



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

**SOLUÇÃO PARA O MELHORAMENTO DA COBERTURA DA REDE
MÓVEL NO BAIRRO MATHEMELE**

Autor: Jorge Salatiel Massalele

Supervisor da Faculdade: Eng^o José Consolo

Supervisor da Empresa: Eng^o Abrão Fernandes

Maputo, Dezembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

SOLUÇÃO PARA O MELHORAMENTO DA COBERTURA DA REDE
MÓVEL NO BAIRRO MATHEMELE

Autor: Jorge Salatiel Massalele

Supervisor da Faculdade: Eng^o José Consolo

Supervisor da Empresa: Eng^o Abrão Fernandes

Maputo, Dezembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA
Relatório do Estágio Profissional

**SOLUÇÃO PARA O MELHORAMENTO DA COBERTURA DA REDE
MÓVEL NO BAIRRO MATHEMELE**

Autor: Jorge Salatiel Massalele

Supervisor: _____

(Eng^o José Consolo)

Relatório de Estágio Profissional, submetido ao Departamento de Engenharia Electrotécnica, Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, como parte das condições exigidas para a aprovação da cadeira. Supervisor: Eng^o José Consolo



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉNICA

AVALIAÇÃO DOS SUPERVISORES

Autor: Jorge Salatiel Massalele

**SOLUÇÃO PARA O MELHORAMENTO DA COBERTURA DA REDE
MÓVEL NO BAIRRO MATHEMELE**

Supervisor da Faculdade

Nota

(Eng^o José Consolo)

Supervisor da Instituição

Nota

(Eng^o Abrão Fernandes)

ANEXO 8.

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA _____

RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____ entregou no dia ___/___/2022
as ___ cópias do seu Relatório do Estágio Profissional: _____.

Intitulado:

Maputo, ____ de _____ de 20 ____

O Chefe de Secretaria

ANEXO 10.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: _____

Referência do tema: _____ Data: ___/___/___

Título do tema: Solução Para o Melhoramento da Cobertura da Rede Móvel no Bairro Mathemele

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa Bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)										

3. Argumentação										
3.1.Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2.Rigor	1	2	3	4	5					
3.3.Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4.Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5.Relevância	1	2	3	4	5					

Secção 3 subtotal(max: 30)

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5

Secção 4 subtotal(max: 20)

Total de pontos (max: 100)

Nota (=Total*0,2)

Nota: quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 11.

**GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA
(PELO JÚRI)**



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: _____
Referencia do tema: _____ Data: ___/___/___

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos Resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

ANEXO 12.

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: _____

Referência do tema: _____ Data: ___/___/___

Título do tema: Solução Para o Melhoramento da Cobertura da Rede Móvel no Bairro Mathemele

Indicador	Classificação				
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
Total de pontos (max: 35)					

Valor do classificador	Cotação Obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35)	
----------------------------------	--

Nota (=Total*20/35)	
----------------------------	--

ANEXO 13.
FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: _____

Referência do tema: _____ Data: __/__/____

Título do tema: **Solução Para o Melhoramento da Cobertura da Rede Móvel no Bairro Mathemele**

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho a todos aqueles que directa e indirectamente contribuíram para a minha educação desde a minha infância, em especial aos meus pais que tiveram um papel muito importante na minha vida académica.

AGRADECIMENTOS

O alcance desta etapa não teria sido possível sem a colaboração, auxílio, carinho e dedicação por parte de várias pessoas ao longo de todo o percurso da minha formação. Agradeço à minha família, em especial à mãe, Carlota Zaqueu Malate, pela dedicação, educação e sacrifício empreendidos ao longo dos anos.

Os agradecimentos estendem-se ao corpo docente do Departamento de Engenharia Electrotécnica da Universidade Eduardo Mondlane que me proporcionou um ensino superior que expandisse os meus horizontes. Agradeço aos Engenheiros José Consolo e Abrão Fernandes, supervisores do presente relatório, por terem sempre se mostrado disponíveis a orientar-me e partilhar o seu vasto conhecimento.

Agradeço também à empresa de telecomunicações Movitel, especialmente ao Engenheiro José Vicente Cossa, por ter permitido que eu realizasse o meu estágio profissional, momento que propiciou o desenvolvimento de novas competências e habilidades.

RESUMO

Os celulares recebem sinais através de ondas eletromagnéticas que são emitidas por uma antena maior localizada próxima às cidades e recebidos pela antena do próprio aparelho móvel. Tal rede de sinais funciona através de células, pois ela é toda dividida e cada aparelho consegue se conectar com elas. As áreas geográficas que recebem o sinal emitido pelas antenas são denominadas de áreas de cobertura. Pois através desta antena – geralmente mais de uma, a cidade, centro urbano ou mesmo rural recebe o sinal disponibilizado pela operadora.

E assim o sinal chega nos celulares. Os pequenos aparelhos celulares se comunicam através das ondas de rádio, e para a chamada poder ser realizada com sucesso, ela passa pela estação base, antes de ser direcionada para o aparelho destino. Um aparelho faz uma chamada, ela é enviada à estação e ela transmite para outro aparelho. As operadoras cobrem mais de 80% do perímetro urbano, ainda existem locais que são influenciados pelo relevo, por chuvas, ventos e não recebem o sinal em sua melhor qualidade. Podem existir uma série de “obstáculos” que dificultam a transmissão do sinal, sejam eles físicos (edifícios, objetos, relevos), climáticos (chuvas, ventos, tempestades) ou mesmo interferência de outras ondas (e podem influenciar diretamente na comunicação dos usuários. Se algum destes “obstáculos” estiverem no meio do caminho da antena e o aparelho celular, dificilmente o sinal chegará com qualidade

Palavras-chave: Cobertura em rede Móvel, Indicadores de performance da rede (KPIs)

ABSTRACT

Cell phones receive signals through electromagnetic waves that are emitted by a larger antenna located close to cities and received by the antenna of the mobile device itself. Such a network of signals works through cells, as it is all divided and each device can connect with them. The geographic areas that receive the signal emitted by the antennas are called coverage areas. Because through this antenna - usually more than one, the city, urban center or even rural receives the signal provided by the operator. And so, the signal reaches the cell phones. Small cell phones communicate using radio waves, and for the call to be successfully made, it passes through the base station before being routed to the destination device. A handset makes a call, it is sent to the station, and it transmits to another handset. The operators cover more than 80% of the urban perimeter, there are still places that are influenced by the relief, rain, wind and do not receive the signal in its best quality. There may be a series of "obstacles" that hinder the transmission of the signal, whether physical (buildings, objects, reliefs), climatic (rain, wind, storms) or even interference from other waves (and can directly influence the communication of users. If any of these "obstacles" are in the way of the antenna and the cell phone, the signal will hardly arrive with quality.

Keywords: Mobile network coverage, Network performance indicators (KPIs)

ÍNDICE

DEDICATÓRIAS	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE TABELAS	viii
LISTA DE SÍMBOLOS	ix
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	11
1.1. Contextualização	12
1.2. Formulação do Problema	12
1.3. Justificativa	12
1.4. Relevância da pesquisa	13
1.5. Objectivos	13
1.5.1. Objetivo Geral	13
1.5.2. Objetivos Específicos	13
1.6. Metodologia	14
CAPÍTULO II – ACTIVIDADES REALIZADAS NO ESTÁGIO	15
2.1. Considerações iniciais	16
2.2. Apresentação da empresa Movitel	16
2.3. Métodos e Sistemas de Transmissão da Movitel	18
2.3.1.1. DWDM	18
2.3.1.2. SDH	18
2.3.1.3. Metro Ethernet	19
2.4. Processo de Monitoramento da Rede	22
2.4.1. Integração	22
2.4.2. As responsabilidades destes técnicos são mostradas abaixo:	23
2.4.3. Processo de resgate de links	23
2.5. Processo de resgate de um link	25
2.5.1. OTDR	25
2.5.1.1. Como funciona	26
2.5.2. Máquina de corte	27
2.5.3. A máquina de fusão de fibra óptica	27
2.5.4. Mansão	28
CAPÍTULO III - REVISÃO LITERÁRIA	30
3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31

3.1.1. AS TECNOLOGIAS DE TELEFONIA MÓVEL	32
3.2.1. Primeira Geração (1G)	33
3.2.1.1. FDMA.....	36
3.2.1.2.AMPS.....	37
3.2.2. Segunda Geração (2G)	38
3.2.2.1.TDMA.....	39
3.2.2.2.GSM.....	40
3.2.2.3.GPRS.....	45
3.2.2.4. EDGE.....	46
3.2.2.5. CDMA	47
3.2.3. Terceira geração (3G)	48
3.2.3.1. UMTS.....	49
3.2.3.2. Arquitetura UMTS.	49
3.2.3.3. WCDMA	50
3.2.3.4. HSPA.	51
3.2.4.Quarta Geração (4G).....	52
3.2.3.1.LTE	53
3.2.5.A Quinta Geração (5G).....	54
CAPÍTULO IV-DESCRIÇÃO DO BAIRRO EM ESTUDO E RECOLHA DOS KPI	55
5.1. Local de estudo	56
5.2. Indicadores de Performance.....	56
5.2.1. Lista dos KPIs	58
5.2.1.1. RSCP.....	60
5.2.1.2. Ec/No	60
CAPÍTULO V-SOLUÇÃO FINAL	64
CAPÍTULO VI- CONCLUSÃO	66
6.1. Conclusão	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
CAPITULO VII-ANEXOS.....	69
Anexo1 tela do TMS pakect.....	A1.69
Anexo2- cabeçalho de exibição de dados do TMS pakect.....	A2.70
Anexo 3-tabela do utilizador do TMS pakect.....	A3.71
Anexo 4- tabela do utilizador do TMS pakect.....	A4.72
Anexo 5-Equipamentos de Transmissão	A5,73
Anexo 6-Bairro Matlhemere.....	A6.74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1:Departamento técnico da Movitel (Fonte: Autor).....	17
Figura 2:NOC (Fonte:Autor),	17
Figura 3:Tecnologia DWDM. Fonte: FOCC FIBER OPTIC CO.LTD (2022).....	18
Figura 4:Topologia Metro Ethernet usada na Movitel S.A: Fonte: Movitel S.A. (2022)	20
Figura 5:Topologia em DWDM usada na Movitel. Fonte: Movitel S.A. (2022).....	21
Figura 6:Sistema Huawei NMS usado para o SDH na Movitel. Fonte: Movitel S.A. (2022)	21
Figura 7:Sistema ECI LightSOFT usado para o SDH na Movitel. Fonte: Movitel S.A. (2022). ...	22
Figura 8:Link DWDM GAZ071-GAZ076. Fonte: Movitel S.A. (2022).....	24
Figura 9:OTDR	27
Figura 10:Máquina de corte.....	27
Figura 11:Máquina de Fusão das fibras (Fonte: Movitel S.A. (2022))	28
Figura 12:Mansao (Fonte: Movitel S.A. (2022))	29
Figura 13:Evolução das trajetórias tecnológicas de telefonia móvel (fonte: ANSARI e GARUD (2009).....	32
Figura 14:Espectro de frequência. (fonte: SANTOS, 2008)	34
Figura 15:Transmissão em FDMA (Fonte: ALENCAR, 2013),	36
Figura 16:Canais FDMA (Fonte: ALENCAR, 2013).	37
Figura 17:AMPS - Divisão das bandas (TAKEDA, 2013)	37
Figura 18:Canais TDMA (SVERZUT, 2005 MENDES)	40
Figura 19:Arquitetura da rede GSM (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009)	44
Figura 20:Arquitetura da rede GSM + GPRS. (SVERZUT, 2005).....	45
Figura 21: Esquema da arquitetura UMTS: (GUEDES; VASCONCELOS, 2009)	50
Figura 22:Arquitetura WCDMA (CARDOSO, 2008)	51
Figura 23:Evolução das Tecnologias digitais até a 4G (TAKEDA, 2013)	53
Figura 24:Mapa do bairro de Matlhemere (INE, 2009).....	56
Figura 25 :Diagrama em Blocos de indicadores de Performance (KPI) (CARRASCO, 2011)	58
Figura 26:Parametros EcNo (Autor).....	62
Figura 27: Parametros RSCP (Autor)	63
Figura 28:projecto de expansão da rede que será implementada nesta zona. (Autor)	65

INDICE DE TABELAS

Tabela 1: Principais características da primeira geração. (Fonte: PAULA; ABE, 2013)	35
Tabela 2: padrões principais da 2G. (FERNANDES, 2010)	39
Tabela 3 principais diferenças entre o GSM, GPRS e EDGE, (NIKOLOFSKI, 2011)	47
Tabela 4: mostra os dois principais padrões para redes 4G (TAKEDA, 2013)	52
Tabela 5: Lista dos KPIs (Movitel S.A. (2022))	58
Tabela 6: Valor máximo de cobertura para o RSCP dentro de edifícios (Movitel S.A. (2022))	60
Tabela 7: Valor máximo de cobertura para o Ec/No dentro de edifícios (Movitel S.A. (2022))	60
Tabela 8: Valor desejado para qualidade de serviços. (Movitel S.A. (2022))	61
Tabela 9: Parametros CS CDR (Autor)	63

LISTA DE SÍMBOLOS

AMPS- Sistema de Telefonia Móvel Avançado

BSC-Controlador da Estação Base

BSS-Sistema de Estação Base

BTS-Estação Radio Base

CDMA-Acesso múltiplo por Divisão de Código

DWDM-Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda

EDGE-Taxa de dados ampliados para a evolução do GSM

FDMA-Acesso Múltiplo por divisão de tempo

GPRS-Servicos gerais de pacotes por Rádio

GSM-Sistema global para comunicações móveis

HLR-Registro de Localização Local

IP-Protocolo de Internet

IP-Protocolo de *Internet*

KPI-Indicadores de Performance

LTE-Evolução ao Longo Prazo

MSC-Central de Comutação Celular

MS-Estação Movei

NMC-Centro de Gerenciamento da Rede

NOC-Centro de Operação da Rede

NSS-Sistema de Comutação da Rede

OMC-Centro de Operação e Manutenção

OSS-Sistema de Suporte Operacional

OTDR- Reflectômetro óptico no domínio do tempo

SDH-Hierarquia Rigital Síncrona

TDMA-Acesso Múltiplos por Divisão de Tempo

TMSI-Identificação Temporário do Assinante Móvel

UMTS-Sistema Global de Telecomunicações Móveis

VLR-Registro de Localização de visitante

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Cobertura de rede móvel

O serviço telefónico móvel, incluindo a prestação de serviços de voz e/ou de acesso à Internet em banda larga, não integra o serviço universal, pelo que os operadores não têm a obrigação de assegurar a cobertura da totalidade do território nacional.

