8 CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO

Para avaliação da substituição da planta da Brasil Telecom foram considerados três cenários distintos, criados a partir de critérios que justificam uma substituição. O fator comum a estes cenários é o número de terminais, em torno de 300.000.

O primeiro cenário é baseado na criticidade das centrais, segundo avaliação que foi proposta no item 2.2. O segundo cenário é baseado nas tecnologias de centrais em descontinuidade (*phase-out*) e o terceiro baseado na substituição completa dos equipamentos de comutação de uma mesma área de numeração fechada. Para cada cenário avaliado foram utilizadas as três premissas básicas resumidas na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Premissas Básicas Usadas para Avaliação dos Cenários

Parâmetro	Descrição	Valor
WACC	Weighted Average Capital Cost - Custo médio ponderado de capital usado como taxa de desconto para o fluxo de caixa da empresa	11,5%
TD (anos)	Tempo utilizado para depreciação	5
IR+CSLL	Imposto de Renda e Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido	34,0%

A análise de viabilidade econômico-financeira foi baseada no fluxo de caixa descontado e no princípio da aditividade do ativo. Foi considerado um período de 5 anos, mesmo período para *payback*, que é o período ajustado para o valor presente líquido deste fluxo de caixa ser nulo.

Inicialmente, para se obter o fluxo de caixa no período de 5 anos, o valor total das economias obtidas em cada cenário (Total OPEX das Tabelas 5.5, 5.11 e 5.17) foi considerado como o único valor de Receita Líquida, entretanto nesta condição o VPL encontrado foi sempre menor que 0, o que inviabilizaria a substituição dos terminais. Este resultado mostrou a necessidade de se ter valores de receitas adicionais além das

economias encontradas. Para a determinação destas receitas adicionais, foi utilizada a função *Solver* do Excel, tendo-se como valor fixo o VPL FCFF=0 e obtendo-se como valor variável a Receita Bruta, que somada ao Total Opex (que entra no cálculo do fluxo de caixa como Custos Operacionais) resultou na Receita Líquida necessária para a viabilização da substituição dos terminais (dados apresentados nas Tabelas 5.8, 5.9, 5.14, 5.15, 5.20 e 5.21). Portanto os terminais a serem substituídos deverão gerar uma receita adicional para que o projeto seja economicamente viável.

5.8.1 Cenário 1

Este cenário é composto pelas centrais e seus estágios com maior criticidade na planta, conforme descrito na Tabela 2.4. Foram selecionadas as centrais que atingiram o nível de criticidade igual a 12 ou superior. Para este cenário os números de terminais e centrais estão resumidos na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Cenário 1: Resumo de Centrais e Terminais

CENÁRIO 1 - CENTRAIS e TERMINAIS	
N1	0
N2	9
N3	7
Estágios Remotos	34
Total Equipamentos	50
Terminais Instalados	277.179
Terminais em Serviço	241.580

A Tabela 5.5 apresenta o valor da economia de OPEX alcançada quando é realizada a substituição dos elementos e acessos por NGN, conforme descrito nos itens 5.7.1 a 5.7.4, além de indicar as economias de investimento, descritas nos itens 5.7.5 e 5.7.6 e os investimentos de rede e de OSS/BSS, descritos no item 5.7.7, que somados geram o Total CAPEX necessário para implantação do projeto de substituição.

Tabela 5.5 - Cenário 1: OPEX e CAPEX

CENÁRIO 1 - OPEX		Valor (R\$)
Economia de Enlaces de Filiação em Estágio Remoto		51.918,23
Economia de Enlaces Devido à Compressão e Topologia (Local e LD)		13.974,80
Economia de Energia e Ar Condicionado		36.897,93
Economia de Operação e Manutenção		15.959,02
Total OPEX (Mês)		118.749,99
Total OPEX (Ano)		1.424.999,83
CENÁRIO 1 - CAPEX		Valor (R\$)
Economia de Atualização de Software		4.950.000,00
Economia com Reutilização de Componentes de Centrais Desativadas		2.791.610,00
Investimento em Rede		(48.592.448,28)
Investimento em OSS/BSS		(3.000.000,00)
Total CAPEX		(43.850.838,28)

Conforme mostra o gráfico da Figura 5.8, a parcela mais significativa dentre as economias realizadas é a de enlaces de filiação em estágio, representando 44% e a segunda é devido à economia de ar condicionado, representando 31%.

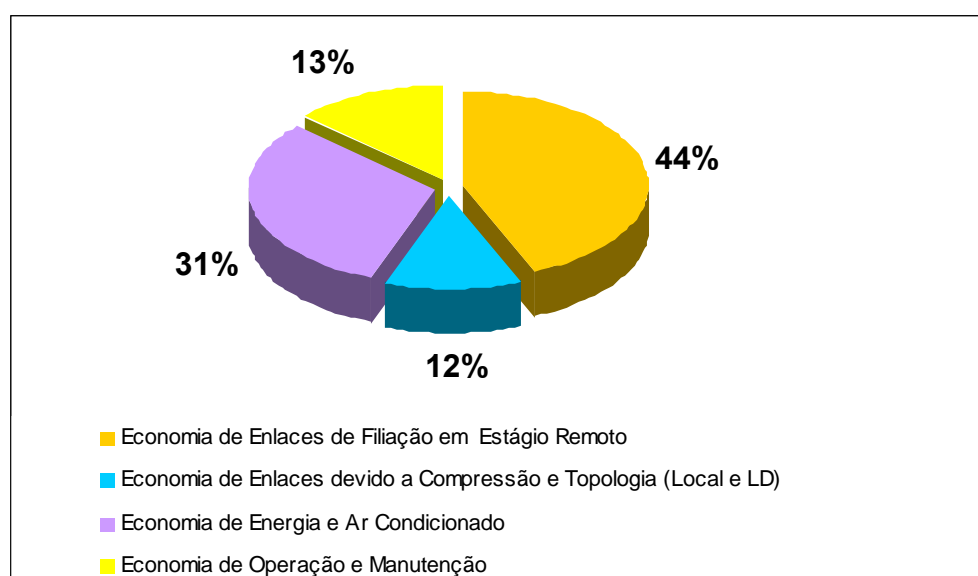


Figura 5.8 - Cenário 1: Composição da Economia de OPEX

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5.6, para que o investimento feito seja pago em 5 anos, é necessário um valor adicional de R\$ 4,23 à receita média do assinante migrado para a NGN. Conforme descrito no item 5.8, este valor foi calculado utilizando a função *Solver* do Excel de modo a obter-se um VPL FCFF=0.

Tabela 5.6 - Cenário 1: Receita Adicional – Payback de 5 Anos

CENÁRIO 1 - MARGEM ADICIONAL	Valor (R\$)
Margem Anual Adicional	12.260.565,88
Número de Terminais	241.580,00
Margem Anual Adicional por Terminal	50,75
Margem Mensal Adicional por Terminal	4,23

Outro estudo foi obtido considerando a perpetuidade do fluxo de caixa que gera um novo valor de receita adicional necessária. A Tabela 5.7 apresenta esta situação.

Tabela 5.7 - Cenário 1: Receita Adicional Considerando Perpetuidade

CENÁRIO 1 - MARGEM ADICIONAL CONSIDERANDO PERPETUIDADE	Valor (R\$)
Margem Anual Adicional	4.319.324,13
Número de Terminais	241.580,00
Margem Anual Adicional por Terminal	17,88
Margem Mensal Adicional por Terminal	1,49

As Tabelas 5.8 e 5.9 representam, respectivamente, o fluxo de caixa para um *pay-back* de 5 anos e o fluxo de caixa considerando a perpetuidade.

