



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA E INFORMÁTICA
Curso de Engenharia Electrónica
Relatório de Estágio Profissional

**Planeamento de uma rede de transporte de 80Gbps capacidade usando a tecnologia
DWDM**

Autor: Filipe Wilson Fernando

Supervisor: Eng^o Helder Baloi

Co-Supervisor: Eng^o Ricardo Dunhe – Especialista em redes de transmissão

Maputo, Novembro de 2021

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA E INFORMÁTICA
Curso de Engenharia Electrónica
Relatório de Estágio Profissional

**Planeamento de uma rede de transporte de 80Gbps capacidade usando a tecnologia
DWDM**

Autor: Filipe Wilson Fernando

Supervisor: Eng^o Helder Baloi

Co-Supervisor: Eng^o Ricardo Dunhe – Especialista em redes de transmissão

Maputo, Novembro de 2021

Índice

Lista de figuras.....	IV
Lista de tabelas.....	V
Declaração.....	VI
Dedicatória.....	VII
Agradecimentos	VIII
Resumo	IX
Abstract.....	X
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Definição do problema	2
1.3 Justificativa.....	2
1.4 Objectivos.....	3
1.5 Estrutura do trabalho	3
CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1.1 2G - GSM	5
2.1.2 3G UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).....	6
2.1.3 LTE.....	7
2.1.4 Comutação de circuitos X comutação de pacotes	9
2.1.5 Funções do núcleo da rede.....	9
2.2 Rede de transmissão	12
2.1.5.1 Tecnologias de transmissão por Microondas.....	12
CAPÍTULO III: MATERIAIS E METODOLOGIAS DO TRABALHO	19
3.1 Problema resolvido na monitorização de equipamento de Microondas descrito	19
3.1.2 Sugestões	20
3.2 Tecnologias de Transmissão por Fibra óptica	21
CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
CAPÍTULO V: CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DO ESTUDO.....	36
5.1 Conclusões	36
5.2 Limitações e Recomendações do Estudo	37

BIBLIOGRAFIA	38
Anexos	40
Parâmetros importantes	40

Lista de figuras

Figura 1: Arquitetura da rede GSM/GPRS/UMTS	5
Figura 2: Arquitetura da rede LTE.....	8
Figura 3: Comutacao de circuitos e pacotes nas redes GSM e GPRS	9
Figura 4: Radiação da faixa do espectro eletromagnético	13
Figura 5: Espectro eletromagnético geral com algumas aplicações típicas	13
Figura 6: Componentes do equipamento para solução Optix RTN900	15
Figura 7: Cabo IF	15
Figure 8: IF transit jumper e cabo IF RG-8U	16
Figura 9: Unidade externa.....	16
Figure 10; ~38G Acoplador Híbrido.....	16
Figura 11: Antena de polarização	17
Figura 12: Arquitetura do sistema microondas híbridas	17
Figura 13: Descricao do problema entre as estacoes de Boquisso e Zimpeto	21
Figura 14 Estrutura de fibra optica	21
Figura 15: Sistema WDM.....	25
Figura 16: Teorias sobre redes WDM.....	25
Figura 17: Tipos de elementos na rede WDM.....	26
Figure 18: Monitoramento de utilização de Largura de Banda	27
Figura 19:Design de alto nivel (HLD) do <i>link</i> 6030 - 6002.....	30
Figure 20: Potencia de saida da carta de linha.....	33
Figure 21: Threshold de potencia de recepcao	33
Figure 22: Ganho nominal da board amplificação em dB	33
Figure 23: Potência de saida da board de amplificação	34
Figure 24: Potencia de chegada na board de amplificação	34

Figure 25: Especificacoes de Banda de frequencia, lambda e frequencia da board de linha	34
Figure 26: Capacidade configurada na da interface de board de linha	34

Lista de tabelas

Tabela 1: Funcionamento do sistema optiX RTN 600.....	18
Tabela 2: Elementos do projecto.....	28
Tabela 3: Sistema optix OSN1800V.....	28
Tabela 4: Boards no projecto com optix OSN1800V	29

Declaração

Declaro que este relatório é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final.

Declaro, ainda, que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, 15 de Novembro de 2021

(Filipe Wilson Fernando)

Dedicatória

Dedico o presente trabalho a Deus todo poderoso que é o dador da vida e a minha família em particular ao meu pai Fernando Henriques Fernandes (em memória) e a minha mãe Cidália Wilson pelo cuidado que tiveram ao longo do meu percurso académico.

Não deixado de lado aos meus colegas e amigos que directo e indirectamente apoiaram de diversas formas esta etapa final da minha formação.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus que permitiu com que meus objectivos fossem alcançados durante toda formação académica.

Em segundo lugar, a minha mãe Cidalia, a minha esposa Manuela, os meus tios maternos e paternos, que com muito carinho e apoio não mediram esforços para me apoiar na realização desta meta e me deram suporte ao longo do percurso.

Agradeço igualmente ao meu supervisor engenheiro Helder Baloi pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo, pela dedicação, paciência, disponibilidade e pelo tempo que dedicou a este trabalho.

Agradeço igualmente a todos funcionários da Vodacom Mocambique que contribuíram para a realização deste trabalho em especial os engenheiros Ricardo Dunhe, Basilio Pereira e Ludgerio Pedro pelo facto de ter autorizado o pedido de estágio e de recolha de dados, formulado pela Faculdade de electrónica de universidade Eduardo Mondlane.

A todos que directa ou indirectamente fizeram parte da minha formação académica, o meu muito obrigado.

Resumo

A nova era da informação provocou um crescimento notável em serviços de telecomunicações, onde de forma dominante os serviços de dados são muito requisitados. Com isso, o aumento da demanda por equipamentos escaláveis, transparência, capacidades de terabit e alocação flexível de largura de banda. Nisso também verificam-se os meios apropriados para transportar os dados de um ponto para outro ou mesmo de um ponto para multipontos conforme o serviço, as tecnologias SDH/SONET continuam ainda à ser usadas e encontram-se no topo, contudo tecnologias tradicionais são muito rígidas, com bitrate específico e, deste modo, incapazes de oferecer a flexibilidade, capacidade e serviços exigidos hoje pelas operadoras. Como a demanda por capacidade nas áreas metropolitanas e regionais de rede disparou, surgiu o WDM (*wavelength multiplexing division*) que constitui em uma técnica para a transmissão simultânea de vários comprimentos de onda dentro de apenas uma única fibra óptica. Logo depois veio o DWDM (*dense wavelength division multiplexing*), sendo este uma evolução do WDM, consagrando-se definitivamente como a tecnologia mais robusta em matéria de transporte em longas distâncias. Neste trabalho é apresentado o planejamento de uma rede de transporte de capacidade de 80 Gbps por meio de fibra óptica na operadora Vodacom usando o equipamento OSN1800V.

Palavras chave: *Redes DWDM, transmissão SDH/SONET, OSN1800V*

Abstract

The new information age has brought about a remarkable growth in telecommunications services, where data services are dominantly in high demand. With this the increased demand for scalable equipment, transparency, terabit resource and flexible bandwidth allocation. In this also check the means communicated to transport data from one point to another or even from one point to multipoint according to the service, the SDH / SONET technologies will still continue to be used and informed if there is not all the conventional technologies are very strict, with specific bitrate and, therefore, unable to offer the flexibility, capacity and services required by operators today. As the demand for capacity in metropolitan and regional network areas soared, WDM (wavelength multiplexing division) emerged, which is a technique for the simultaneous transmission of several wavelengths within a single optical fiber. Soon after came DWDM (dense wavelength division multiplexing), which is an evolution of WDM, definitively establishing itself as the most robust technology in the field of long distance transport. This work will be presented or exhibited from an 80Gbps capacity transport network through optical fiber in the Vodacom operator used or OSN1800V equipment.

Keywords: *DWDM networks, SDH/SONET transport, OSN1800V*

CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

1.1 Introdução

O mundo como o conhecemos hoje em dia é bastante diferente daquele que existia há algumas décadas atrás, muito por conta da demanda por tecnologias de comunicação e informação com maior capacidade de forma fixa e mesmo a distância, principalmente na era COVID-19. Os meios de comunicação impulsionados pelo desenvolvimento tecnológico associado à criação de novas e melhores soluções, que são implementadas num meio concorrencial, que exige flexibilidade, desempenho e diversificação com que estes meios nos são apresentados. Em Moçambique, não é exceção a demanda por estas tecnologias, facto que impulsionou a abertura de 3 operadoras de telecomunicações, sendo elas a Vodacom, a Tmcel e a Movitel. Cada uma apresenta diversas soluções assentes em diferentes tecnologias, que são oferecidas soluções que envolvem diversas combinações ou em separado de internet fixa e/ou portátil (redes dedicadas), telefone, telemóvel e *screaming*. Estes serviços têm vindo a apresentar uma evolução a nível de oferta e de consumo de recursos, fazendo-se acompanhar de novas tecnologias no mercado que concorrem com outras tecnologias mais antigas até dentro do mesmo operador. Tecnologias usadas que permitem portabilidade, são as utilizadas essencialmente por telemóveis e outros dispositivos específicos que permitem acesso a esta rede. A quantidade disponível de tecnologias neste tipo de rede é a prova de uma evolução notável, encontrando-se até à presente data ainda disponíveis tecnologias, que vão desde a tecnologia GSM (2ª geração) e muitas outras, destacando-se por ordem temporal de aparecimento no mercado o GPRS, o UMTS, o HSPA, LTE (4G) e mais recentemente a 5G. Tecnologias usadas em telecomunicações fixas, até pouco tempo assentavam-se em redes de cabos de cobre e cabos coaxial em redes de cabos híbridas (FTTN/FTTC). Mais recentemente, em telecomunicações fixas e móveis podem ser tecnologias de comunicação em microondas e cabos de fibra óptica (FTTX), sendo esta última a opção que possibilita um desempenho superior. Especialmente para locais remotos, onde as redes fixas não chegam, existe também a opção de comunicação por satélite.

Há que salientar que em Moçambique os padrões dos sistemas de rede em telecomunicações em operadoras móveis e não só são estabelecidos pelo Instituto nacional de comunicação de Moçambique (INCM) que obedece critérios regionais em África e até mesmo internacionais, de acordo com as normas que foram estabelecidas para tal.

A operadora de telecomunicações Vodacom Moçambique no caso em estudo tem como rede de transporte/transmissão mista que envolve principalmente meio de transporte por Microondas, por satélite e ainda por fibra óptica (FTTX) que permite satisfazer a demanda por comunicações móveis em diversos locais de Moçambique desde as áreas urbanas até aos distritos mais recônditos do país dependendo de diversos factores para implementação de cada uma das tecnologias que serão abordadas ao longo deste trabalho.