Os operadores de rede móvel em atividade em Moçambique: A Movitel, a Vodacom e a Tmcel estão vinculados ao cumprimento das obrigações de cobertura constantes dos respetivos títulos dos direitos de utilização de frequências para serviços de comunicações eletrónicas terrestres. De acordo com estes títulos, os operadores não estão obrigados a garantir a cobertura total do território e da população nacional. É importante que saiba também que o cumprimento das obrigações definidas é avaliado tendo por base todo o território nacional e não numa base regional.

Assim, apesar de os operadores apresentarem um bom nível de cobertura e desempenho de rede na globalidade do país, podem existir “zonas de sombra”, onde o serviço tem menos qualidade ou a sua utilização não é, de todo, possível, quer em espaços exteriores, quer em espaços interiores (por exemplo, dentro da habitação, em garagens, etc.).

1.2. Formulação do Problema

Devido à maior demanda e alto nível de expansão dos serviços de redes móveis, torna-se primordial que o sinal das operadoras ocupe áreas de grande circulação sem obstrução e, principalmente, que a cobertura seja uniforme em todo o bairro. Com este cenário proposto, tem-se um grande problema a ser resolvido: De que forma pode se melhorar a cobertura da rede móvel nos bairros em expansão?

1.3. Justificativa

A população do bairro de Mathemele tem apresentado reclamações devido à má qualidade do sinal de voz, assim como a qualidade de internet da rede Movitel. Segundo aquela população, tais problemas registam-se no período entre 18 e 21 horas, visto que é neste período em que maior parte dos residentes deste bairro encontra-se em casa. Este facto tem causado muitos problemas à empresa Movitel, pois à medida que um cliente se vê impossibilitado de efectuar uma chamada ou aceder à internet, tende a aderir aos serviços oferecidos por outras operadoras, e como consequência a Movitel soma avultados prejuízos.

1.4. Relevância da pesquisa

Diante da demanda demográfica, num bairro em expansão, e com o aumento demográfico, torna-se necessário o estudo de cobertura móvel celular para que atenda a toda a população que está ou estará presente naquele bairro.

1.5. Objectivos

1.5.1. Objectivo Geral

- Propor soluções para o melhoramento da cobertura da rede móvel no bairro Mathemele.

1.5.2. Objectivos Específicos

- Identificar os locais onde há fraca cobertura da rede móvel no bairro Matlemele;
- Apontar as razões da fraca cobertura da rede móvel no bairro Matlemele;
- Apresentar as diferentes técnicas utilizadas para o melhoramento da cobertura da rede móvel.

1.6. Metodologia

Inicialmente, será realizado um estudo nas áreas com fraca cobertura de rede móvel no bairro Matlemele, com o intuito de trazer factos que comprovem esta ocorrência.

A pesquisa de campo é utilizada com o objectivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar, ou, ainda de descobrir fenómenos ou as relações entre eles. Consiste na observação de factos e fenómenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registo de variáveis que se presumem relevantes, para analisá-los (LAKATOS e MARCONI, 2010).

Na fase final do estudo, serão sugeridas possíveis soluções, para o melhoramento da cobertura da rede móvel naquele bairro.

Através de uma análise bibliográfica, será realizado um estudo profundo com o objectivo de obter uma base teórica sólida sobre as definições dos termos usados no relatório.

CAPÍTULO II – ACTIVIDADES REALIZADAS NO ESTÁGIO

2.1. Considerações iniciais

O estágio profissional, com duração de 6 meses, foi concedido pela empresa de telecomunicações Movitel, na cidade de Maputo. O mesmo foi realizado na NOC (Network Operation Center) e teve como objectivo principal o aprendizado.

2.2. Apresentação da empresa Movitel

A Movitel S.A. é uma operadora de telefonia estabelecida em 2011, cujas operações foram iniciadas a 15 de Maio de 2012. O seu surgimento resultou de uma parceria realizada entre a empresa moçambicana SPI (Gestão de Investimentos) e a Viettel Telecom (Multinacional de Telecomunicações Vietnamita). Esta empresa possui a mais extensa rede de fibra óptica em Moçambique e já recebeu vários prémios pelos serviços prestados em Moçambique, incluindo: Prémio de “Melhor Inovação Móvel” em 2014.

- Prémio de Ouro na Categoria “Crescimento Mais Rápido do Ano no Médio-Oriente e em África” pela “International Business Award” em 2014;
- Prémio de “Liderança de Estratégia Competitiva” pela empresa americana de investigação e consultoria Frost & Sullivan em 2013;
- Prémio de “Telecomunicações Rurais” dos Africa Com Awards em 2012.

A Movitel S.A. tem como missão: Criar e customizar serviços de telecomunicações, soluções tecnológicas, conteúdos digitais e de tecnologias de informação, por forma a abranger todas camadas e extractos sociais da nossa sociedade.



Figura 1: Departamento técnico da Movitel (Fonte: Autor)

A Movitel S.A. tem várias divisões, uma delas é o centro técnico que está localizado no bairro da Sommerschield, próximo à rua Tenente General Osvaldo Tanzama. Este é o local onde as operações por detrás da rede e serviços da empresa são efectuadas. O estagiário realizou o seu estágio neste local durante seis (6) meses.



Figura 2: NOC (Fonte: Autor),

O Centro de Operações de Rede, ou seja, NOC (do inglês Network Operation Center) é um dos departamentos do centro técnico que é responsável pelas operações efectuadas na rede de telecomunicações, incluindo manutenção, monitoramento, gestão de recursos, etc. O estagiário efectuou o seu estágio neste departamento, na divisão de transmissão FO (front office) que é responsável pela monitoria da rede, suporte aos técnicos de terreno na manutenção da fibra óptica e manutenção de equipamentos de transmissão.

2.3. Métodos e Sistemas de Transmissão da Movitel

2.3.1. Métodos de Transmissão

A Movitel S.A. usa quatro (4) métodos para a transmissão de dados, que são:

- DWDM (Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda);
- SDH (Synchronous Digital Hierarchy);
- Metro Ethernet;
- Microwave.

2.3.1.1. DWDM

A Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda, ou seja, DWDM (do inglês Dense Wavelength Division Multiplexing) é uma tecnologia de multiplexação de fibra óptica que é usada para aumentar a largura de banda das redes de fibra existentes. Ela combina sinais de dados de diferentes fontes em um único par de fibra óptica, mantendo a separação completa dos fluxos de dados.

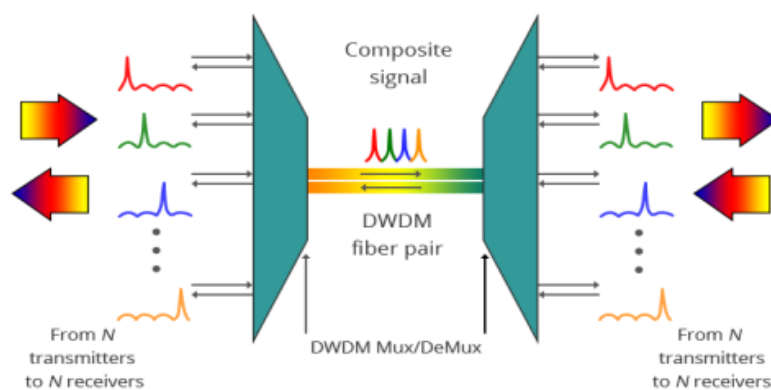


Figura 3:Tecnologia DWDM. Fonte: FOCC FIBER OPTIC CO.LTD (2022).

2.3.1.2.SDH

A Hierarquia Digital Síncrona, ou seja, SDH (do inglês Synchronous Digital Hierarchy) é um conjunto de protocolos para a transmissão de dados digitais em alta velocidade. É um esquema de multiplexação TDM de banda larga que compõe equipamentos e meios físicos de transmissão que compõem um sistema digital síncrono de transporte de informações. Este sistema tem o objectivo de fornecer uma infra-estrutura básica para redes de dados e voz e são utilizadas para multiplexação TDM com altas taxas de bits, tendo a fibra óptica como meio físico preferencial de transmissão. Ele opera nas

velocidades de: 155 Mbps, 622 Mbps, 2,5 Gbps, 10 Gbps e 40Gbps. Cada canal opera com um relógio sincronizado com os relógios dos outros canais, e é sincronizado com o equipamento multiplex através de um processo de justificação de bit e encapsulamento da informação.

2.3.1.3. Metro Ethernet

Uma rede Metro Ethernet é uma rede de área metropolitana (MAN) baseada em padrões Ethernet. É comumente usado para conectar assinantes a uma rede de serviços maior ou à Internet. As empresas também podem usar Ethernet de área metropolitana para conectar seus próprios escritórios entre si. Uma interface Ethernet é normalmente mais económica do que uma do SDH da mesma largura de banda e pode ser facilmente conectada à rede do cliente, devido ao uso predominante de Ethernet em redes corporativas e residenciais. A rede é tipicamente uma colecção de switches e roteadores conectados por meio de fibra óptica. A topologia pode ser um anel, hub-and-spoke (estrela) ou malha total ou parcial. A rede também terá uma hierarquia: núcleo, distribuição (agregação) e acesso. O núcleo na maioria dos casos é um backbone IP/MPLS existente, mas pode migrar para formas mais recentes de transporte Ethernet na forma de velocidades de 10 Gbit/s, 40 Gbit/s ou 100 Gbit/s ou até possivelmente 400 Gbit/s para Terabit Rede Ethernet no futuro.

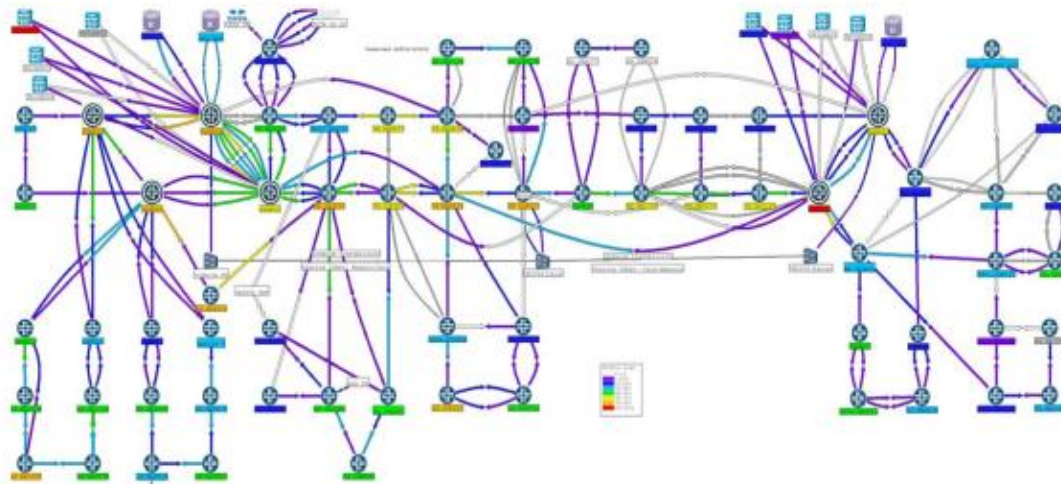


Figura 4: Topologia Metro Ethernet usada na Movitel S.A: Fonte: Movitel S.A. (2022)

Sistemas e Equipamentos de Transmissão

São vários os sistemas usados para a transmissão na Movitel. Estes sistemas foram desenhados para que a empresa possa monitorar os seus links de transmissão e perceber o quão bom é o desempenho da sua rede de telecomunicações em fibra óptica. Para o DWDM, o sistema usado é fornecido pela ZTE. Os equipamentos aqui usados pela Movitel são o M721 e M920.

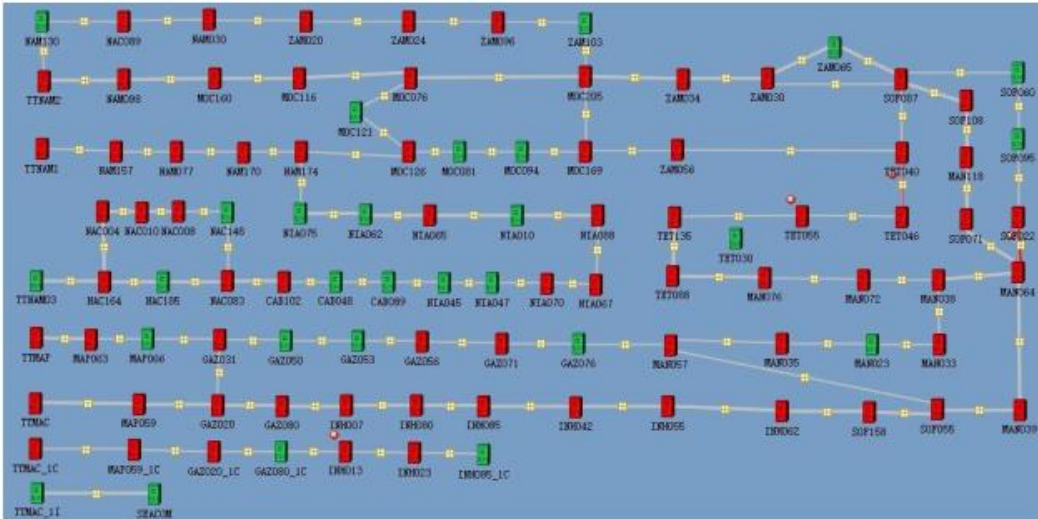


Figura 5: Topologia em DWDM usada na Movitel. Fonte: Movitel S.A. (2022)

Em SDH, são usados 2 sistemas (aplicações) diferentes, que são:
 - ECI LightSOFT e Huawei NMS.