Tabela 5.8 - Cenário 1: Fluxo de Caixa – *Pay-back* em 5 anos (Valores em R\$)

Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5
Receita Bruta	-	12.260.565,88	12.260.565,88	12.260.565,88	12.260.565,88	12.260.565,88
Custos Operacionais	-	1.424.999,83	1.424.999,83	1.424.999,83	1.424.999,83	1.424.999,83
Receita Líquida (EBITDA)	-	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71
Despesas Operacionais						
Receita Operacional (EBIT)	-	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71
Despesas Com Juros	-	-	-	-	-	-
LAIR	-	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71	13.685.565,71
Imposto		(4.653.092,34)	(4.653.092,34)	(4.653.092,34)	(4.653.092,34)	(4.653.092,34)
Lucro Líquido	-	9.032.473,37	9.032.473,37	9.032.473,37	9.032.473,37	9.032.473,37
Estorno da Depreciação e Amortização: DEP *IR	-	2.981.857,00	2.981.857,00	2.981.857,00	2.981.857,00	2.981.857,00
Desembolso de Capital	(43.850.838,28)	-	-	-	-	-
Investimento	(43.850.838,28)	-	-	-	-	-
Manutenção do ativo	-	-	-	-	-	-
Variação de Capital de Giro	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa Líquidos da Empresa (FCFF)	(43.850.838,28)	12.014.330,37	12.014.330,37	12.014.330,37	12.014.330,37	12.014.330,37
FCFF descontado	(43.850.838,28)	10.775.184,19	9.663.842,32	8.667.123,16	7.773.204,63	6.971.483,97
VPL FCFF	0,00			-		

Tabela 5.9 - Cenário 1: Fluxo de Caixa – Perpetuidade (Valores em R\$)

Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5
Receita Bruta	-	4.319.324,13	4.319.324,13	4.319.324,13	4.319.324,13	41.878.664,35
Custos Operacionais	-	1.424.999,83	1.424.999,83	1.424.999,83	1.424.999,83	13.816.302,73
Receita Líquida (EBITDA)	-	5.744.323,96	5.744.323,96	5.744.323,96	5.744.323,96	55.694.967,08
Despesas Operacionais						
Receita Operacional (EBIT)	-	5.744.323,96	5.744.323,96	5.744.323,96	5.744.323,96	55.694.967,08
Despesas Com Juros	-	-	-	-	-	-
LAIR	-	5.744.323,96	5.744.323,96	5.744.323,96	5.744.323,96	55.694.967,08
Imposto		(1.953.070,15)	(1.953.070,15)	(1.953.070,15)	(1.953.070,15)	(18.936.288,81)
Lucro Líquido	-	3.791.253,81	3.791.253,81	3.791.253,81	3.791.253,81	36.758.678,27
Estorno da Depreciação e Amortização: DEP *IR	-	2.981.857,00	2.981.857,00	2.981.857,00	2.981.857,00	2.981.857,00
Desembolso de Capital	(43.850.838,28)	-	-	-	-	-
Investimento	(43.850.838,28)	-	-	-	-	-
Manutenção do ativo	-	-	-	-	-	-
Variação de Capital de Giro	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa Líquidos da Empresa (FCFF)	(43.850.838,28)	6.773.110,82	6.773.110,82	6.773.110,82	6.773.110,82	39.740.535,28
FCFF descontado	(43.850.838,28)	6.074.538,85	5.448.016,90	4.886.113,82	4.382.164,86	23.060.003,85
VPL FCFF	0,00			-		

5.8.2 Cenário 2

Este cenário é caracterizado pela substituição das centrais e seus estágios que estão no final de sua vida útil e já foram descontinuadas pelos fabricantes, a saber: DRX-1, SOPHO e NEAX-61BR. Para este cenário os números de terminais e centrais estão resumidos na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Cenário 2: Resumo de Centrais e Terminais

CENÁRIO 2 - CENTRAIS e TERMINAIS	
N1	0
N2	4
N3	187
Estágios Remotos	80
Total Equipamentos	271
Terminais Instalados	282.143
Terminais em Serviço	210.649

A Tabela 5.11 apresenta o valor da economia de OPEX alcançada quando é realizada a substituição dos elementos e acessos por NGN, conforme descrito nos itens 5.7.1 a 5.7.4, além de indicar as economias de investimento, descritas nos itens 5.7.5 e 5.7.6 e os investimentos de rede e de OSS/BSS, descritos no item 5.7.7, que somados geram o Total CAPEX necessário para implantação do projeto de substituição.

Tabela 5.11 - Cenário 2: OPEX e CAPEX

CENÁRIO 2 - OPEX	Valor (R\$)
Economia de Enlaces de Filiação em Estágio Remoto	123.003,25
Economia de Enlaces Devido à Compressão e Topologia (Local e LD)	10.664,98
Economia de Energia e Ar Condicionado	84.119,27
Economia de Operação e Manutenção	12.963,19
Total OPEX (Mês)	230.750,69
Total OPEX (Ano)	2.769.008,34
CENÁRIO 2 - CAPEX	Valor (R\$)
Economia de Atualização de Software	0,00
Economia com Reutilização de Componentes de Centrais Desativadas	2.832.150,00
Investimento em Rede	(44.525.417,83)
Investimento em OSS/BSS	(3.000.000,00)
Total CAPEX	(44.693.267,83)

Conforme mostra a Figura 5.9, a parcela mais significativa dentre as economias realizadas é a de enlaces de filiação em estágio, representando 53% e a segunda é devida à economia de ar condicionado, representando 36%.

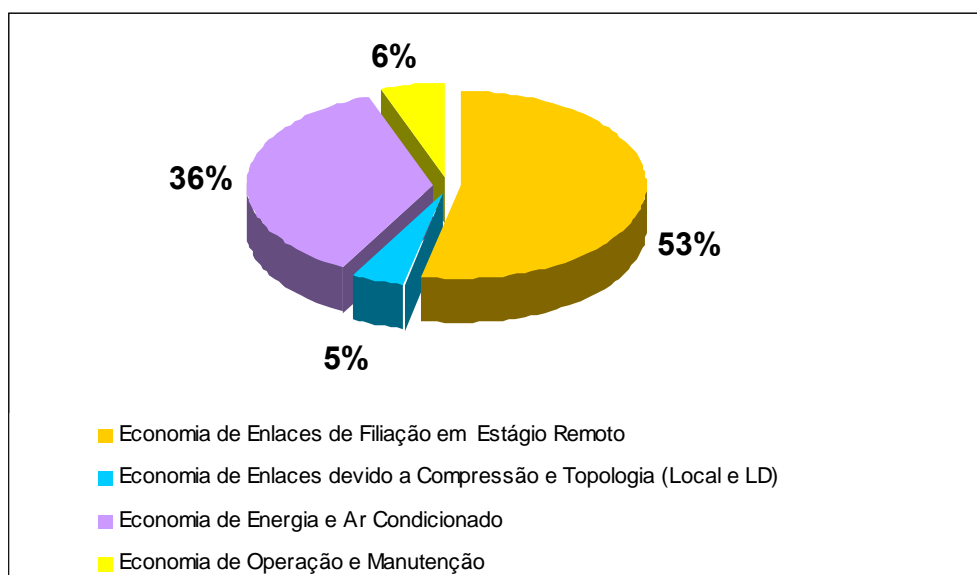


Figura 5.9 - Cenário 2: Composição da Economia de OPEX

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5.12, para que o investimento feito seja pago em 5 anos, é necessário um valor adicional de R\$ 4,42 à receita média do assinante migrado para a NGN. Conforme descrito no item 5.8, este valor foi calculado utilizando a função *Solver* do Excel de modo a obter-se um VPL FCFF=0.

