Estudo de Caso: *Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei, um projeto pioneiro e vanguardista para a internet na Bahia*

FRANCISCO JOSE BADARÓ VALENTE NETO

francisco@itsbrasil.net

IX FÓRUM REGIONAL SC

https://regional.forum.ix.br/27-SC/

QUEM SOU EU ?

Francisco José Badaró Valente Neto

- **Mestrando em Sistemas e Computação (*Strictu Sensu*)**
- **MBA em Gestão Política, Planejamento Estratégico e Inteligência Estratégica . MBA em Sistemas e Telecomunicações**
- **Especialista (*Lato Sensu*) em Sistemas e Computação, Especialista (*Lato Sensu*) em Redes e Telecomunicações.**
- **Bacharel em Ciências da Computação**
- **Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas**
- **Diversas certificações de diversos fabricantes**

- Pesquisador Ativo e Publicador (Redes, Telecomunicações (Otimização e Roteamento)) e Blockchain. Professor UniRuy/Wyden-DeVry e Caelis/São Salvador.
- Gerente de Telecomunicações e Treinamento - ITS Brasil

https://www.linkedin.com/in/franciscobadaro/en

http://lattes.cnpq.br/0008999030113038

https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Neto24

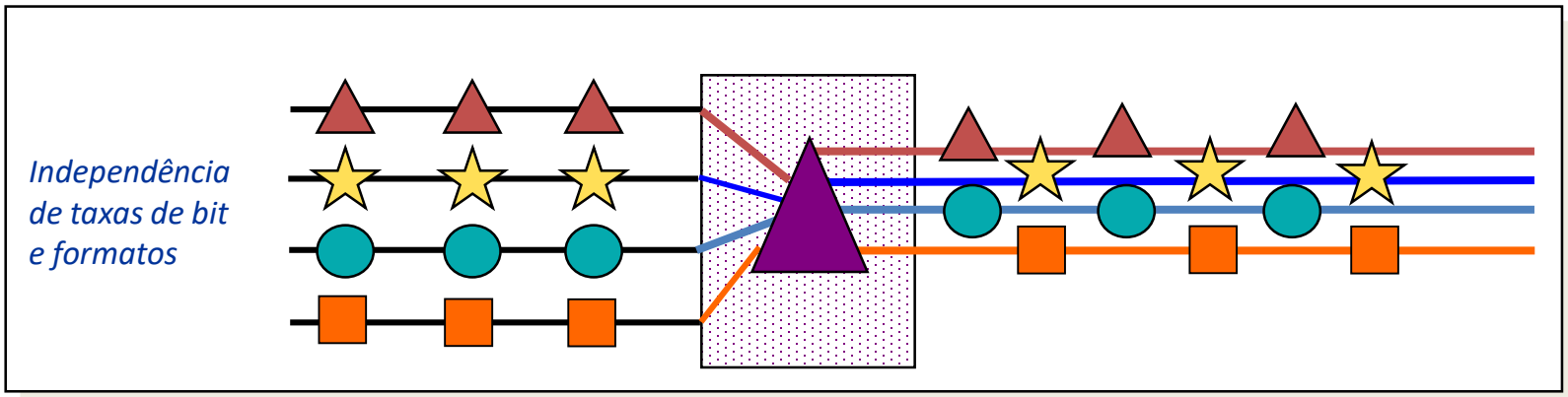
AGENDA

1. **Introdução a tecnologia DWDM**
2. Arquitetura DWDM
3. Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei
4. Conclusões

Introdução a tecnologia DWDM

Wavelength Division Multiplexing (WDM)

- Uma forma de multiplexação por divisão de frequência (FDM)
- Usa múltiplos comprimentos de onda sobre uma única fibra óptica



- Integra tráfego óptico sobre uma única fibra óptica sob múltiplos canais/comprimentos de onda
- Permite alta flexibilidade em expansão de largura de banda

DWDM = Dense WDM e CWDM = Coarse WDM

Introdução a tecnologia DWDM

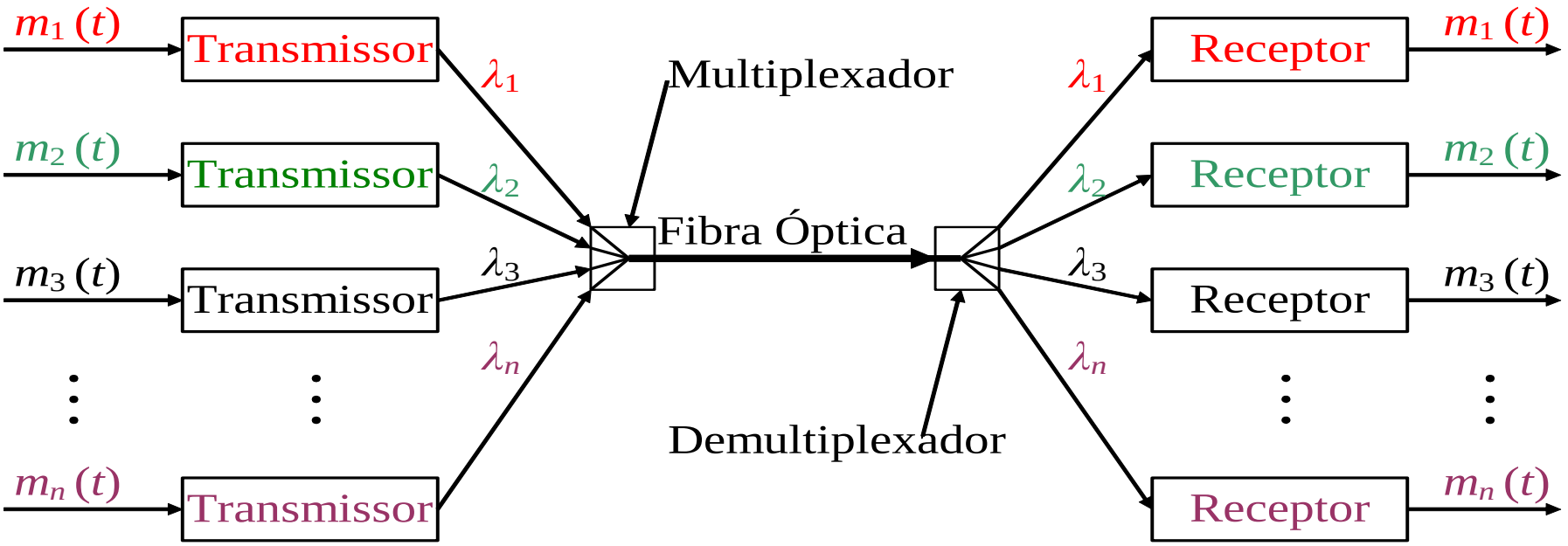
- ✓ **O DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing* - multiplexação densa por divisão de comprimento de onda) é uma tecnologia evolutiva que pode combinar dezenas de canais em uma única fibra, economizando fibras e otimizando a transmissão no contexto de número de canais/largura de banda final necessária.**

- ✓ **O espaçamento convencional entre os canais pode ser de 200 GHz (1.6 nm), 100 GHz (0,8 nm), 50 GHz (0,4 nm), 25 GHz (0,2 nm), podendo chegar até 12.5 Ghz (0,1 nm).**

- ✓ **Padronizado pela normativa ITU G.694.1. e ITU-T G.671 e estendido em diversas outras normas e padrões proprietários.**

Introdução a tecnologia DWDM

Segundo a ITU (*International Telecommunications Union, ITU-T G.694.1*), os sistemas DWDM tem até 560 comprimentos de onda. Além disso, foram realizados testes que provaram ser possível a multiplexação de até 1022 canais sob grid de 10ghz [Bell Labs/Lucent Technologies].



Representação do princípio base da arquitetura DWDM

Fibras Ópticas Monomodo

- **Standard Single Mode Fiber (SMF)**
  - Dispersão zero em 1310 nm
  - ITU-T G.652
- **Dispersion-Shifted Fiber (DSF)**
  - Curva de dispersão deslocada para comprimentos de onda superiores para ter dispersão zero em 1550 nm
  - Sistemas ópticos com um lambda em 1550 nm
  - ITU-T G.653
- **Non-Zero Dispersion Shifted Fiber (NZDSF)**
  - Uma pequena dispersão é introduzida na janela de 1550 nm para evitar o principal efeito não linear: Four Wave Mixing
  - Sistemas DWDM de longo alcance e com altas taxas de bit
  - ITU-T G.655
- **Zero Water Peak Fiber**
  - Eliminação do pico de água (OH), abrindo a janela toda a janela óptica de 1300 a 1600 nm
  - Ideal para sistemas metropolitanos CWDM
  - ITU-T G.652C

Introdução a tecnologia DWDM

Banda Óptica/Janela de transmissão (Ref: ITU-T G.694.10)

- **S λ : Band (Short Band) - 1450 nm ~ 1500 nm [Menos utilizado]**
- **C λ : Band (Conventional Band) - 1530 nm ~ 1565 nm; [360 canais (12,5 GHz Grid).**
- **L λ : Band (Long Band) - 1565 nm ~ 1625 nm; [560 channels (12,5 GHz Grid).**