1.2 Definição do problema

Devido a crescente demanda por capacidade (unidade de medida é bits/s) na rede Vodacom, principalmente por conta da evolução e expansão da rede de acesso ao cliente que outrora singia-se em GSM/GPRS (2G), UMTS/HSPA (3G), nos últimos 4 anos com expansão do LTE (4G) tem havido necessidade de acomodar a estrutura e infraestrutura da rede de transporte/transmissão para essa demanda e ainda considerando a evoluções tecnológicas mais actuais, no caso vertente a rede de 5ª Geração, que muito em breve estará no mercado moçambicano. **Dois meios de transporte disponíveis na rede Vodacom qual seria a forma adequada e eficaz para responder a necessidade por capacidade?**

1.3 Justificativa

Após exposições em diversas oficinas de trabalho encabeçadas por engenheiros especializados em transporte de rede do grupo vodafone, o presente trabalho explora uma das diversas formas de expandir a capacidade de transmissão de dados na rede de telecomunicações Vodacom usando como meio mais adequado a fibra óptica existente, sem novos investimentos na colocação de nova rede de fibra óptica usando a infraestrutura de rede de backbone existente.

Tendo diversas tecnologias de transmissão em redes móveis, outrora a capacidade de dados era extremamente exigida nas principais cidades de Moçambique. Hoje, esse cenário enfrentou uma mudança drástica devido à expansão da internet, mesmo nos distritos mais recônditos. Por exemplo, o distrito de Mecanhelas, próximo ao lago Niassa, onde os visitantes afluem em massa e, por meios digitais, partilham suas experiências no local, facto que exige uma capacidade apropriada para a provisão de serviços de rede. A escolha do tema deriva se da interesse profundo em relação a está tecnologia.

1.4 Objectivos

1.4.1 Objectivo geral

- Demonstrar o uso da tecnologia DWDM no Planeamento de uma rede de transporte de 10Gbps de capacidade para 80Gbps por meio de fibra optica na operadora Vodacom

1.4.2 Objectivos específicos

- Descrever elementos de uma rede de telecomunicações móveis na área de transporte;
- Caracterizar sistemas DWDM e suas funcionalidades;
- Implementar o equipamento Optix OSN1800V no incremento da capacidade perto de 80Gbps em substituição da tecnologia existente.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente relatório é composto por 5 (cinco) capítulos. O primeiro capítulo faz a contextualização do tema e onde faz-se a introdução, apresenta-se a definição do problema, justificativa que discute a relevância do objecto do trabalho e, por fim, os objectivos que discorrem sobre o que se pretende alcançar e os passos a serem seguidos. O segundo capítulo apresenta a revisão da literatura que desenrola a evolução da rede móvel e apresenta o seu *status quo*. O terceiro capítulo debruça-se a respeito dos materiais e metodologias utilizados e levados a cabo na consecução do trabalho. O quarto capítulo apresenta resultados e discussões. O quinto capítulo discute as conclusões, limitações do presente trabalho e as respectivas recomendações para as futuras acções. E por último, seguem a bibliografia e os anexos.

CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Revisão de Literatura

O principal aspecto diferenciador dos serviços disponibilizados por sistemas de comunicações móveis é a mobilidade, sendo esta conseguida com recurso a redes de acesso sem fios com interfaces rádio. Os sistemas de comunicações móveis diferenciam-se pelos seus interfaces rádio e pelos serviços que disponibilizam. O GSM, a primeira geração destes sistemas, foi inicialmente desenhado para a prestação de serviços de telefonia e de mensagens. Posteriormente este sistema evoluiu para permitir a prestação de serviços de dados (GPRS, EDGE). Os sistemas de terceira e quarta geração – UMTS e LTE – foram pensados para disponibilização de serviços de transmissão de dados elevado desempenho, tais como serviços de acesso à internet e serviços multimédia. Do ponto de vista do utilizador, a diferença entre UMTS e LTE é o débito de transmissão máximo proporcionado, que é muito mais elevado em LTE.

Assim, numa avaliação de desempenho de sistemas de comunicações em redes móveis na area de acesso é essencial compreensão básica de:

- Rede Rádio GSM;
- Rede Rádio UMTS;
- Rede Rádio LTE.

Neste contexto, separa-se a arquitetura da tecnologias de acesso GSM/UMTS actualmente usada nas operadoras Moçambicanas de forma genéricas:

Fonte: Huawei technologies

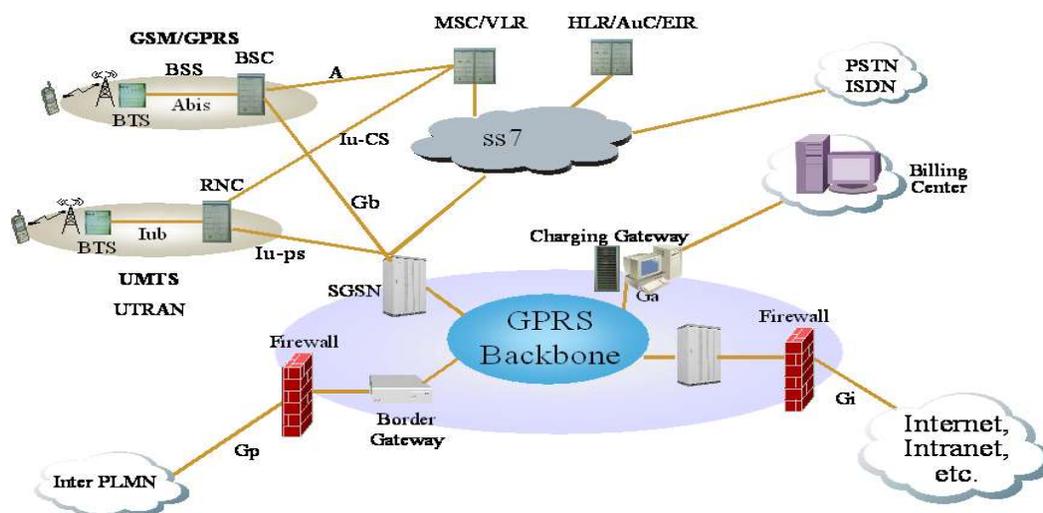


Figura 1: Arquitetura da rede GSM/GPRS/UMTS

Esta arquitetura mostra os elementos que formam a rede que usamos para comunicação de voz, sms e internet, composta por: GSM/GPRS/UMTS

2.1.1 2G - GSM

A rede GSM é formada por interfaces abertas e padronizadas, seguindo sua principal intenção, montar uma arquitectura mais abrangente possível. Ela é estruturada para que seja possível a integração entre componentes de diferentes fabricantes, o que eleva a concorrência e diminui o preço para o usuário.

Além do facto de torná-la extremamente flexível, logo, mais viável. Os componentes dessa arquitetura são divididos em quatro (4) grupos. O conjunto desses grupos é chamado rede móvel pública terrestre (*public land mobile network – PLMN*), e é implementado por uma operadora.

O sistema GSM 900 utiliza dois conjuntos de frequências na banda dos 900 MHz, o primeiro nos 890-915MHz, utilizado para as transmissões do terminal e o segundo nos 935-960MHz, para as transmissões da rede.

Este também utiliza padrão GSM 1800 é conhecido como DCS 1800, a adaptação do sistema GSM 900, ampliou suas bandas para 75 MHz de largura, e passou a utilizar a faixa de 1,8 GHz de 1710 a 1880 MHz. Para a identificação dos padrões utilizados, os canais desse padrão são identificados de 512 a 885 (375 canais de RF), enquanto o P-GSM numera os seus de 1 a 124.

MS (*Mobile Substation*) ou estação móvel formada pelo próprio aparelho celular, computador ou qualquer outro sistema de comunicação de voz ou dados (equipamento móvel). Necessita de um cartão SIM, que guarda seu registro na rede.

BSS (*Base Station Subsystem*) ou subsistema de estação base é capaz de se comunicar com as estações móveis e enviar informações para o sistema de comutação de rede.

NSS (*Network Switching Subsystem*) ou subsistema de comutação de rede processa informações através de interfaces e protocolos e gerencia o banco de dados. Assim, consegue interconectar a rede GSM com a rede pública (RTPC).

OMS (*Operations and Maintenance System*) ou sistema de operação e manutenção comanda os grupos de components.

O método utilizado pelo GSM para gerir as frequências é uma combinação de duas tecnologias: o TDMA (*time division multiple access*) e o FDMA (*frequency division multiple access*). O FDMA divide os 25 MHz disponíveis de frequência em 124 canais com uma largura de 200 kHz e uma capacidade de transmissão de dados na ordem dos 270 Kbps.

2.1.2 3G UMTS (*Universal mobile telecommunication system*)

Em 1989, a união internacional de telecomunicações (ITU, em inglês) divulgou através de um documento a visão para os sistemas de celulares futuros, chamados de terceira geração, 3G. Essa visão chamou-se IMT-2000 (*international mobile telephony 2000*) e, após ser divulgada, deu início a uma corrida para que fosse projectado um sistema que atingisse às suas necessidades.

A arquitectura UTRAN é formada por subsistemas de rede de RF (*radio network subsystem – RNS*), conectados à rede de suporte (CN). Essa conexão é feita pela interface Iu.

Os subsistemas RNS integram os canais de RF UMTS à rede. Para implementar isso, existe a rede de suporte (CN). O subsistema RNS é formado por dois elementos:

- Controlador da rede de RF (*radio network controller* – RNC) : responsável por gerenciar recursos de radiofrequência, controlar os nós B, localizar o equipamento de usuário (EU) e gerenciar a mobilidade do usuário;
- Nó B (*Node B*) : conecta a interface aérea com a infra-estrutura celular. É responsável por controlar os sinais de RF, realizar o espalhamento espectral dos códigos WCDMA, controlar os canais físicos e mapeá-los na portadora de RF.

O RNC se conecta com a rede de suporte (CN) através da interface Iu, com outro RNC através da interface Iur e possivelmente com outras BSCs da rede GERAN pela interface Iur-g. A rede GERAN (GSM EDGE *radio access network*) é a rede até a geração 2.75, que inclui, portanto, GSM, GPRS e EDGE. Os usuários de telefones móveis não ficariam satisfeitos apenas com a telefonia celular. Querem também enviar e receber e-mails, receber informações, e outros serviços oferecidos pela internet. Querem, em suma, acessar a internet através do celular

2.1.3 LTE

Long Term Evolution, ou simplesmente LTE é o nome da tecnologia de quarta geração (4G). O LTE é uma tecnologia móvel de transmissão de dados que foi criada com base no GSM e WCDMA. A diferença é que, dessa vez, a tecnologia prioriza o tráfego de dados em vez do tráfego de voz, como acontecia em gerações anteriores. Isso proporciona uma rede de dados mais rápida e mais estável.