Tabela 5.12 - Cenário 2: Receita Adicional – Payback de 5 Anos

CENÁRIO 2 - MARGEM ADICIONAL	Valor (R\$)
Margem Anual Adicional	11.179.474,25
Número de Terminais	210.649,00
Margem Anual Adicional por Terminal	53,07
Margem Mensal Adicional por Terminal	4,42

Para o caso de perpetuidade do fluxo de caixa, o valor adicional à receita está apresentado na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Cenário 2: Receita Adicional – Perpetuidade

CENÁRIO 2 - MARGEM ADICIONAL CONSIDERANDO PERPETUIDADE	Valor (R\$)
Margem Anual Adicional	3.085.671,29
Número de Terminais	210.649,00
Margem Anual Adicional por Terminal	14,65
Margem Mensal Adicional por Terminal	1,22

As Tabelas 5.14 e 5.15 representam, respectivamente, o fluxo de caixa para um *pay-back* de 5 anos e o fluxo de caixa considerando a perpetuidade.

Tabela 5.14 - Cenário 2: Fluxo de Caixa – Pay-back em 5 anos (Valores em R\$)

Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5
Receita Bruta	-	11.179.474,25	11.179.474,25	11.179.474,25	11.179.474,25	11.179.474,25
Custos Operacionais	-	2.769.008,34	2.769.008,34	2.769.008,34	2.769.008,34	2.769.008,34
Receita Líquida (EBITDA)	-	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58
Despesas Operacionais						
Receita Operacional (EBIT)	-	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58
Despesas Com Juros	-	-	-	-	-	-
LAIR	-	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58	13.948.482,58
Imposto		(4.742.484,08)	(4.742.484,08)	(4.742.484,08)	(4.742.484,08)	(4.742.484,08)
Lucro Líquido	-	9.205.998,50	9.205.998,50	9.205.998,50	9.205.998,50	9.205.998,50
Estorno da Depreciação e Amortização: DEP *IR	-	3.039.142,21	3.039.142,21	3.039.142,21	3.039.142,21	3.039.142,21
Desembolso de Capital	(44.693.267,83)	-	-	-	-	-
Investimento	(44.693.267,83)	-	-	-	-	-
Manutenção do ativo	-	-	-	-	-	-
Variação de Capital de Giro	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa Líquidos da Empresa (FCFF)	(44.693.267,83)	12.245.140,72	12.245.140,72	12.245.140,72	12.245.140,72	12.245.140,72
FCFF descontado	(44.693.267,83)	10.982.188,98	9.849.496,85	8.833.629,46	7.922.537,63	7.105.414,92
VPL FCFF	0,00			-		

Tabela 5.15 - Cenário 2: Fluxo de Caixa – Perpetuidade (Valores em R\$)

Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5
Receita Bruta	-	3.085.671,29	3.085.671,29	3.085.671,29	3.085.671,29	29.917.595,51
Custos Operacionais	-	2.769.008,34	2.769.008,34	2.769.008,34	2.769.008,34	26.847.341,68
Receita Líquida (EBITDA)	-	5.854.679,62	5.854.679,62	5.854.679,62	5.854.679,62	56.764.937,19
Despesas Operacionais						
Receita Operacional (EBIT)	-	5.854.679,62	5.854.679,62	5.854.679,62	5.854.679,62	56.764.937,19
Despesas Com Juros	-	-	-	-	-	-
LAIR	-	5.854.679,62	5.854.679,62	5.854.679,62	5.854.679,62	56.764.937,19
Imposto		(1.990.591,07)	(1.990.591,07)	(1.990.591,07)	(1.990.591,07)	(19.300.078,65)
Lucro Líquido	-	3.864.088,55	3.864.088,55	3.864.088,55	3.864.088,55	37.464.858,55
Estorno da Depreciação e Amortização: DEP *IR	-	3.039.142,21	3.039.142,21	3.039.142,21	3.039.142,21	3.039.142,21
Desembolso de Capital	(44.693.267,83)	-	-	-	-	-
Investimento	(44.693.267,83)	-	-	-	-	-
Manutenção do ativo	-	-	-	-	-	-
Variação de Capital de Giro	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa Líquidos da Empresa (FCFF)	(44.693.267,83)	6.903.230,76	6.903.230,76	6.903.230,76	6.903.230,76	40.504.000,76
FCFF descontado	(44.693.267,83)	6.191.238,35	5.552.680,14	4.979.982,18	4.466.351,74	23.503.015,42
VPL FCFF	(0,00)			-		

5.8.3 Cenário 3

O cenário 3 é caracterizado pela substituição de todas as centrais e estágios de uma mesma área de numeração fechada (ANUF). Este cenário é interessante, pois nesta ANUF todos os terminais teriam acesso aos mesmos serviços e há ainda ganhos de operação e manutenção, uma vez que os novos equipamentos estariam, no início, concentrados em uma mesma área. Para este cenário os números de terminais e centrais estão resumidos na Tabela 5.16.

Tabela 5.16 - Cenário 3: Resumo de Centrais e Terminais

CENÁRIO 3 - CENTRAIS e TERMINAIS	
N1	1
N2	4
N3	44
Estágios Remotos	112
Total Equipamentos	161
Terminais Instalados	292.973
Terminais em Serviço	219.714

A Tabela 5.17 apresenta o valor da economia de OPEX alcançada quando é realizada a substituição dos elementos e acessos por NGN, conforme descrito nos itens 5.7.1 a 5.7.4, além de indicar as economias de investimento, descritas nos itens 5.7.5 e 5.7.6 e os investimentos de rede e de OSS/BSS, descritos no item 5.7.7, que somados geram o Total CAPEX necessário para implantação do projeto de substituição.

Tabela 5.17 - Cenário 3: OPEX e CAPEX

CENÁRIO 3 - OPEX		Valor (R\$)
Economia de Enlaces de Filiação em Estágio Remoto		308.686,21
Economia de Enlaces Devido à Compressão e Topologia (Local e LD)		8.090,67
Economia de Energia e Ar Condicionado		46.525,77
Economia de Operação e Manutenção		11.205,41
Total OPEX (Mês)		374.508,07
Total OPEX (Ano)		4.494.096,85
CENÁRIO 3 - CAPEX		Valor (R\$)
Economia de Atualização de Software		0,00
Economia com Reutilização de Componentes de Centrais Desativadas		2.962.200,00
Investimento em Rede		(46.558.050,99)
Investimento em OSS/BSS		(3.000.000,00)
Total CAPEX		(46.595.850,99)

Conforme mostra a Figura 5.10, a parcela mais significativa entre as economias realizadas está nas filiações em estágio remoto com 83%, um percentual alto que se deve ao maior número de estágios que nos cenários anteriores.