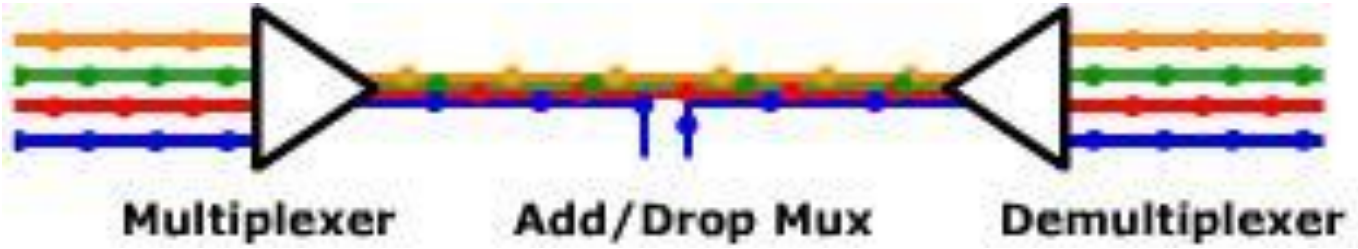
Channel spacing in GHz	200	100	50	25	12,5
Channel spacing in nm	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1
Number of available channels (C-Band)	22	45	90	180	360
Number of available channels (L-Band)	35	70	140	280	560

Demonstrativo de Canalização x Banda Óptica

Introdução a tecnologia DWDM

ELEMENTOS TÍPICOS DE UM SISTEMA DWDM

MUX e DEMUX (Multiplexadores e Demultiplexadores)

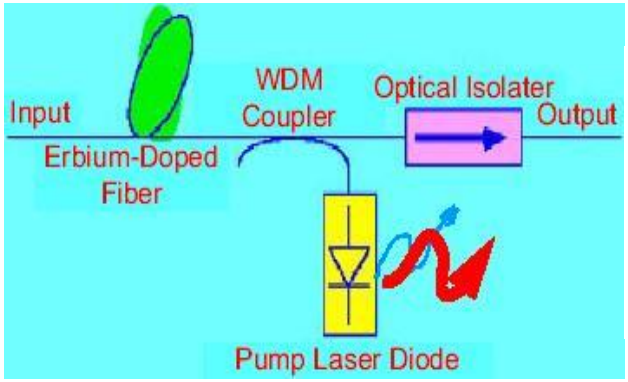


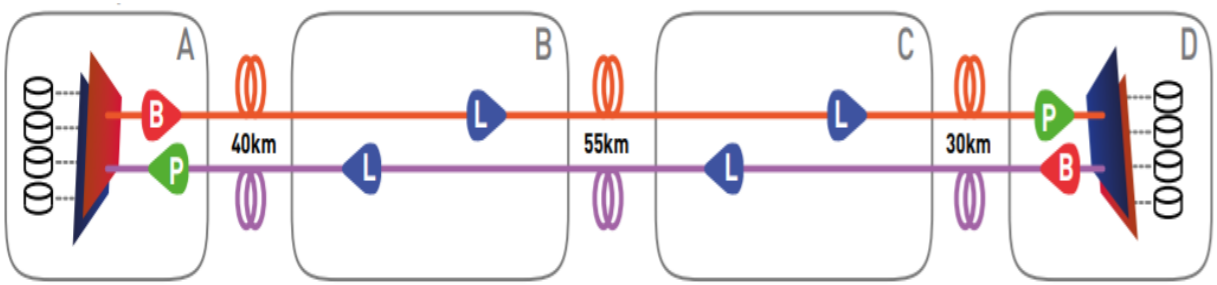
- Os sistemas DWDM necessitam de equipamentos capazes de combinar sinais que provêm de várias fontes emissoras, para que sejam transmitidos por uma única fibra. Assim, os multiplexadores convergem sinais de diversos comprimentos de onda em um único feixe em um lado e do outro os demultiplexadores fazem o inverso, estando em um enlace DWDM em direções opostas.

- Existe um tipo especial de multiplexador denominado add/drop-multiplexer (OADM/ROADM). Estes, além de realizar a função de um multiplexador comum, permite a remoção de um sinal e a inserção de um novo sinal, de mesmo comprimento de onda, em um enlace de transmissão. Deixando passar os outros comprimentos de onda, com uma pequena perda de potência face a derivação. Facilitando assim a evolução dos links ópticos em um sistema DWDM.

Introdução a tecnologia DWDM

ELEMENTOS TÍPICOS DE UM SISTEMA DWDM
AMPLIFICADORES ÓPTICOS



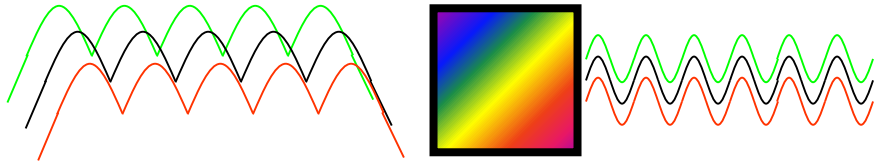


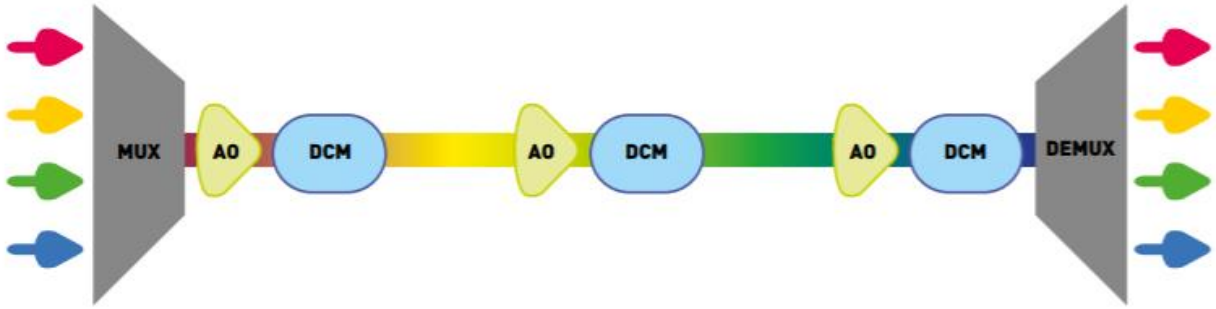
Os amplificadores óticos são dispositivos que têm a finalidade de amplificar um sinal objetivando a regeneração deste.

- **Amplificador Booster/Booster Amplifier (BA)** – Utilizado no começo do enlace, proporcionando aumento de potência. Possui alta potência de saída e baixa sensibilidade de recepção;
- **Amplificador Linha/Line Amplifier (LA)** – Utilizado no meio do enlace, proporcionando complemento de potência. Possui potência de saída e sensibilidade de recepção moderados;
- **Amplificador Pré/Preamplifier (PA)** – Utilizado no fim do enlace, proporcionando aumento de potência e sensibilidade de recepção. Possui baixa potência de saída e alta sensibilidade de recepção.

Introdução a tecnologia DWDM

ELEMENTOS TÍPICOS DE UM SISTEMA DWDM
COMPENSADORES DE DISPERSÃO CROMÁTICA (DCM)





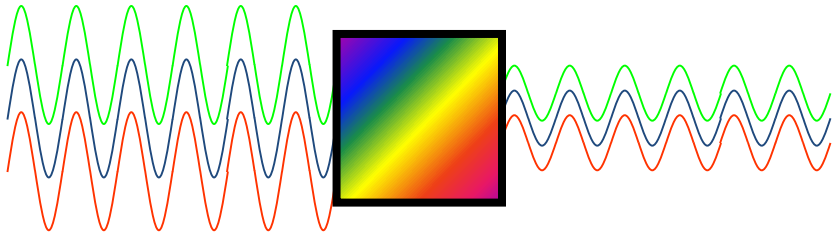
MUX - Multiplexador
DEMUX - Demultiplexador
AO - Amplificador Óptico
DCM - Compensador de Dispersão

A transmissão dos comprimentos de onda não acontece de forma uniforme dentro da fibra, ou seja, frequências rápidas chegam antes que frequências lentas. Isso faz com que o pulso óptico acabe se alargando e consequentemente faz com que estes pulsos se sobreponham.

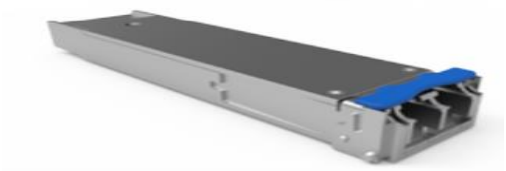
Introdução a tecnologia DWDM

DEMAIS ELEMENTOS TÍPICOS DE UM SISTEMA DWDM

Transponder



Atenuador Optico (VOA)
Variable Optical Attenuator



Módulo Óptico

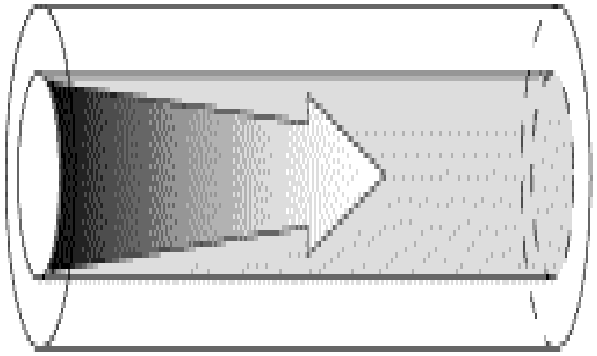
Desafios de Transmissão

Atenuação

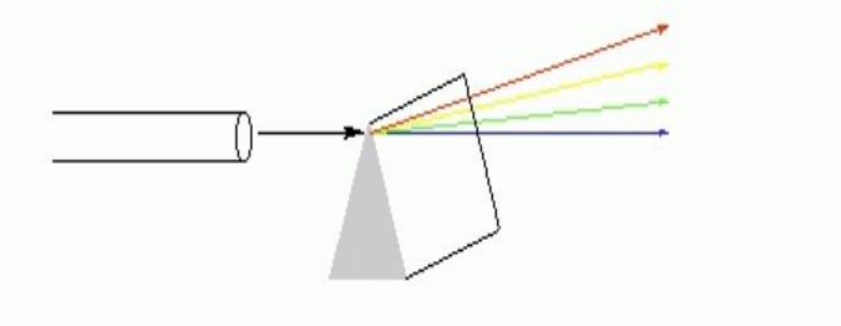
A atenuação é causada por:

- *Fatores intrínsecos principalmente dispersão e absorção*
- *Fatores extrínsecos, incluindo estresse do processo de fabricação, Fatores ambientais de instalação e flexão física.*

Absorção

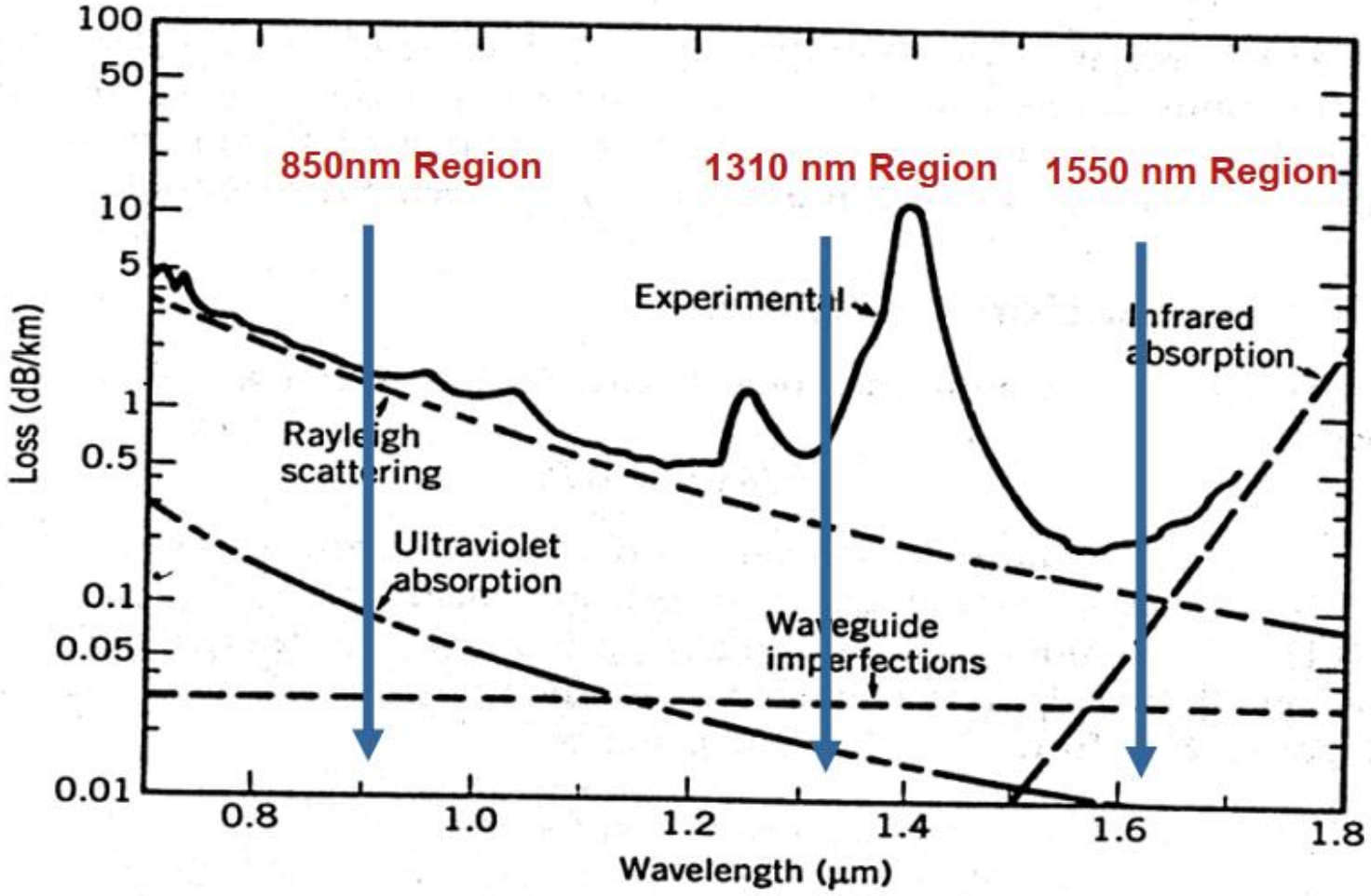


Dispersão Cromática



Introdução a tecnologia DWDM

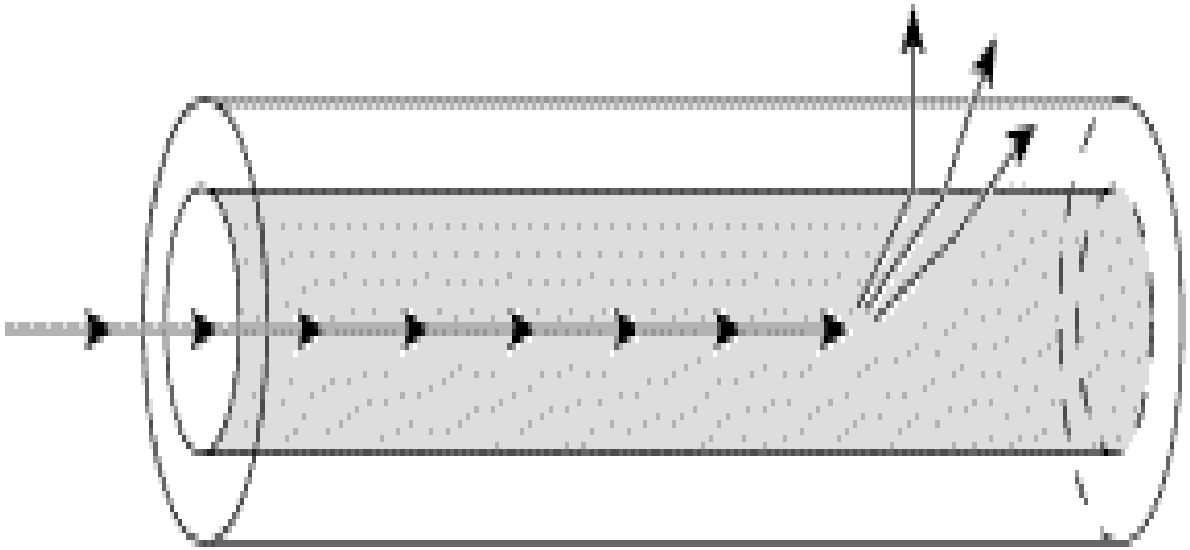
Relacionamento Atenuação x Comprimento de Onda



Desafios de Transmissão

Dispersão de Rayleigh

- É um problema em comprimentos de onda mais curtos



Introdução a tecnologia DWDM

Dispersão

Dispersão é a disseminação de pulsos de luz à medida que eles percorrem a fibra óptica.

Dispersão resulta em distorção do sinal, o que limita a largura de banda da fibra.

Dois tipos gerais de dispersão:

Dispersão Cromática - é linear

- Dispersão cromática ocorre porque diferentes comprimentos de onda se propagam em diferentes velocidades.

Aumenta como o quadrado da taxa de bits.

Dispersão

Dispersão do modo de polarização - não é linear.

A dispersão do modo de polarização (PMD - ***Polarization Mode Dispersion***) é causada pela ovalização da forma da fibra como resultado do processo de fabricação ou de fatores externos de estresse/deterioração.

PMD geralmente não é um problema em velocidades abaixo de OC-192 (OC-192 / STM-64 / 10G).

"*Uma espécie de mancha do sinal*"

Introdução a tecnologia DWDM

Relação Taxa de Transmissão x Distância x Problemas com compensação de dispersão cromática

Taxa de Transmissão	Distancia
2.5gbps	980km
10gbps	60km
40gbps	4km

Fonte: Cisco Introduction to DWDM Technology

MAS, COM A TECNOLOGIA DE TRANSMISSÃO ÓPTICA COHERENT (100gbps) ISTO MUDA UM POUCO.

Algumas sugestões para o combate a dispersão cromática

- Uso de cabos ópticos de alta qualidade/especializados:
  Ex: Cabos DSF e/ou NZDSF (G.653 and G.655)

- Transmissores com largura espectral estreita

- Regenerar pulso (O-E-O)

Laços não Lineares de Fibra (*Fiber Non Linear ties*)

Como os efeitos não lineares tendem a se manifestar quando a potência óptica é muito alta, eles se tornam importantes no DWDM.