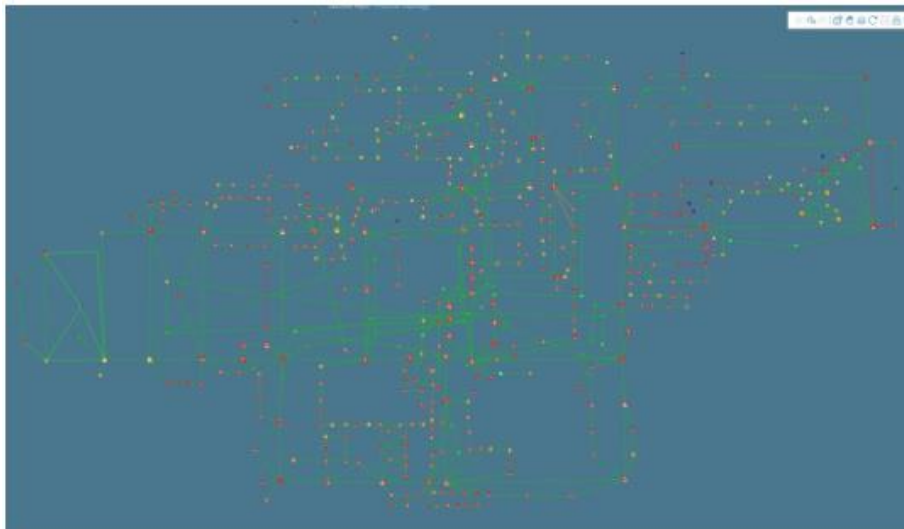


Figura 6: Sistema Huawei NMS usado para o SDH na Movitel. Fonte: Movitel S.A. (2022)



Figura 7: Sistema ECI LightSOFT usado para o SDN na Movitel. Fonte: Movitel S.A. (2022).

Para o monitoramento da rede em Huawei, são usados os equipamentos:

- OSN3500 (para backbones);
- OSN2500;
- OSN500.

Para o monitoramento da rede em ECI, são usados os equipamentos:

- XDM 300;
- BG64 e;
- BG20.

2.4. Processo de Monitoramento da Rede

2.4.1. Integração

Antes que o estagiário pudesse manusear estes sistemas, foi necessário passar por algumas fases de treinamento. A Movitel S.A. providencia um treinamento a todos os que fizerem parte dela, seja como estagiários ou novos trabalhadores. Este processo garante que todos os novos integrados tenham uma melhor compreensão do funcionamento interno da Movitel em torno da área técnica que é bastante delicada e requer muita atenção.

Dentro do NOC, existe a divisão de Transmissão designada TSS e nesta divisão, o estagiário esteve a actuar como um técnico de transmissão em torno da monitoria dos links de transmissão DWDM e SDH.

2.4.2. As responsabilidades destes técnicos são mostradas abaixo:

- 1- Fazer varredura de toda Rede (todos os sistemas);
- 2- Reportar e Processar links down (SDH & DWDM) e reportar no grupo de whatsapp Movitel Technical Part e nos grupos dos ramos das províncias;
- 3- Criar e Fechar Tickets (TT) no Gnoc. para a análise de performace da rede;
- 4- Reportar todos os links down na Rede as 7h, 11h, 17h e 22h;
- 5- Reportar e escalonar links down acima de 24h (small link) e 8h (BackBones) ;
- 6- Reportar e escalonar links sem progresso nos ramos provinciais e fazer menção aos directores;
- 7- Interagir sempre com metro sobre os links down que correm no DWDM;
- 8- Processar links com Baixa Recepção (Rx_Low);
- 9- Mandar handover no final de cada turno;
- 10- Manutenção da fibra óptica e de equipamentos de transmissão ao nível da cidade de Maputo.

2.4.3. Processo de resgate de links

Um link é nada mais que o caminho que o sinal óptico percorre de um site para o outro, por meio de um canal de fibra óptica. Estes links permitem a transmissão de informações auma velocidades até acima de 10 Gbps. Vejamos abaixo um link que é encontrado na topologia DWDM:

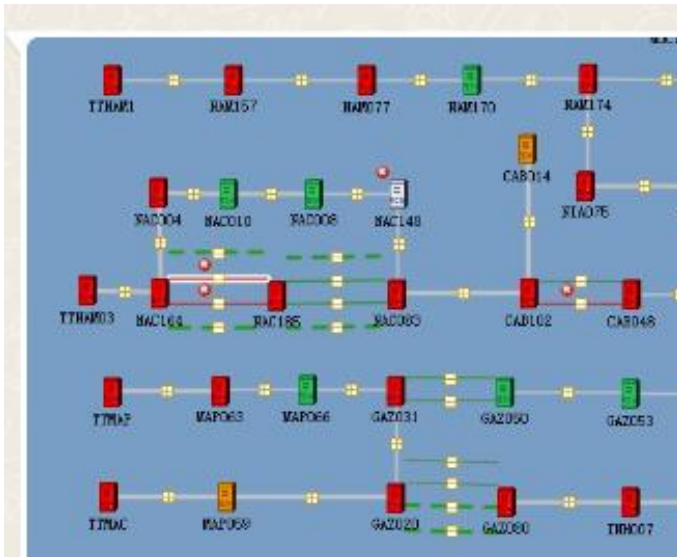


Figura 8:Link DWDM GAZ071-GAZ076. Fonte: Movitel S.A. (2022).

Existem vários motivos pelos quais estes links podem estar em baixo, como corte de fibras, equipamento defeituoso, etc. Mediante a isto, o técnico de monitoria deverá garantir, de acordo com as suas capacidades, que este link não tenha problemas. Em DWDM e SDH (Huawei e ECI), um link em baixo (down) é representado por uma linha vermelha.

Para garantir que a rede esteja boa, podemos seguir os seguintes passos (de forma resumida):

1. Fazer a varredura do sistema: isto serve para encontrarmos os problemas na rede e iremos encontrar o link down;
2. Reportar o link down: aqui, comunicamos à vários chefes, directores, vice directores provinciais, etc., que existe algum link que não está operacional. O reporte do link é feito por meio de uma mensagem de texto enviada aos grupos do whatsapp, que revela os detalhes do link que tipicamente são necessários;

Exemplo de processamento de um link caído

TRANSMISSION MOVITEL

Link: DWDM (MAIN-UNDERGROUND) NAC164-NAC185

Time Down: (19:44 06/11/2022)

Impact: Reduced protection reduced 1+2 to 1+1 BACKBONE

Result Measure: Not yet

Reason: Under-Investigation

Picture: Not yet

Time UP:Not yet

Performance: NOK

Note: Never measure from MX without remove patch cord to avoid burn module

Action: 19:45 06/11/2022 Litos-867538220/860111044 is not answering. NOC_NAC is contacting him

3. Contactar a equipa de manutenção: neste passo, deve-se falar com as pessoas responsáveis pelo resgate de cada link e comunicar os detalhes sobre o link down (hora em que caiu, número de fibras, etc), caso eles ainda não saibam por meio das mensagens enviadas para os grupos dos quais eles fazem parte;

4. Verificar o processo de resgate, ligando para as equipas, dando suporte sobre o link e pedindo mais informações sobre o trabalho que eles estarão a fazer, para resgatar o link e informar aos respectivos grupos de whatsapp que foram designados;

5. Uma vez que o link sobe, ou seja, quando está novamente operacional, deve-se informar às pessoas do ponto 2, por meio de uma mensagem, sobre os detalhes do link e como este terá sido recuperado.

2.5. Processo de resgate de um link

Após o reporte sobre um link que caiu ao técnico, em primeiro lugar, ele deve organizar todo o material necessário para o resgate do link (cabo, mansões, pá, lanterna, guarda-chuva, OTDR, máquina de corte e máquina de fusão).

2.5.1. OTDR

Para quem trabalha com rede de fibra óptica, o OTDR – Reflectômetro Óptico no Domínio do Tempo é um instrumento essencial para garantir o bom funcionamento e a qualidade

da rede. Ele permite que o provedor de internet identifique possíveis falhas com antecedência e faça a manutenção preventiva, evitando desastres. Ele serve para validar a rede, identificar o rompimento de um cabo óptico, mapear a perda do enlace em relação a distância, certificar o desempenho de novos enlaces de fibra e detectar problemas nos links existentes. Além disso, localiza falhas em enlaces ópticos longos, como nos backbones e redes metropolitanas.

Dessa forma, o OTDR garante o mínimo possível de inatividade na rede e reduz custos para o provedor de internet que passa a ter um índice menor de manutenção, reduzindo o custo operacional e o retrabalho, essencial para quem quer montar uma empresa de internet.

2.5.1.1. Como funciona

Um OTDR contém um laser de diodo, um detector de fotodiodo e um circuito de temporização de alta precisão. O laser emite um pulso de luz em um comprimento de onda específico. Esse pulso de luz viaja ao longo da fibra para testá-la, conforme o pulso viaja pela fibra. A luz transmitida às porções da fibra é refletida/refratada ou espalhada de volta pela fibra para o fotodetector do OTDR. A intensidade dessa luz que retorna e o tempo que leva para chegar de volta ao detector informa-nos acerca do valor da perda, tipo e localização de um evento no link de fibra.

Esse princípio é conhecido como dispersão de Rayleigh. Simplificando, a luz emitida pelo OTDR é refletida de volta para o equipamento e pelo momento em que a reflexão é recebida. O OTDR calcula o valor da atenuação do cabo óptico. O teste de OTDR consegue fazer o diagnóstico da condição de um cabo de fibra óptica que, de outra forma, seria impossível de ver. Isso é essencial quando o *link* contém várias emendas e conexões que podem estar sujeitas a falhas.

O OTDR é o melhor método para testar fibras ópticas durante a sua instalação, manutenção e restauração. Isso porque ele consegue tanto determinar o comprimento de uma fibra e a sua atenuação total, quanto realizar vários testes, medições e verificar

eventos. Sem o OTDR, o provedor precisa mapear trecho por trecho da rede até identificar os pontos de falha.



Figura 9:OTDR

2.5.2. Máquina de corte

No processo de fusão de fibra óptica, é muito importante que o corte da fibra realizado com a máquina de corte seja da máxima precisão e tenha o menor ângulo de corte possível. Para isso, é essencial que a máquina de corte de fibra seja da máxima qualidade, pois, caso contrário, o corte executado na fibra não será o ideal e o resultado será que, no processo de fusão, serão geradas muitas perdas na junção realizada. Se um corte não for executado corretamente, a fusão também não ficará nas devidas condições.



Figura 10:Máquina de corte

2.5.3.A máquina de fusão de fibra óptica

A máquina de fusão de fibra óptica é o dispositivo usado para realizar o processo de junção dos segmentos de fibra. Para isso, eles devem ser introduzidos limpos e clivados

(processo que corta a ponta da fibra, realizando um pequeno risco em sua casca para em seguida tracioná-la) no equipamento, com um alinhamento apropriado. Em seguida, a máquina irá gerar um arco eléctrico, que eleva a temperatura nas faces dos cabos, com o objectivo de derreter e soldar estas pontas e para formar uma única fibra óptica. O arco eléctrico é obtido a partir da diferença de potencial aplicada entre dois eletrodos de metal. Após a fusão, a fibra será revestida por resinas, com a função de dar resistência mecânica ao ponto de emenda, protegendo-o contra fraturas e quebras.

O resultado desta junção unirá então os dois fios permanentemente fim para fim, para que os dados possam passar de um cabo para outro sem quase nenhuma perda. Após a devida proteção da fibra, ela deve ser acomodada em um recipiente chamado “caixa de emenda”. Essa caixa pode ser de vários tipos, de acordo com a aplicação da fibra e a quantidade delas. Algumas são pressurizáveis e impermeáveis, outras já são resistentes ao sol, em casos de instalação aberta.

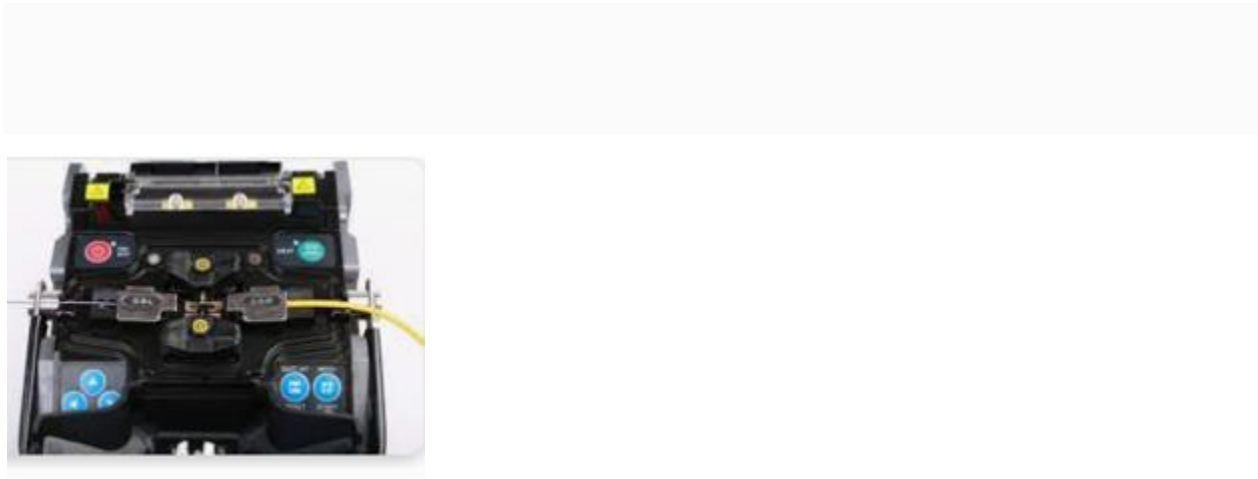


Figura 11: Máquina de Fusão das fibras (Fonte: Movitel S.A. (2022))

2.5.4. Mansão

Mansão é o local onde são introduzidas as fibras depois da sua função. Eles podem fornecer proteção para emendas de fibra e cabos de fibra, pois possuem excelente resistência mecânica e estrutura robusta, o que garante que as juntas não sejam danificadas pelo ambiente hostil.



Figura 12: Mansão (Fonte: Movitel S.A. (2022))

CAPÍTULO III - REVISÃO LITERÁRIA

3.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme a União Internacional de Telecomunicações (UIT), o serviço universal no setor das comunicações foi inicialmente uma obrigação imposta ao monopólio de empresas operadoras de telefonia, exigindo que expandissem a cobertura para prestar serviços em regiões remotas e não atendidas. (ICT, 2004) Ainda segundo a ANACON (2014), o serviço universal consiste na disponibilização de um conjunto mínimo de serviços, definido na lei, de qualidade especificada, que devem ser disponibilizados a todos os utilizadores, independentemente da sua localização geográfica e a um preço acessível.

BLACKMAN e SRIVASTAVA (2011) apontam que duas ênfases vêm sendo adotadas para se referir a esta noção:

- “Serviço universal”, que se refere à meta de que todo indivíduo ou toda residência tenha o serviço disponível para o uso privativo (como possibilidade de contratar o serviço de banda larga em todos os lares; de dispor do sinal de telefonia em todas as áreas etc.) e;
- “Acesso universal”, que se refere à disponibilidade do acesso para qualquer cidadão, através de ambientes públicos, comunitários ou centros coletivos de acesso (como quiosques, telecentros e redes sem fio abertas).

