

Comutação Óticas e Redes Óticas Passivas

Flavio de Andrade Silva
Analista de TI
Bacharel em Ciências e Tecnologias -
UFRN
Bacharelado em Engenharia de
Telecomunicações - UFRN

Date: 23/11/2023





C
O
N
T
E
N
T
S

Engenharia de Telecomunicações

1

Comutação Óptica

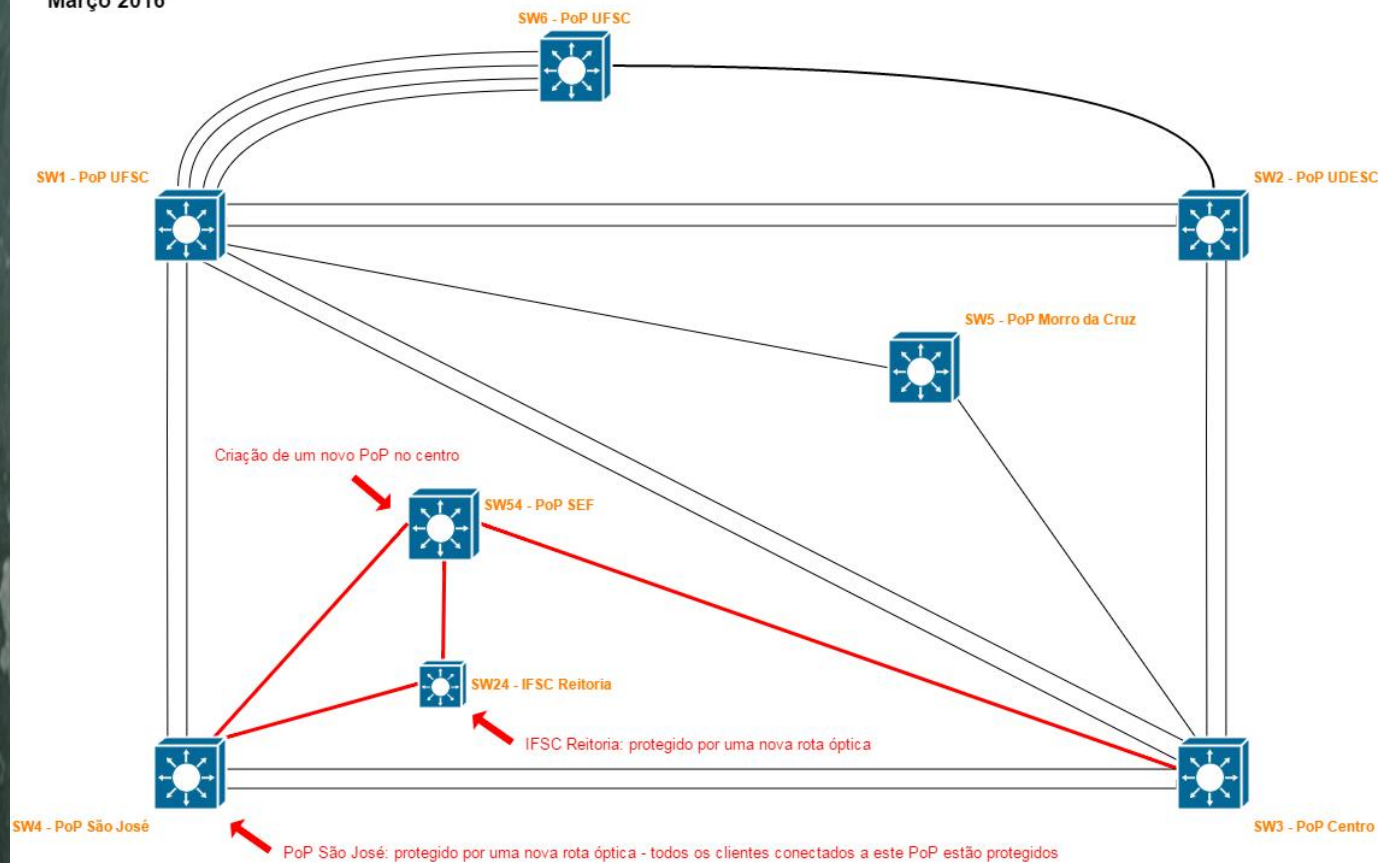
2

Redes Ópticas Passivas



Conceitos Iniciais

Topologia Backbone REMEP - Físico
Março 2016



01

Comutação Óptica

Direciona sinais ópticos de entrada para os caminhos corretos de saída em uma rede óptica.

02

Roteamento Óptico

Determina o caminho que os dados ópticos devem seguir em uma rede.

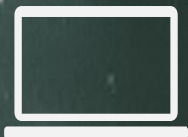
03

Enlace Óptico

Conexão física entre dois pontos na rede por meio de meios ópticos.



Evolução das tecnologias



Comunicação WDM

OADM: Só pode adicionar e remover canais de comprimentos de onda especificados, e não pode ajustar e definir dinamicamente os canais para adicionar ou soltar canais.