Essas não-linearidades se dividem em dois grandes grupos:

- *Fenômenos de dispersão (Scattering Phenomena)*
- *Fenômenos do índice de refração (Refractive Index Phenomena)*

Introdução a tecnologia DWDM

Fenômenos de dispersão (*Scattering Phenomena*)

- Dispersão de Brillouin estimulada (SBS - *Stimulated Brillouin Scattering*) Em resumo, Se manifesta pela transferência de potência de canais de alta frequência para canais de baixa frequência; Este efeito pode ser facilmente evitado alterando-se o espaçamento entre canais, de modo a serem diferentes do espaçamento Brillouin. A largura de banda de ganho Brillouin é bastante estreita, cerca de 50 MHz.

- Espalhamento Raman estimulado (SRS - *Stimulated Raman Scattering)* O espalhamento Raman estimulado está relacionado com a interação entre o sinal óptico e o material físico das fibras ópticas. Este fenômeno tem características de banda larga óptica (200 nm) e afeta todo o espectro que está sendo transmitido.

Proposta de Solução:

Usar potências de canal moderadas e um plano de canal densamente compactado que minimize a largura total do espectro.

Introdução a tecnologia DWDM

Fenômenos do índice de refração (Refractive Index Phenomena)

Este grupo de não-linearidades inclui:

- *Modulação de fase própria (SPM - Self-Phase Modulation)* Em resumo, correlato à modulação que um pulso de luz induz sobre sua própria fase. Quando um sinal é modulado em fase sua largura de espectro é ampliada. Este alargamento pode levar a *crosstalk* ou a um inesperado aumento da dispersão. **SPM é controlado através da escolha cuidadosa da potência do canal.**

- *Modulação de fase cruzada (XPM/CPM- Cross-Phase Modulation)*

Em resumo, XPM se origina da dependência existente entre a intensidade da luz e o índice de refração da fibra, e gera um deslocamento da fase do sinal em função da intensidade da luz à medida que ela se propaga na fibra. XPM não depende somente da intensidade de seu próprio canal mas também de todos os outros canais, podendo ocorrer a modulação de fase de um canal devido a flutuações de intensidade em um outro canal. XPM é observado exclusivamente nos sistemas WDM e limita muito a amplitude do sinal de cada canal, chegando a ser o principal mecanismo de *crosstalk* em sistemas WDM contendo mais de 10 canais**. Esse efeito pode ser minimizado, diminuindo-se a potência do sinal utilizado.**

Introdução a tecnologia DWDM

Fenômenos do índice de refração (Refractive Index Phenomena)

- *Mistura de quatro ondas (FWM - Four-Wave Mixing).*

Resulta em crosstalk e degradação sinal-ruído.

Diminuir a potência e aumentar o espaçamento entre canais minimiza o efeito FWM. Outra solução para novos sistemas consiste em utilizar fibras com dispersão otimizada para sistemas WDM.

Introdução a tecnologia DWDM

- A maior parte das plantas de fibra óptica instalada estão provisionadas com fibra de dispersão nula em torno de 1310nm e em alguns casos em torno de 1550nm com fibra de dispersão deslocada.

- Na instalação de sistemas WDM em plantas de fibra já existentes, as seguintes situações precisam ser observadas: as fibras convencionais (“monomodo padrão”) podem ser utilizadas para trafegar sinais WDM, mas exigem compensação de dispersão na região de 1550 nm; e fibras com dispersão deslocada são impróprias para sistemas WDM, pois limitam bastante o número de canais devido ao fenômeno FWM, provocando *crosstalk* entre canais e degradando de maneira muito significativa os sinais de sistemas WDM.

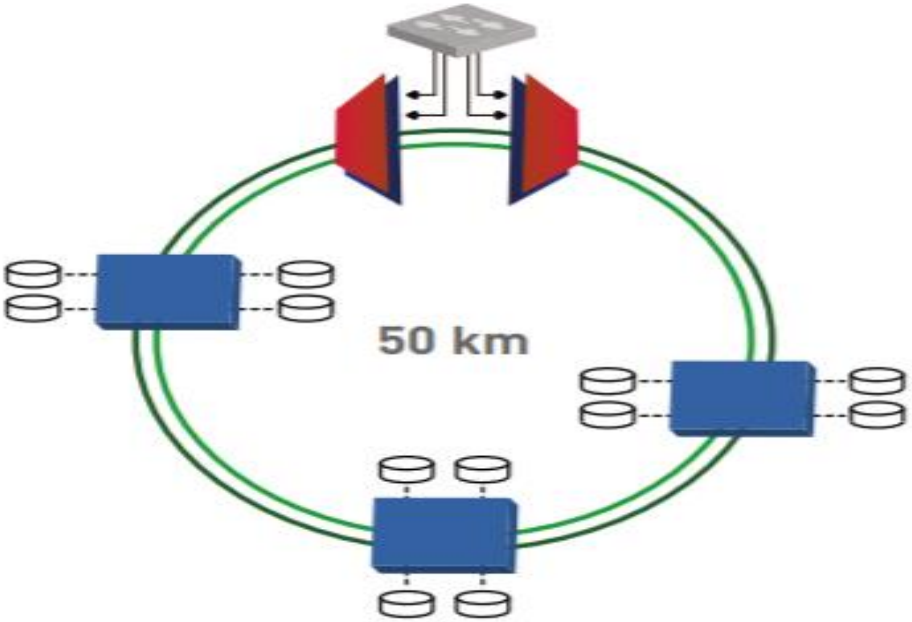
Uma sugestão observada na literatura: Uso de cabos tipo *Truewave* , otimizadas para WDM na região de 1550nm.

AGENDA

1. Introdução a tecnologia DWDM
2. **Arquitetura DWDM**
3. Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei
4. Conclusões