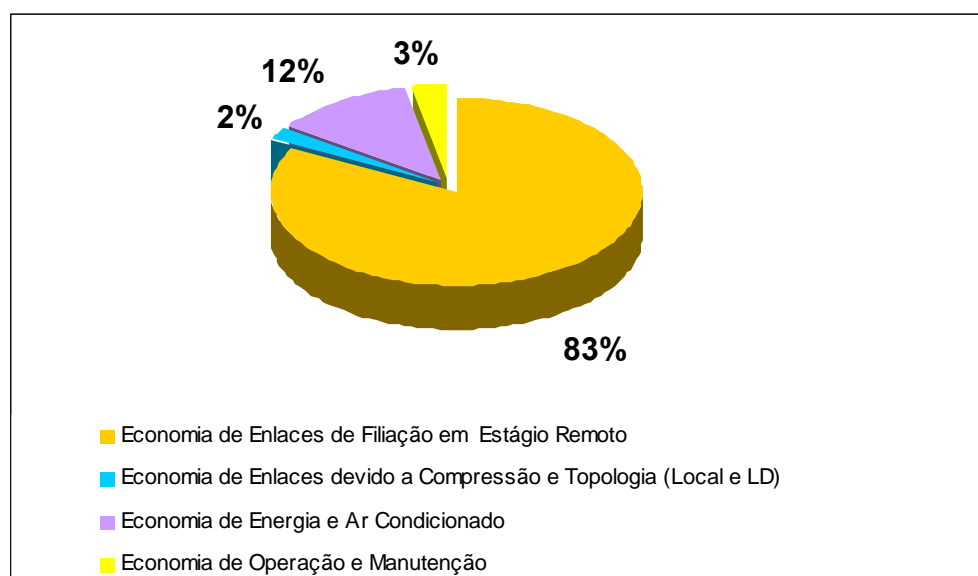


Figura 5.10 - Cenário 3: Composição da Economia de OPEX

Como nos cenários anteriores, a Tabela 5.18, apresenta o resumo da receita adicional necessária considerando um *Pay-back* de 5 anos, que neste cenário é de R\$ 3,81. Conforme descrito no item 5.8, este valor foi calculado utilizando a função *Solver* do Excel de modo a obter-se um VPL FCFF=0.

Tabela 5.18 - Cenário 3: Receita Adicional – Payback de 5 Anos

CENÁRIO 3 - MARGEM ADICIONAL	Valor (R\$)
Margem Anual Adicional	10.048.169,75
Número de Terminais	219.714,00
Margem Anual Adicional por Terminal	45,73
Margem Mensal Adicional por Terminal	3,81

Para o caso de perpetuidade do fluxo de caixa, o valor adicional à receita está apresentado na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 - Cenário 2: Receita Adicional – Perpetuidade

CENÁRIO 3 - MARGEM ADICIONAL CONSIDERANDO PERPETUIDADE	Valor (R\$)
Margem Anual Adicional	1.609.815,27
Número de Terminais	219.714,00
Margem Anual Adicional por Terminal	7,33
Margem Mensal Adicional por Terminal	0,61

As Tabelas 5.20 e 5.21 representam, respectivamente, o fluxo de caixa para um pay-back de 5 anos e o fluxo de caixa considerando a perpetuidade.

Tabela 5.20 - Cenário 3: Fluxo de Caixa – *Pay-back* em 5 anos (Valores em R\$)

Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5
Receita Bruta	-	10.048.169,75	10.048.169,75	10.048.169,75	10.048.169,75	10.048.169,75
Custos Operacionais	-	4.494.096,85	4.494.096,85	4.494.096,85	4.494.096,85	4.494.096,85
Receita Líquida (EBITDA)	-	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60
Despesas Operacionais						
Receita Operacional (EBIT)	-	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60
Despesas Com Juros	-	-	-	-	-	-
LAIR	-	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60	14.542.266,60
Imposto		(4.944.370,64)	(4.944.370,64)	(4.944.370,64)	(4.944.370,64)	(4.944.370,64)
Lucro Líquido	-	9.597.895,95	9.597.895,95	9.597.895,95	9.597.895,95	9.597.895,95
Estorno da Depreciação e Amortização: DEP *IR	-	3.168.517,87	3.168.517,87	3.168.517,87	3.168.517,87	3.168.517,87
Desembolso de Capital	(46.595.850,99)	-	-	-	-	-
Investimento	(46.595.850,99)	-	-	-	-	-
Manutenção do ativo	-	-	-	-	-	-
Variação de Capital de Giro	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa Líquidos da Empresa (FCFF)	(46.595.850,99)	12.766.413,82	12.766.413,82	12.766.413,82	12.766.413,82	12.766.413,82
FCFF descontado	(46.595.850,99)	11.449.698,49	10.268.787,89	9.209.675,24	8.259.798,42	7.407.890,96
VPL FCFF	0,00			-		

Tabela 5.21 - Cenário 3: Fluxo de Caixa – Perpetuidade (Valores em R\$)

Fluxo de Caixa	0	1	2	3	4	5
Receita Bruta	-	1.609.815,27	1.609.815,27	1.609.815,27	1.609.815,27	15.608.208,93
Custos Operacionais	-	4.494.096,85	4.494.096,85	4.494.096,85	4.494.096,85	43.573.199,89
Receita Líquida (EBITDA)	-	6.103.912,12	6.103.912,12	6.103.912,12	6.103.912,12	59.181.408,82
Despesas Operacionais						
Receita Operacional (EBIT)	-	6.103.912,12	6.103.912,12	6.103.912,12	6.103.912,12	59.181.408,82
Despesas Com Juros	-	-	-	-	-	-
LAIR	-	6.103.912,12	6.103.912,12	6.103.912,12	6.103.912,12	59.181.408,82
Imposto		(2.075.330,12)	(2.075.330,12)	(2.075.330,12)	(2.075.330,12)	(20.121.679,00)
Lucro Líquido	-	4.028.582,00	4.028.582,00	4.028.582,00	4.028.582,00	39.059.729,82
Estorno da Depreciação e Amortização: DEP *IR	-	3.168.517,87	3.168.517,87	3.168.517,87	3.168.517,87	3.168.517,87
Desembolso de Capital	(46.595.850,99)	-	-	-	-	-
Investimento	(46.595.850,99)	-	-	-	-	-
Manutenção do ativo	-	-	-	-	-	-
Variação de Capital de Giro	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa Líquidos da Empresa (FCFF)	(46.595.850,99)	7.197.099,87	7.197.099,87	.197.099,87	7.197.099,87	42.228.247,69
FCFF descontado	(46.595.850,99)	6.454.798,09	5.789.056,58	5.191.979,00	4.656.483,40	24.503.533,93
VPL FCFF	0,00			-		

5.8.4 Análise de sensibilidade

Alguns parâmetros neste estudo foram inferidos. Objetivando avaliar o impacto de uma premissa errada, será feita a avaliação de pequenas alterações e o impacto direto na receita adicional por assinante apresentada nos cenários avaliados. Dentre os parâmetros analisados estão:

- Custo de Operação e Manutenção: Conforme exposto, existe a possibilidade de redução desses custos. Os valores estudados nos cenários utilizaram uma redução de 10%. Na avaliação de sensibilidade, outras reduções estão apresentadas, como 5% e 20%;
- OPEX 2Mbps: O custo associado à manutenção de transmissão por E1 foi obtido de custos de operadoras no Brasil. Uma avaliação de sensibilidade associada a este custo está apresentada a seguir considerando uma variação de -10% a 10%;
- Sobressalente: Reutilização das centrais desativadas como sobressalentes. Uma aproximação foi utilizada por assinante para reutilização de placas e peças das centrais desativadas. Este valor foi de R\$ 10,00. Na avaliação de sensibilidade, este valor foi alterado de -10% e 10%;
- Consumo NGN: Apesar do consumo de NGN ser um valor informado pelos fornecedores de equipamento NGN, aqui se procurou verificar uma possível alteração em função de outros consumos. O consumo avaliado foi alterado de -10% e 10%.