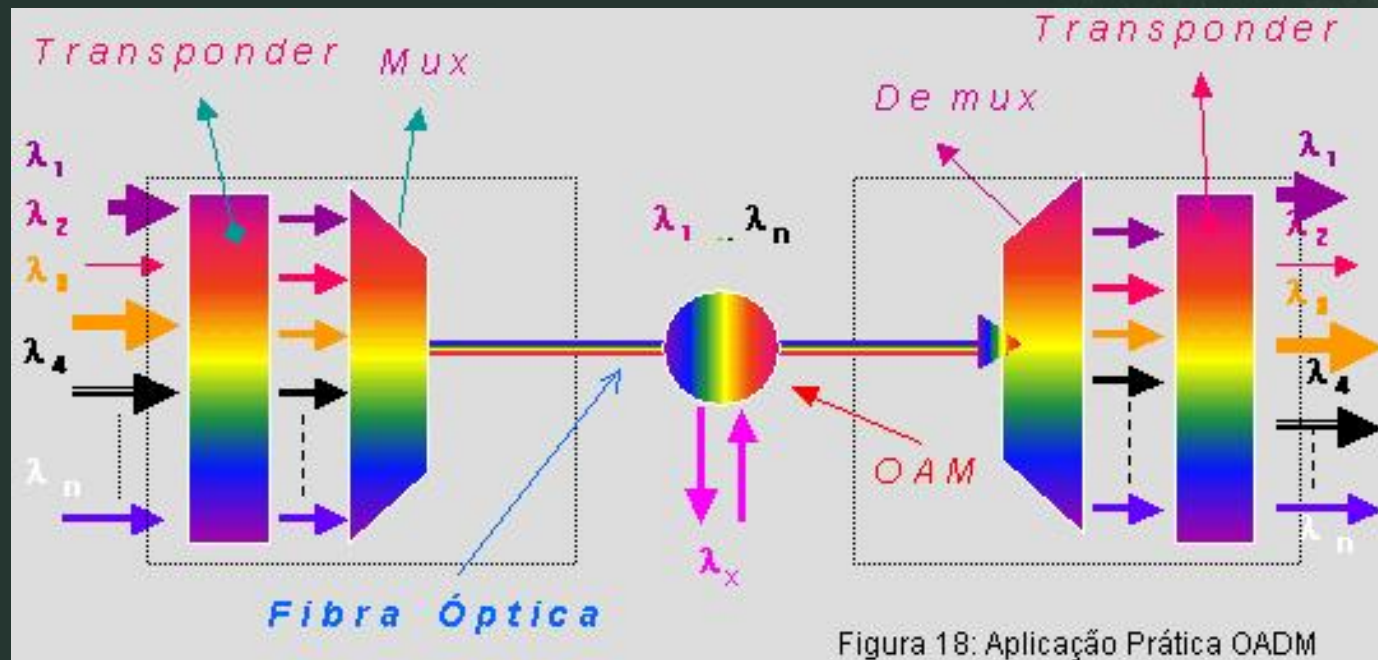


Figura 18: Aplicação Prática OADM

Sinais de mesma intensidade
Espaçamento Adequado
combinados em um único sinal

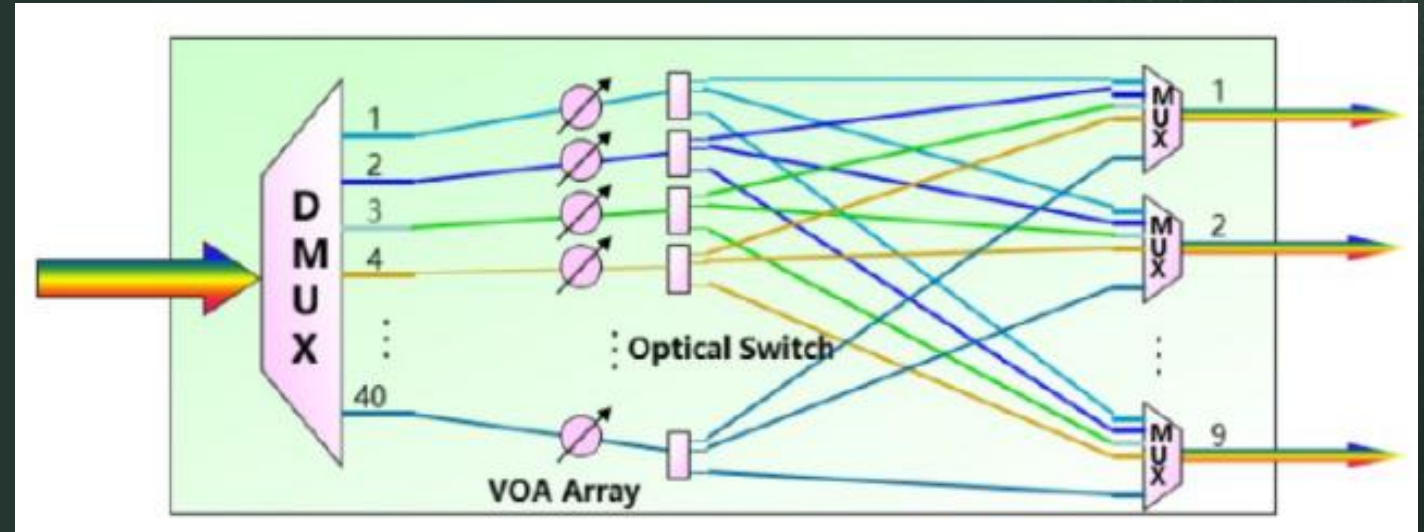
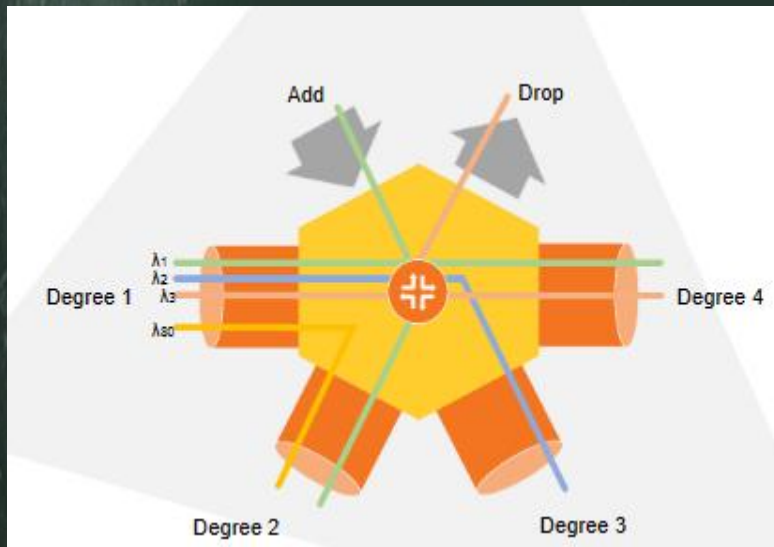


Evolução das tecnologias



Comunicação WDM

ROADM: Adicionar ou descartar dinamicamente comprimentos de onda por meio de reconfiguração remota.