Fonte: Santos, R. D. L. REDES GSM, GPRS, EDGE E UMTS

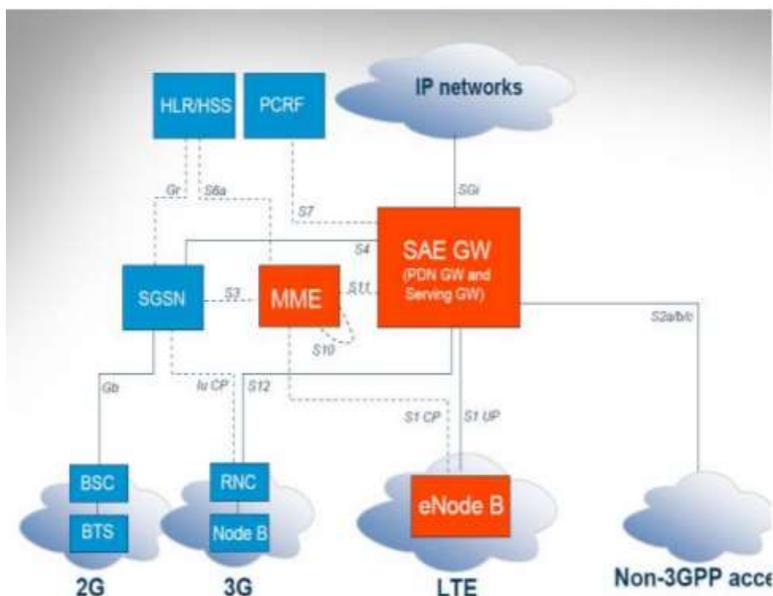


Figura 2: Arquitetura da rede LTE

Quando o LTE foi criado não existia voz trafegando sobre a rede de dados. Para que a rede suportasse ligações, as operadoras precisaram adotar uma das seguintes possibilidades: no momento de receber a ligação, rebaixar o dispositivo móvel para a rede GSM/WCDMA;

A outra possibilidade surgiu um pouco tempo depois, com a criação do VoLTE, na qual o telefone funciona normalmente na rede 4G. Algumas operadoras nacionais já utilizam VoLTE em algumas cidades, como cidade de Maputo e cidade da Beira.

A principal diferencial do LTE é a rede de dados. Em testes de laboratório, uma rede experimental de LTE, com 20 MHz de espectro, alcançou, aproximadamente, 300 Mbps de *downstream* e 75 Mbps de *upstream*. Entretanto, a velocidade real de navegação beira aos 100 Mb/s de *download* e 50 Mb/s de *upload* em um bom cenário.

O LTE *advanced*, comercialmente chamado pelas operadoras de 4G+ ou 4,5G é o passo seguinte da tecnologia 4G/LTE.

A evolução consiste em manter uma rede 4G em diferentes frequências ao mesmo tempo. Assim, é possível activar a agregação de portadoras, que junta as conexões das duas frequências em uma só. Isso é bom porque aumenta a capacidade do espectro disponível, aprimora a rede e também permite maior velocidade de acesso nos dispositivos do cliente.

2.1.4 Comutação de circuitos X comutação de pacotes

A comunicação através de comutação de circuitos é feita basicamente da seguinte de forma que uma conexão entre as duas entidades comunicantes é alocada, de forma a estar sempre disponível; a comunicação é feita, então, de forma ininterrupta. A comunicação por comutação de pacotes é diferente, a origem envia uma informação para a rede dentro de um pacote, que leva o endereço de destino no seu cabeçalho. O pacote é então transmitido pela rede, que é responsável por escolher o melhor caminho até o destino. A internet é baseada na comutação de pacotes.

Fonte: Santos, R. D. L. REDES GSM, GPRS, EDGE E UMTS

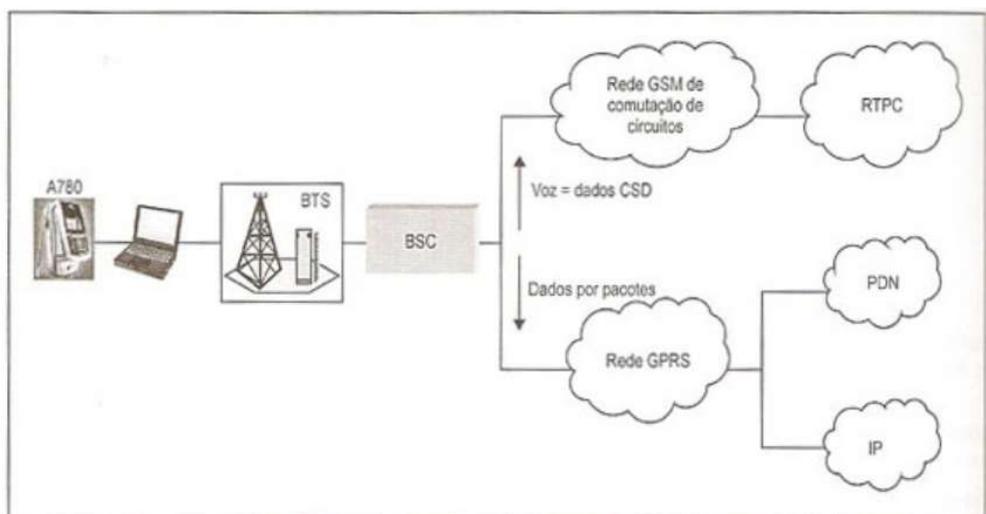


Figura 3: Comutação de circuitos e pacotes nas redes GSM e GPRS

2.1.5 Funções do núcleo da rede

Como entendemos na secção anterior, os elementos centrais da rede executam as funções de gerenciamento de conexão, alternando o tráfego do usuário e suportando a sinalização. No domínio CS, a principal função da rede principal tem sido fornecer as seguintes funções:

Alternando entre as redes fixas e redes de rádio sem fio. Isso é realizado pelo *mobile switching center* (MSC) ou pelo *service switching function* (SSF).

Controle de serviço, para direcionar o comportamento da chamada usando a lógica de serviço separada das funções de comutação. Isso é feito pelo ponto de controle de serviço (SCP) ou pela função de controle de serviço (SCF).

Informações relacionadas à assinatura, que fornecem autenticação, perfis de serviço e localização do usuário. Isso é provisionado e mantido no *home location register* (HLR), *authentication center* (AuC) e no *equipment identity register* (EIR).

Provisões para mobilidade e roaming entre redes. Isso é feito pelo GMSC e pelo registro de localização do visitante (VLR).

Mensagens e outros serviços de dados. Estes são os nós do *short messaging service center* (SMSC) e GPRS / PDSN.

SGSN e GGSN são dois componentes essenciais das redes centrais móveis GSM e UMTS. Esses nós nos permitem acessar redes externas, como a internet, por meio de nossos telefones celulares, quando estamos em redes 2G ou 3G. A rede central é central para a rede móvel geral porque permite que os assinantes de uma operadora móvel acessem todos os serviços a que têm direito. As redes GSM originais foram projectadas principalmente para oferecer suporte a chamadas de voz e SMS (mensagens de texto) e, embora tecnologias como *circuit-switched-data* (CSD) e *high-speed CSD* pudessem tecnicamente habilitar dados, não era eficiente usar circuitos dedicados para resumir, SGSN significa *Serving GPRS support node* e é uma entidade de rede que fornece a capacidade de comutação de pacotes para redes móveis. GGSN significa *gateway GPRS support node* e é um *gateway* situado entre SGSN e redes de dados externas. GGSN recebe dados de um usuário móvel via SGSN, converte-os em um formato de protocolo adequado (por exemplo, IP) e os envia para a rede de dados externa. Na volta, tudo se inverteu.

Evolução da arquitectura do sistema (acrônimo SAE) é a nomenclatura da rede núcleo do padrão LTE, chamada redes 4G (quarta geração) para redes de comunicações móveis, especificado pelo 3GPP.

- **MME (*Mobility Management Entity*):** O MME é o elemento de controle da rede de acesso. É responsável pela gerência de mobilidade do UE (*user equipment*), procedimentos de *location* e *paging* e retransmissões. É ainda o elemento de gerência do processo de ativação e desativação do *Bearer (PDP context no GPRS)* e por selecionar o SGW para *attach* inicial, gerência dos processos de *handover intra-LTE (inter core)*. O MME também tem a tarefa de autenticar o usuário na rede (através de interação com o HSS). Através de comunicação via protocolo NAS (camada do UMTS).
- **SGW (*Serving Gateway*):** O SGW realiza o roteamento de pacotes no plano de usuário, enquanto age como gestor da mobilidade durante o processo de *handover inter-eNodeB* ou no *handover* entre o acesso LTE e outras redes 3GPP (sobre interface S4), direcionando o tráfego dessas redes legadas ao PGW.
- **PGW (*PDN Gateway*):** O *PDN gateway* provê conectividade entre o UE e qualquer rede de dados externa, sendo o nó de saída e entrada do tráfego de dados de usuário. Um UE pode simultaneamente estabelecer conexão com mais de um PGW em caso de acesso a múltiplas redes/serviços de dados.

HSS (*Home Subscriber Server*): O HSS é a base de dados central, que contém informações relativas ao usuário e subscrições (*attach*). O HSS suporta funcionalidades como gerenciamento de mobilidade, de chamada e sessão, autenticação e autorização de usuários. O HSS é baseado no conjunto de elementos *home location register (HLR)* e *authentication center (AuC)*, especificados em *release-4* (idealizados para o GSM).

- Outros elementos não chave também são especificados para o EPC, como o ANDSF e ePDG para comunicação segura entre o UE e redes não-3GPP. O PCRF que gerencia políticas de serviço (planos de dados) é um elemento especificado para outras tecnologias (fixas inclusive).

2.2 Rede de transmissão

Sempre que houver necessidade de haver comunicação entre 2 ou mais elementos de rede em telecomunicações denomina-se transmissão.

Na operadora em questão as redes de transmissão são classificadas conforme a escala de: rede de transmissão de acesso, rede de metropolitana e rede de transmissão backbone.

A operadora estudada oferece tecnologias de transmissão por microondas (*RF digital*), transmissão por satélite e principalmente transmissão por fibra óptica.

2.1.5.1 Tecnologias de transmissão por Microondas

Tipicamente, costuma-se considerar como faixa de radiofrequências (RF) o intervalo entre 300 kHz e 300 MHz.

Nesse contexto, alguns autores definem as microondas como a radiação cuja faixa do espectro eletromagnético vai do limite convencional de RF até o infravermelho. Outros, consideram que as microondas são radiações que se estendem entre 1 GHz (comprimento de onda de 30 cm) e 300 GHz (comprimento de onda de 1 mm). No entanto, existe uma tendência moderna de se definir microondas como a radiação eletromagnética cujos comprimentos de onda são da mesma ordem de grandeza das dimensões físicas de um dado circuito.