A Tabela 5.22 apresenta as alterações e valores considerados no estudo de sensibilidade dos parâmetros inferidos. Observe-se que para cada variação de cada um dos parâmetros foi calculado um novo fluxo de caixa e conseqüentemente foram obtidos novos valores de receita adicional por assinante.

Tabela 5.22 – Estudo de Sensibilidade dos Parâmetros Inferidos

	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Payback 5 Anos	Perpetuidade	Payback 5 Anos	Perpetuidade	Payback 5 Anos	Perpetuidade
Premissas Originais	4,23	1,49	4,42	1,22	3,81	0,61
Operação e Manutenção						
5%	4,26	1,52	4,45	1,25	3,84	0,64
20%	4,16	1,42	4,36	1,16	3,76	0,56
OPEX 2Mbps						
-20%	4,28	1,54	4,55	1,35	4,10	0,90
20%	4,17	1,44	4,30	1,09	3,52	0,32
Sobressalente						
-50%	4,38	1,55	4,60	1,29	3,99	0,68
50%	4,08	1,43	4,25	1,15	3,64	0,54
Consumo NGN						
-10%	4,22	1,48	4,41	1,21	3,80	0,60
10%	4,24	1,50	4,44	1,23	3,82	0,62
Variações						
Mínima	4,06	1,41	4,30	1,20	3,86	0,76
Máxima	4,37	1,54	4,51	1,21	3,74	0,43

Ao final da Tabela 5.22 têm-se as variações mínima e máxima de receita adicional para cada um dos cenários apresentados. Os valores mínimos de receita adicional foram obtidos com o cálculo dos fluxos de caixa nos quais foram utilizados, simultaneamente, os novos valores dos parâmetros que levariam a uma variação mínima de receita adicional, assim como, para os valores máximos de receita adicional foram realizados cálculos dos fluxos de caixa onde foram considerados, simultaneamente, os novos valores dos parâmetros que levariam a uma variação máxima da receita adicional por terminal. Os valores de variação dos parâmetros utilizados nos cálculos dos fluxos de caixa que levaram às variações mínimas e máximas das receitas adicionais estão relacionados na Tabela 5.23.

Tabela 5.23 – Variação dos Parâmetros para Obtenção das Receitas Mínimas e Máximas

Parâmetro	Variação para Receita Mínima	Variação para Receita Máxima
Operação e Manutenção	20%	5%
OPEX 2Mbps	-20%	20%
Sobressalente	50%	-50%
Consumo NGN	-10%	10%

A Tabela 5.24 apresenta os valores em termos percentuais em relação aos valores originais.

Tabela 5.24 – Variação Percentual em Relação aos Acréscimos nas Receitas Nominais

	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Payback 5 Anos	Perpetuidade	Payback 5 Anos	Perpetuidade	Payback 5 Anos	Perpetuidade
Operação e Manutenção						
5%	0,78%	2,22%	0,70%	2,52%	0,67%	4,18%
20%	-1,56%	-4,43%	-1,39%	-5,04%	-1,34%	-8,35%
OPEX 2Mbps						
-20%	1,29%	3,66%	2,87%	10,40%	7,57%	47,23%
20%	-1,29%	-3,66%	-2,87%	-10,40%	-7,57%	-47,23%
Sobressalente						
-50%	3,55%	4,23%	3,95%	6,01%	4,60%	12,05%
50%	-3,55%	-4,23%	-3,95%	-6,01%	-4,60%	-12,05%
Consumo NGN						
-10%	-0,23%	-0,64%	-0,29%	-1,04%	-0,33%	-2,04%
10%	0,23%	0,64%	0,29%	1,04%	0,33%	2,04%
Variações						
Mínima	-4,05%	-5,65%	-2,76%	-1,70%	1,30%	24,78%
Máxima	3,27%	3,43%	2,07%	-0,82%	-1,97%	-28,95%
Variação Total	7,32%	9,08%	4,83%	0,87%	-3,27%	-53,73%

Analisando a Tabela 5.24, observa-se que para os cenários 1 e 2, as alterações não impactaram severamente o resultado quando tratadas individualmente. A variação combinada entre o cenário otimista e o cenário pessimista para os parâmetros, não ultrapassou os 10% de variação total, que é o valor absoluto da soma das variações mínimas e máximas. Já para o cenário 3 o percentual de variação total foi maior que 50%, e é quase todo devido ao valor do OPEX do E1 (2Mbps). Lembrando que o cenário 3 possui 161 estágios remotos, que é o dobro do número de estágios do cenário 2 e mais que o triplo do cenário 1, conclui-se que esta é uma variável de alto impacto na avaliação do

investimento a ser realizado, tanto para mais quanto para menos e, portanto, em cenários com maior número de estágios esta variável deve estar muito bem mensurada de forma a garantir que o resultado da avaliação não seja comprometido.

6 CONCLUSÕES

As redes de nova geração já são uma realidade em diversas operadoras, nacionais ou internacionais, incluindo a Brasil Telecom. A motivação desta migração evolutiva tem-se dado por fatores determinantes no cenário das Telecomunicações, como a descontinuidade no fornecimento das centrais TDM ou aos altos valores cobrados pelos fornecedores para atualização de uma central, já que esta atualização está quase sempre atrelada a uma troca, parcial ou não, de hardware. Outro fator de destaque é a grande utilização do Protocolo IP que já disponibiliza uma série de serviços que agradam aos usuários e vêm sendo incorporados ao dia a dia das pessoas, em particular àquelas que têm acesso banda larga. É um novo momento no setor que vê a possibilidade de, utilizando uma mesma plataforma, prover serviços de dados, voz fixa e móvel, vídeo, acesso a internet, jogos e outros tantos em até um único equipamento de usuário, e tudo isto trazendo um controle centralizado e muito menos pontos de programação e de gerenciamento de rede.

Entretanto, esta convergência traz também uma complexidade que está ainda em fase de discussão e padronização pelos órgãos competentes. O trabalho destes órgãos de padronização vem ocorrendo em ritmo acelerado, mas ainda há muito a ser feito.

Assim, a decisão de migração de uma rede absolutamente estável de voz para uma rede convergente em desenvolvimento é um desafio. Por outro lado, sabe-se que em telecomunicações não é comum a entrada de uma nova tecnologia sem que esta cause uma série de inseguranças e transtornos. Tem-se, na maioria dos casos, um período de transição que traz instabilidade para serviços consolidados e seguros, no entanto, se há uma tecnologia emergente e, ao que tudo indica, um mercado ávido pelos serviços a serem disponibilizados por ela, é imperativa a busca deste novo caminho.

Como mostra o Apêndice A, as operadoras iniciaram seus processos de substituição e o fizeram por uma ou mais das seguintes razões: planta grande de centrais analógicas (obsoletas), demanda significativa de crescimento da rede fixa e OPEX elevado. Nestes casos, os estudos de casos são positivos e mostram que a substituição é válida. Entretanto, nenhuma das razões acima é totalmente aplicável à realidade da Brasil Telecom, que não possui hoje demanda significativa para crescimento de terminais convencionais, suas

centrais são todas digitais e relativamente atualizadas e toda operação é terceirizada na busca de um OPEX reduzido.