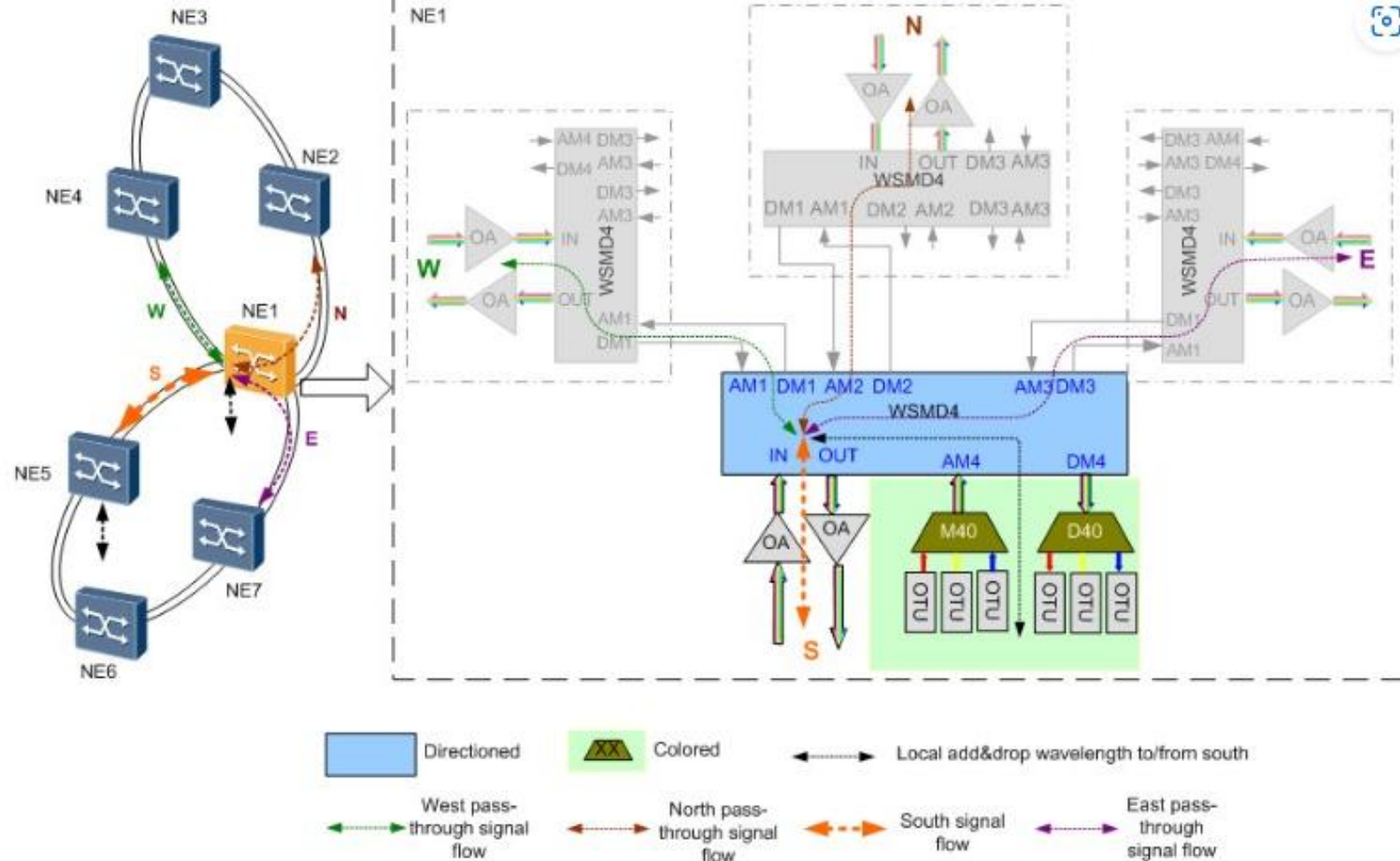


Atenuador óptico variável (VOA)
Interruptor seletivo de comprimento de onda (WSS)



Evolução das tecnologias

ROADM de 4 graus
Colorido & Direcional

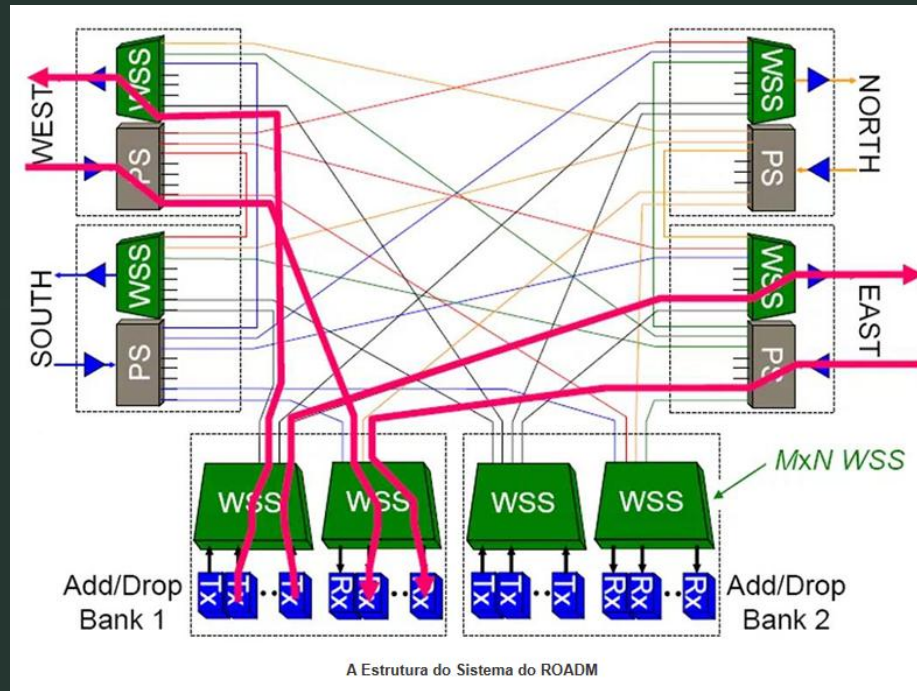


Evolução das tecnologias

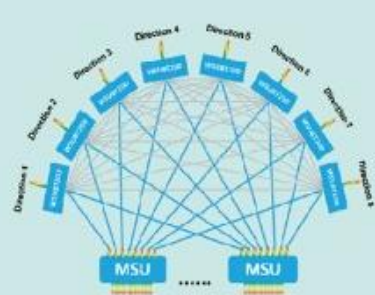
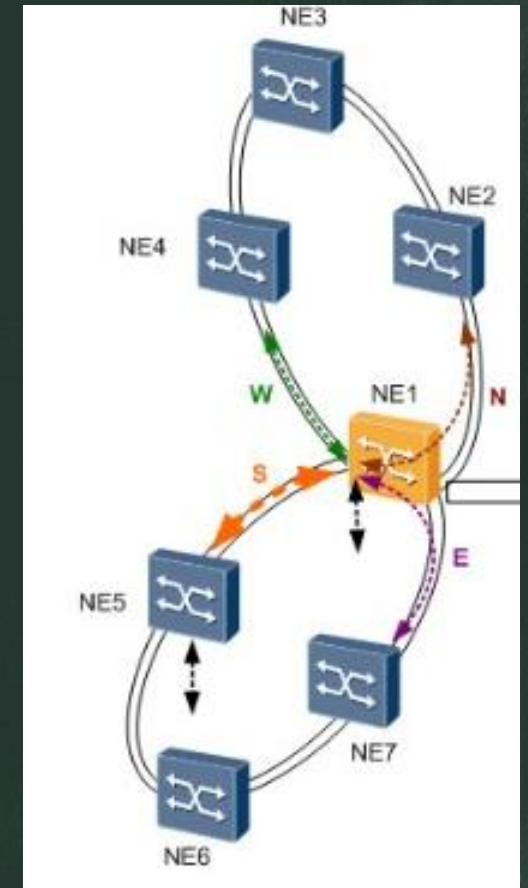


Comunicação WDM

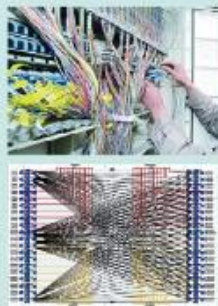
Um ROADM de 20 graus requer três gabinetes, mais de 100 placas e 400 fibras dentro do local.