Arquitetura DWDM

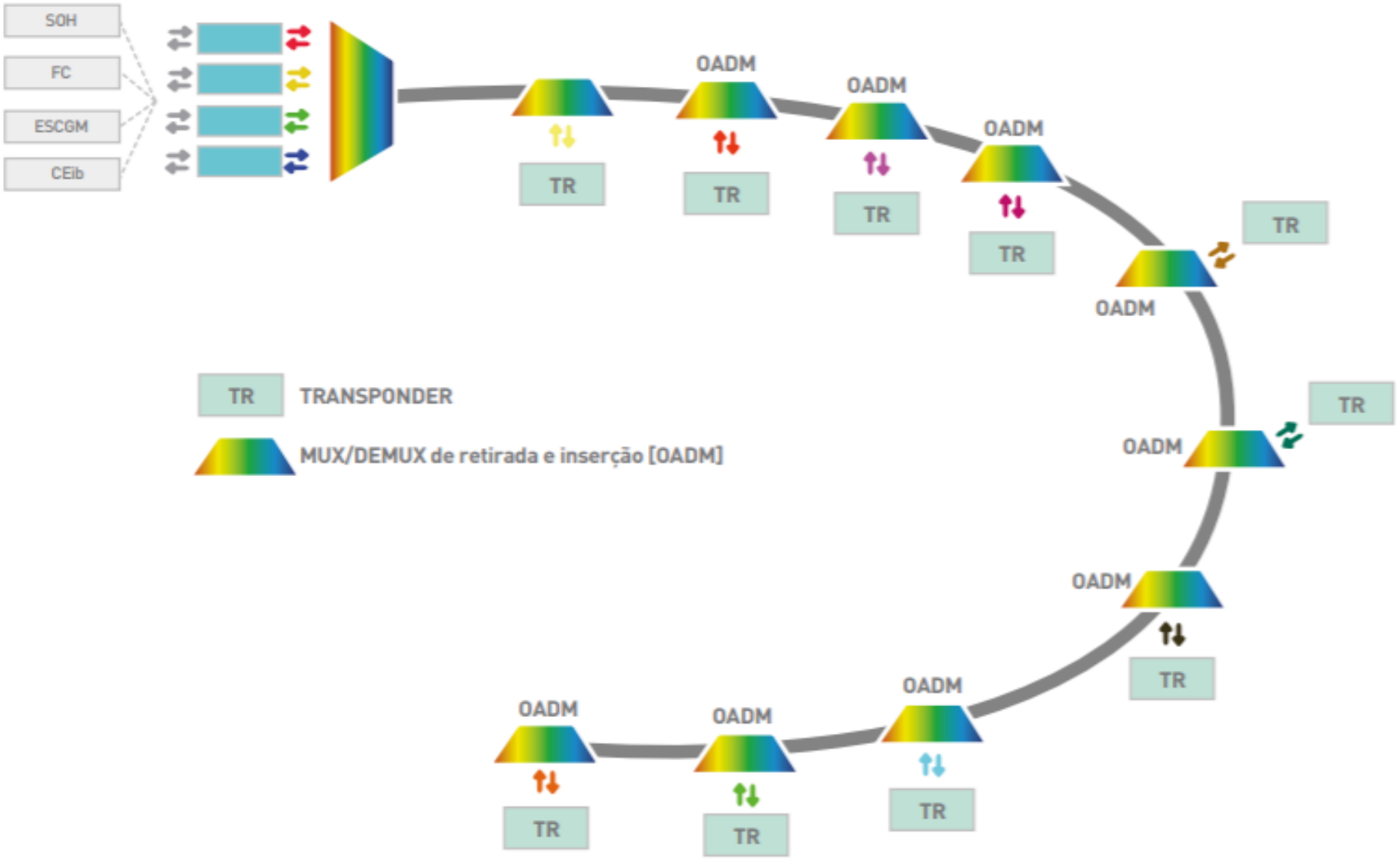
TOPOLOGIAS POSSÍVEIS: PONTO A PONTO



Ponto-a-Ponto

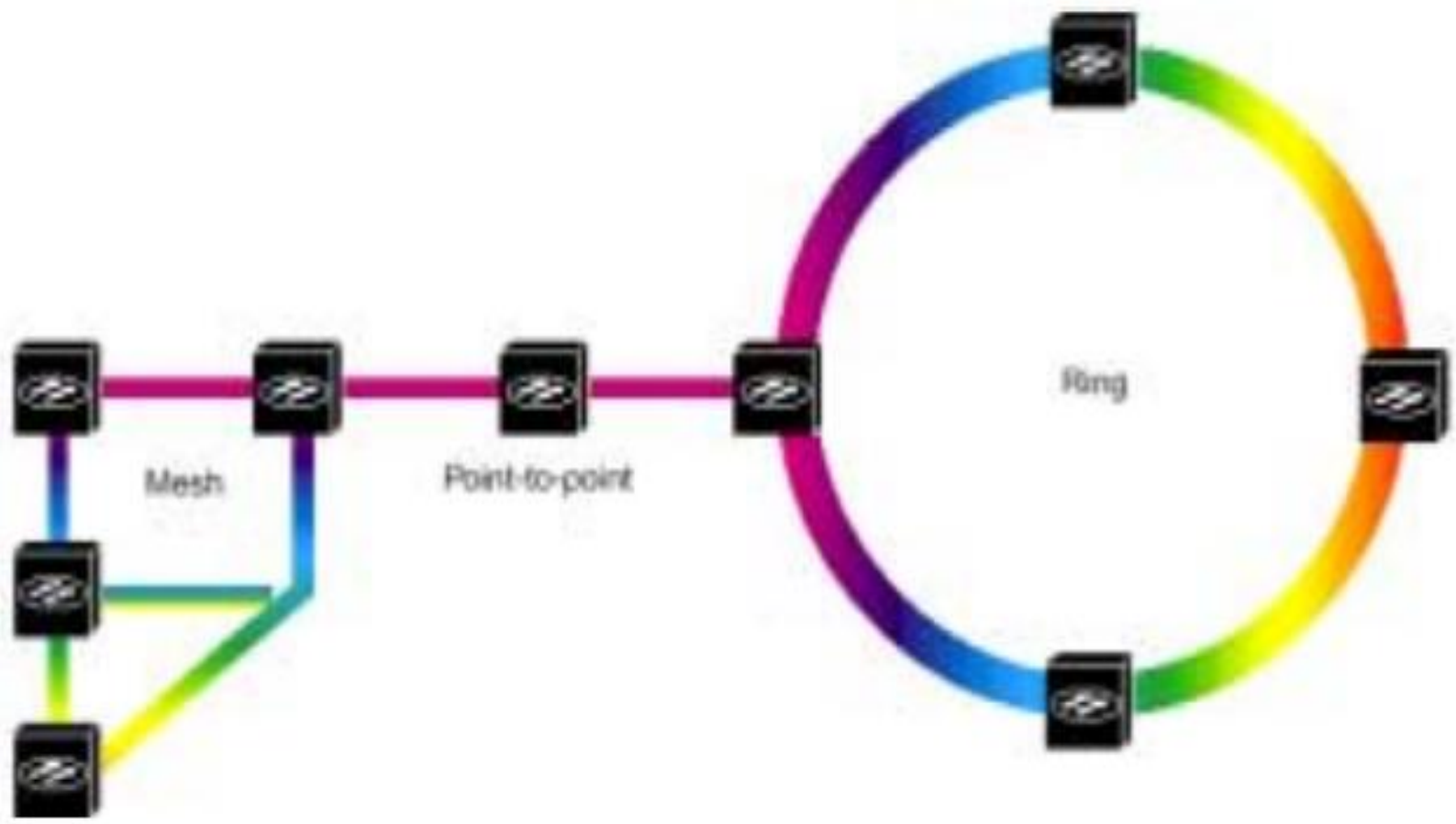
Arquitetura DWDM

TOPOLOGIAS POSSÍVEIS: PONTO MULTI-PONTO



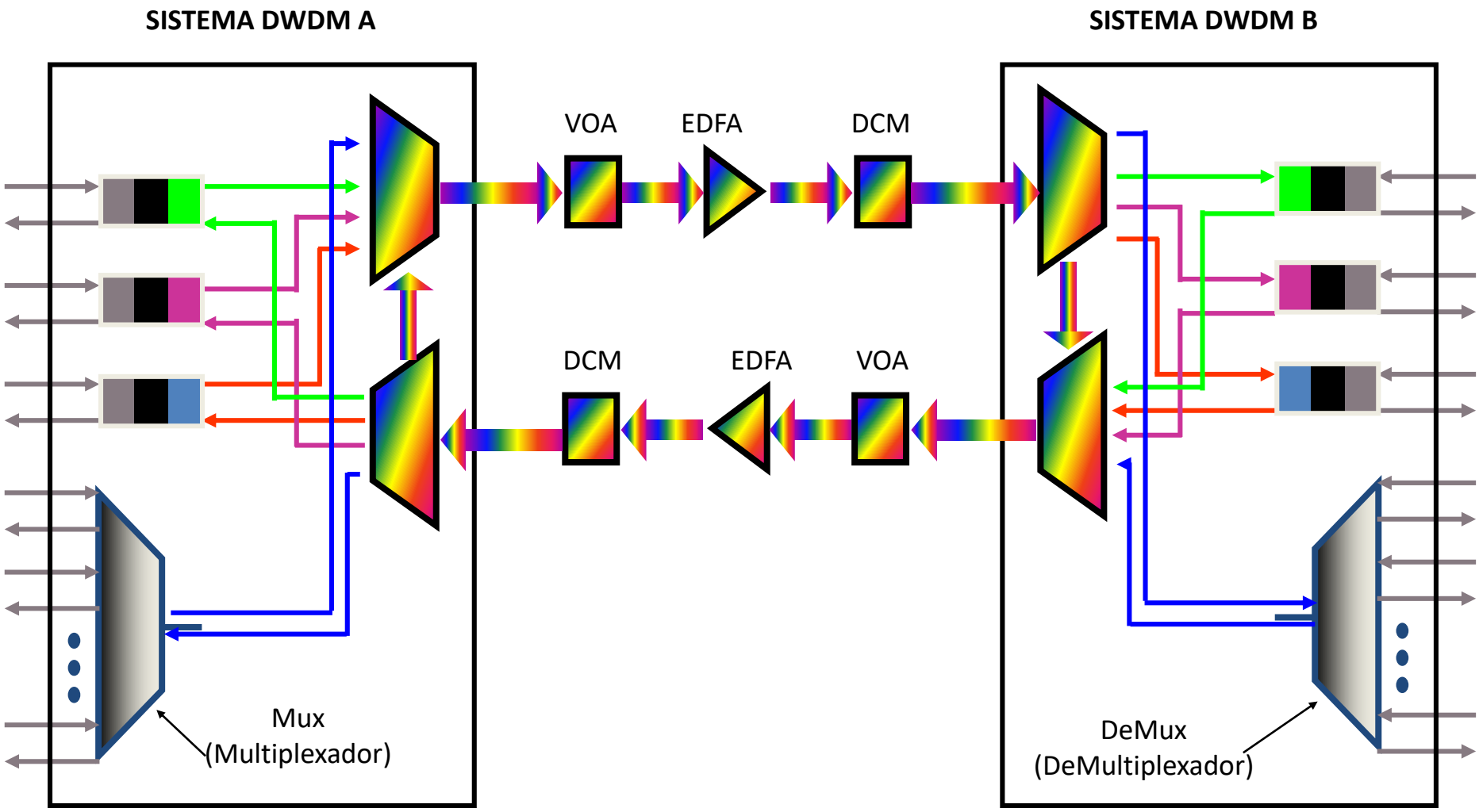
Arquitetura DWDM

TOPOLOGIAS POSSÍVEIS: MESH



Arquitetura DWDM

ARQUITETURA BASE DWDM



Arquitetura DWDM

Quadros OTN

Ref: ITU-T G.709:

- ***Optical Payload Unit (OPU):*** **Consiste do payload do client acrescido do OPU Overhead (OPU-OH), o qual é necessário para mapear o sinal client dentro da OPU;**

- ***Optical Data Unit (ODU):*** **é a estrutura necessária para transportar o OPU. O ODU consiste do payload do OPU acrescido do ODU Overhead (ODU-OH). O ODU-OH fornece funções de monitoramento da conexão da camada path;**

- ***Optical Transmission Unit (OTU):*** **condiciona a ODU para a transmissão óptica. Consiste da ODU, mais o OPU Overhead (OTU-OH), mais o bloco Forward Error Correction (FEC). O OTU-OH fornece funções de monitoramento da conexão da camada section;**

- ***Optical Channel (OCh):*** **várias seções overhead são adicionadas ao sinal de cliente, o qual junto com o FEC forma o Optical Transport Unit (OTU). O OTU é carregado então por um único comprimento de onda como um Optical Channel (OCh);**

Arquitetura DWDM

Quadros OTN

Ref: ITU-T G.709:

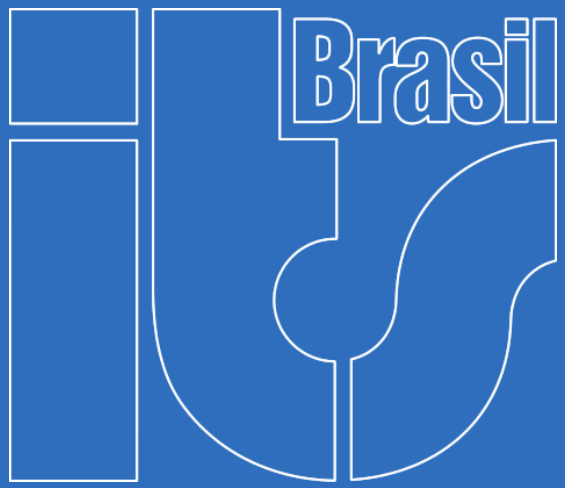
- ***Optical Multiplexing Sections (OMS):*** **Na camada OMS, o payload OMS e o Non-Associated Overhead (OMS OH) são transportados. O payload OMS consiste de OCh's multiplexados. O OMS-OH, embora indefinido neste ponto, suporta a monitoração da conexão e assiste a provedores de serviço na solução e isolamento de falhas na OTN;**

- ***Optical Transmission Sections (OTS):*** **Na camada OTS, o payload OTS e o OTS Overhead (OTS-OH) são transportados. Similar ao OMS, o OTS transporta as seções multiplexadas opticamente. O OTS-OH, embora não completamente definido, é usado para funções de manutenção e operação.**

- ***Optical Supervisory Channel (OSC):*** **A arquitetura DWDM oferece um canal de supervisão óptico (OSC) para fornecer a comunicação de gerência entre todos os NE's. O OSC utiliza um comprimento de onda de 1510 nm em ambas as direções de transmissão, fora da banda C e dos amplificadores EDFA. A informação de gerenciamento de enlace e dados de medidas necessários para controle do enlace óptico é trocado entre NE's via Optical Supervisory Channel (OSC), suportando a completa comunicação de OAM&P.**

AGENDA

1. Introdução a tecnologia DWDM
2. Arquitetura DWDM
3. **Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei**
4. Conclusões



Apresentação Corporativa

Brasil
Internet Technology Solutions

Nosso Datacenter

QUEM SOMOS

Com mais de 10 anos atuando no mercado corporativo, somos referência e líder no provimento de acesso à Internet no estado da Bahia.

Possuímos uma rede de Fibra Óptica DWDM em Anel com mais de 800 KM, que cobre região responsável por 60% do PIB baiano.

Segmentos Atendidos

Soluções Completas

Pequenas, Médias, Grandes Empresas

Serviços Públicos

Operadoras e Provedores

NOSSA MISSÃO

Ser reconhecida como a melhor empresa de telecomunicações que atua no mercado corporativo do Bahia e uma das melhores do Brasil, fruto da obstinação pela excelência em tudo que fazemos.

NOSSA VISÃO

Manter o crescimento sustentável da empresa, com foco na excelência, sem perder a proximidade que temos com o nosso cliente.

NOSSOS VALORES

✓**Nossa equipe é o que nos dá força**

Pessoas capacitadas, valorizadas e felizes, fazem com que nossa empresa seja especial, tornando o trabalho de nossa equipe mais eficiente e eficaz.

✓**Valorizamos a parceria**

Acreditamos que o relacionamento é um dos principais alicerces para o sucesso.

✓ **Nós olhamos para o futuro**

Ações estratégicas através de uma gestão eficaz, fazem com que a ITS esteja preparada para enfrentar os desafios do presente e do futuro.

Principais Soluções

→ Link Dedicado

→ Interligação de Filiais

→ Colocation

Link Dedicado

→ ASN próprio (Autonomous System);

→ 99,7% de disponibilidade anual última milha;

→ Equipe de Suporte e NOC/Engenharia de redes PRÓPRIA com operação 24 horas na sede;

→ SLA

→ Tempo médio de reparo | Status do link

4 horas | indisponível;

8 horas | parcialmente

Interligação de Filiais

→ Integração de unidades de negócio;

→ Agilidade na obtenção de relatórios, dados e pedidos;

→ Uniformidade nas informações para todas as filiais;

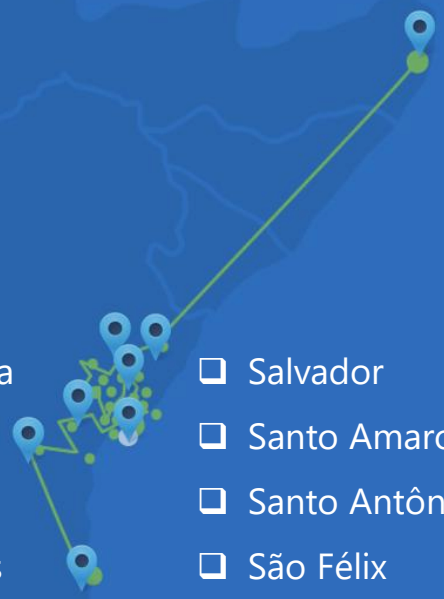
→ Melhor controle sobre o fluxo de dados na rede;

Colocation

→ Estrutura de padrão mundial, com redundância em todos os sistemas;

→ Centro de soluções formado por profissionais certificados.

Cobertura



- Alagoinhas
- Arembepe
- Cachoeira
- Camaçari
- Candeias
- Catu
- Conceição da Feira
- Conceição do Jacuípe
- Cruz das Almas
- Dias D'avila
- Entre Rios
- Feira de Santana
- Guarajuba
- Ilhéus
- Lauro de Freitas
- Madre de Deus
- Mata de São João
- Muritiba
- Nazaré das Farinhas
- Pojuca
- Praia do Forte
- Recife
- Salvador
- Santo Amaro
- Santo Antônio de Jesus
- São Félix
- São Francisco do Conde
- São Gonçalo dos Campos
- Sauipe
- Simões Filho
- Recife
- Valença

Diferenciais

Cobertura

32 municípios do nosso estado já contam com o que há de mais avançado em tecnologia digital

Tecnologia

Há mais de 10 anos, a ITS BRASIL é sinônimo de inovação

Fibra Óptica

Com a tecnologia de fibra óptica a qualidade de sinal se mantem desde a origem ate o destino

Flexibilidade

A ITS BRASIL possui um leque de soluções tecnológicas para atender as necessidades da sua empresa

Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei

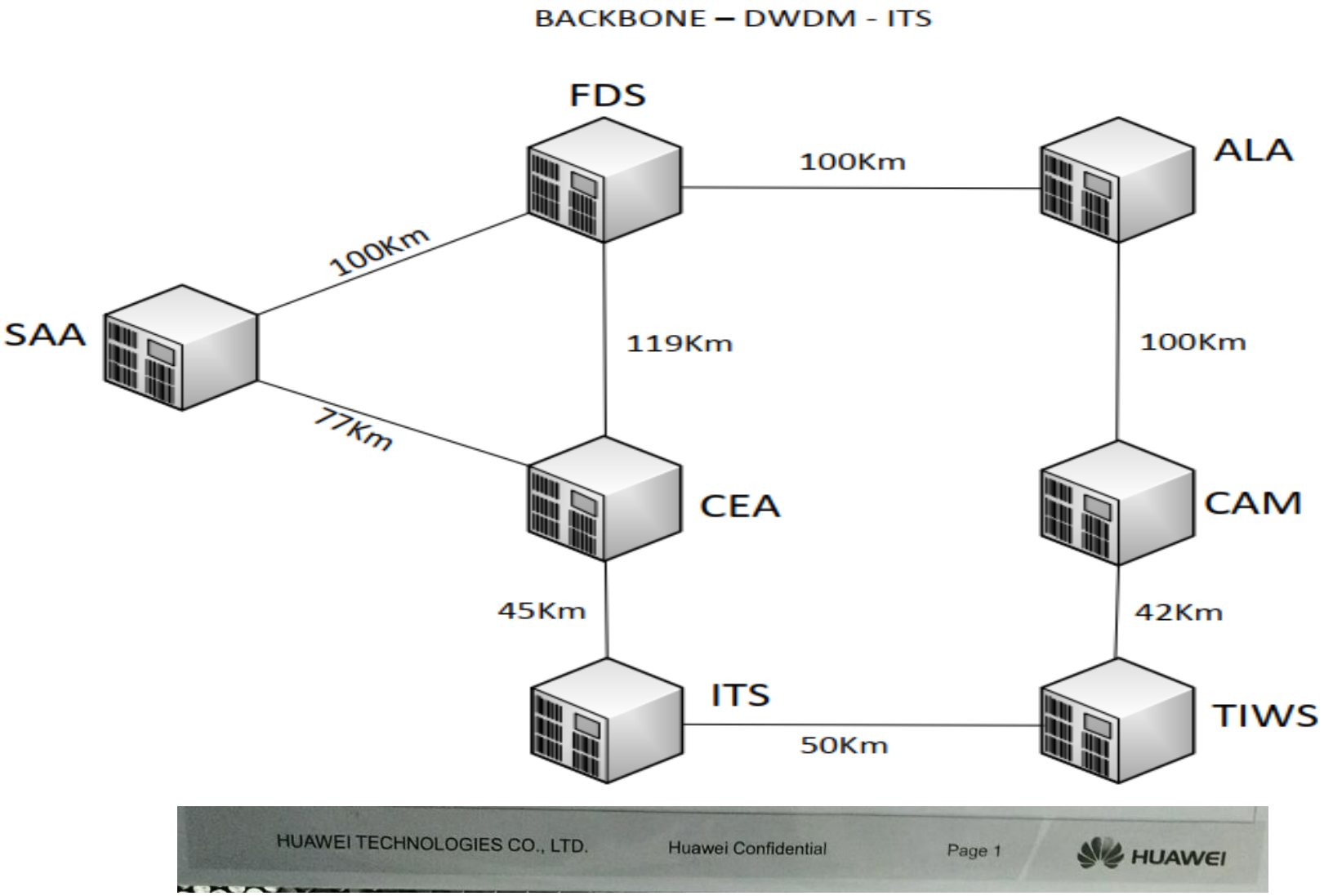
ITS - AS28186
Projeto Pioneiro e Vanguardista com a Huawei de DWDM com alta densidade