As análises de cenários apresentadas no Capítulo 5 mostraram que as economias identificadas não viabilizam sozinhas o início da substituição de centrais. A atualização da planta só se viabilizaria economicamente com um incremento de receita por assinante migrado para a nova rede ou, sob outra abordagem, a migração para a nova rede evitaria uma queda de receita (de R\$ 0,61 a R\$ 4,42) dependendo do cenário e das premissas utilizadas. Neste trabalho procurou-se utilizar premissas entre reais e conservadoras e as análises de sensibilidade das variáveis envolvidas mostraram que estas foram bastante realistas.

Temos então um impasse: por um lado, uma rede que necessita de melhorias, até mesmo para manter o atual nível de qualidade existente, mas que já é considerada como rede legada, e na qual não vale a pena realizar grandes investimentos, uma vez que a nova geração de rede já iniciou sua entrada e esta não tem volta e, por outro lado, a necessidade de que os terminais migrados gerem novas receitas, baixas ou medianas, para viabilizar o investimento a ser realizado, mas isto não é garantido.

Não é garantido, mas é muito provável. A implantação de uma arquitetura IMS com interfaces padronizadas para a camada de serviço tornará a rede mais apta e capaz para o desenvolvimento de novos serviços que não são vislumbrados atualmente, mas que existirão, pois esta é uma das grandes promessas destas redes de nova geração. A convergência de rede definida pelo IMS, onde o núcleo da rede controla terminais de forma agnóstica e a camada de serviços disponibiliza funcionalidades para os clientes, independente do seu tipo de acesso, vai ao encontro da necessidade atual de se buscar novas receitas associadas com uma redução do custo operacional.

Hoje não é possível prever quantos terminais fixos ainda estarão em serviço daqui a 10 anos, porém se as reduções atuais se mantiverem, a BrT terá entre 5 e 6 milhões de terminais em serviço em 2017. Hoje em dia, a redução das linhas fixas instaladas e do tráfego telefônico associado ocorre principalmente devido à migração de terminais e tráfego para a telefonia móvel, que com a grande disseminação dos terminais pré-pagos, possibilitou uma redução e controle das despesas dos assinantes de baixo tráfego. No

futuro, com a disponibilização cada vez maior de banda larga, o VoIP poderá se tornar uma ameaça bem maior do que é hoje, tanto na diminuição de terminais fixos em serviço como na diminuição da receita média por terminal em serviço.

Várias consultorias e análises prevêem que a redução de preços das chamadas de voz, causada pela maciça implementação da tecnologia VoIP vai acabar tornando o serviço de voz totalmente gratuito, da mesma forma que é o e-mail, por exemplo. Portanto, a tendência é que a voz se torne uma *commodity* e que será oferecida gratuitamente pelas operadoras junto com outros serviços pagos, como banda larga. A redução dos telefones fixos instalados e redução da utilização dos mesmos (principalmente para chamadas de longa distância nacional e internacional) é um fato inexorável.

Assim, é fundamental que, enquanto as receitas advindas de voz diminuem lentamente, as empresas de telefonia fixa construam novas redes que possibilitem o oferecimento de novos serviços multimídia. Será necessário inovar e atualizar a oferta de serviços com o objetivo de não apenas sobreviver à concorrência, mas também aumentar a receita média por usuário e a base de clientes.

A arquitetura IMS provê este arcabouço, tanto na preparação da rede para implementação de novos serviços de maneira rápida e considerando a convergência fixo-móvel, quanto também de servir de topologia para substituição da rede legada de voz.

A necessidade de iniciar a substituição da rede atual é inevitável. A rede já encontra limitações para atendimento aos atuais serviços e a concorrência existe. Entretanto, a análise de investimentos apresentada para os cenários mostrou a ordem de grandeza das receitas adicionais, que é um dado extremamente importante numa tomada de decisão e, como mostrado neste trabalho, pode ser mensurado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil Telecom. Caderno de Diretrizes de Tecnologia e Arquitetura 2008 – 2010, 2007.
- Camarillo, Gonzalo. SIP Desmystified. United States of America: Mc Graw Hill Companies, 2006.
- Camarillo, Gonzalo; Garcia-Martim, Miguel A. The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds. 2. ed. England: John Wiley & Sons, 2006.
- Damodaran, Aswath. Avaliação de Investimentos. 1 ed. Qualitymark Ed., 1997.
- ETSI ES 282 001: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); NGN Functional Architecture Release 1, 08/2005.
- _____ ES 282 002: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); PSTN/ISDN Emulation Subsystem (PES); Functional Architecture, 03/2006.
- _____ ES 282 007: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IP Multimedia Subsystem (IMS), 06/2006.
- _____ TS 182 006: Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking (TISPAN); IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 description, 03/2006.
- IETF RFC 2543: SIP: Session Initiation Protocol, 03/1999.
- _____ RFC 3261: SIP: Session Initiation Protocol, 06/2002.
- ITU-T Recommendation Y.2001: General Overview of NGN, 12/2004.
- _____ Recommendation Y.110 : Global Information Infrastructure Principles and Framework Architecture, 06/1998.
- _____ Recommendation Y.120 : Global Information Infrastructure Scenario Methodology, 06/1998.
- _____ Recommendation Y.130: Information Communication Architecture, 03/2000.
- _____ Recommendation Y.140: Global Information Infrastructure (GII): Reference Points for Interconnection Framework, 11/2000.
- _____ Recommendation Y.2001.General Overview of NGN, 12/2004.
- _____ Recommendation Y.2011. General Principles and General Reference Model for Next Generation Networks, 10/2004.

- _____ Focus Group on Next Generation Networks (FGNGN), 2004-2005.
- _____ Study Group 13 (SG 13 – Next Generation Networks), 2005-2008.
- _____ Joint Rapporteur Group (JRG), 2004.
- _____ NGN Global Standards Initiative (NGN-GSI), 2005.
- Monteiro, Regina C. Contribuições da Abordagem de Avaliação de Opções Reais em Ambientes Econômicos de Grande Volatilidade – Uma Ênfase no Cenário Latino-Americano. São Paulo: Dissertação de Mestrado submetida à FEAC/USP, 2003.
- Montenegro, João Lopes. Engenharia Econômica. Telebrás, 1982.
- Poikselkã, Miikka et al. The IMS IP Multimedia Concepts and Services in the Mobile Domain. England: John Wiley & Sons, 2004.
- Telefonia Fixa, Estatísticas de Acessos.
Disponível em <http://www.teleco.com.br>, acessado em setembro/2007.
- Zentgraf, Roberto. Matemática Financeira Objetiva. 3. ed. Editoração Ed. E ZTG Ed, 2002.

APÊNDICE

A – CENÁRIOS DE SUBSTITUIÇÃO NACIONAL E INTERNACIONAL

Neste apêndice serão apresentadas as estratégias que as operadoras nacionais e internacionais estão adotando para a substituição de centrais telefônicas da rede fixa. O levantamento destas estratégias foi feito a partir de informações obtidas junto aos fornecedores de comutação, guardados os devidos direitos de confidencialidade e de visitas realizadas a algumas destas operadoras pela equipe de Arquitetura e Tecnologia da BrT.

De maneira geral, os grandes projetos de substituição estão acontecendo na Ásia, especialmente na China e em alguns países do Leste Europeu, onde a rede fixa estava muito desatualizada. A seguir são apresentados os principais projetos.