OOO x OEO



Traditional ROADM system



Complex fibers



Many boards, need internal fiber connection





01

Cross-connect Optical



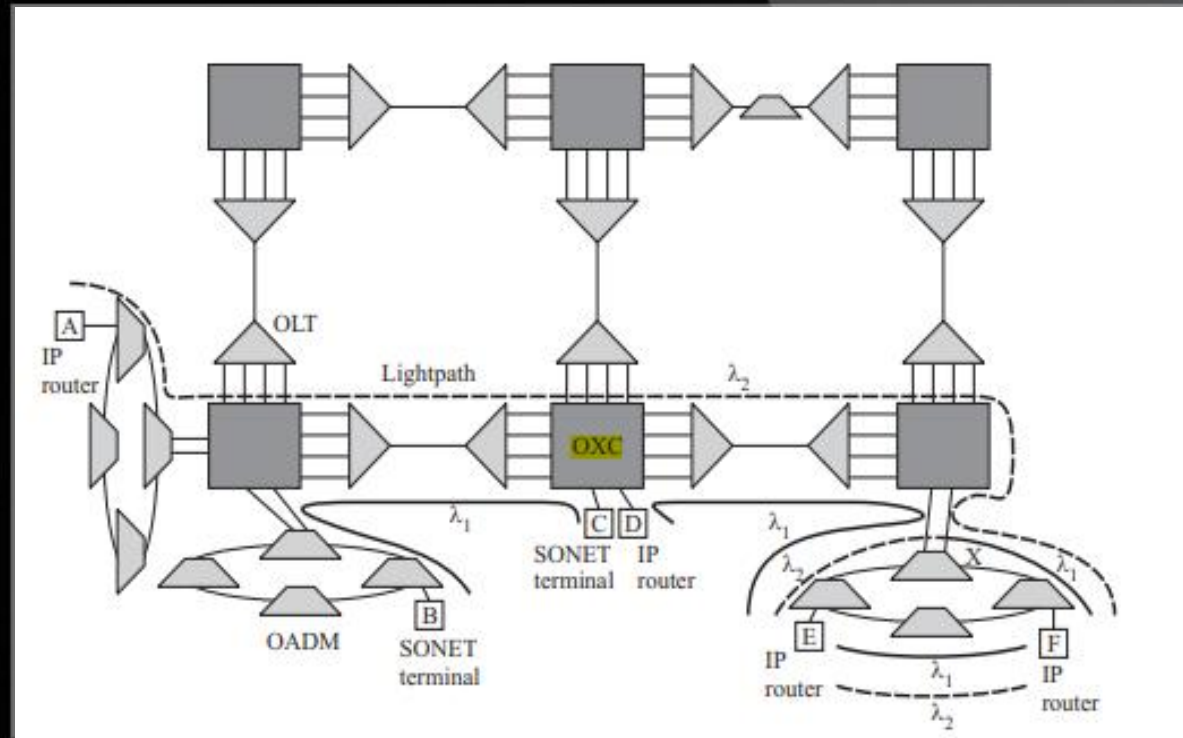


Cross-connect Optical (OXC)

Característica

Múltiplos caminhos ópticos na rede podem usar o mesmo comprimento de onda, desde que não se sobreponham em nenhum enlace.

Esta capacidade de reutilização espacial permite que a rede suporte um grande número de caminhos ópticos usando um número limitado de comprimentos de onda

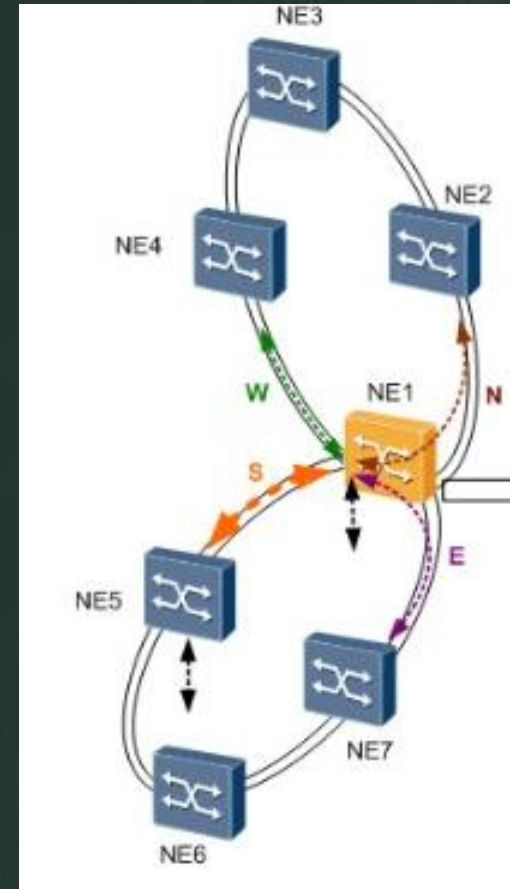
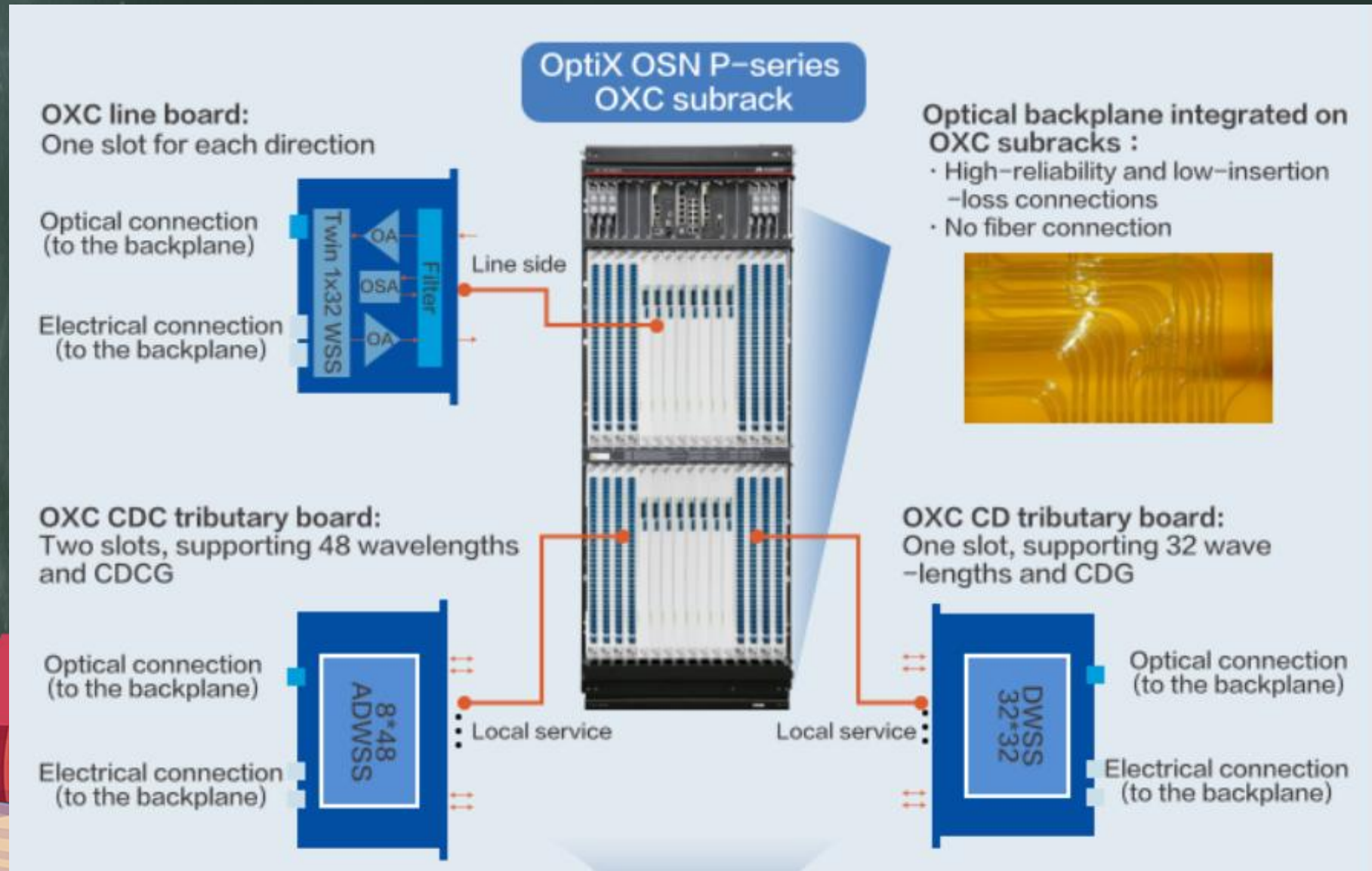