Para lidar com uma concepção mais completa os autores preferem unificar ambos os sentidos e falar em Serviço e Acesso Universal, que teria como base três premissas:

- Ser disponível (o serviço deve estar apto a ser ofertado em áreas urbanas, rurais, remotas e outras pouco habitadas através de diversos meios: pessoais, comunitários ou públicos);
- Ser acessível (todos os cidadãos podem usar o serviço, independentemente da sua localização, gênero, condição física e outras características pessoais);
- Ser adquirível (os cidadãos são capazes de comprar ou obter o serviço e o acesso a preço justo e viável).

Ao mesmo tempo, países como Japão e Coreia têm dado ênfase também a uma quarta dimensão chamada de ubiquidade: significa que todo cidadão deve poder acessar a Internet banda larga em qualquer lugar, a qualquer tempo, utilizando qualquer aparelho de sua preferência (KLEINROCK, 2003; PEPPER et al, 2009).

3.1.1. AS TECNOLOGIAS DE TELEFONIA MÓVEL

Conforme a pesquisa de ANSARI e GARUD (2009), a figura 13 apresenta as trajetórias tecnológicas de telecomunicações, e as possibilidades de uso ligadas a cada padrão tecnológico, medidas pela velocidade de transmissão das redes de telefonia (Kbps). Sendo assim é possível distinguir dois tipos de tecnologias de acordo com a maneira pela qual os sinais são transmitidos: analógica e digital. A principal descontinuidade observada nas trajetórias é a passagem do padrão analógico (1G) para o digital (2G), que se deu de maneira completa em um período pouco superior a vinte anos.

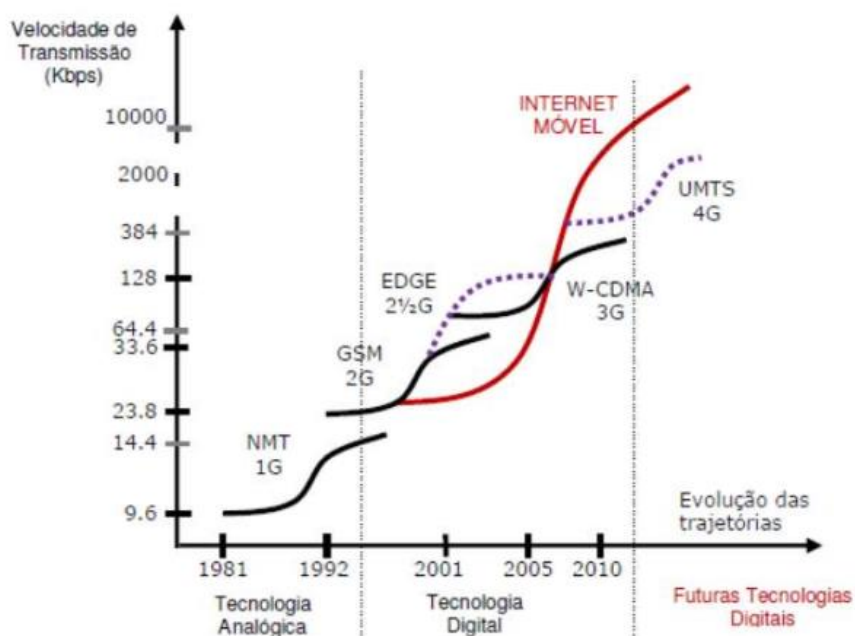


Figura 13: Evolução das trajetórias tecnológicas de telefonia móvel (fonte: ANSARI e GARUD (2009))

Os sistemas analógicos são ondas de rádio que variam em frequência e amplitude. Já os sinais digitais consistem em uma sequência de pulsos descontínuos que

correspondem aos bits digitais utilizados em computadores. Esses sinais são divididos em pacotes que são transmitidos simultaneamente a outras conversas (multiplexação). Este processo permite uma utilização mais eficiente do espectro, melhorando assim a sua capacidade. A tecnologia digital não só melhora a capacidade de transmissão, como possui outras vantagens, como:

- Protege a integridade da comunicação, pois os pulsos são mais facilmente regenerados por computadores;
- Uma transmissão de alta integridade permite que operadoras de telefonia celular ofereçam uma gama crescente de novos serviços de dados (por exemplo, SMS (Short Message Services));
- A tecnologia digital garante privacidade, pois os sinais digitais não podem ser interceptados

3.2.1. Primeira Geração (1G)

Os primeiros aparelhos m´oveis foram propostos em 1977, nos Estados Unidos (EUA). Em 1981, na Suécia, foi ofertado o primeiro serviço de telefonia movel. Quando em 1973, a Motorola patenteou o protótipo do primeiro celular, comercializado uma década depois. A comunicação sem fio é formada por dois usuários, o transmissor e recetor. Seus componentes principais são: o microfone que faz a conversão do sinal de voz de quem está transmitindo a informação em sinais elétricos, o alto-falante - que converte o sinal elétrico em sinal de voz para o recetor ouvir a mensagem que fora transmitida, o transmissor - responsável pelo envio dos sinais gerados pelo microfone para o preceptor, que por sua vez recebe esses sinais e os envia para o alto-falante. Ainda a antena, que converte sinais elétricos em ondas de rádio enviando-os de um local a outro de maneira ágil e segura (SANTOS, 2008).

- Para um melhor entendimento acerca dos sistemas celulares, alguns conceitos são importantes:
Largura de Banda: É o intervalo entre duas frequências. Sua largura é definida pela diferença entre a maior e a menor frequência.

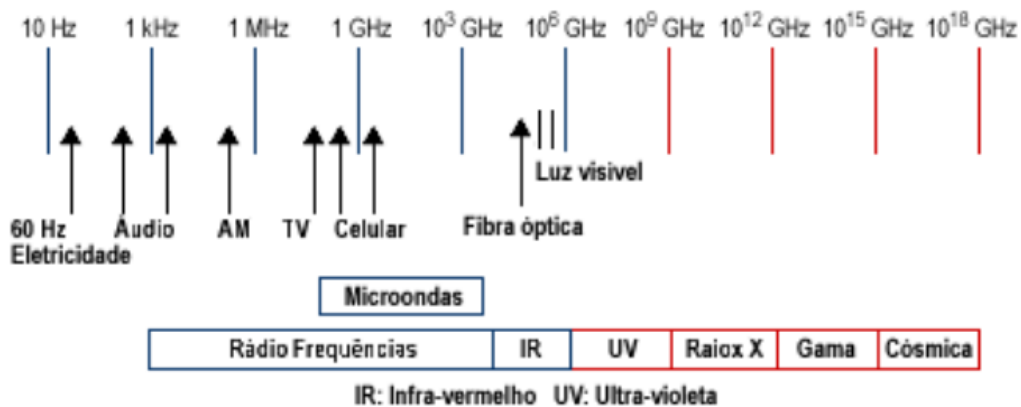


Figura 14: Espectro de frequência. (fonte: SANTOS, 2008)

- Modulação: É responsável pela modificação do sinal eletromagnético gerado, antes de ser propagado. A informação é transportada através de uma onda portadora caracterizada pela frequência, amplitude e fase. A informação transmitida é recuperada através da demodulação.
- Sinal da portadora: é um sinal analógico em forma de uma onda senoidal que será modulado, refletindo a informação que está sendo transmitida.
- Canal: É o meio de transporte usado para que a mensagem emitida chegue até o receptor.
- Base Station Transceiver (BTS): A estação transreceptora de base é um conjunto de antenas e transreceptores presentes em cada célula (SANTOS, 2008).
- Enlace: Quando a informação modulada é gerada em um ponto, depois transmitida e recebida em outro ponto temos a comunicação entre *Mobile Station* (MS) e BTS.

Cada portadora possui sua frequência definida e o transmissor tem que modular toda a informação nessa frequência. Entretanto, a informação pode estar contida em uma frequência principal, como também em frequências maiores ou menores e devido a essa variação, o canal possui uma largura de frequências, a largura do canal. Portanto, pode-se dizer que o enlace faz a conexão entre a estação transreceptora de base e a estação móvel. Quando a informação viaja da BTS para a MS, chama-se

enlace direto e de enlace reverso, se a informação parte da MS (SANTOS, 2008).
 Célula: É a região comportada por cada BTS, limitada conforme as capacidades físicas da BTS. A região que abrange um conjunto de células é chamada de *cluster* (SANTOS, 2008)

A Primeira Geração da telefonia celular, conhecida como 1G, foi um marco na história das telecomunicações, afinal surgia o primeiro telefone sem fio. Seu sucesso foi devido ao fato de todos os sistemas precursores serem centralizados, com baixa capacidade de tráfego e custo elevado. A 1G possuía tecnologia AMPS (Advanced Mobile Phone System) - sistema analógico padrão com múltiplo acesso por divisão de frequência FDMA (Frequency Division Multiple Access). Utilizava modulação em frequência (Frequency Modulation -FM) e operava na faixa UHF (Ultra High Frequency) de 800 MHz (SVERZUT, 2005 apud CARDOSO, 2008, p. 14).

Pela falta de conhecimento acerca do sistema AMPS, houve certa dificuldade de aceitação do mercado e padronização entre países. Isso influenciou tanto na implantação de arquiteturas diferentes no mesmo país quanto no surgimento de outros padrões, como por exemplo o Nordic Mobile Telephone (NMT) na Noruega e outros países nórdicos e o Nippon Telephone and Telegraph (NTT) no Japão. O Brasil adotou o padrão norte-americano, o AMPS (PAULA; ABE, 2013).

Tabela 1: Principais características da primeira geração. (Fonte: PAULA; ABE, 2013)

Característica	NTT	NMT	AMPS
Banda	925-940/870-885	890-915/917-950	824-849/869-894
RL/FL ¹	915-918,5/867-870		
Espaço da portadora	25/6,25	12,5 ²	30
Frequência (kHz)	6,25 6,25		
Número de canais	600/2400 560 280		
Modulação	FM	FM	FM

3.2.1.1. FDMA

Todos esses sistemas de Primeira Geração são baseados em FDMA. O FDMA é uma técnica onde a largura de banda é dividida em frequências. Cada telefone possuía um canal de voz e um par de frequências de rádio, um para Recepção e outro para o envio de informações. Esse tipo de transmissão recebe o nome de full-duplex. Tanto os canais de voz quanto os de sinalização ocupam individualmente a largura na faixa de 30 kHz (canal), como mostra a Figura 15 (ALENCAR, 2013).

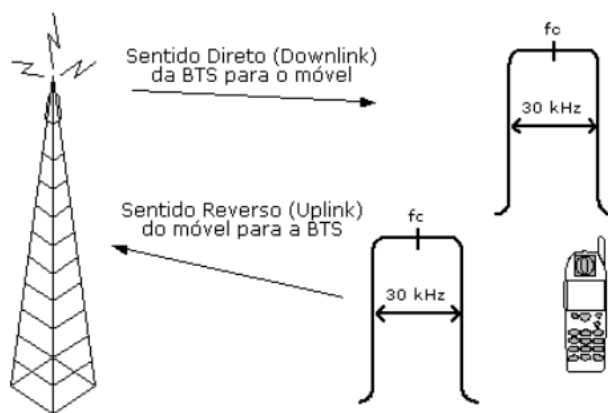


Figura 15: Transmissão em FDMA (Fonte: ALENCAR, 2013),

Entretanto, esse canal não pode ser usado simultaneamente por mais de um usuário, nem outras conexões podem ser feitas a menos que seja transferida para outro canal. Assim, o FDMA diferencia a conversação dos diferentes usuários, colocando cada um em uma sub-faixa de frequência diferente. A disposição dos canais pode ser observada na Figura 16. (ALENCAR, 2013).

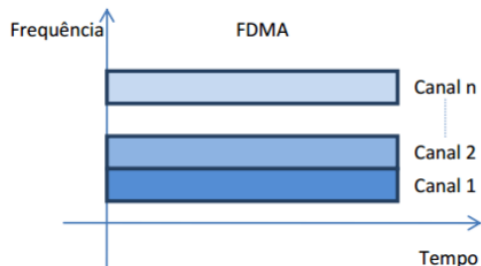


Figura 16: Canais FDMA (Fonte: ALENCAR, 2013).

3.2.1.2. AMPS

Com a configuração AMPS, também conhecida por IS-54, foi adotada uma banda de 20 MHz, tanto para emissão quanto para Recepção dos dados. As bandas foram alocadas na região do espectro de 800 MHz, pois o uso de frequências baixas implicaria no aumento da dimensão das antenas dos aparelhos e frequências muito altas acarretaria numa alta atenuação (TAKEDA, 2013).

Cada canal possui a banda de enlaces direto (downlink) e reverso (uplink).

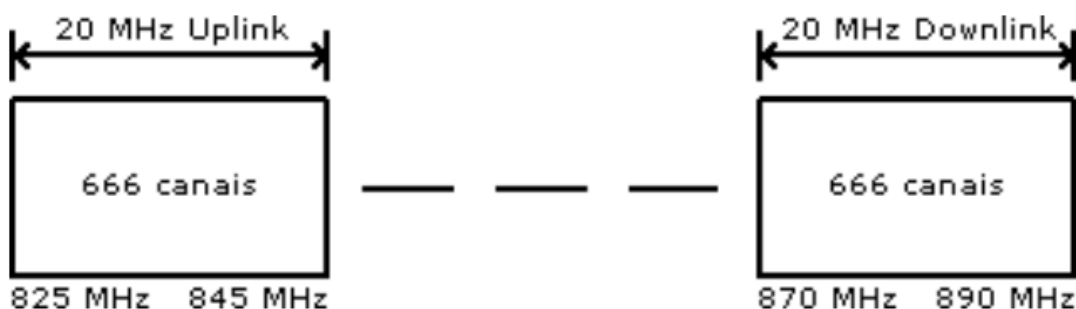


Figura 17: AMPS - Divisão das bandas (TAKEDA, 2013)

A Figura 17 mostra a divisão das bandas AMPS, onde cada banda possui largura de 20 MHz e 666 canais tanto para downlink quanto uplink e cada canal só suporta um usuário por vez. Graças ao sucesso, os canais foram se esgotando. Daí, houve uma ampliação das faixas para suprir a quantidade de usuários. No entanto, essa medida foi ineficaz. Ainda, a preocupação com a segurança era um fator preponderante. A segurança era considerada fraca, pois não possuía criptografia e a frequência podia ser facilmente manipulada. Além de outras desvantagens como limitação do espectro de

frequência - exigência da largura de banda considerável para usuários simultâneos, linhas cruzadas e interferências causadas por ruídos. Com a utilização de equipamentos especializados, podia-se escutar e reproduzir conversas alheias, ou ainda, capturar o Eletronic Serial Number (ESN) e o Mobile Identification Number (MIN) que faziam a autenticação do usuário ao sistema, gerando transtornos aos usuários.