- ✓ **Backbone em Anel DWDM com projeto pioneiro e vanguardista junto a Huawei.**
- ✓ **Mais de 800km em fibras PRÓPRIAS.**
- ✓ **Mais de 100km em Fibras de terceiros, em parceria**
- ✓ **Estamos aptos a atender QUALQUER demanda de transporte, para qualquer tecnologia (ethernet, SDH, PDH ...).**

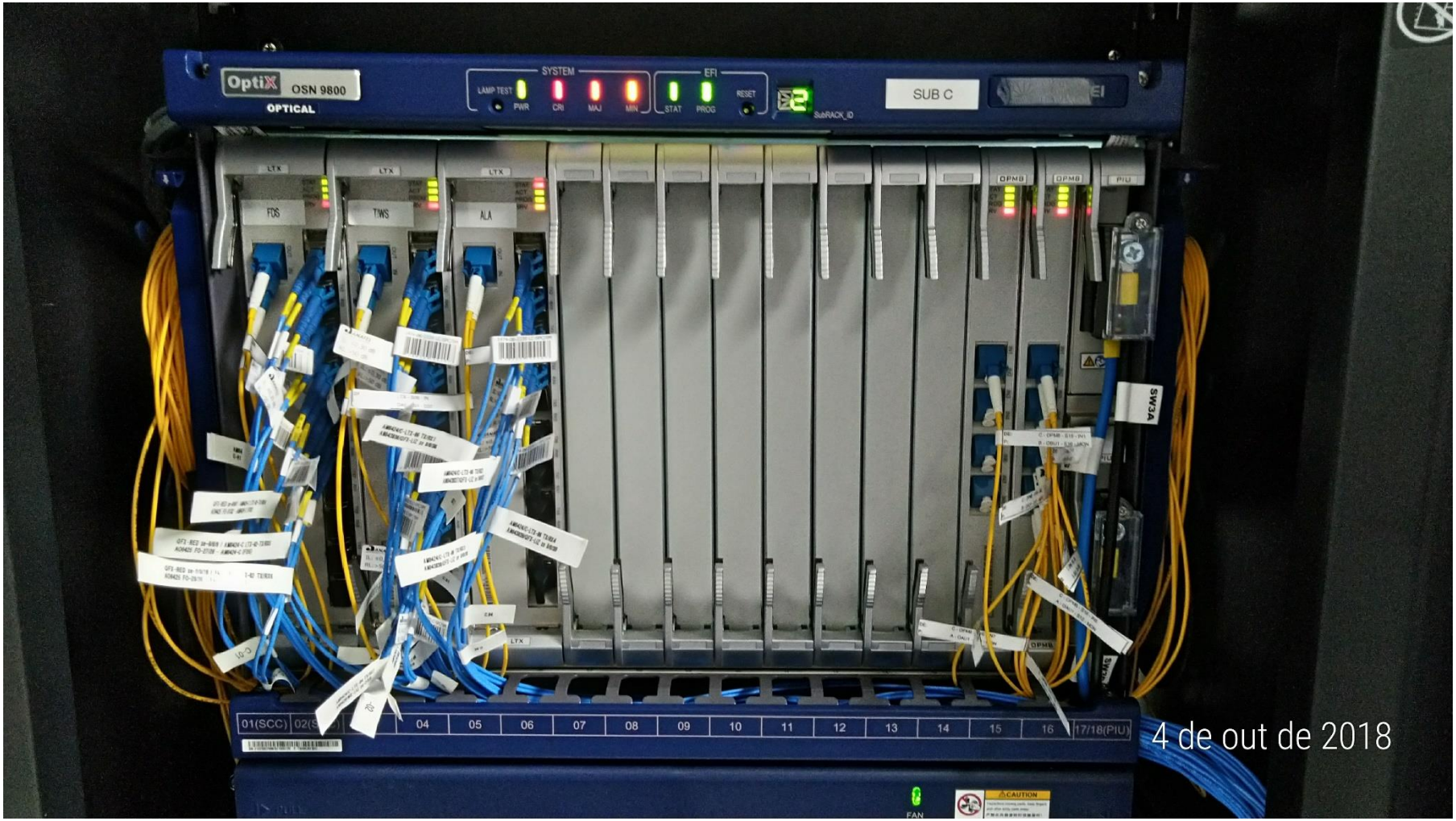
Plataforma OTN OptiX OSN 9800

https://e.huawei.com/br/products/fixed-network/transport/wdm/osn-9800

Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei

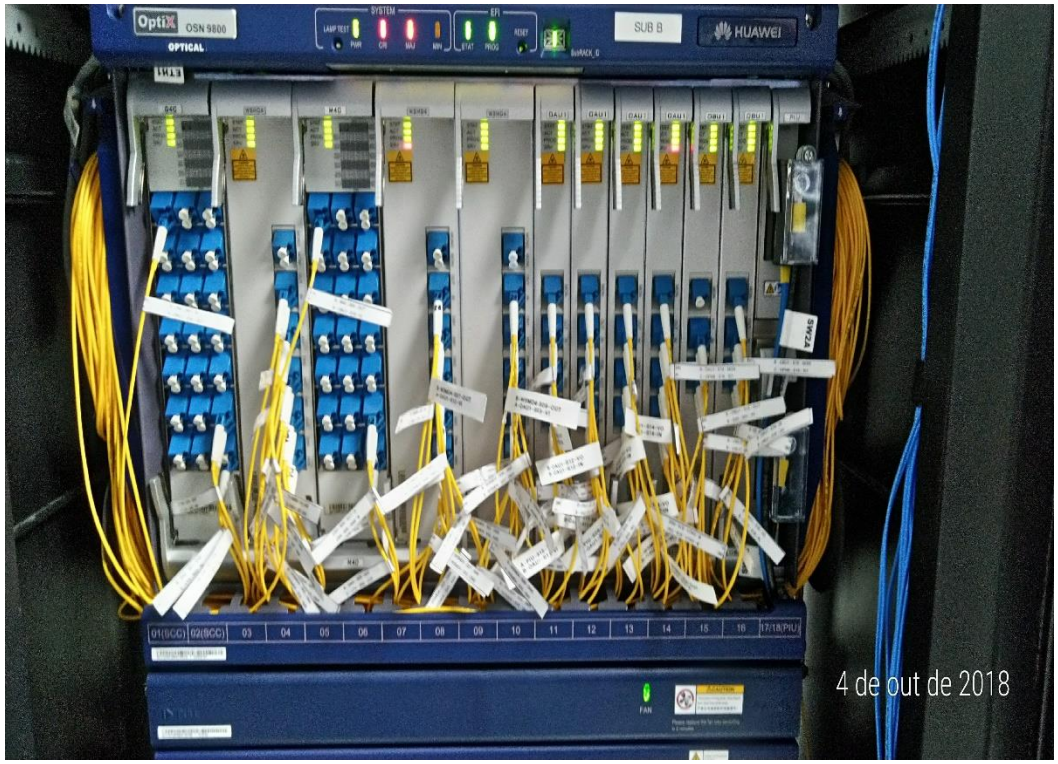


Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei

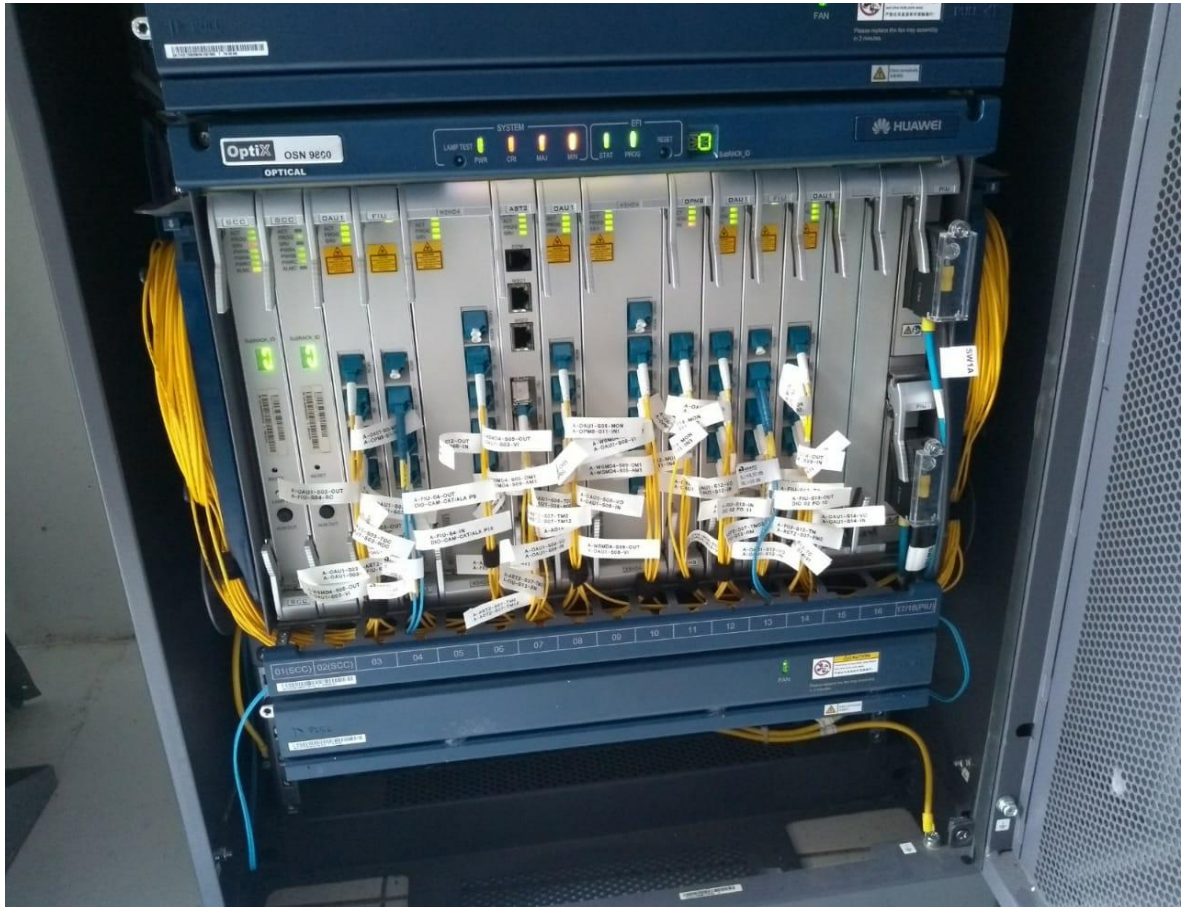


Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei

Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei



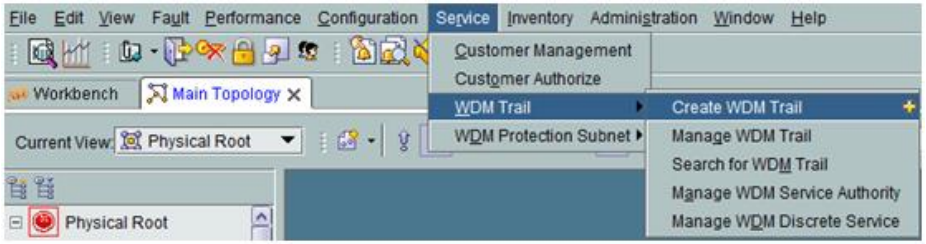
Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei

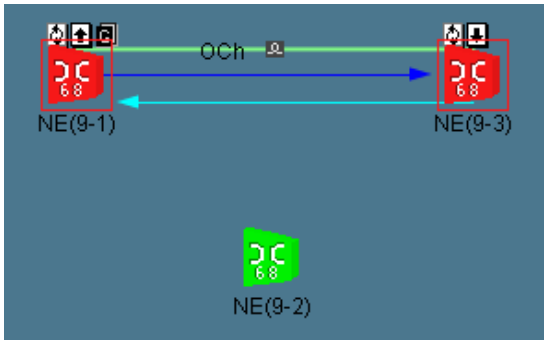


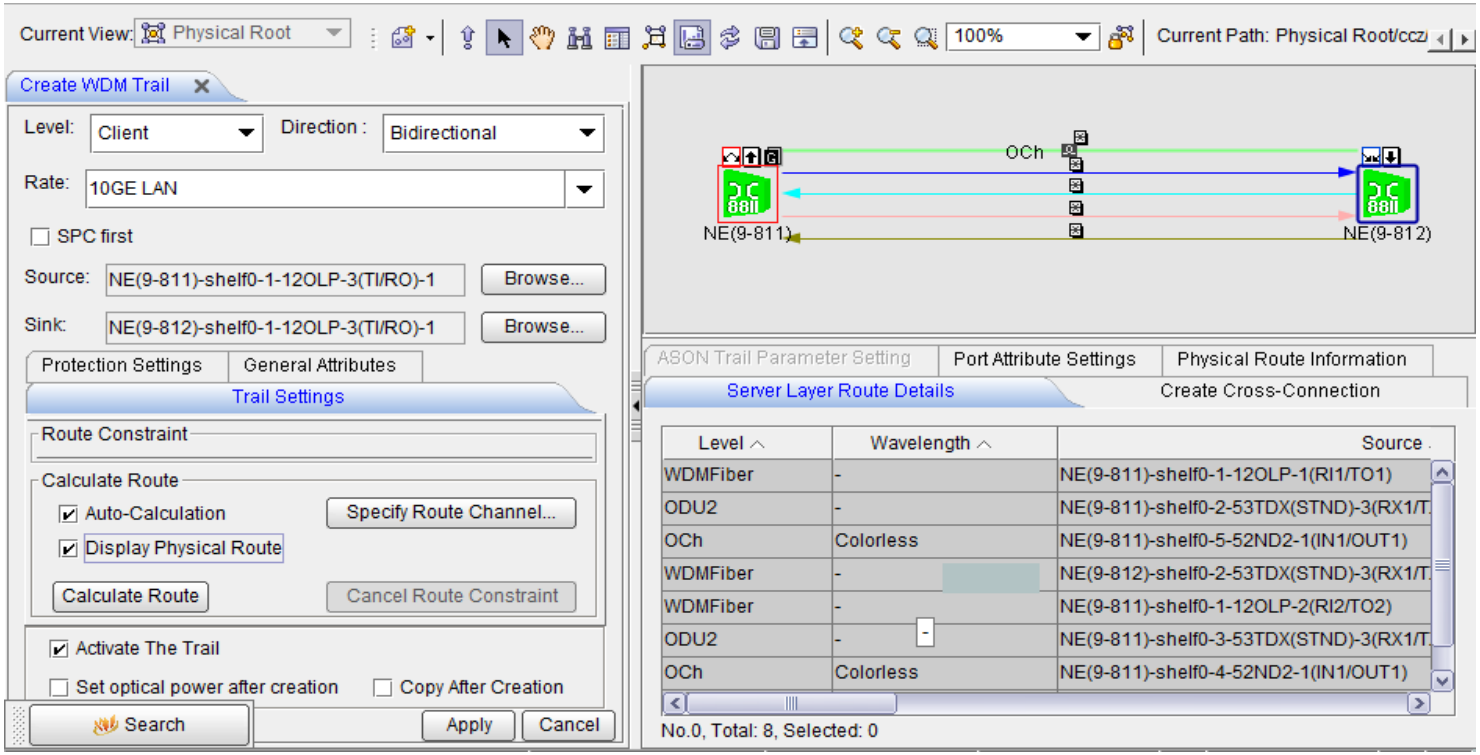
Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei

Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei

Usamos o U2000 para total OAM&P







AGENDA

1. Introdução a tecnologia DWDM
2. Arquitetura DWDM
3. Estudo de Caso: Projeto Rede Óptica ITS DWDM Huawei
4. **Conclusões e Agradecimentos**

Conclusões

- **Os sistemas ópticos baseados na tecnologia DWDM, hoje se apresentam como uma excelente solução baseada em óptica para atender às principais demandas das redes de telecomunicações que demandam de altíssima capacidade escalar de transmissão, alta disponibilidade e flexibilidade.**