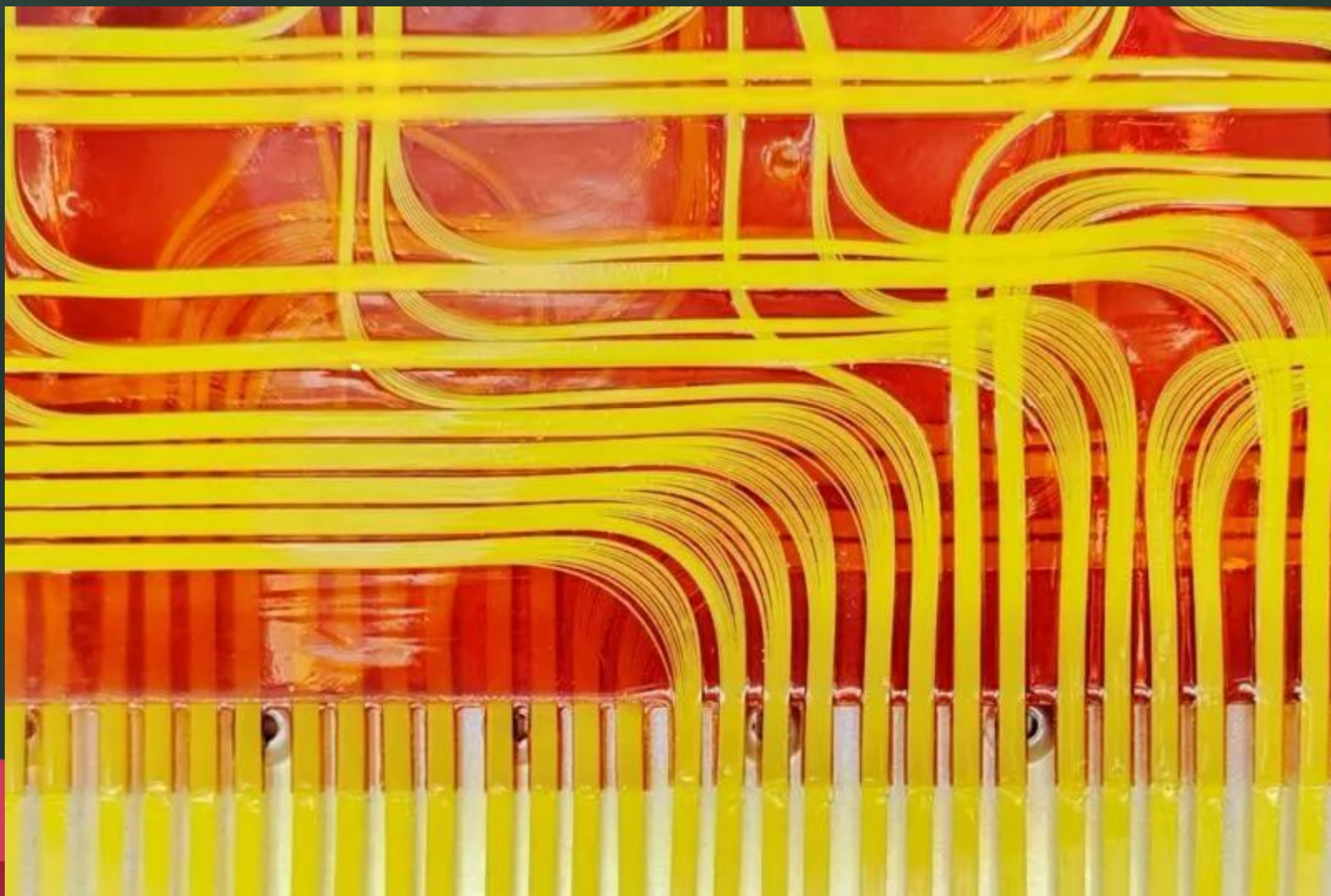
Cross-Connect Optical (OXC)

| Características | ROADM | OXC |
|--------------------------------|---|---|
| Expansibilidade | Poucas direções de troca | Muitas direções de troca |
| | Baixa escalabilidade da rede | Forte escalabilidade de rede |
| | Ocupa mais espaço na sala de informática | Ocupa menos espaço na sala de informática |
| | Alto consumo de energia | Menor consumo de energia |
| Operação e manutenção de redes | Há muitas conexões internas de fibra óptica, muitas transferências de placas, sistemas complexos, muitas falhas no local e difícil operação e manutenção. | Jumper de fibra "0", alta integração do sistema, poucos pontos de falha, manutenção simples |
| Custo do equipamento | Maior | Abaixar |



Cross-Connect Optical (OXC)





Cross-Connect Optical (OXC)

Contenção

Conflito pelo mesmo recurso de comprimento de onda durante o processo de comutação.