Devido a proporção tomada por essas vulnerabilidades e pelo aumento significativo do número usuários, as operadoras chegaram a conclusão que os sistemas analógicos tornaram-se inviáveis. Surgindo assim a Segunda Geração de telefonia móvel.

3.2.2. Segunda Geração (2G)

Com a saturação dos sistemas analógicos na década de 90, a Segunda Geração (2G) é marcada pela introdução dos sistemas digitais. Os EUA precisavam de uma maior capacidade e a Europa queria padronizar os sistemas para o Mercado Comum Europeu (MCE). Houve melhoria nos aspectos técnicos e comerciais, bem como na oferta de serviço. Apresentando maior capacidade de transmissão, sinais de voz de qualidade agora livres de ruídos e comunicação de dados com possibilidade de criptografia em sua transmissão (FERNANDES, 2010).

O espectro de radiofrequência tornou-se mais eficiente, possibilitando a oferta de novos serviços, como a criação de envio de dados como o Short Messages Service (SMS) e e-mail. Novidades também na transmissão de voz: comunicação simultânea de chamada, permitindo que duas chamadas pudessem ser feitas ao mesmo tempo ou até mesmo colocar uma chamada em espera e envio de notificação caso o dispositivo estivesse ocupado (MENDES, 2013).

No final de 1994, o serviço de celular digital era utilizado por cerca de 5 milhões de usuários. Como resultado, surgiram os sistemas Time Division Multiple Access (TDMA) IS-136 e Groupe Speciale Mobile/Global System for Mobile Communications (GSM) na Europa, Code Division Multiple Access (CDMA) - IS-95 nos EUA e o Japanese Personal Digital Cellular (PDC) no Japão (WIRELESSBR, 2010 apud CORNELIO 2011, p. 25)

3.2.2.1.TDMA

O TDMA, também conhecido como Digital - Advanced Mobile Phone System (DAMPS) foi desenvolvido com base no AMPS, utilizando a mesma banda de frequência de 800 MHz e podendo ser considerada a primeira tecnologia de Segunda geração. Foi o padrão adotado no Moçambique, fazendo uso da mesma largura de canal (30 kHz) que seu antecessor, com aumento na capacidade e desempenho do sistema. Quando comparada ao FDMA, o TDMA apresenta uma melhoria em relação ao espectro. A frequência é dividida em até seis intervalos de tempo onde um desses espaços é utilizado para impedir interferências. Cada canal analógico com largura de banda de 30 kHz é dividido em três canais digitais, triplicando a capacidade desse sistema. Dessa forma, é possível realizar três chamadas simultâneas utilizando o mesmo canal e permitido que cada usuário durante sua chamada tenha acesso total ao seu canal de frequência. Assim como o AMPS, o D-AMPS usa o intervalo de espectro de 800 MHz (1900 MHz para EUA), onde metade da banda é usada para receber o sinal dos telefones e a outra metade para enviá-lo, os dois padrões principais são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2:padrões principais da 2G. (FERNANDES, 2010)

Características	TDMA	AMPS
Largura do canal	30 kHz	30 kHz
Frequência do enlace direto	869 a 894 MHz	869 a 894 MHz
Frequência do enlace reverso	824 a 849 MHz	824 a 849 MHz
Largura de banda disponível	25 MHz	25 MHz
Espaçamento entre canais	45 MHz	45 MHz
Número máximo de canais	2496	2496
DCC	Sim	Não

Como mostrado acima, os padrões IS-136 e IS-54 possuem as mesmas características, exceto que o IS-136 possui um canal de controle digital (DCC) que oferece suporte para transferência de mensagens curtas, mensagens de broadcast, endereçamento de grupo, grupos de usuários privados e estruturas hierárquicas de células. Há uma economia de

energia maior quando comparado com o IS-54, pois os canais são divididos em *slots* de energia, fazendo economizar bateria e consequentemente aumentar sua duração (SVERZUT, 2005 MENDES, 2013, p. 5). Um canal TDMA possui 1944 bits, ou seja, cada divisão de canal conta com 324 bits. Esses canais são classificados em full-rate ou half-rate. Os canais full-rate reservam dois slots, um para o uplink e o outro para o downlink. Portanto, ao invés de seis usuários, são suportados apenas três. Nos canais half-rate, cada slot alterna entre downlink e uplink, fazendo com que a taxa de transmissão de dados se reduza a metade e o número de usuários seja duplicado. Os canais são divididos da seguinte forma:

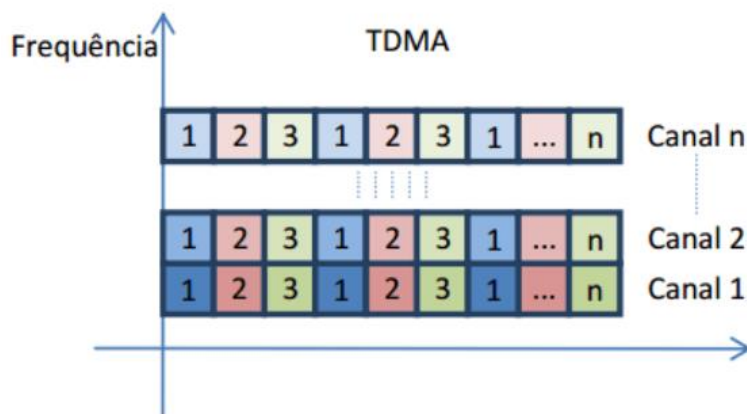


Figura 18: Canais TDMA (SVERZUT, 2005 MENDES)

O sistema Personal Digital Cellular (PDC), por exemplo, é um padrão utilizado no Japão e tem como base o TDMA. Com estrutura e características semelhantes ao TDMA ele opera nas frequências de 800 MHz e 1500 GHz, possui 3 slots multiplexados em cada portadora - como o IS-54, espaçamento dos canais de 25 kHz e taxa da sinalização de 42 kbps (PDC, 2013).

A compatibilidade entre as redes AMPS e TDMA garantiu que usuários tanto da rede analógica quanto da digital pudessem se comunicar entre si.

3.2.2.2. GSM

Nos anos 80, os países europeus utilizavam tecnologias diferentes e incompatíveis entre si. A tentativa de padronização e o aumento da demanda por serviços de

telecomunicações fez com que fosse criada a Conference Europeene Postes end Telecommunications (CEPT) tendo como resultado o surgimento da tecnologia GSM, que fora lançada na Europa em 1991 e adotada por boa parte do mundo. Ao conseguir atingir uma grande demanda de usuários, a maioria dos investimentos foram voltados a tecnologia GSM, aumentando sua produção e atraindo investidores. Com isso, o mercado tornou-se competitivo, fazendo os preços reduzirem e aumentando a acessibilidade. O GSM opera na faixa de 900 a 1800 MHz e utiliza uma combinação de técnicas de acesso FDMA e TDMA. Possui largura de banda de 120 kHz subdividida em oito intervalos de tempo, permitindo até oito conversas simultâneas, ou seja, oito usuários em cada canal. Sua faixa de operação depende do padrão GSM implantado (RODRIGUES; AZEVEDO, 2015).

Os principais padrões são mostrados a seguir:

- Padrão P-GSM: faz uso de frequências na banda de 900 MHz, variando de 890 a 960 MHz. Possui distância entre o uplink e downlink de 20 MHz, largura de banda com 25 MHz e suporta 125 canais de radiofrequência. E também chamado de GSM ´ primário (SANTOS, 2008).
- Padrão E-GSM: conhecido como GSM estendido, esse padrão passa a utilizar frequências de 880 MHz. A distância entre o uplink e downlink é de 10 MHz, gerando uma largura de banda maior que a do padrão anterior. Assim, tem 50 canais extras, ou seja, suporte de até 175 canais de radiofrequência (SANTOS, 2008).
- Padrão R-GSM: seu principal objetivo é aumentar a capacidade dos canais de radiofrequência. E também chamado de GSM 900 ampliado e faz uso de um espectro que varia de 876 a 960 MHz. A distância entre os enlaces direto e reverso é de apenas 6 MHz, com 39 MHz de banda passante, suportando 195 canais de radiofrequência (SANTOS, 2008).
- Padrão GSM 1800: Foi o padrão implantado no Brasil. E também conhecido como DCS 1800 e trata-se de uma adaptação do sistema GSM 900. Houve ampliação de banda para 75 MHz e sua faixa de operação é de 1,9 GHz, com variação de 1710 a 1880 MHz. Possui 375 canais de RF e foi criado para implementar Redes

de Comunicações Pessoais (PCN - Personal Communication Networks) (SANTOS, 2008)

- Padrão PCS 1900: opera na faixa de 1,9 GHz, variando entre 1850 e 1990 MHz e oferece um maior número de serviços aos usuários. A distância entre os enlaces direto e reverso é de 20 MHz, gerando 300 canais de RF (SANTOS, 2008). Dentre as características do GSM, o grande destaque é o uso de cartões de memória Subscriber Identity Module (SIM), que permitem a portabilidade de dados como o número da linha e agenda. A segurança era uma vantagem em relação as outras tecnologias, pois o equipamento móvel agora possuía identificação por International Mobile Equipment Identity (IMEI) e o cartão SIM possuía International Mobile Subscriber Identity (IMSI). Ainda era possível o uso de senhas pessoais para acesso (TAKEDA, 2013).

Os principais elementos presentes na arquitetura GSM são mostrados a seguir e esquematizados na Figura 2.6:

- **Mobile Station (MS):** É o equipamento responsável pela comunicação, podendo ser um celular ou qualquer outro equipamento que faça uso da rede GSM para o envio e Recepção de dados. Sua movimentação ao longo das células é capaz de medir a potencia do sinal e solucionar possíveis problemas (ALENCAR, 2013);
- **International Mobile Subscriber Identity (IMSI):** A identidade internacional do assinante móvel é o número que faz a identificação do usuário na rede. Esta armazenado no cartão SIM e é transmitido na inicialização da chamada. E formado pelos códigos MCC (Mobile Country Code), MNC (Mobile Network Code) e MSIN (Mobile Subscriber Identification Number) (ALENCAR, 2013);
- **Subscriber Identity Module (SIM):** É basicamente a identidade do usuário e fornece a identificação da MS para conexão na rede. O número do assinante é armazenado na operadora de telefonia celular (ALENCAR, 2013);
- **Base Station Controller (BSC):** O controlador de estação base faz o controle e gerenciamento dos BTSs. Controla a frequência, gerência o handover (troca de células) e o nível de potência das BTSs. Ainda, faz a interconexão entre os canais de radiofrequência com os estações móveis (ALENCAR, 2013);

- **Network Switching System (NSS):** O sistema de comutação da rede gerencia a base de dados dos usuários, funções de comutação e controle de mobilidade. Possui uma central de comutação móvel, registro de localização local, de visitante, identidade do equipamento e centro de autenticação (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009);
- **Mobile services Switching Center (MSC):** A central de comunicação móvel é responsável por processar as chamadas, supervisionar o sistema GSM, tarifação e interconexão entre a rede GSM e as demais redes (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009);
- **Home Location Register (HLR):** Administra a base de dados dos assinantes de determinado local. Cada operadora possui seu HLR onde os assinantes são cadastrados. Nesse cadastro, constam informações como IMSI, chave de autenticação, bem como a localização do aparelho (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009);
- **Visitor Location Register (VLR):** O registro de localização de visitante mantém informações sobre os assinantes visitantes que estiverem conectados à rede durante determinado tempo (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009).
- **Authentication Center (AuC):** O centro de autenticação é instalado junto ao HLR e faz a autenticação e criptografia na rede (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009);
- **Equipment Identity Register (EIR):** É a base de dados onde fica localizado o IMEI e pode ser de três tipos. A chamada, lista branca, contendo todos os IMEIs e MSs que podem fazer uso do sistema, a lista negra onde seus usuários Não podem usar o sistema por motivos de roubo de MS, por exemplo. E por fim, a lista cinza onde consta os usuários com pendências (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009);
- **Base Station Transceiver (BTS):** A estação transreceptora base é um conjunto de antenas e transreceptores presentes em cada célula da rede GSM. Fica localizada no centro da célula e seu tamanho é de acordo com a necessidade. Cada célula pode conter até dezasseis transreceptores, onde cada transreceptor representa um canal GSM (ALENCAR, 2013);

- **Operations and Maintenance System (OMS):** É o sistema de operação e manutenção que inspeciona remotamente os elementos presentes na rede GSM (ALENCAR, 2013);
- **Public Switched Telephone Network (PSTN):** A rede pública de telefonia comutada faz a identificação da rede telefónica designada ao serviço telefónico. Inicialmente era uma rede de linhas fixas e analógicas. Agora é digital e inclui serviços de telefonia móvel.

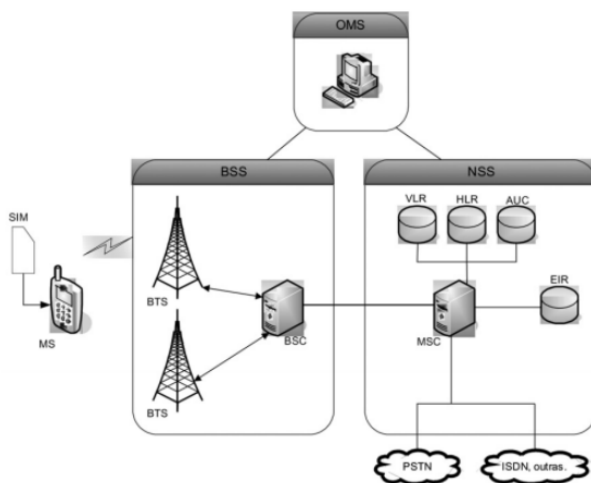


Figura 19:Arquitetura da rede GSM (PIROTTI; ZUCCOLOTTO, 2009)

Conforme o aumento da demanda, a necessidade na melhoria e oferta de novos serviços foi crescendo. Com isso, essa tecnologia pode ser dividida em três fases. A primeira consistia em apenas serviços básicos como telefonia (voz), chamadas de emergência, SMS ponto a ponto e ponto multiponto, dados síncronos ou assíncronos com transmissão desses pacotes de dados. A fase dois é marcada pela melhoria no serviço SMS e criação de serviços de e-mail, serviços de dados, transmissão síncrona e dedicada a pacotes e adição de serviços como identificador de chamadas, chamada restrita e teleconferência. Já a terceira fase é aquela que introduziu o serviço de dados por pacotes em altas taxas de transmissão, originando o General Packet Radio Service (GPRS) e Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE) (SANTOS, 2008).