Fonte: UNESP, ilha Solteira 2018, ondas e linhas de transmissão

Radio Frequency Spectrum: Ranges

Designation	Abbreviation	Frequencies	Wavelengths
Very Low Frequency	VLF	3 kHz - 30 kHz	100 km - 10 km
Low Frequency	LF	30 kHz - 300 kHz	10 km - 1 km
Medium Frequency	MF	300 kHz - 3 MHz	1 km - 100 m
High Frequency	HF	3 MHz - 30 MHz	100 m - 10 m
Very High Frequency	VHF	30 MHz - 300 MHz	10 m - 1 m
Ultra High Frequency	UHF	300 MHz - 3 GHz	1 m - 100 mm
Super High Frequency	SHF	3 GHz - 30 GHz	100 mm - 10 mm
Extremely High Frequency	EHF	30 GHz - 300 GHz	10 mm - 1 mm

Figura 4: Radiação da faixa do espectro eletromagnético

O aumento da demanda dos serviços de radiodifusão e de telecomunicações trouxe, como consequência, o congestionamento e saturação da capacidade de transmissão nas frequências mais baixas do espectro eletromagnético. Isto gerou tendências para a utilização de frequências cada vez mais elevadas. Na figura a seguir ilustra-se o espectro eletromagnético geral, com algumas aplicações típicas em cada faixa de frequências.

Fonte: UNESP, ilha solteira 2018, ondas e linhas de transmissão

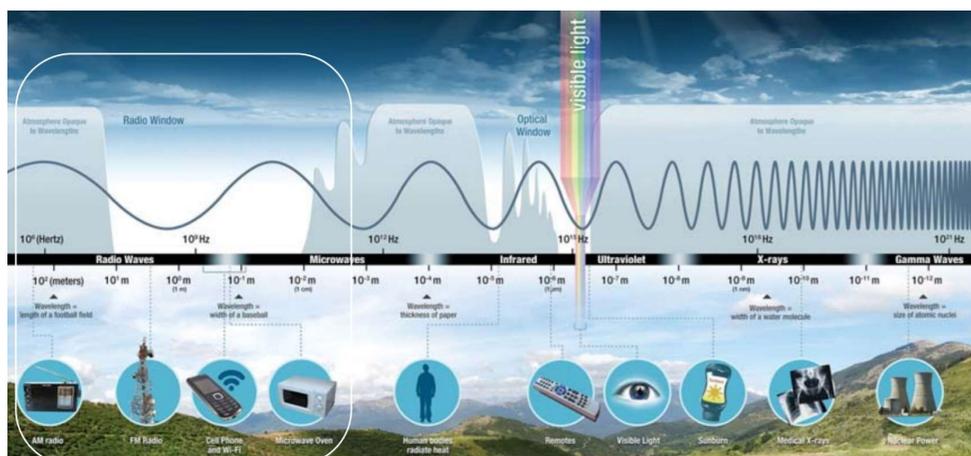


Figura 5: Espectro eletromagnético geral com algumas aplicações típicas

Acima de 100 MHz, as ondas viajam em linhas retas e podem ser estreitamente focadas através do alinhamento do transmissor e receptor. Concentrando toda energia em um pequeno receptor, através de uma antena parabólica (do tipo daquelas de TV por satélite), resulta em uma relação sinal/ruído maior, mas as antenas de transmissão e recepção devem estar perfeitamente alinhadas.

Por outro lado, devido a esta característica de visada direta, pode-se ter múltiplos transmissores colocados em uma linha lateral, alinhados com seus receptores, sem que haja interferências dando maior capacidade conforme a necessidade.

Mesmo sendo bem direcionadas, as antenas, as microondas sofrem da interferência da divergência atmosférica, isto é, são refratadas pelos níveis mais baixos da atmosfera, retardando sua chegada em relação às ondas diretas gerando diferenças de fase (*multipath fading*), cancelando o sinal. A solução adotada neste caso é a reserva de certa porção, tipicamente 10%, da utilização do canal quando este fenômeno ocorre. As microondas são dependentes das condições do tempo e da frequência em que trabalham.

Como as microondas caminham em linha reta, as torres podem ser dispostas a longas distâncias. Considerando-se que possa haver objetos no caminho, sempre há a necessidade de repetidores. Em geral, a distância entre repetidores é definida pela raiz quadrada da altura da torre. Por exemplo, em torres de 100m de altura os repetidores podem ficar a 80 km de distância.

Embora a tecnologia possa transmitir microondas de mais de 10GHz, a partir de 8GHz o comprimento das ondas é de alguns centímetros e absorvíveis pela chuva. A solução é encaminhar os sinais por caminhos alternativos que os fabricantes adoptam medidas para mitigar essas falhas como a técnica de proteção:

- 1+1 SD (*space diversity*);
- 1+1HSB (*Hot standby*);
- 1+1FD (*Frequency diversity*);

A transmissão por microondas no contexto da Vodacom Moçambique é usada como alternativa redundante de *backbone* junto com a fibra óptica. E cada operadora tem a sua licença de espectros de frequências regulada pelo INCM. Neste caso a Vodacom usa na faixa de 8GHz, 15GHz e 23GHz

O Sistema básico de transmissão usando tecnologias por microondas no fabricante *Huawei technologies* tomando como exemplo o sistema OptiX RTN 900.

Ele pode fornecer uma solução que está integrada ao microondas TDM, microondas híbrido e microondas de pacote com base nos requisitos de rede.

Fonte: *Huawei technologies*

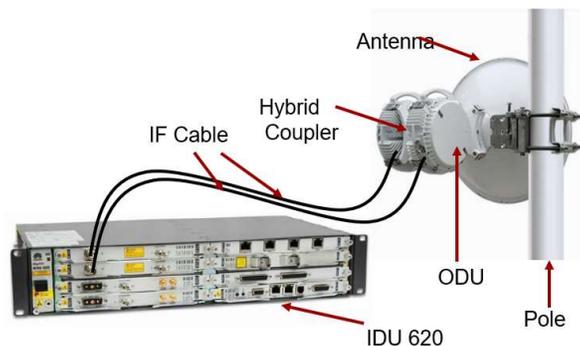


Figura 6: Componentes do equipamento para solução Optix RTN900

O IDU é a unidade interna de um sistema *OptiX RTN 900*. Ele acessa serviços e realiza multiplexação / demultiplexação e processamento IF dos serviços.

2.1.5.1.1 Cabo IF

- O cabo IF fornece alimentação de -48 V para ODU e transmite o sinal IF e o sinal de gerenciamento ODU entre IDU e ODU.
- O IDU e ODU são conectados por jumper IF e cabo IF.
 - *Jumper IF*: O jumper IF é um cabo RG223 de 2 m. O jumper IF usa um conector TNC em uma extremidade para conectar à placa IF, um conector tipo N na outra extremidade para conectar ao cabo IF.
 - *Cabo IF*: Ambas as extremidades são conectores do tipo N, uma extremidade para conectar ao jumper IF, a outra extremidade para conectar à ODU. Existem dois tipos de cabo IF: RG-8U e 1/2 polegada.
 - O cabo RG-8U é usado para distâncias inferiores a 180 metros.
 - cabo de 1/2 polegada é usado para a distância entre 180m e 300m

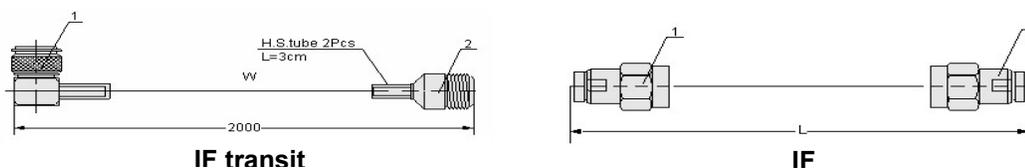


Figura 7: Cabo IF

2.2.5.1.2 ODU (outdoor unit)

A unidade externa realiza a conversão mútua entre o sinal analógico IF e o sinal RF.

Fonte: *Huawei technologies*



7~38G

Figura 9: Unidade externa

2.2.5.1.3 Acoplador híbrido

Quando duas ODUs compartilham uma antena, as ODUs devem ser conectadas a um acoplador / divisor de sinal RF (acoplador híbrido). Então, o acoplador híbrido é conectado à antena.

Fonte: *Huawei technologies*



Figure 10; ~38G Acoplador Híbrido

2.1.5.1.4 Antena

A antena realiza a transmissão e recepção direcional de sinais de RF. Os principais parâmetros são banda de frequência, diâmetro e ganho da antena.

Fonte: *Huawei technologies*



Figura 11: Antena de polarização

Fonte: *Huawei technologies*

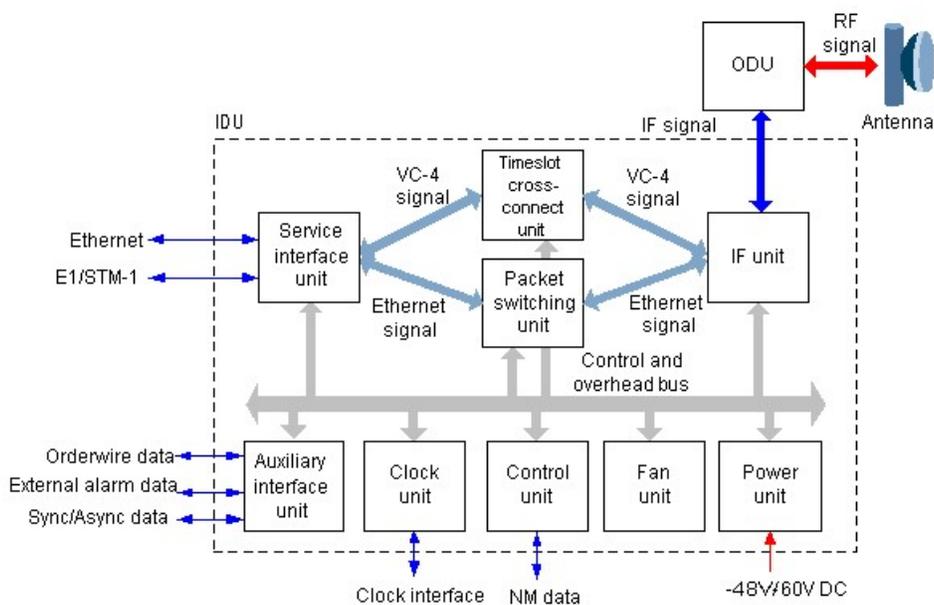


Figura 12: Arquitetura do sistema microondas híbridas

Unidade de interface de serviço	Acessa sinais E1 Acessa sinais STM-1 Acessa sinais Ethernet.
Unidade de conexão cruzada de timeslot	Fornece a função de conexão cruzada e prepara os serviços TDM.
Unidade de comutação de pacotes	Processa serviços Ethernet e encaminha pacotes.
Unidade IF	Mapeia sinais de serviço para sinais de quadro de microondas e mapeia sinais de quadro de microondas para sinais de serviço
	Executa a conversão entre sinais de quadro de micro-ondas e sinais analógicos IF.
	...