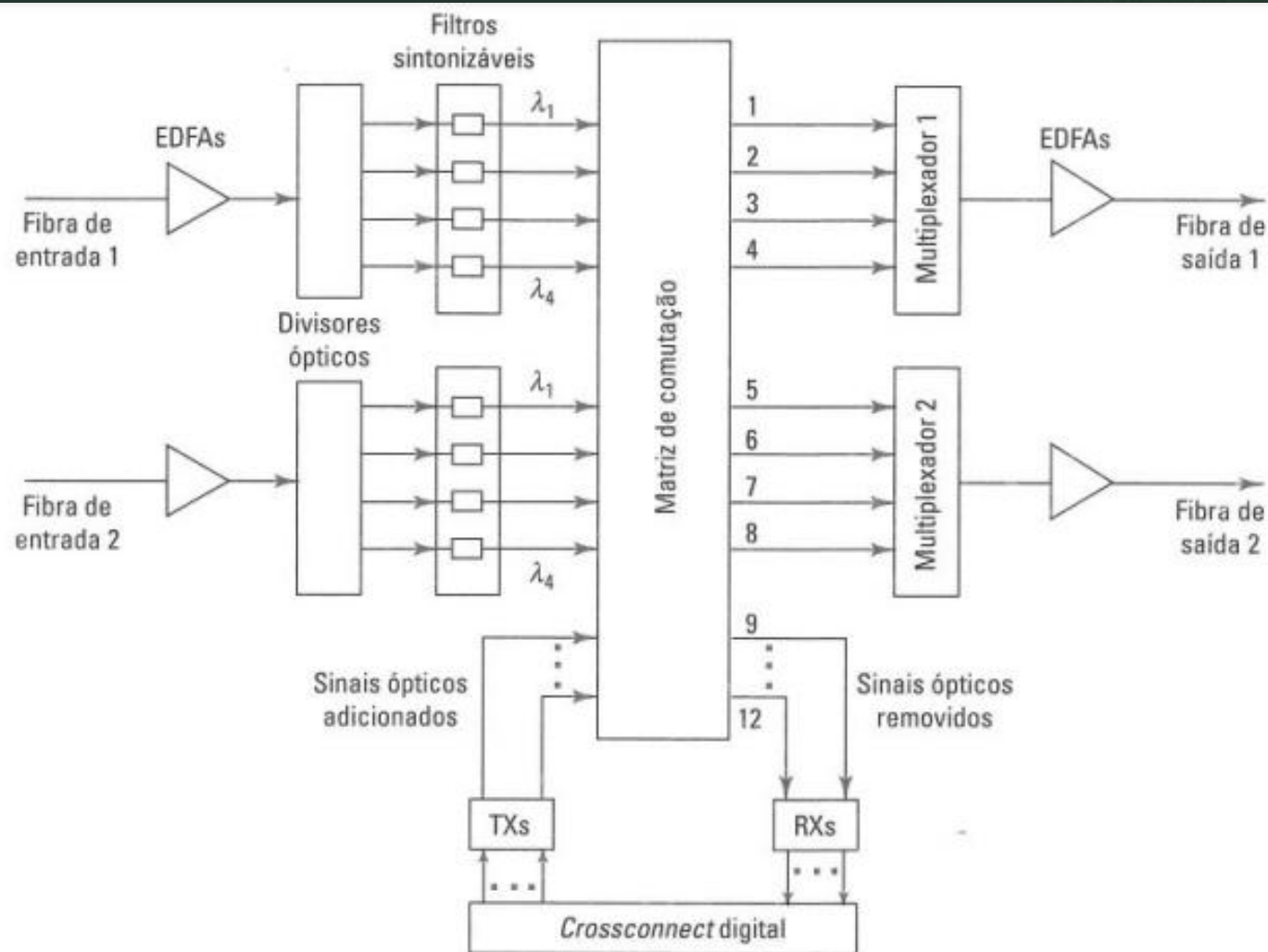


Figura 13.30 Arquitetura de *crossconnect* óptico utilizando comutadores de espaço óptico e nenhum conversor de comprimento de onda.

Conversão do comprimento de onda

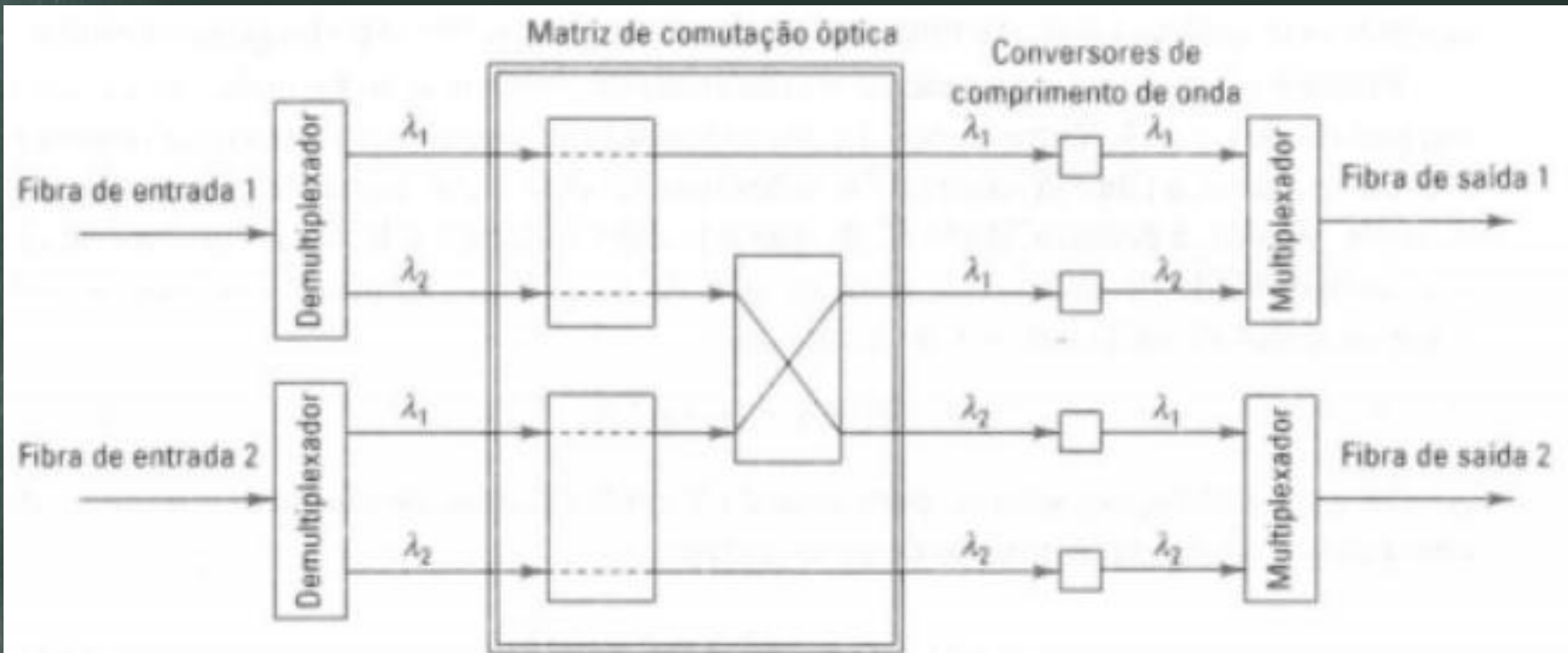
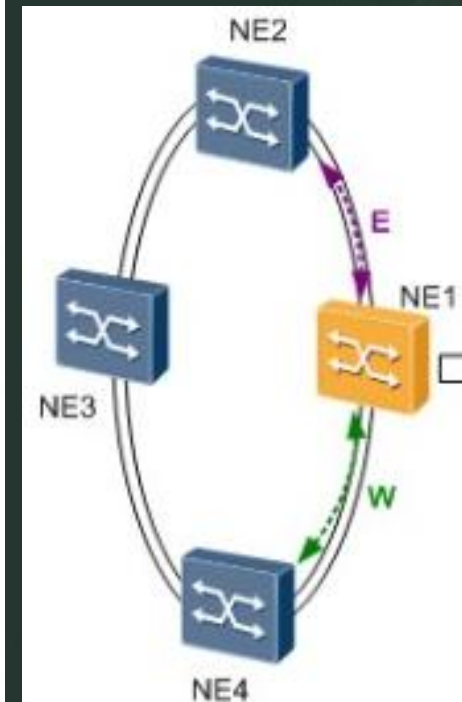


Figura 13.31 Exemplo de uma simples arquitetura *crossconnect* óptica 4 x 4 utilizando comutadores ópticos espaciais e conversores de comprimento de onda.