3.2.2.3.GPRS

No GPRS os dados são divididos em pacotes, oferecendo velocidades máximas de 115 kbps e taxa de transferência de 30 a 40 kbps. Assim, permite uma conexão permanente sem necessidade de entrar no sistema toda vez que desejar o acesso, dessa forma os usuários pagam apenas pelos dados e Não pelo tempo de uso. A criação da rede GSM fez com que as operadoras pudessem testar e implementar novos serviços. Para isso, foram feitas algumas modificações na rede GSM, apelidada de rede GSM + GPRS e mostrada na Figura 20. (SANTOS, 2008)

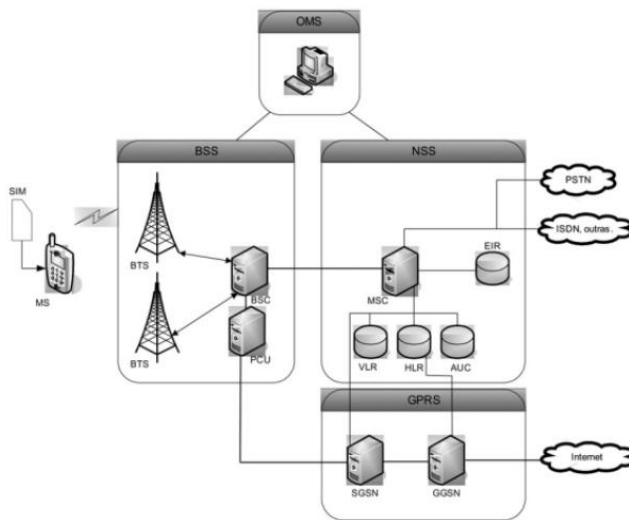


Figura 20:Arquitetura da rede GSM + GPRS. (SVERZUT, 2005)

- **Packet Control Unit (PCU):** a rede GPRS ao ser usada faz a transferência de pacotes de dados através da PCU, os enviando para o SGSN. Já o tráfego de voz se mantém como no GSM, passando do PSC para o MSC (SVERZUT, 2005);
- **Serving GPRS Support Node (SGSN):** É responsável pelo acesso das MS à rede GSM. Gerência a mobilidade da MS e registra informações a nível de localização e segurança (SVERZUT, 2005);
- **Gateway GPRS Support Node (GGSN):** faz a conexão da rede GPRS com as redes de dados externas. Direciona o pacote de dados de acordo com as

informações de roteamento dos usuários conectados, fazendo a manutenção dessas informações, mapeamento de endereço de rede e assinante, como também das classes de qualidade do serviço (QoS) (SVERZUT, 2005).

Atualmente, é responsável pelo acesso à internet da maioria dos smartphones e celulares, oferecendo a maior cobertura móvel (RODRIGUES; AZEVEDO, 2015).

3.2.2.4. EDGE

A EDGE é uma extensão do GPRS, com uma modulação modificada que permite o aumento da capacidade de transmissão do canal. Surgiu por volta de 2003 na América do Norte, também conhecida como Enhanced General Packet Radio Services (EGPRS). Pode transmitir dados a até 384 kbps, com taxas de 110 e 120 kbps, o que permite serviços de dados mais avançados como transmissão de áudio e vídeo e acesso à internet em alta velocidade, se comparado as tecnologias antecessoras. Ainda, pode ser adotada em áreas rurais devido a sua qualidade de propagação, podendo ser implementada nas bandas mais comuns (NIKOLOFSKI, 2011). Sua implantação em infraestruturas GSM e GPRS é simples, com mudanças apenas na MS e BTS. Esse sistema não precisa de alterações a nível de hardware ou software, apenas a instalação de transreceptores compatíveis com o padrão, sendo necessária a troca do aparelho. Utiliza nove esquemas de codificação por voz, que permite otimizar o sistema e aumentar a taxa de transmissão de dados. Embora não reconhecido como um novo sistema de rede móvel pela União Internacional de Comunicações (UIT), o uso do GPRS e EDGE ficou conhecido como segunda geração e meia (2,5G), pois essas duas tecnologias ofereceram aos usuários maior cobertura, melhoria na qualidade do sinal e na velocidade de transferência de arquivos. As principais diferenças entre o GSM, GPRS e EDGE são mostradas na Tabela 3:

Tabela 3 principais diferenças entre o GSM, GPRS e EDGE, (NIKOLOFSKI, 2011)

Tecnologia	Serviço de dados	Taxa de Transmissão Máxima por ITCs ⁴ (kbits/s)	Taxa de Transmissão Máxima por 8 ITCs (kbits/s)
GSM	Voz por comutação de circuito	13 - 14,4	13 - 14,4
GPRS	Voz por comutação por pacotes	13 - 21,4	13 - 171,2
EDGE	Voz por comutação por pacotes	13 - 59,2	13 - 473,6

3.2.2.5. CDMA

O CDMA foi desenvolvido nos EUA. A princípio, essa tecnologia era de uso militar, sendo utilizada para comunicação entre aviões de caça e rádio controle de mísseis teleguiados. Tem como base a propagação de espectros, permitindo que todos os usuários possam ocupar os canais de frequência simultaneamente. Assim, para cada dado de voz é atribuído um código, permitindo a diferenciação dos assinantes no mesmo espectro. As transmissões são propagadas por toda a banda, permitindo maior eficiência de largura de banda e maior número de canais potenciais (TAKEDA, 2013). Possui a frequência da largura de banda de 1900 MHz, semelhante ao GSM nos EUA. Esse sistema permite que todos os usuários tenham a taxa de transmissão de dados de 9,6 kbps e façam uso da mesma frequência de 1250 kHz, como no GSM. Seu espectro possui a taxa de transmissão máxima de 1,23 Mbps, permitindo 131 conexões, enquanto o GSM faz apenas 48 (TAKEDA, 2013). As chamadas com CDMA são seguras, garantindo a privacidade dos assinantes. Esse tipo de criptografia pode ser feito nos sistemas GSM e TMDA, entretanto, se faz necessário adicionar as suas arquiteturas um estágio extra de criptografia, inerente no CDMA. Apresentando melhoria na velocidade das transmissões de dados e oferta de serviços mais complexos, surge a Terceira geração de telefonia móvel.

3.2.3. Terceira geração (3G)

Em 2000, foi realizado no Reino Unido o primeiro leilão de espectro de 3G na Europa. Entretanto, nem todos os países atribuíram suas licenças dessa forma. A venda da nova tecnologia possibilitou a criação de um novo mercado, mas os serviços oferecidos ainda estavam abaixo das expectativas. Pode-se dizer que a Terceira geração é a ascensão da tecnologia 2G e se caracteriza pela oferta de banda larga sem fio. O perfil dos usuários sofreu uma mudança, eles não mais se contentavam em realizar chamadas e enviar mensagens. Visando adaptar-se as novas necessidades dos assinantes, a 3G permite acesso à internet e serviços de multimídia, havendo um aumento significativo na capacidade de voz e suporte a serviços, como também taxas de dados muito superiores se comparada com a 2G.

A International Telecommunications Union (ITU) começou a solicitar propostas para os sistemas 3G ainda nos anos 90. Tinha como objetivo padronizar a nível mundial a comunicação móvel, visando reduzir os custos tanto para as operadoras quanto para os assinantes. Para isso, foi escolhido o CDMA como técnica de acesso na maioria dos sistemas 3G, que ficou conhecido como International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000).

A oferta de novos serviços implica em uma melhoria na eficiência espectral, ou seja, maior taxa de transmissão por faixa de frequência, prevendo velocidades de até 2Mbps. Possui largura de banda 5 a 20 Mbps, frequência de banda 16 de 25 GHz, 64 – 144 kbps em ambientes veiculares, 384 kbps em ambientes pedestres e 2 Mbps para o terminal parado. Permite transferência de arquivos via internet, possui melhoria na qualidade de voz e serviços online semelhantes às redes fixas de banda larga (MENDES, 2013). No requisito segurança, a tecnologia 3G mostrou avanços como adição de novas técnicas de autenticação, aumento no tamanho das chaves - de 64 para 128 bits e a criação de algoritmos de autenticação, cifragem e integridade. A 3G se baseia em dois sistemas de transmissão, o Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) e o CDMA-2000. A diferença entre esses sistemas é que o CDMA-2000 opera de modo síncrono, alcançado devido ao uso de uma referência, Global Positioning System (GPS), enquanto o UMTS utiliza uma operação de rede assíncrona. O UMTS e o CDMA-2000 possui

características em comum como propagação complexa, serviço com pacote de dados, detenção multiusuário e multitaxa de transmissão (TAKEDA, 2013)

3.2.3.1. UMTS

A UMTS tem como principal objetivo realizar a padronização das comunicações pessoais, mantendo a qualidade dos serviços da rede fixa. Sua arquitetura foi desenvolvida pelo grupo Third Generation Partnership Project (3GPP), aliança norte-americana, europeia e asiática voltada a produção e viabilização do padrão. Foi lançado no Japão em 2002 e de acordo com o fórum AMPS, já possuía cerca de 33 milhões de usuários em 2005. Nesse sistema, há um reconhecimento das aplicações que se adaptam a taxa de transmissão necessária, possibilitando seu uso em tempo real. Utiliza uma banda que apresenta a mesma capacidade tanto para upload quanto para download, melhorando serviços de conversas em tempo real, por exemplo. Faz uso do CDMA de Sequência Direta (DS-SS) como método de múltiplo acesso, possui vários terminais na mesma banda de frequência, mas com códigos diferentes no espectro. Tem como modo de operação o Frequency Division Duplex (FDD), com canais de 5 MHz separados operando numa faixa de 1900 MHz com velocidades médias de 220 a 320 kbps e ainda possui compatibilidade com as tecnologias GPRS e EDGE. Permite o uso de alguns protocolos de transporte, empregados de acordo com a disponibilidade, qualidade da recepção e aparelho: o WCDMA e o High Speed Packet Access (HSPA) (MENDES, 2013).

3.2.3.2. Arquitetura UMTS.

A arquitetura das redes UMTS pode ser dividida em duas partes: o sistema de rádio terrestre (Radio Access Network) e a CN Core Network (UTRAN - UMTS) (GUEDES; VASCONCELOS, 2009).

O UTRAN é formado por BTSs (também chamado de node-B) que faz a comunicação com os usuários, não tendo função no sistema UMTS. O controle é feito através de Radio Network Controller (RNC), que também é responsável pela comunicação com a Core Network. A Core Network por sua vez, é formada pela Media GateWay (MGW),

peelo Serving GPRS Support Node (SGSN) e pelo Mobile Switching Center Server (MSC Server). Suas funções são gerenciamento de tráfego, roteamento e comunicação dentre múltiplos protocolos (GUEDES; VASCONCELOS, 2009).

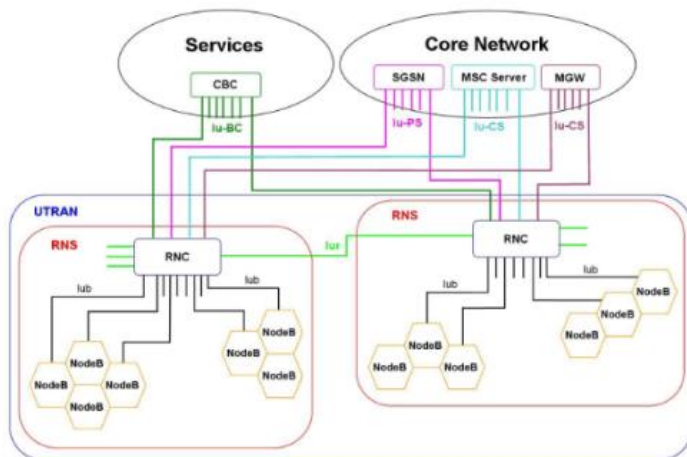


Figura 21: Esquema da arquitetura UMTS: (GUEDES; VASCONCELOS, 2009)

3.2.3.3. WCDMA

O WCDMA é uma tecnologia de banda larga de alta capacidade que faz uso de comunicações via rádio digital, baseada em Internet Protocol (IP). Quando comparada com a Segunda Geração, possui custo reduzido para serviços de voz e dados e maior capacidade de rede. Se comparado com a tecnologia EDGE, o WCDMA oferece bom tempo de latência, sendo o padrão utilizado por oito das dez maiores operadoras do mundo (MENDES, 2013).

Utiliza um método de acesso por código, com suporte de voz e dados a taxas máximas de até 2 Mbps e um canal de rádio portador de 5 MHz. Possui faixas de frequência de 1900 MHz, permitindo até 100 usuários simultâneos. É considerado a melhor opção para o grande volume de dados e usuários, pois apresenta menor custo por bit transmitido para taxas de bits mais elevadas. Sua arquitetura tem como referência o modelo 3GPP, possuindo os seguintes componentes: User Equipment (UE), UTRAN, CN e redes externas ao WCDMA (CARDOSO, 2008). A arquitetura WCDMA é mostrada na Figura 22.