A.1 CENÁRIO INTERNACIONAL

A.1.1 ALCATEL-LUCENT

A.1.1.1 Slovak Telecom – Eslováquia

Neste projeto, a Alcatel já substituiu 210.000 terminais de tecnologias ultrapassadas (322 estações com centrais analógicas *crossbar*) por tecnologia NGN. O projeto é composto por um par de *softswitches*, 28 trunking gateways e 320 equipamentos de acesso. Os requerimentos da operadora para este projeto incluíram redundância geográfica para o *core* de rede, interceptação legal, portabilidade numérica e serviços suplementares. Todo o projeto foi implantado com NGN e está em operação comercial desde 2004, porém todos os equipamentos poderão evoluir para a arquitetura PES baseado em IMS.

Os principais motivadores para o projeto foram o oferecimento de novos serviços de valor agregado nesta nova rede e a redução de OPEX, já que as centrais existentes eram muito antigas (centrais analógicas) e não havia material para reposição.

A.1.1.2 KPN - Holanda

A Alcatel-Lucent foi escolhida para ser o fornecedor de serviços multimídia e serviço de voz classe V (terminais de voz NGN) numa arquitetura NGN/IMS em 2005. Entretanto, o projeto atrasou e a substituição ainda não iniciou comercialmente.

O plano de migração original previa uma substituição total em 4 anos (2006 – 2009) com 6,3 milhões de terminais fixos em dezembro de 2006. A economia de OPEX planejada é de 850 milhões de Euros até 2009, basicamente representada por diminuição da mão-de-obra própria.

A.1.2 ERICSSON

A.1.2.1 Elion – Estônia - Operadora do grupo Telia Sonera

A rede atual possui 377.000 terminais e tem demanda de crescimento. O projeto é composto por 5 fases e foi iniciado em julho de 2006 e, até o final de 2007, planeja-se implantar e substituir 200.000 terminais na arquitetura IMS.

A.1.2.2 France Telecom (FT) – França

A France Telecom vem sofrendo uma forte concorrência em banda larga, serviços VoIP e telefonia celular. Com este cenário, a principal motivação para a substituição é a necessidade de lançamento de serviços diferenciados.

Está em fase de estudo e análise de propostas. Planeja iniciar a substituição no final de 2007 nos lugares onde existe competição e remanejar este material para localidades sem competição.

O projeto será realizado diretamente em IMS. Os fornecedores ainda não foram definidos, porém a Ericsson vem fazendo um trabalho com a FT numa arquitetura PES/PSS híbrida baseado em IMS.

A.1.3 HUAWEI

A.1.3.1 CANTV – Venezuela

Projeto em andamento no qual já foram substituídos 650.000 terminais com uma arquitetura NGN. O projeto é composto por 2 pares de *softswitchs*, 132 *trunking gateways* e 470 equipamentos de acesso. A CANTV possui 3 milhões de terminais em serviço, sendo que 1,5 milhões estão em centrais analógicas e centrais digitais antigas. Além disso, existe uma previsão de ampliação de 2 milhões de terminais nesta rede nos próximos 2 a 3 anos.

O projeto NGN, portanto, está sendo utilizado tanto para substituir centrais antigas como para atendimento de novas demandas.

A.1.3.2 TOT – Telephone Organization of Thailand – Tailândia

Possui projeto de ampliação da rede de voz em 780.000 terminais, sendo que a primeira fase com 550.000 terminais já foi efetuada. A arquitetura adotada foi uma rede NGN com acesso MSAN (*Multi Service Access Network*). A utilização desta arquitetura foi devido ao CAPEX mais reduzido em comparação com uma solução tradicional de comutação, OPEX mais baixo, possibilidade de oferecimento de novos serviços e implantação de uma rede à prova de futuro.

A.1.3.3 BTC – Bulgária

Projeto de otimização da rede de voz, que possuía 1,9 milhões de linhas em centrais analógicas. A Huawei foi escolhida para efetuar uma substituição gradativa destes terminais. Até agora, já foram substituídos 530.000 terminais em uma arquitetura com 3 pares de *softswitchs* e 18 *trunking gateways*. O principal motivador deste projeto foi redução de OPEX das centrais muito antigas.

A.1.3.4 China Telecom – Shenzhen – China

Substituição de 400.000 terminais numa rede composta por 2 *softswitches*, 2 *signaling gateways*, 4 *trunking gateways* e 2 SHLR. Além disto, existe também uma rede NGN classe IV (transporte de chamadas longa distância) composta por mais 132 *trunking gateways*.

Grande parte dos terminais substituídos foi de centrais NEC Neax, que foram descontinuadas pelo fabricante. Além disto, como existe demanda de crescimento de terminais, as novas estações são implantadas com NGN.

A.1.4 ITALTEL

A.1.4.1 Telecom Italia – Itália

A Telecom Italia possui um projeto de substituição da rede de longa distância classe IV. O projeto feito em 2003 e 2004, no qual foram substituídas 66 centrais de longa distância por 24 nós NGN. Segundo os dados recebidos, este projeto trouxe uma economia de 60% de OPEX, devido principalmente à redução de sites e economia de transmissão.

Em relação à substituição de centrais locais (Classe V), a Telecom Italia ainda não iniciou nenhum projeto comercial de grande porte. A mesma ainda não tomou a decisão de qual topologia utilizar (PES ou PSS do TISPAN) nem qual é a melhor data para iniciar este processo.

A.1.4.2 Tellas – Grécia

Operadora alternativa da Grécia, com 700.000 terminais fixos legados. Projeto NGN com *softswitch* da Italtel e acesso da Alcatel.

A.1.4.3 Cable&Wireless – Inglaterra

Operadora alternativa (originalmente uma ISP – *Internet Service Provider*) com 107.000 clientes. Projeto NGN classe IV e V com *softswitch* da Italtel e acesso da Marconi.

A.1.5 NORTEL

A.1.5.1 Verizon – EUA

A Verizon possui uma rede NGN de longa distância nos EUA composta por 18 *softswitches* e 550 *trunking gateways* em operação desde 2002. O principal motivador deste projeto foi a obsolescência das centrais de longa distância.

A Nortel também está instalando uma rede IMS na Verizon para provimento de novos serviços para as redes fixa e móvel.

A.1.5.2 Sprint - EUA

Implantação de uma rede NGN Classe IV (trânsito).

A.1.6 SIEMENS

A.1.6.1 Ministry of Post and Telecommunications of Angola - Angola

Projeto para atendimento de 25 novas estações com a solução NGN e com transmissão via satélite. Projeto similar ao projeto da Oi / Telemar no Brasil.

A.1.7 UT STARCOM

A.1.7.1 PLDT – Filipinas

Projeto em andamento no qual a UTStarcom é responsável por todo o projeto (*core*, transporte e acesso). Os principais motivadores para este projeto foram a redução de OPEX (energia), novos serviços e a demanda ainda existente para novos terminais fixos.

A operadora PLDT possui 2,4 milhões de terminais fixos com demanda de crescimento para 5 milhões. A primeira substituição ocorreu em março de 2006 e até agora já foram substituídos 200.000 terminais. A UTStarcom possui um contrato em andamento para 500.000 terminais. A PLDT planeja ter 5 milhões de terminais NGN nos próximos 3 a 5 anos.