Conversão de comprimento de onda

Cálculo de utilização da fibra

P = Medida de utilização da Fibra

F = nº de comprimento de onda disponível por link

H = nº de links (saltos) entre dois pontos.

P_b = Probabilidade de bloqueio/conteção



Conversão de comprimento de onda

P = Medida de utilização da Fibra

F = nº de comprimento de onda disponível por link

H = nº de links (saltos) entre dois pontos.

P_b = Probabilidade de bloqueio/conteção

$$\rho_b = 1 - (1 - \rho^F)^H$$

$$\rho = 1 - (1 - \rho_b^{\frac{1}{H}})^{\frac{1}{F}}$$

$$\rho \approx \rho_c = \left(\frac{\rho_b}{H}\right)^{\frac{1}{F}}$$

$$\rho \approx \rho_s = -\left(\frac{1}{H}\right) \ln(1 - \rho_b^{\frac{1}{F}})$$

Considere duas redes ópticas, cada qual usando 30 comprimentos de onda. Com uma probabilidade de bloqueio de 10^{-3} em uma implementação de 10 hops, qual é a utilização de comprimento de onda quando:

- A) há conversão de comprimento de onda
- B) não há conversão de comprimento de onda.



Conversão de comprimento de onda

G = Ganho (Benefício da conversão de comprimento de onda).

P_c = Com conversão

P_s = Sem conversão

$$G \equiv \frac{\rho_c}{\rho_s} = H^{1-\frac{1}{F}} \frac{\rho_b^{\frac{1}{F}}}{-\ln(1 - \rho_b^{\frac{1}{F}})}$$

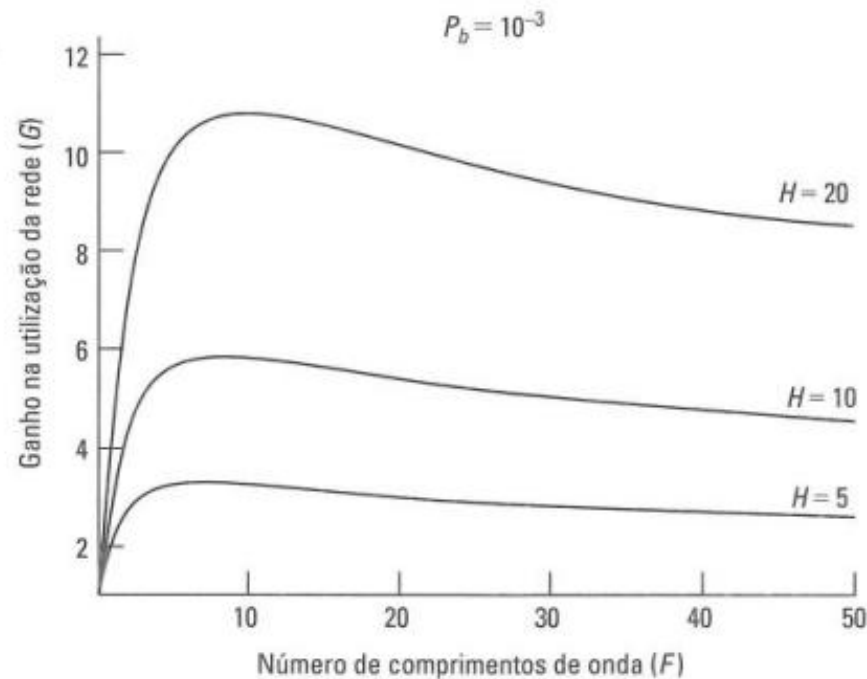
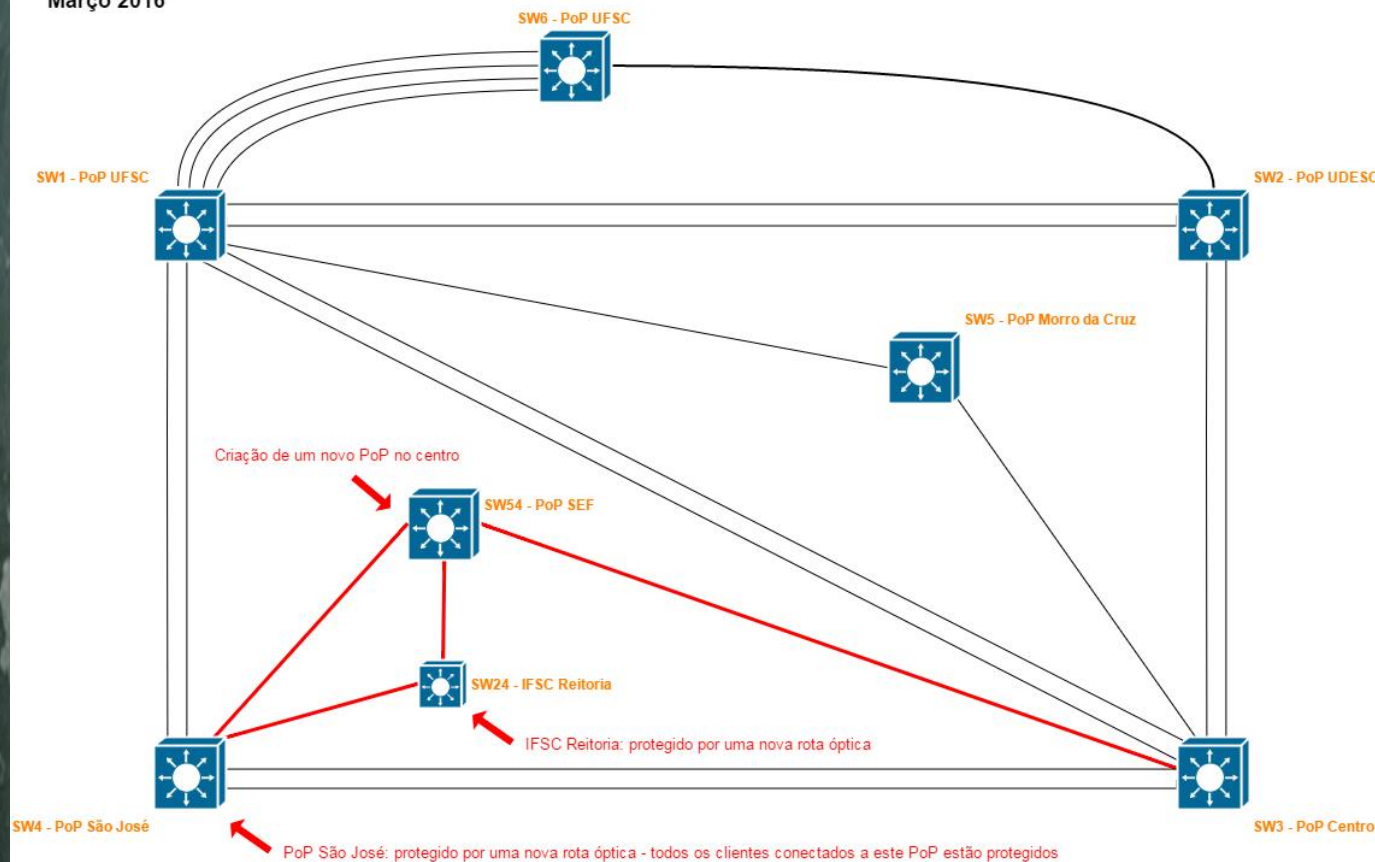


Figura 13.34 Aumento da utilização da rede em função do número de comprimentos de onda para uma probabilidade de bloqueio de 10^{-3} quando a conversão de comprimento de onda é utilizada. (Reproduzida com permissão Barry e Humblet,⁸¹ © IEEE, 1996.)