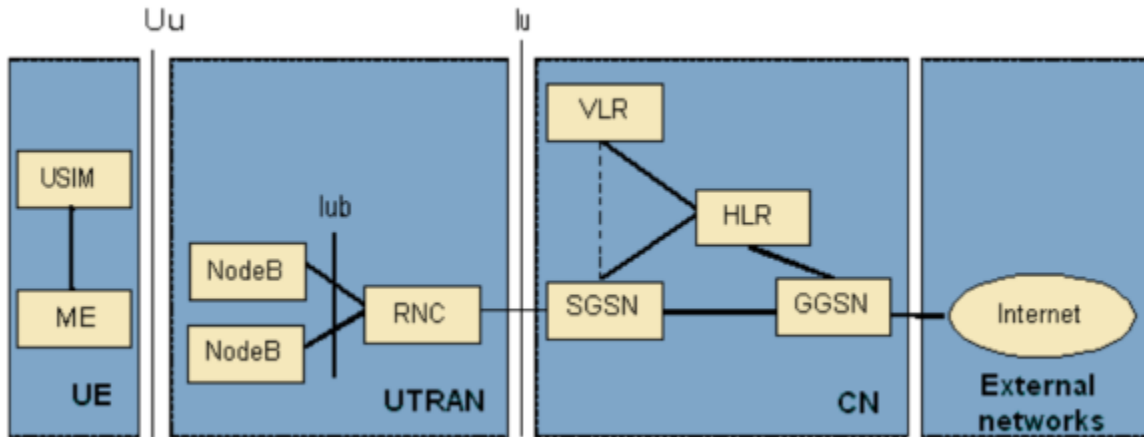


Figura 22:Arquitetura WCDMA (CARDOSO, 2008)

Sendo Uu a interface de rádio entre o equipamento do usuário (UE) e sua UTRAN e Iu a interface entre a UTRAN e CN. Já o GGSN se trata de uma interface com a internet (CARDOSO, 2008)

3.2.3.4. HSPA.

O HSPA é uma evolução da tecnologia UMTS. Possui melhoria na velocidade de acesso à rede e transmissão de dados, como também aumento de sua capacidade. É considerado como a junção de duas melhorias: a taxa de download e a taxa de upload. A taxa de download é chamada de High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) e a de upload de High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) especificadas nas versões 5 e 6 do 3GPP, respectivamente. O HSDPA é um protocolo que permite maior taxa de dados e menor atraso, ou seja, reduz a latência e aumenta a taxa de download da rede. Permite que o WCDMA utilize taxas de até 10 Mbps usando a mesma banda de 5 MHz. Para isso, adota modulação superior ao WCDMA e possuem smart antennas, que se adequam aos ruídos e interferências (GUEDES; VASCONCELOS, 2009).

3.2.4.Quarta Geração (4G)

A tecnologia de Quarta Geração começou a ser usada no Japão em 2007. Ela permite a comunicação bilateral de voz, vídeos e dados, apresentando maior qualidade no serviço aos usuários móveis. Assim, mesmo que o usuário esteja em movimento, seu sinal de internet não é significativamente reduzido. Tem como principal vantagem altas taxas de transferências de dados, podendo atingir velocidades na ordem de dezenas de megabits. Faz uso do IP, sendo composta por redes de celulares e outras redes sem fio (wireless) - computadores e operadoras de televisão (CORDEIRO, 2012).

O IP agrega técnicas de segurança que antes eram somente usadas no core da rede e permite que diversos usuários possam acessar a internet a fim de obter serviços como dados, fotos e vídeos em qualquer local, e ainda poder realizar chamadas de alta qualidade, através da tecnologia Voice over Internet Protocol (VoIP). A ITU especificou que os requisitos de velocidade para o padrão 4G devem ser de 100 Mbps para conexões móveis e 1 Gbps para conexões fixas com taxas de transmissão de 20 a 40 Mbps, bem como possuir maior eficiência espectral, melhor latência e mobilidade (TAKEDA, 2013).

A tecnologia é considerada 4G quando for reconhecida como um sistema International Mobile Telecommunications - Advanced (IMT - Advanced). Apesar de não preencher todos os requisitos da ITU, em 2010, as tecnologias LTE (Long Term Evolution) – Advanced e Wireless MAN - Advanced foram comercializadas no mercado como sendo de Quarta Geração, fazendo parte do Worldwide Interoperability for Microwave Access (WIMAX) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.16 e do 3GPP.

Tabela 4: mostra os dois principais padrões para redes 4G (TAKEDA, 2013)

Características	UMTS	Outras
Interface Rádio	LTE	WIMAX
Banda por portadora	20 MHz	20 MHz
Evolução das operadoras que utilizam	GSM	TDMA
Orgão que define a padronização	3GPP	3GPP2

O padrão IEEE 802.16 foi criado com a finalidade de atender os requisitos mínimos necessários da rede 4G, sendo compatível com as versões anteriores. Possui suporte de frequências em todas as faixas IMT abaixo de 6 GHz e foi projetado para ser usado em ambientes cujas características de propagação são instáveis com modulação adaptativa. A Figura 23 mostra a evolução das tecnologias digitais até alcançar o 4G

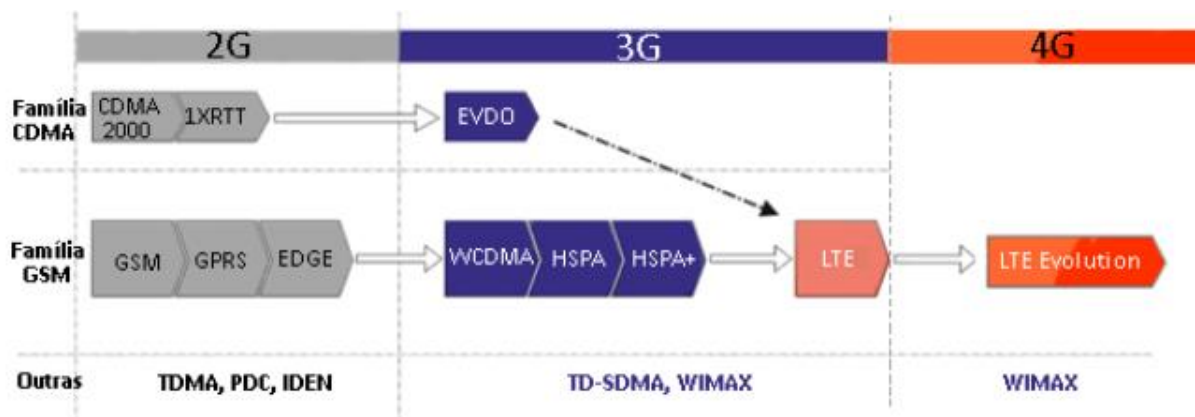


Figura 23: Evolução das Tecnologias digitais até a 4G (TAKEDA, 2013)

3.2.3.1. LTE

O LTE é uma evolução do HSPA. Criado pela 3GPP, ele é o primeiro padrão que apresenta o OFDMA como técnica de acesso. O OFDMA possui diversas aplicações como padrões de TV e rádio digital, redes Wireless Fidelity (WiFi) e WIMAX - consiste na divisão de banda em diversas subportadoras, se tornando mais resistente a interferências. O LTE oferece taxas de download que podem alcançar cerca de 100 megabits por canal, utilizando uma faixa de frequência de 20 MHz que pode sofrer alterações, pois o LTE foi especificado para trabalhar também com canais de 1.4, 3.5, 10 e 15 MHz. Seu grande destaque quando comparado ao 3G é a melhoria no desempenho, tendo como objetivo aumentar a competitividade e o investimento do mercado. Por ter como base o protocolo IP, a arquitetura do LTE possui uma estrutura simples e integrada com as demais redes baseadas no IP, conhecida como Evolved Packet Core (EPC). Essa tecnologia também possui automação nos processos de rede o Self-Organizing Network (SON), que permite a configuração e sincronização com redes

adjacentes. Outra característica importante é que o uso do LTE torna a transmissão em vídeo High Definition (HD) viável, assim como aplicações por meio da internet móvel (GUEDES; VASCONCELOS, 2009).

3.2.5.A Quinta Geração (5G)

Devido a evolução da telefonia móvel, hoje as redes móveis possuem um grande tráfego de informações, causando congestionamento e lentidão. A tecnologia de Quinta Geração é apelidada pela Mídias como “A tecnologia do futuro”. Autores ainda afirmam que a 5G vai mudar a vida do usuário. Com previsão para ser lançada em 2020, a expectativa é que a 5G traga a estrutura necessária para que a internet das coisas seja uma realidade no mundo, prevendo dispositivos conectados e comunicando-se entre si, como carros autônomos e casas inteligentes. Assim como as tecnologias precursoras, a implantação das redes 5G também contam com dificuldades como o grande crescimento de usuário por área, problemas na transmissão por estação de rádio base e cobertura das células, falta de manutenção nos estações ocasionando em problemas no envio de sinal, além das dificuldades burocráticas para a instalação de novas estações (MENDES, 2013).

CAPÍTULO IV-DESCRIÇÃO DO BAIRRO EM ESTUDO E APRESENTAÇÃO DOS KPI

5.1. Local de estudo

O estudo para solucionar o problema de má cobertura da rede será feita no bairro Matlhemere. O Bairro Matlhemere localiza-se no Município da Matola no Posto Administrativo Machava Situa-se aproximadamente entre os paralelos 25° 41' 36" e 25° 50' 36" de latitude Sul e entre os meridianos 32° 24' 02" e 32° 35' 12" de longitude Leste. O bairro Mathemere faz fronteira com os seguintes bairros: Sul, Primeiro de Maio, Este e Norte, Muhalaze e Oeste Nwamatibjana, (INE, 2009)



Figura 24: Mapa do bairro de Matlhemere (INE, 2009)

5.2. Indicadores de Performance

Quando trabalhamos com redes móveis são necessários indicadores que permitam medir o funcionamento da rede identificando falhas e problemas existentes. Para que possamos caracterizar a rede móvel são necessários indicadores e métricas que permitam realizar essa análise de forma mais profunda. Serão apresentados nesta seção indicadores para análise do desempenho da rede 3G, esses indicadores podem ser aqueles já utilizados em arquiteturas anteriores quanto exclusivas do padrão 3G. Definidas pelo 3GPP existem cinco categorias que classificam os KPI's (Key Performance Indicators) e estão listadas abaixo (CARRASCO, 2011).

Acessibilidade: O primeiro ponto e principal de um serviço móvel é o estabelecimento da conexão entre o usuário e a rede, se o utilizador não consegue se conectar isso acarreta insatisfação e conseqüentemente perda de clientes, o que é extremamente indesejável para uma prestadora de serviço. Então torna-se necessário indicadores que forneçam informações às companhias sobre como a rede está se comportando em termos de acessibilidade.

Retenção: Após o usuário acessar a rede móvel, este espera se manter conectado durante todo o tempo de utilização dos serviços. Existem é claro, momentos em que a conexão sofrerá uma possível queda devido a diversos fatores, por isso é necessário definir KPI's que permitem avaliar o desempenho da rede no quesito Retenção, ou seja, quão eficiente o sistema é perante as interrupções e quebras de serviço.

Disponibilidade: Os KPI's dessa categoria medem a indisponibilidade do serviço, se o usuário não tem acesso a rede o operador não poder realizar qualquer tipo de cobrança. Serviços indisponíveis acarretam insatisfação por parte dos clientes, conseqüentemente prejuízo para a empresa fornecedora de serviço. Os Indicadores de disponibilidade mostram a fração do tempo em que a rede se encontra em modo ativo

Mobilidade: Por se tratar de uma rede móvel, é necessário medir a qualidade da rede e dos serviços perante a mobilidade do usuário portando seu UE. Diretamente ligado com a mobilidade do UE está o processo de handover, extremamente importante para um sistema de comunicação móvel. São feitas medições com o objetivo de verificar qual a percentagem de tentativas de handover que obtiveram sucesso dentre o total de solicitações. Um processo de handover malsucedido acarreta interrupção do serviço, seja este uma chamada ou transferência de dados. O diagrama em blocos dos indicadores de performance está representado na figura abaixo. (CARRASCO, 2011)

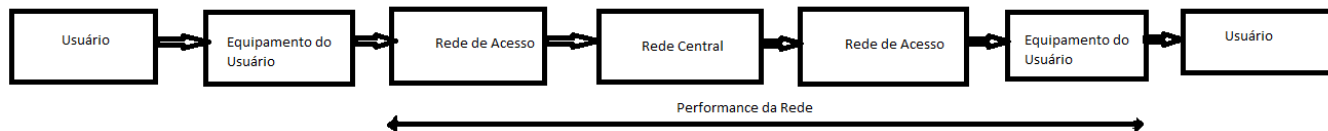


Figura 25 :Diagrama em Blocos de indicadores de Performance (KPI) (CARRASCO, 2011)

5.2.1. Lista dos KPIs

Tabela 5: Lista dos KPIs (Movitel S.A. (2022).

	Classificação	Rede	Índice de teste	Definição
I. Cobertura				
1	Cobertura	3G	RSCP (Código da potência do sinal recebido)	A potência medida por um UE recebido em um canal de comunicação físico específico
2			Ec/NO	Eb/NO é igual ao SNR dividido pela eficiência espectral do link "bruto" em (bit/s)/Hz, onde os bits neste contexto são bits de dados transmitidos, incluindo informações de correção de erros e outras sobrecargas de protocolo. B = largura de banda do canal
3			CQI (Indicador de qualidade de canal)	Um indicador que carrega a informação da EU com o objetivo de mostrar o nível de qualidade do sinal de comunicação.
4			RTWP (Potência total de banda larga recebida)	nível total de ruído dentro da banda de frequência UMTS no NodeB
II. Serviços				
1	Serviço de voz	3G	PSR (Taxa de sucesso de paging)	Taxa de sucesso de paging para chamada de voz
2				Taxa de acesso de configuração de chamada de voz

		CSSR (Taxa de acesso de configuração de chamada)	
3		CST (Tempo Configuração chamadas)	Tempo de configuração de chamadas é calculado a partir do momento em que o assinante envia a solicitação de canal/RRC até o recebimento da mensagem de alerta da rede (calculado em MO)
4		MOS (Avaliação de qualidade de voz)	A avaliação da qualidade da voz é baseada no ponto de vista do usuário
5		CDR (Taxa de queda de chamada)	Taxa de queda de chamada para chamada de voz
6		SHOSR (Taxa de sucesso de Soft Handover)	A taxa de transferência de chamadas bem-sucedida
7		Velocidade de DL	A velocidade de download é calculada na camada do aplicativo
8	Serviço de dados	Mé dia da velocidade de dados para UL	A velocidade de Upload é calculada na camada do aplicativo

Metas detalhadas para a rede 3G

Metas de cobertura. Caso a área de teste possua mapas digitais (2D ou 3D), calcule a perda de penetração interna-externa de acordo com cada cluster do mapa digital

5.2.1.1. RSCP.

Tabela 6: Valor máximo de cobertura para o RSCP dentro de edifícios (Movitel S.A. (2022)).