Tabela 1: Funcionamento do sistema OptiX RTN 600

CAPÍTULO III: MATERIAIS E METODOLOGIAS DO TRABALHO

Segundo Pranov (2013), a pesquisa pode ser classificada sob o ponto de vista dos seus procedimentos técnicos como bibliográfica, documental, levantamento, experimental, estudo de caso, pesquisa-acção, pesquisa ex-post-facto e pesquisa participante.

Para Simon (1969), esse tipo de pesquisa apresenta menor rigidez no planeamento. Normalmente é baseada no levantamento bibliográfico e documental, entrevistas padronizadas e não padronizadas e estudos de caso. É mais utilizada quando o assunto escolhido é pouco desenvolvido.

Conforme Salomon (2004), a pesquisa bibliográfica fundamenta-se em conhecimentos proporcionados pela biblioteconomia e documentação, pois envolvem a identificação, localização e obtenção da informação e redação do trabalho científico. Esse processo solicita uma busca planeada de informações bibliográficas para elaborar e documentar um trabalho de pesquisa científica.

O presente o trabalho orientou-se pela consulta documental e bibliográfica, pela observação das atividades técnicas realizadas no centro de monitoramento de rede da Vodacom e nas atividades de campo; e foram levadas a cabo entrevistas semi estruturadas a especialistas de rede de telecomunicações e a técnicos de campo.

3.1 Problema resolvido na monitorização de equipamento de Microondas descrito

a) Problema

A equipe de rádio acesso apresenta o problema da estação de Boquisso de número 1089 está sem supervisão e tráfego por parte do sistema de monitoria NMS.

b) Situação

Falha do *link* de microondas na estação de Boquisso 1089 por razões a se apurar (*troubleshooting*).

c) Descrição do problema

A equipe de controle e monitoria de rede (NMC) constatou por meio de alarmes e monitoria de KPI que a estação de Boquisso 1089 apresenta um alarme de *site down* que significa que a estação esta em baixo.

d) Análise, estratégia e acção

Após a NMC constatar que a estação de Boquisso 1089 apresentar alarme de *site down* no equipe da rádio acesso e verificando que não apresentou nenhum alarme relativo a falha de energia na estação, notificou a equipe de transmissão para verificação de possível anomalia no equipamento.

Vendo esta notificação prontamente monitoramos os possíveis alarmes que determinam a falha no *link* na estação de Boquisso 1089 antes deste perder a supervisão no sistema de monitoria e gestão de rede de transmissão (OMS) e a estação que esta ligada a esta e a rede central que é Zimpeto 2022. De seguida verificou-se um alarme relevante equipamento de transmissão na *board IF* na estação de Zimpeto 2022 designado *hard bad status* que significa falha no *hardware da board IF* que liga a ODU/Antena e transmite e recebe *link* da estação de Boquisso 1089.

Prontamente foi notificada a equipe de manutenção ao terreno na área correspondente afim de se dirigir a estação de Zimpeto 2022 com uma nova *board* subsalente (*spare part*) afim de substituir a avariada que prontamente atentou de acordo com o tempo de resposta que as equipes de manutenção devem ter.

3.1.1 Resultado

Após a substituição da *board IF* verificamos que o alarme *hard bad status* limpou e o *link* entre Zimpeto 2022 e Boquisso 1089 voltou a subir garantido a retoma dos serviços (2G/3G/4G) a estação afectada e melhora dos KPIs.

3.1.2 Sugestões

- a. Criação de um *dashboard* que alerte de imediato (*pops*) e divida os alarmes em críticos, major, mínimos para minimizar o tempo de *troubleshooting*.

- b. Criar uma rotina de *healthcheck* dos sistemas de transmissão em toda rede de forma a antecipar qualquer impacto na rede
- c. Verificação sempre do *stock* de *boards spares* nas áreas de abrangência em todo local que a rede esta

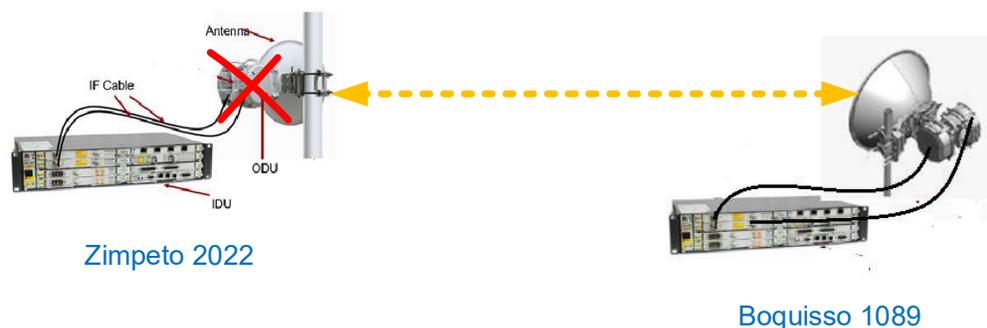


Figura 13: Descrição do problema entre as estações de Boquisso e Zimpeto

3.2 Tecnologias de Transmissão por Fibra óptica

A fibra óptica é constituída por filamentos feitos de sílica, com consistência plástica, destinados ao transporte de sinais ópticos. O aspecto mais importante na sua construção é a produção de camadas com índices de refração tais que o sinal óptico permaneça o máximo possível dentro da fibra, permitindo sua propagação em distâncias consideráveis sem a necessidade de amplificação. A fibra é constituída pela fibra propriamente dita, casca externa protetora, material de reforço e invólucro externo.

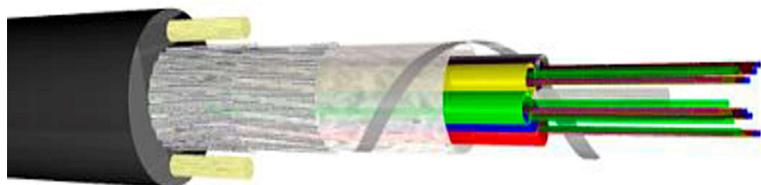


Figura 14 Estrutura de fibra optica

Existem dois tipos de fibras:

a) Monomodo

A fibra óptica monomodo se caracteriza pela casca de reflexão mais espessa e núcleo mais estreito. Esse núcleo mede, normalmente, entre 8 a 10 micrômetros. Outra característica é que, em um cabeamento estruturado, o alcance é de no máximo 4km.

Também, é importante frisar o comprimento de onda da fibra monomodo, que pode ser de 1.310 ou 1.550 nanômetros. Quanto maior o comprimento de onda, maior o desempenho. Por ser tão fino, a luz é refletida de forma direta e linear e, por esse motivo, ela oferece diversos benefícios.

Entre eles, podemos citar:

- Maior qualidade de sinal;
- Menor interferência nos dados transmitidos;
- Maior distância percorrida pela luz.

Todavia, convém ressaltar que esse tipo de fibra também tem alguns pontos negativos a serem considerados. Os principais são a maior dificuldade em alinhar as fibras em caso de emendas e o investimento mais caro que a multimodo.

b) Multimodo

Já o segundo tipo de fibra tem um núcleo bem maior quando comparado ao monomodo. Ainda assim, ambas têm o mesmo diâmetro final. Em geral, o núcleo desse tipo de fibra mede cerca de 62,5 micrômetros. Conseqüentemente, a luz tem mais espaço para passar pela fibra, fazendo com que ela siga o percurso de modo menos linear.

Por conta dessa característica, ela é refletida em várias direções o que interfere no alcance de distâncias mais longas e mantém a qualidade. Os principais benefícios da fibra multimodo são:

- mais baratas que as monomodos;
- mais fáceis de trabalhar com emendas;
- excelentes para redes LAN, que são mais curtas.

Uma das desvantagens da fibra multimodo é com relação à distância máxima do cabeamento estruturado: 2km ou seja, metade do limite máximo da fibra monomodo. As taxas de transmissão também são mais baixas, embora essa defasagem seja insignificante.

Se a sua empresa for muito grande do ponto de vista estrutural, a fibra monomodo é a melhor escolha. Ela garante uma qualidade melhor no sinal em distâncias maiores e, juntamente a isso, a facilidade de instalação ajuda na compensação do preço mais elevado.

Em contrapartida, se sua estrutura é mais fina, o melhor é optar pela fibra multimodo, pois as poucas distâncias abrangidas pelos cabos não afetam na qualidade do sinal. Além disso, a simplicidade nas emendas e o preço mais em conta são excelentes motivadores para a escolha dela nesses casos.

3.2.1 As opções de fibra optica monomodo que estão disponíveis no mercados

ITU-T G.652.A e B (SM – *single mode*)

- Projectada para operar nos comprimentos de onda 1310nm e alta dispersão cromática na janela de 1550nm;
- A fibra do tipo B é a mais utilizada no mundo;
- Possui atenuação máxima de 0,35dB/Km em 1550nm.

ITU-T G.652.C e D (LWP – *low water peak*)

- Processo de fabricação que diminuiu (G.652.C) ou eliminou (G.652.D) a contaminação por íons de hidroxila;
- Permite a utilização dos comprimentos de onda ao redor de 1400nm.

ITU-T G.653 (DS – *dispersion shifted*)

- Fibra sem dispersão;
- Com o crescimento da quantidade de comprimentos de onda, constatou-se que essa fibra sofria misturas de comprimentos de onda;
- Uso restrito a sistemas WDM.

ITU-T G.655 (NZD – *non zero dispersion*)

- Dispersão baixa, mas não nula;
- Núcleo da fibra reduzido para diminuir a dispersão cromática;
- Redução impede o uso em sistemas com muitos comprimentos de onda.

ITU-T G.657 (BI – *bend insensitive*)

- Fibra com baixa sensibilidade à curvatura, raio de curvatura mínimo de: 10mm – G.657.A1

3.2.2 Tecnologias WDM

WDM significa multiplexação por divisão de comprimento de onda;

CWDM – Multiplexação por divisão de comprimento de onda grossa;

- Espaçamento de 20 nm
- Uma banda de 1620 nm a 1260 nm
- Capacidade máxima de 16 canais / lambda

DWDM – Multiplexação por divisão de comprimento de onda densa (até 160 Lambdas);

- Espaçamento de 0,80 nm (100 GHz) ou 0,40 nm (50 GHz)
- Bandas de 1529,16 nm a 1603,57 nm (Banda C e L)
- Capacidade máxima de 160 canais / lambda

Banda C (de 1529,55 nm a 1560,61 nm)

3.2.2.1 Sistema Básico WDM

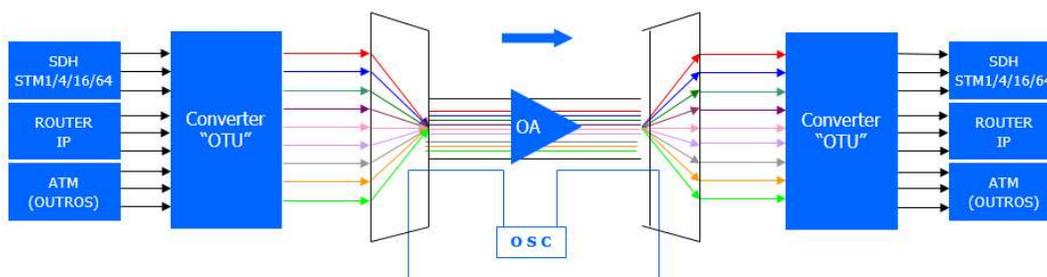


Figura 15: Sistema WDM

OTU → *Optical Transponder Unit* (unidade de transponder óptico);

OA → *Optical Amplifier* (amplificador óptico);

MUX/DEMUX → Unidade de multiplexação / demultiplexação;

OSC → *Optical supervisory channel 1510nm*(canal de supervisão óptica).