A rede é composta por 3 *softswitches* com redundância geográfica e acesso DSLAM com placa Combo (voz e xDSL). A UTStarcom efetuou diversas customizações para este projeto, tais como: serviços suplementares, ISUP específica e tons.

A.1.8 ZTE

A ZTE possui diversos projetos NGN na China e em outros países do mundo, tanto de substituição da rede fixa existente como projetos de *green field* (operadora entrante que irá implantar sua própria rede). Serão apresentados os maiores projetos com números fornecidos pela própria ZTE.

A.1.8.1 China Telecom - China

A China Telecom possui uma parceria estratégica para desenvolvimento de projetos NGN com a ZTE. A China Telecom possui uma rede fixa com 160 milhões de terminais e uma rede móvel PHS com 60 milhões de terminais.

Toda a rede trânsito (classe IV) da China Telecom já é com NGN. Existem cerca de 200 *softswitchs* em operação. Ainda existe demanda por novos terminais fixos que a China

Telecom atende somente com NGN (AGWs). Existem 3 milhões de terminais com esta solução. Em relação às centrais existentes TDM, a linha estratégica da China Telecom é substituir as centrais quando a mesma completar 10 anos de vida útil. Este processo foi iniciado em 2006.

Os principais motivadores para estes projetos NGN foram o oferecimento de novos serviços, inclusive para a rede legada (RTPC) e redução de CAPEX/OPEX. Existem cerca de 20 serviços NGN que são disponibilizados para a RTPC, tais como: pré-pago, *ring back tone* e número único. A seguir são detalhados alguns dos maiores projetos da China Telecom.

A.1.8.2 China Telecom - Shanghai

Projeto em andamento iniciado em 2006, sendo que na primeira fase foi instalado um par de *softswitch*, um par de *gateways* de sinalização, um par de SHLR e um par de *trunking gateways* de grande porte. Na segunda fase, ainda em planejamento, será feita a substituição gradual das linhas fixas, totalizando 9 milhões de terminais. Esta rede NGN está provendo serviços pré-pagos, *ring back tone* e portabilidade numérica para a rede fixa.

A.1.8.3 China Telecom – Guangdong

Projeto em andamento similar ao anterior. Em 2005 foram instalados dois pares de *softswitchs* com redundância geográfica, um par de SHLR, vários *trunking gateways* com função PAS (ponto de acesso a serviço de RI), de forma a permitir que novos serviços NGN sejam oferecidos para os terminais da rede fixa legada.

A China Telecom possui uma rede de longa distância chamada de DC1 que interliga as 31 capitais das províncias. Esta rede possui um total de 900.000 E1s em centrais convencionais. Após diversos *trials*, a ZTE foi escolhida para migrar 20 a 30% deste tráfego para uma rede NGN. Este projeto está em fase de implantação e é composto por 8 pares de *softswitchs* para controlar todos os *trunking gateways*.

A.1.9 PROJETOS MULTI-VENDOR

A.1.9.1 British Telecom (BT) – Grã-Bretanha - Projeto 21th Century Network (21CN)

A British Telecom lançou em 2004 um grande projeto de modernização de sua rede de telefonia fixa, chamado de *21st Century Network* (21CN). Este projeto irá consumir um CAPEX de 10 bilhões de libras em 5 anos. Possui três grandes objetivos:

Redução de CAPEX / OPEX de 1 bilhão de libras por ano a partir de 2008/2009. Esta redução será alcançada através da redução de sites, de energia e de pessoal;

Oferecimento de novos serviços de maneira mais rápida (*Speed to Market*);

Preparação da rede para disponibilização de serviços multimídia inovadores e customizados para os clientes.

A previsão inicial é substituir todos os 30 milhões de terminais fixos em 5 anos (2006-2011) por uma solução NGN. A BT possui atualmente 900 centrais com 26.000 estágios remotos e estes equipamentos serão substituídos por 15.000 MSAN (*Multi Service Access Network*) controlados por 40 *softswitches*.

A solução é totalmente *multi-vendor* com protocolos e interfaces padronizadas. Os fornecedores anunciados foram os seguintes:

- Acesso (MSAN): Huawei e Fujitsu;
- Controle (*Softswitch*): Ericsson;
- Dados e Metro-Ethernet – Alcatel, Siemens, Cisco, Lucent.

A primeira substituição de central ocorreu em 28 de novembro de 2006 na localidade de Wick, no País de Gales a migração massiva começará de fato em 2008. Os principais marcos do projeto são:

- Julho 2004: Lançamento da RFP com 4 semanas para resposta;
- Dezembro 2004: Definição da short-list;
- Março 2005: Final das negociações;
- Dezembro 2005 a Março 2006: Assinatura dos contratos;
- 2007 – Previsão de migração de 350.000 terminais.

As substituições irão começar de fato em 2008, com uma previsão de migração de 150.000 a 200.000 terminais (3 centrais) por semana. A substituição será iniciada pelas centrais mais antigas.

As principais lições aprendidas neste projeto da BT foram as seguintes:

- Não depender de um único fornecedor;
- Prover solução de *core* (controle de chamadas) com redundância geográfica;
- Estar preparado para um aumento de OPEX durante a fase de migração, pois existirão duas redes sobrepostas;
- Prestar serviços de consultoria para o mercado empresarial e corporativo para migração de seus equipamentos e serviços de voz;
- Antes da migração começar de fato deve-se:
- Testar exaustivamente todos os equipamentos, cenários e serviços – milhões de chamadas foram feitas antes da migração comercial;
- Teste com todos os modelos de equipamentos (novos e antigos) existentes nos clientes;
- Definição e testes dos novos processos operacionais;
- Adaptação e testes de OSS/BSS;
- Realizar programa para treinamento de pessoal.

A.1.9.2 Telefonica – Espanha

A Telefonica avaliou que não existe necessidade a curto prazo para iniciar a substituição da rede fixa. Está aguardando o amadurecimento do IMS e pretende iniciar a substituição pelas centrais classe IV nacionais e internacionais. A Telefonica estima que existirá uma migração dos terminais fixos para terminais VoIP e móveis e, desta forma, quanto mais tempo ela puder aguardar, menor serão os investimentos na substituição.

A.2 CENÁRIO NACIONAL

Nenhuma operadora de telefonia fixa nacional iniciou ainda de maneira maciça a substituição da sua rede TDM de voz. Entretanto, alguns projetos NGN/IMS já estão em andamento, oferecendo serviços de voz classe IV e V. Estes projetos estão descritos sucintamente na seqüência.

A.2.1 TELEFONICA

Transporte de chamadas longa distância para fora da região de atuação da mesma

A.2.2 TELEMAR/OI

Atendimento de 1.815 localidades do PGMU (Plano Geral de Metas de Universalização – Anatel) via satélite. Projeto da Siemens com 4 *softswitches* e equipamento de acesso RLU1.0.

Existe também uma rede NGN da Huawei com 3 *softswitches* e 1152 E1's (trunking gateways UMG 8900). Este rede é utilizada como PASs da Rede Inteligente, principalmente para o serviço do programa Big Brother da TV Globo.

A.2.3 EMBRATEL

A Huawei possui um grande projeto em operação composto por 6 *softswitches* tanto para classes IV e classe V. Existem 90 *trunking gateways* instalados totalizando 21.000 E1s e 120.000 assinantes classe V (UA5000 e IAD's).

A.2.4 CTBC

Projeto para transformação da rede com a Huawei – Classe IV e V – em implantação. Já está em operação um par de *softswitches* e 10 UMGs.