Zona	Tipo	RSCP (dBm)	Meta	Nota
Urbano (incluindo a área central da cidade, a cidade, o capital da província e centro distrital)	Cobertura de voz	Caso 1: ≥ -109 Caso 2: ≥ -106	$\geq 95\%$	Percentagem de cobertura na área urbana áreas deve ser pelo menos 95% com vista a reponder as exigencia do cliente e garantir uma boa competitividade com outras operadoras.
	512kbps data coverage	Case 1: ≥ -104 Case 2: ≥ -101	$\geq 95\%$	
Rural	Voice coverage	Case 1: ≥ -113 Case 2: ≥ -110	$\geq 85\%$	Percentagem de cobertura na área urbana áreas deve ser pelo menos 85% com vista a reponder as exigencia do cliente e garantir uma boa competitividade com outras operadoras.
	512kbps serviço de dados	Case 1: ≥ -108 Case 2: ≥ -105	Opcional	

5.2.1.2. Ec/No

Tabela 7: Valor máximo de cobertura para o Ec/No dentro de edifícios (Movitel S.A. (2022)).

Zona	Tipo	EcNo(dB)	Meta	Nota
Todas as Zonas (Urbana e Rural)	512kbps para serviço de dados	≥ -12	$\geq 90\%$	
	Serviço de voz	≥ -12	$\geq 90\%$	

Tabela 8: Valor desejado para qualidade de serviços. (Movitel S.A. (2022)).

Qt	serviço	KPIs	Meta	Nota
1	serviço de voz	CS CSSR	≥ 98%	A duração de chamadas é de 60s
2		CS CDR	≤ 1%	
3		% Good samples CST	≥ 90%	Boa amostra CST: CST ≤ 6s
4		SHOSR	≥ 98.5%	
5	Serviço de dados	% amostra DL ≥ 1Mbps	≥ 90%	Garantir a uniformidade com os padrões MIC
6		% Amostra UL throughput ≥ 512Kbps	≥ 90%	
7		% amostra UL ≥ 256Kbps	≥ 90%	

Os resultados apresentados abaixo apresentados foram coletados por um mobile SAMSUNG NOTE 5 e usando um aplicativo de nome Tems pocket e analizado através do Software Tem's discovery

Resultados de testes obtidos através (result analyzed by Tem's discovery and Atoll):

Rede 3G

➤ Cobertura:

- Para o parametro de EcNo a Movitel obteve 65% dos resulta dentro do recomendado (Meta >=90%) e para o parametro RSCP alcançou 81.29% (Meta>=95%) também não alcançando o valor recomendando de acordo as exigências do mercado,

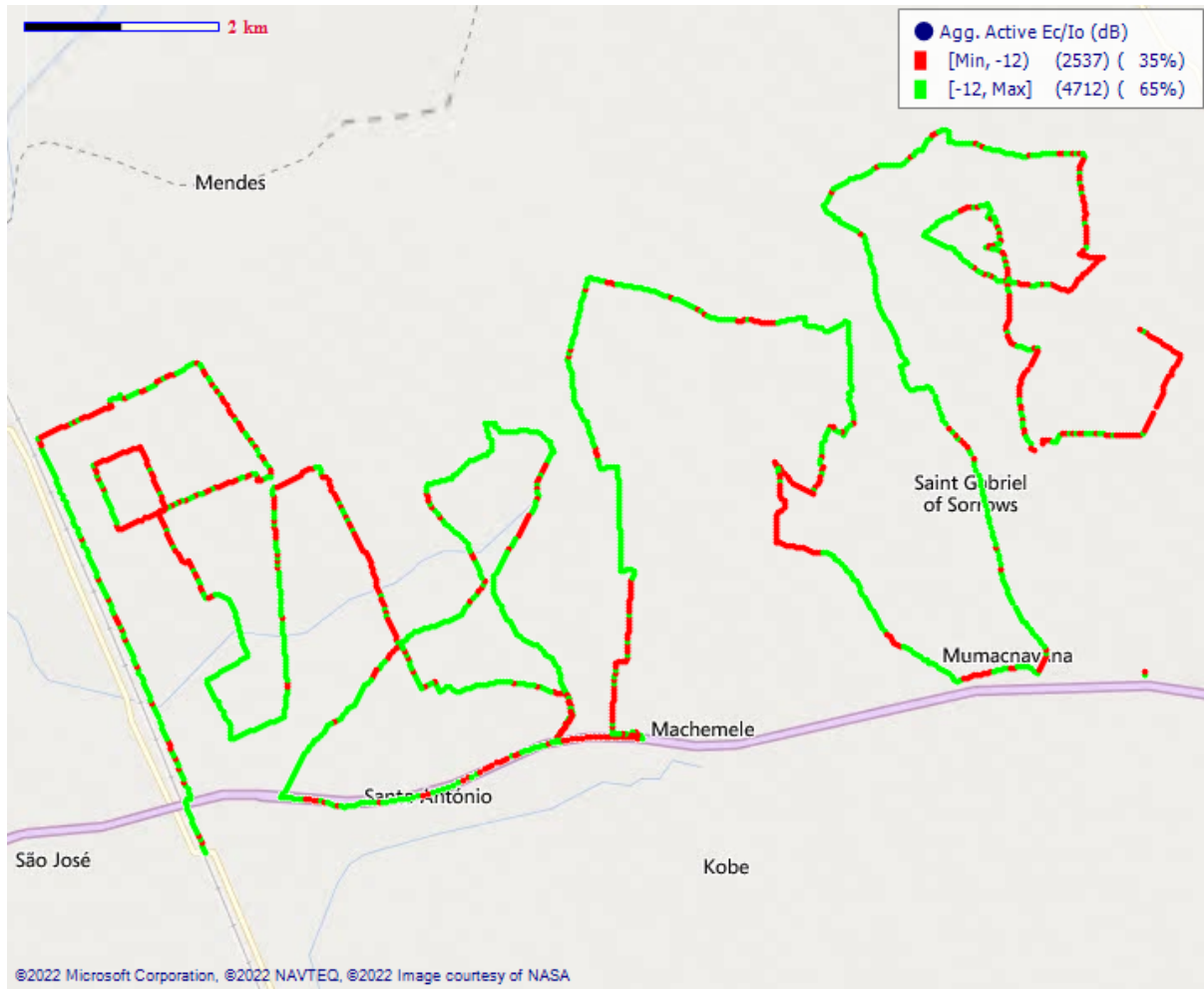


Figura 26: Parametros EcNo (Autor)



Figura 27: Parametros RSCP (Autor)

➤ **Serviços de Voz:**

Métrica de taxa de sucesso de configuração de chamadas (CS CSSR). Com base no estudo feito a rede Movitel alcançou 96.24% (>=98%) e para Quedas de chamadas e para (CS CDR) a rede Movitel atingiu 0.28% (<1), o que significa que para o CS CSSR não foi atingido, apenas CS CDR está dentro dos padrões exigidos Tabela 9.

Tabela 9: Parametros CS CDR (Autor)

Tipo de Serviço	KPI	OPERATOR	
		Valor médio/% de limite bom	Número total de amostras
3G Voz	CSSR-3G	96.24	186
3G Voz	PSR-3G	100	179
3G Voz	CDR-3G	0.28	179
3G Voz	CST-3G (% de amostras em boa faixa)	100	24
3G Voz	RTWP (médio)	-97.94	6400

CAPÍTULO V-SOLUÇÃO FINAL

CAPÍTULO VI- CONCLUSÃO

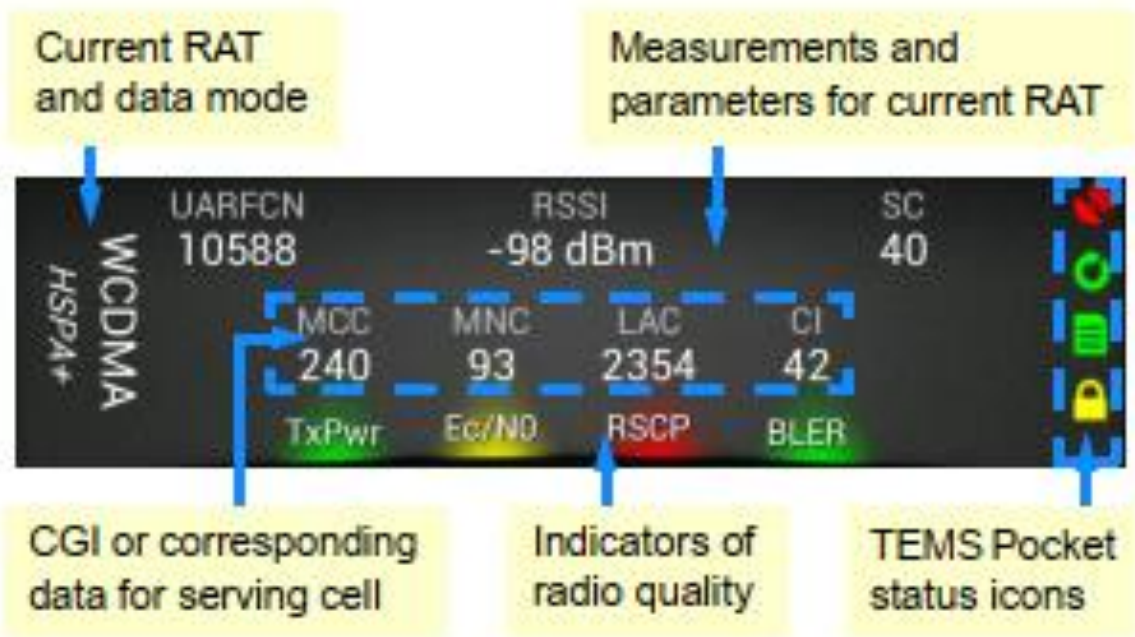
6.1. Conclusão

Os Resultados obtidos através dos testes feitos comprovam de facto que as reclamações apresentadas pela população daquele bairro correspondem a verdade e que a Movitel deve de uma forma urgente resolver este o problema. Segundo a movitel, este problema é resultado do crescimento não ordenada da população (dos bairros). Para resolver este problema de Mathemele é necessário a colocação de novas antenas (expansão das redes). Esta solução por sua vez depende muito da distribuição da população. De salientar ainda que antenas que serão usadas para a expansão da rede pela Operadora são as chamadas Antenas direcionais, isto é, a determinação de alvos é bastante importante. Isso não significa que as áreas que não se encontram na direção das antenas não serão cobertas, mas sim a operadora estará a enviar a maior potência do sinal para a zona de maior aglomeração. Actualmente está a decorrer uma actividade que tem como principal objectivo a aquisaio dos equipamntos necessários para a expansão da rede e posteriormente aquisição de locais para expansão da rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO, Álvaro Gomes; BADINHAN, Luiz Fernando da Costa. **Eletrônica: Telecomunicações**. 5º vol. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.
2. DA ROCHA, André Fagundes. **Evolução das redes telefônicas a partir de processos gradativos de modificação de topologia de rede e conversão de centrais**.
3. LAKATOS, E. Maria; MARCONI, M. de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica: Técnicas de pesquisa**. 7 ed. Sao Paulo: Atlas, 2010.
4. MICROLAB. **Distributed Antenna System**. 2008. Disponível em: <<http://fxr.com/das/passive-das-system-3>> . Acesso em 14 de agosto de 2016.
BRAGA. Lucas. TECNOBLOG. **Aplicativo da GVT leva telefone fixo para o Smartphone**. 2014. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/153242/gvt-freedom-app/>>.
Acesso em 02 de Março de 2022.
5. SANTOS, Ricardo di Lucia. **REDES GSM, GPRS, EDGE E UMTS**. 2008. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/6.html>.
Acesso em 02 de Março de 2022.
6. SILVA, Mauricio Rodrigues. **O problema da cobertura máxima por círculos numa região plana: Uma abordagem Heurística aplicada à telefonia celular**. 2006. 80 f. Tese apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense.
7. SINDITELEBRASIL. Relatório Técnico/Consultoria: **Melhores Práticas para a implantação de Estações Rádio Base** >. Acesso em: 10 de Junho de 2022.
8. **Redes, Guia Prático 2ª Ed. (Atualização)**. Disponível em <<http://www.hardware.com.br/livros/redes/gsm.html>>. Acesso em: 04 de Junho de 2020.
9. Tecnologias 2G e 2,5G: TDMA, CDMA, GSM, GPRS e EDGE. Disponível em <<https://www.infowester.com/2g.php>>. 30 de Junho de 2022

Anexo2- cabeçalho de exibição de dados do TMS packet



Anexo 3-tabela do utilizador do TMS pakect

Data View Name	Displayed Contents	Ref.
Idle category		
GSM Cell List	ARFCN, BSIC, RxLev, C1, and C2 for GSM serving cell and neighbors.	5.6.1
GSM Cell Line Chart	RxLev and RxQual for serving cell; RxLev for two strongest neighbors; device TxPower.	5.6.2
WCDMA Cell List	UARFCN, scrambling code, E_c/N_0 , and RSCP for WCDMA serving cell/active set and neighbors.	5.6.3

Anexo 4- tabela do utilizador do TMS pakect

Data View Name	Displayed Contents	Ref.
WCDMA Cell Line Chart	UTRA Carrier RSSI; RSCP for serving cell; BLER; RSCP for two strongest neighbors; device TxPower.	5.6.4
LTE Cell List	EARFCN, PCI, RSRP, and RSRQ for LTE serving cell and neighbors.	5.6.5
LTE Cell Line Chart	E-UTRA Carrier RSSI; RSRP and CINR for serving cell; RSRP for two strongest neighbors; device PUSCH TxPower.	5.6.6
LTE Cell Configuration	E-UTRA band, MME, and Physical Cell parameters for LTE serving cell; TDD parameters.	5.6.7
CDMA Cell List	RF channel number, PN offset, E_c/I_0 , and E_c for CDMA (1x) active, candidate, and neighbor sets.	5.6.8
EV-DO Cell List	RF channel number, PN offset, E_c/I_0 , and E_c for EV-DO active, candidate, and neighbor sets.	5.6.9
Dedicated category		
GSM Dedicated Mode	GSM dedicated mode radio parameters.	5.7.1
GSM RACH Analysis	Parameters and data related to RACH signaling in GSM.	5.7.2
WCDMA Dedicated Mode	WCDMA dedicated (connected) mode radio parameters.	5.7.3
WCDMA RACH Analysis	Parameters and data related to RACH signaling in WCDMA.	5.7.4
LTE Dedicated Mode	LTE dedicated mode radio parameters.	5.7.5
LTE RACH Analysis	Parameters and data related to RACH signaling in LTE.	5.7.6

Anexo 5-Equipamentos de Transmissão



Anexo 6-Bairro Matlhemere