3.2.1.2 Teoria sobre redes WDM

Vários comprimentos de onda (todos dentro da banda de 1550 nm) criados por vários transmissores e operando em fibras diferentes são combinados em uma fibra por meio de um filtro óptico (filtro Mux). O sinal de saída de um multiplexador óptico é conhecido como sinal composto. Na extremidade receptora, um filtro óptico de queda (filtro DeMux) separa todos os comprimentos de onda individuais do sinal composto para as fibras individuais. N pulsos de luz de N comprimentos de onda diferentes transportados por N fibras diferentes são combinados por um Mux DWDM. Um DWDM Demux recebe o sinal composto e separa cada um dos N sinais de componente e passa cada um para uma fibra. Conforme ilustra a figura abaixo.

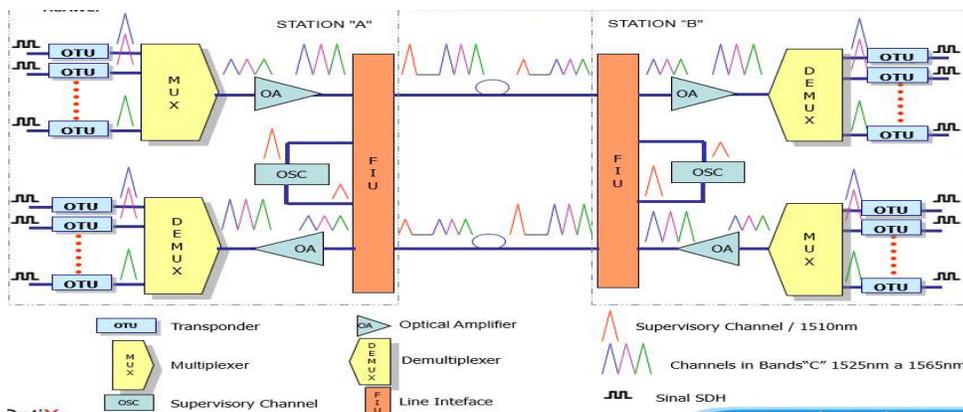


Figura 16: Teorias sobre redes WDM

3.2.1.3 Tipos de elementos na rede WDM

Os elementos comuns na rede DWDM é constituída por elementos transponder, multiplexadores / demultiplexadores, atenuadores variáveis ópticos, Sistema de adição ou entrega (boards de linha), amplificadores ópticos e compensadores de dispersão do sinal óptico (DCM / DCU) conforme ilustra as imagens abaixo.

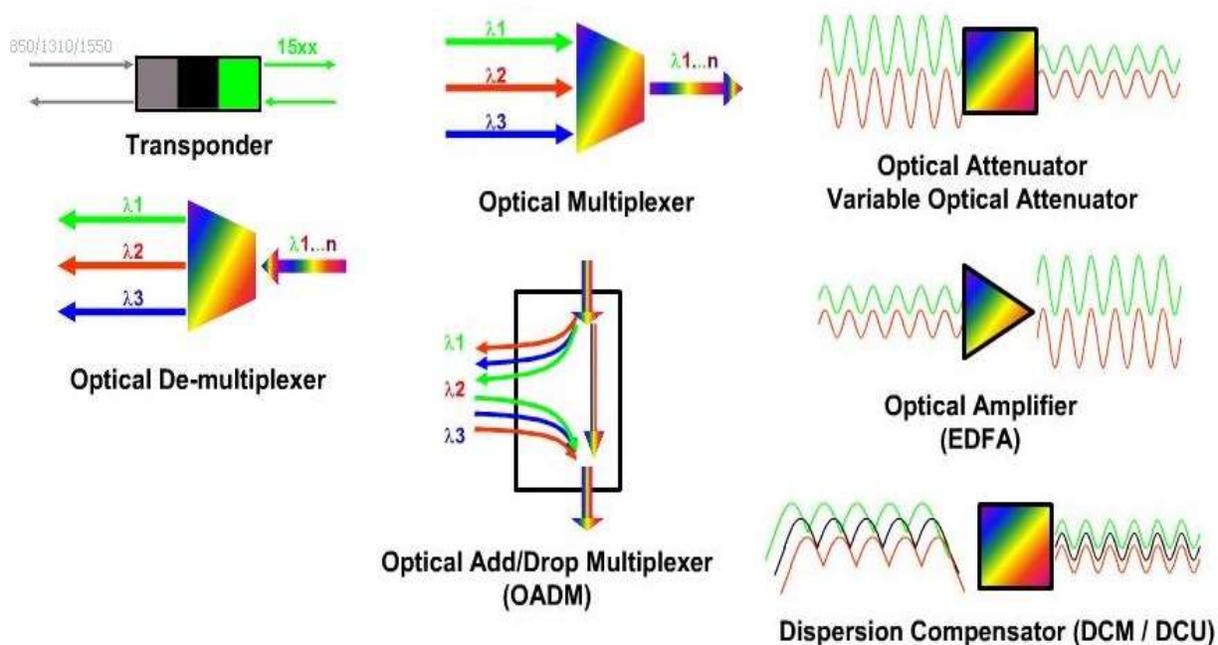


Figura 17: Tipos de elementos na rede WDM

3.2.1.4 Aplicação prática da tecnologia WDM

Devido ao crescente desenvolvimento empresarial por conta da corrida de hidrocarbonetos por grandes multinacionais e aliado a migrações forçadas na província de Cabo Delgado, Pemba por conta das incursões terroristas e actual cenário de desenvolvimento tecnológico gerou-se grande demanda por capacidade.

Actualmente existe um *link* de 10Gbs em funcionamento entre a estação (*Node*) de Metoro e a estação de Pemba como o *link* de *backbone* em Fibra óptica usando um par de fibra óptica com tecnologia MSTP e há requerimento de aumento dessa capacidade.

Até pouco tempo o *link* de 10Gbps MSTP fora considerado um avanço tecnológico em termos de capacidade de acordo com a demanda existente, mas em monitoramento de *KPIs* como mostra a figura 17 com o gráfico periódico de monitoramento de portas em percentagem de utilização de largura de banda em Mbps verifica-e que o *link* está em mais de 70% da capacidade actual o que já é um alerta vermelho porque rapidamente pode haver um aumento exponencial que pode comprometer o objectivo das atividades da empresa naquela área.



Figure 18: Monitoramento de utilização de Largura de Banda

3.2.1.5 Possíveis soluções imediatas

A companhia pode investir numa nova linha ou traçado de fibra óptica para multiplicar a disponibilidade de portas de fibra óptica, contudo isso implicaria investimento de mais equipamentos de MSTP e, a curto prazo, o problema voltaria após um grande investimento de recursos.

A companhia optou por investir numa nova tecnologia na rede que se enquadra com as infraestruturas existentes e garante uma disponibilidade elevada de capacidade sem grandes investimentos a curto prazo, nesse caso o DWDM conforme estudado anteriormente.

3.2.1.5.1 Projecto e implementação

Fabricante	Huawei technologies. Lda	
Equipamento	Optix OSN1800V	
Distancia/Km	110KM	
Atenuacao	Calculada de acordo com a distância	0.35dBm*110Km=38.5dB
	Registada com o OTDR	45dB

Tabela 2: Elementos do projecto

3.2.1.5.2 Equipamento

OptiX OSN1800V

Item	OSN 1800 V chassis
Dimensões (mm)	221 x 442 x 224 (A x L x P) (excluindo as orelhas de montagem)
Número de slots de placa de serviço	Chassi DC: 15 Chassi AC: 12
Capacidade do dispositivo	OTN 700 Gbit / s
	Pacote 700 Gbit / s
	Capacidade de ordem superior de 2.800 Gbit / s, capacidade de ordem inferior de 40 Gbit / s
Número máximo de comprimentos de onda	DWDM 80
	CWDM 8
Taxa máxima por canal	200 Gbit / s
Tipo de serviço suportado	Serviço SDH (STM-1/4/16/64), serviço PDH (E1 / T1 / E3 / T3 / E4), serviço OTN (OTU1 / 2 / 2e / 4), serviço Ethernet (FE / GE / 10GE / 40GE / 100GE), serviço PCM, serviço CPRI, serviço OBSAI, serviço SAN, vídeo e outros
Aplicativo de rede	Rede de pacotes pura, rede OTN pura, rede TDM pura, rede MSOTN (OTN + pacote + TDM), rede híbrida (pacote + TDM), rede de pacote OTN + e rede OTN + TDM
Fonte de energia	Entrada de alimentação DC: tensão de operação padrão: -48 V DC / -60 V DC
	Entrada de alimentação CA: tensão de operação padrão: 110 V CA / 220 V CA

Tabela 3: Sistema optix OSN1800V

Boards escolhidas

Board	Descrição
TMA1UXCL	A placa TMA1UXCL é uma placa de controle de sistema, conexão cruzada, temporização e serviço integrado. Ele fornece as funções de um controle de sistema, conexão cruzada, quadro de temporização e implementa conexões cruzadas de serviços VC-4 / VC-3 / VC-12 e comutação de serviços de pacote. A placa também pode ser configurada como uma placa de linha universal (serviços de pacote SDH +), uma placa TDM ou uma placa de pacote para transmitir vários serviços
TNF1AST4	Como um tipo de unidade de canal de supervisão óptica, a placa AST4 processa quatro canais de sinais de supervisão em direções opostas
TNF1DSFIU01	Como um tipo de unidade ótica de multiplexação e demultiplexação, a placa DSFIU multiplexa e demultiplexa os sinais transmitidos ao longo do caminho ótico principal e do canal ótico de supervisão.
TNF1EMR8	Serve como uma placa multiplexadora ótica de oito canais melhorada.
TNF1OBU / TNF2OBU	A placa OBU é usada na transmissão ou recepção para amplificar sinais ópticos na banda C.
TNF6HSNS4	A placa HSNS4 suporta transmissão híbrida de serviços OTN e SDH com uma largura de banda máxima de 100 Gbit / s. A placa HSNS4 processa e converte os sinais de serviço recebidos em um sinal OTU4.
TNZ5EX4	A placa EX4 recebe e transmite serviços 10GE LAN, processa serviços de pacote e transmite os pacotes para a placa de conexão cruzada para conexões cruzadas centralizadas. No lado WDM, uma placa de linha universal ou placa de serviço de pacote pode ser usada para direcionar serviços de pacote à rede WDM para transmissão
TNZ5EG10	A placa EG10 recebe e transmite um máximo de 10 serviços GE / FE, processa serviços de pacote e transmite pacotes para a placa de conexão cruzada para conexões cruzadas centralizadas.