- **WDM possui uma série de variações como o CWDM, o DWDM e o WWDM. Futuramente teremos também o U-DWDM, que irá multiplexar centenas de comprimentos de onda em apenas uma fibra, alcançando taxas de transmissão na ordem de Tb/s.**

- **Irei convidar a Huawei (Time de Engenharia) à personalização do plano de controle ASON (encapsulado pelo U2000), para extensão do meu projeto de pesquisa, para otimização de redes.**

Referências (Algumas)

- IEEE P802.3ba – 40 Gb/s and 100Gb/s Ethernet Task Force
- ITU-T SG15 - OTU4
- OIF inter-domain control plane interface specifications [UNI 1.0R2] [E-NNI SIG] [oif2007.351]
- ASON standards [G.8080] [G.8080] [G.7713] [G.7713.1] [G.7713.2] [G.7713.3]
- ITU–T G.709 Interfaces for the Optical Transport Network (OTN)
- ITU–T G.798 Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks
- ITU–T G.692 Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers
- ITU–T G.872 Architecture of optical transport networks
- Huawei: https://e.huawei.com/br/products/fixed-network/transport/wdm/osn-9800 E https://support.huawei.com/enterprise/productNewOffering?docType=DOCTYPE10&tab=doc&pid=7905372&lang=en
- Trabalho de Pesquisa do colega Prof. Eduardo Parente http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/edu/anterior/cd00/trab/dwdm/#opcao
- Cisco Introduction to DWDM Technology https://www.cisco.com/c/dam/global/de_at/assets/docs/dwdm.pdf
- E a documentação confidencial Huawei.

AGRADECIMENTOS

nic.br

MUITO OBRIGADO

A ITS Brasil por fomentar e incentivar a pesquisa acadêmica e o desenvolvimento interno dos seus colaboradores.

Ao nic.br pela oportunidade, é uma parceria onde bons frutos virão.

FRANCISCO JOSE BADARÓ VALENTE NETO

francisco@itsbrasil.net