Tabela 4: Boards no projecto com optix OSN1800V

Reunidos todos os requisitos apresentados no capítulo anterior temos o seguinte *design* para todo *link*:

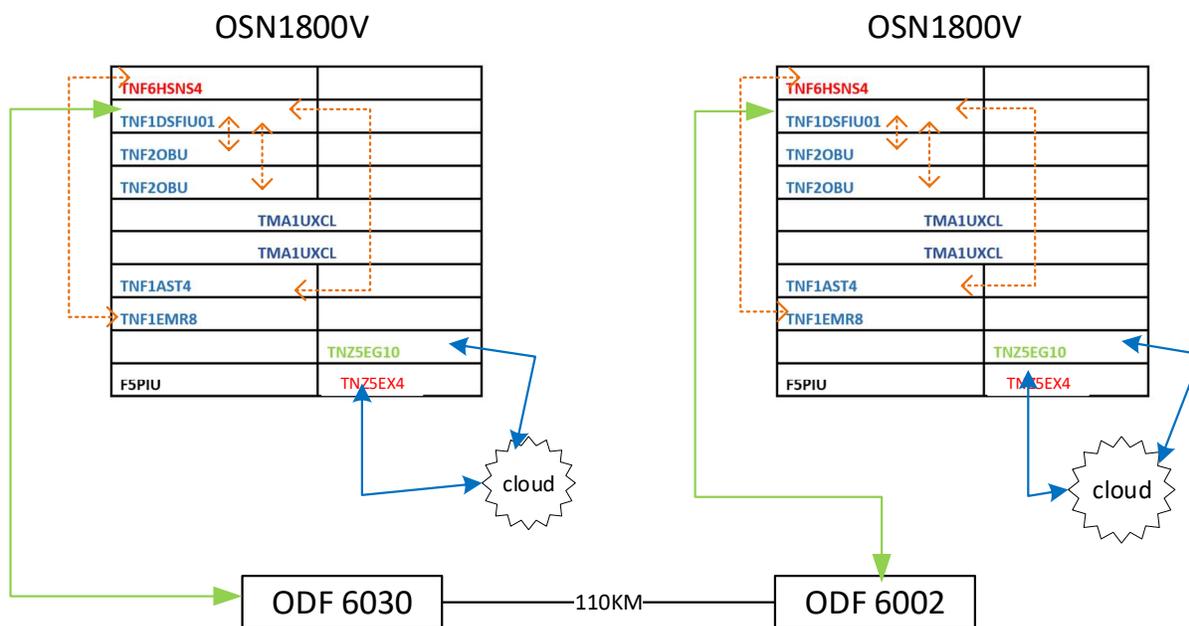


Figura 19: *Design* de alto nível (HLD) do link 6030 - 6002

3.2.1.5.3 Cálculo de potência

O documento *OptiX WDM Product System Commissioning* da *Huawei technologies co. Lda*, versão V1.0_20110520, as fórmulas de unidade de potência óptica (mW); unidade de potência óptica (dBm); unidade de ganho de potência óptica (dB)

Cálculo de valores a receber:

$$P(\text{dB}) = 10 \lg \frac{P1(\text{mW})}{P2(\text{mW})} \quad (1)$$

Equação 1: fórmula de potência em dB

Dois valores de potência óptica em dBm podem ser subtraídos directamente, mas não podem ser adicionados directamente.

$$P(??) = P1(dBm) - P2(dBm)$$

Dois valores de potência óptica podem ser subtraídos directamente ou adicionados depois que suas unidades de medição são convertidas em mW

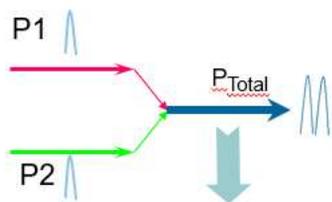
$$P(dB) = 10lg \frac{P1(mW)}{1mW} - 10lg \frac{P2(mW)}{1mW} = 10lg \frac{P1(mW)}{P2(mW)}$$

$$P(dB) = P1(dBm) - P2(dBm) \quad (2)$$

Equação 2: Calculo da potencia em dB em substituição directa em dBm

Para calcular a soma de dois valores de potência óptica em dBm, os valores devem ser convertidos em mW antes do cálculo. O resultado da subtração de uma potência óptica em dBm de outra potência óptica em dBm é medido em dB. O resultado da subtração de uma potência óptica em dB de outra potência óptica em dBm é medido em dBm. Por exemplo, $5 dBm - 3 dBm = 2 dB$; $5 dBm - 3 dB = 2 dBm$.

Fórmula de cálculo de potência óptica – 2



$$P_{Total}(mW) = P1(mW) + P2(mW)$$



Suponha que $P1 = P2 = \text{canal PSingle}$

$$P_{Total}(dBm) = P_{Single\ channel}(dBm) + 10lg2(dB)$$



Estendido para o cenário envolvendo N canais

$$P_{Total} (dBm) = P_{Single channel} (dBm) + 10 \lg N (dB) \quad (3)$$

Equação 3: Formula de calculo total da potencia em dBm envolvendo N canais

Valores fixos comuns usados para calcular a potência total dos canais combinados:

$$10 \lg 2 = 3 \quad 10 \lg 4 = 2 \times 10 \lg 2 = 6 \quad 10 \lg 32 = 5 \times 10 \lg 3 = 15$$

$$10 \lg 10 = 10 \quad 10 \lg 40 = 10 \lg (4 \times 10) = 10 \lg 4 + 10 \lg 10 = 16$$

$$10 \lg 80 = 10 \lg (8 \times 10) = 10 \lg 8 + 10 \lg 10 = 30 \lg 2 + 10 \lg 10 = 19$$

CAPÍTULO IV: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste estudo calculamos as potências de entrada e saída de acordo com as especificações do equipamento escolhido. A carta de processamento do sinal de serviços gera um sinal de $-2.5dBm$

of Input Power Upper Threshold(dBm) ^	Max. Value of Input Power Upper Threshold(dBm) ^	Max. Pump Output Power(dBm) ^	Min. Pump Output Power(dBm) ^	Output Power(dBm) ^
-	-	-	-	-2.5

Figure 20: Potencia de saída da carta de linha

E tem sensibilidade de recepção de máxima de $-16dBm$

Reference Input Power Upper Threshold(dBm) ^	Input Power Lower Threshold(dBm) ^	Min. Vali
-	-16.0	-
-	-	-

Figure 21: *Threshold* de potencia de recepcão

Pelo que na atenuação existente na fibra é de $45dBm$ e o ganho nominal do amplificador é de $23dBm$ o que gera um sinal de envio de aproximadamente $5dBm$ pelo que pode ser ajustado. O sinal recebido no amplificador da estação oposta é de $(-21dBm)$ aproximadamente o que após a sua amplificação e de multiplexação entrega a *board* de serviços NS4 um sinal de $-7.6dBm$ o que está dentro da margem de sinal desta *board*.

Channel							
Basic Attributes		Advanced Attributes					
orking Band Parity	Laser Status	Gain (dB)	Nominal Gain (dB)	Nominal Gain Upper Threshold (dB)	Nominal Gain Lower Threshold (dB)	Upper Threshold of Actual Gain (dB)	Lower Thr
-	-	-	-	-	-	-	-
-	On	24.2	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

Figure 22: Ganho nominal da *board* amplificação em *dB*

n) ^	Output Power(dBm) ^	Reference Output Power(dBm) ^
-	-	-
3.2		15.0

Figure 23: Potência de saída da *board* de amplificação

^	Port ^	Input Power(dBm) ^	Reference Input Power(dBm) ^	In
	1(IN/OUT)	-7.6	/	/
	1(IN/OUT)-1	-	-	-

Figure 24: Potencia de chegada na *board* de amplificação

No ambito de implementação teóricas/práticas foi escolhido no momento um único *lambda* de 1560.61nm que corresponde a frequência de 192.100THz para transmitir o sinal mas com possibilidade de expansão dos lambas no futuro se assim for exigido.

Channel		By Board/Port (Channel)		By Function	
Basic Attributes	Advanced Attributes	Channel Loopback			
Optical Interface/Channel	FEC Working State	FEC Type	AFEC Grade	Band Type/Wavelength No./Wavelength (nm)/Frequency (THz)	Band Type
2000-OSN1800V-001-Shelf0(subrack)-2-Z8NS4-1(IN/OUT (TO-2014))--	-	-	-	C/80/1560.61/192.100	C
2000-OSN1800V-001-Shelf0(subrack)-2-Z8NS4-1(IN/OUT (TO-2014))--	Enabled	SDFEC2	3	-	-
2000-OSN1800V-001-Shelf0(subrack)-2-Z8NS4-1(IN/OUT (TO-2014))--	-	-	-	-	-
2000-OSN1800V-001-Shelf0(subrack)-2-Z8NS4-1(IN/OUT (TO-2014))--	-	-	-	-	-
2000-OSN1800V-001-Shelf0(subrack)-2-Z8NS4-1(IN/OUT (TO-2014))--	-	-	-	-	-

Figure 25: Especificacoes de Banda de frequencia, lambda e frequencia da *board* de linha

Criadas 2 interfaces virtuais de 40GE de capacidade que corresponde a capacidade total planeada para este projecto.

Port Type ^	Port ^	Mapped ODUk ^	Level ^	Bandwidth ^	GFP Type ^
ETH	40001(TO 5968-OSN1...	1(IN/OUT)-OCh:1-ODU4:1-ODU2:1	-	10GE	GFP-F
ETH	40002(V_ETH-2)	1(IN/OUT)-OCh:1-ODU4:1-ODU3:1	-	40GE	GFP-F
ETH	40003(V_ETH-3)	1(IN/OUT)-OCh:1-ODU4:1-ODU3:2	-	40GE	GFP-F

Figure 26: Capacidade configurada na da interface de *board* de linha

Dessa forma aplicando nos dois extremos das estações correspondentes ganha se um *link* total de 80G de capacidade usando a atual FO e mais serviços para os clientes localizados na cidade de Pemba.

CAPÍTULO V: CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DO ESTUDO

5.1 Conclusões

As tecnologias para fibras ópticas estão cada vez mais desenvolvidas e a melhor aplicação em redes existentes tanto para operadoras de telecomunicações móveis assim como pequenas redes metropolitanas para o seus *backbones* ópticos. Devido à capacidade do DWDM de transportar diversas tecnologias e possibilitar o maior transporte de tráfego sobre a fibra. O DWDM tem como principais vantagens a rapidez de instalação, escalabilidade e flexibilidade na hora da expansão e ainda a aprimoramento do uso da fibra. O principal desafio é o alto custo dos equipamentos, principalmente para pequenos operadores de rede. A característica de escalabilidade do DWDM é de grande importância devido à rápida evolução da Internet e que provoca uma grande demanda por dados. Neste projecto de rede DWDM tomou-se em consideração o tipo de fibra usado, o equipamento que faz o gerenciamento e a infra-estrutura topológica existente. Face todos esses benefícios, podemos dizer que hoje o DWDM representa a tecnologia mais robusta no que diz respeito à tecnologias de transportes em longas distâncias em telecomunicações, e sua eficácia já foi comprovada e está em uso hoje pelas grandes operadoras de Telecomunicações no mundo.

5.2 Limitações e Recomendações do Estudo

A transmissão por microondas pode ser cada vez mais usada e aplicada de acordo com as condições geográficas que não possibilitam a instalação de fibra óptica no local

A transmissão por satélite tende a não ser usada na maioria das estações por conta da sua limitação de capacidade que quase que não satisfaz a demanda de hoje embora seja necessária em locais extramente remotos.

A Vodacom poderia apostar na tecnologia DWDM como o seu principal *backbone* a nível nacional de acordo com as condições de fibra óptica existente com possibilidade de expansão se houver necessidade de mais capacidade contudo requer um investimento em novos equipamentos o que pode ser custoso no início.

Para que este projecto tenha significância, todos *links backbone*, desde a estação central (*core-network*) até as estações que foram feitas o *upgrade*, devem ter a capacidade mínima de 80GE ou mais.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Huawei Technologies Co (2011). *OptiX WDM Product System Commissioning*. (Documentos internos da empresa)
- [2] Huawei Technologies Co (2006). *OptiX RTN 600 Product Introduction: RTN-Radio Transmission Node*. (Documentos internos da empresa)
- [3] Huawei Technologies Co (2006). *Training DWDM Huawei equipment*. (Documentos internos da empresa)
- [4] Ilha Solteira 2018, *Ondas e Linhas de Comunicações: Capítulo 5 – Linhas de Transmissão TEM*, Universidade Estadual Paulista
- [5] Lima, M. P. (2003). *Tecnologias de Transmissão em Telecomunicações DWDM*. Instituto de Tecnologias Exactas: Uberlandia/Brazil.
- [6] Wendling, M. (S/d). *Fundamentos de Amplificadores Versão 1.0*. São Paulo: UNESP

Sites consultados:

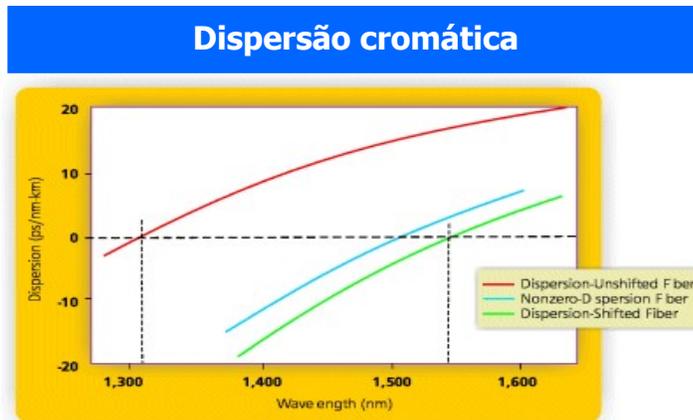
- Andrade, U. (2017). FTTX or F4FTTX: O que são e o que Influencia na Qualidade da sua Internet? Disponível em: <http://suporte.vivavox.com.br/support/solutions/articles/17000060691-ftth-ou-fttx-o-que-s%C3%A3o-e-o-que-influencia-na-qualidade-da-sua-internet-> [Consultado em 23/09/2021]
- Pinto, J. O. (S/d). DWDM em Redes Metropolitanas. CAT Informática 5; Disponível em: <http://www.rederio.br/downloads/pdf/nt00102.pdf> [Consultado em 10/09/2021]
- Santos, R. D. L. (S/d). REDES GSM, GPRS, EDGE E UMTS; Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/index.html [Consultado em 10/09/2021]

Verma, V. (2016). Technology Solution for 4G-LTE. India: Department of Telecom; Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/SiteAssets/Pages/Events/2016/Oct-CandI2016/CAICT2016/Session%20-5%20Technology%20solution%20for%20LTE-%E5%8D%B0%E5%BA%A6-Vineet%20Verma-final.pdf> [Consultado em 23/09/2021]

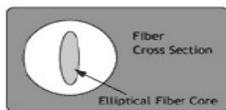
Anexos

Parâmetros importantes

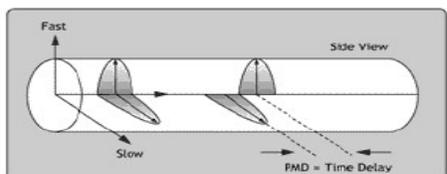
bandas disponíveis	
Band	Wavelength (nm)
	820 - 900
	1260 - 1360
"New Band"	1360 - 1460
S-Band	1460 - 1530
C-Band	1525 - 1565
L-Band	1565 - 1625
U-Band	1625 - 1675



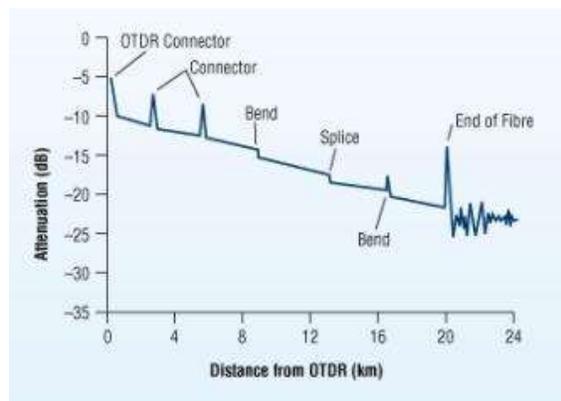
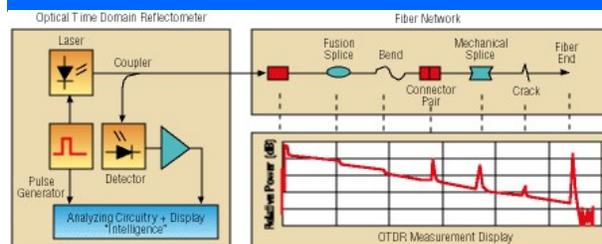
dispersão PMD



Rate (Gbps)	PMD Tolerance (ps)	Distance (km) (0.5ps/km ²)	Distance (km) (0.2ps/km ²)	Distance (km) (0.08ps/km ²)
2.5	40	6400	40000	250000
10	10	400	2500	15625
40	2.5	25	156.25	976

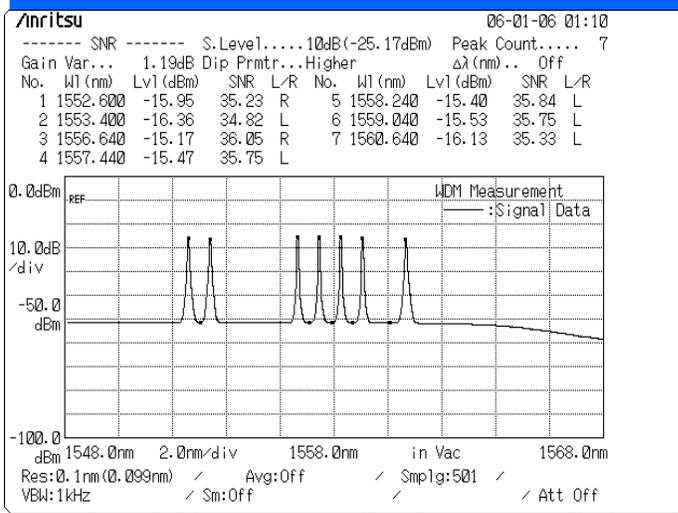


Distância (km), obtida com OTDR

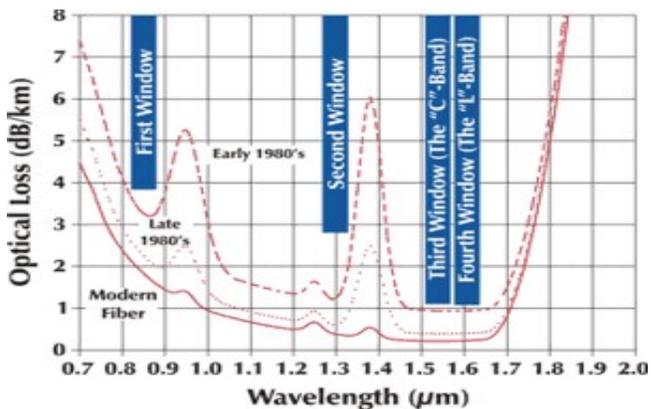


Parâmetros importantes

Sinal para ruído (dB) obtido com o OSA



Curva de Atenuação





**ACTA DE ENCONTROS REGULARES
UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA: 2021EPPL01

Data:

1. AGENDA:

<i>Orientação na escolha do tema a desenvolver durante o estágio profissional (03-08-2021)</i>
<i>Orientação em relação plano de atividades e estrutura do relatório (01-09-2021)</i>
<i>Orientação na estrutura do relatório e seus componentes (23-10-2021)</i>
<i>Concertações e acertos em relação ao relatório do estágio profissional (03-11-2021)</i>
<i>Concertações e acertos em relação ao relatório do estágio profissional (18-11-2021)</i>

2. PRESENCAS

Supervisor	2021EPPL01
Co-Supervisor	
Estudante	
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

4. RECOMENDAÇÕES:

5. OBSERVAÇÕES

--	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

--	--



**TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO
UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE
LICENCIATURA**

Declaro que o estudante _____

entregou no dia ___/___/20__ as --- cópias do relatório do seu Trabalho de
Licenciatura com a referência: 2021EPPL01

intitulado: _____

Maputo, ___ de _____ de 20

O Chefe de Secretaria



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: 2021EPPL01

Data: ____ / ____ / ____

Título do tema: _____

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.

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: _____

Referência do tema: 2021EPPL01

Data: ____/____/____

Titulo do tema:

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)	
---------------------------------------	--	--------------------------	--

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: 2021EPPL01

Data: ___/___/___

Título do tema:

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



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: 2021EPPL01

Data: ____/____/____

Título do tema:

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

CLASSIFICAÇÃO FINAL =$(N1*A+N2*B)/100$	
--	--

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