Comutação por pacotes ópticos

Topologia Backbone REMEP - Físico
Março 2016



01

Roteamento de comprimento de onda (RWA)

Direciona sinais ópticos de entrada para os caminhos corretos de saída em uma rede óptica.

02

Roteamento Óptico

Determina o caminho que os dados ópticos devem seguir em uma rede.



Comutação de pacotes ópticos

01

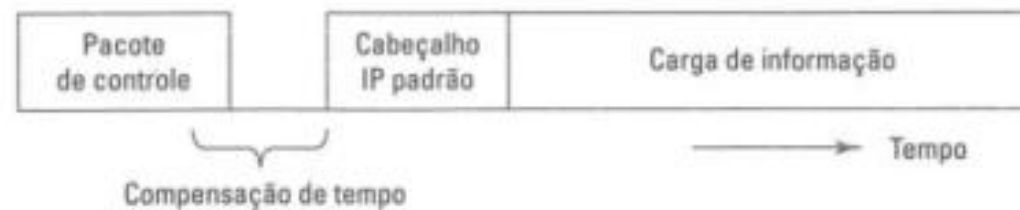
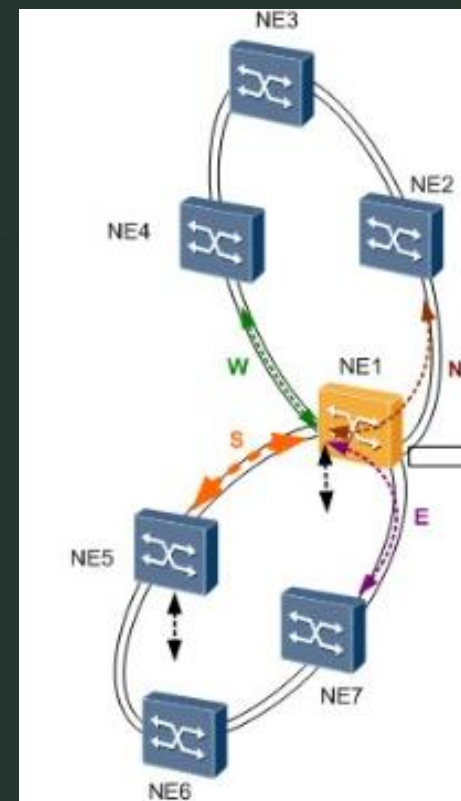
Comutação de pacotes Redes Elétricas

Empacotamento
Confiabilidade
Controle de congestionamento

02

Comutação de pacotes Ópticos

Troca de cabeçalho óptico (OLS).
Define: Comprimento de onda, taxa de bits, etc.
Não contém Buffer.



Comutação de Rajadas ópticas (OBS)

03

Comutação de
Rajadas ópticas

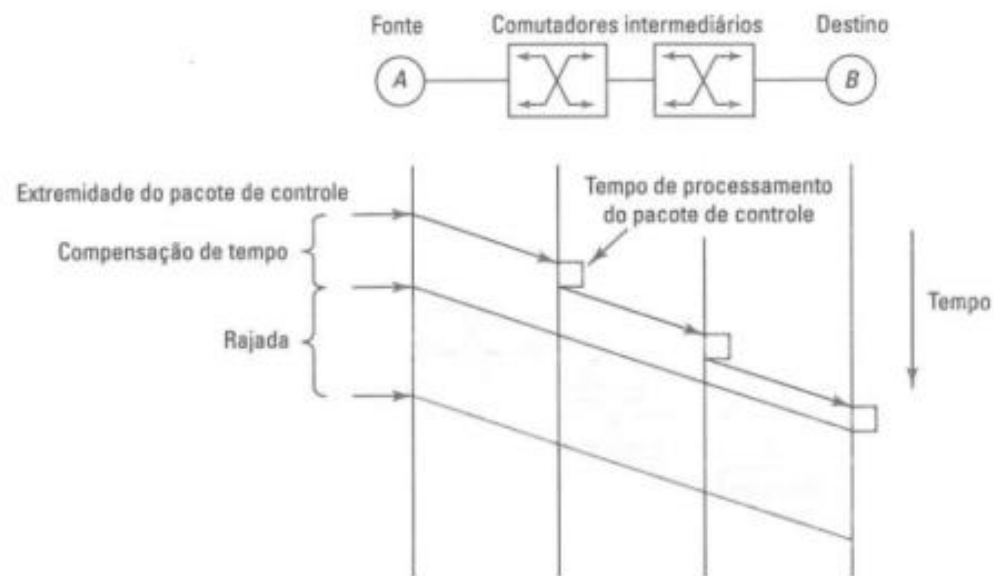
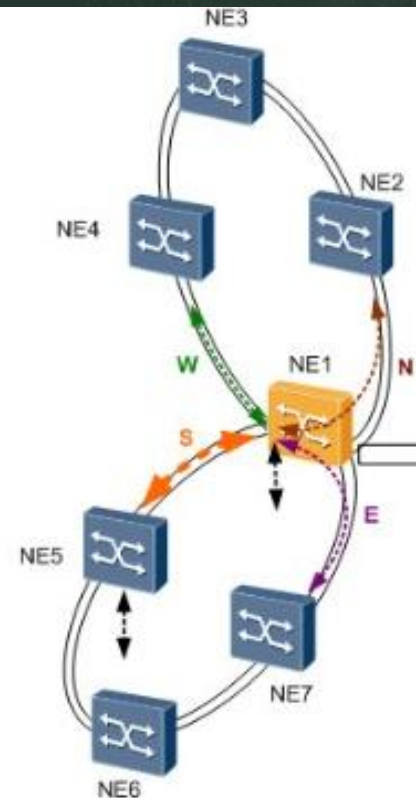


Figura 13.37 Diagrama de temporização para a progressão de um pacote de controle e uma rajada através de uma rede OBS.





02

Redes Optica Passivas (PON)





Passive Optical Network



O que é a Tecnologia PON

A tecnologia PON (Passive Optical Network), ou Rede Óptica Passiva, é uma tecnologia que utiliza fibra óptica para construir redes de ponto a multiponto.

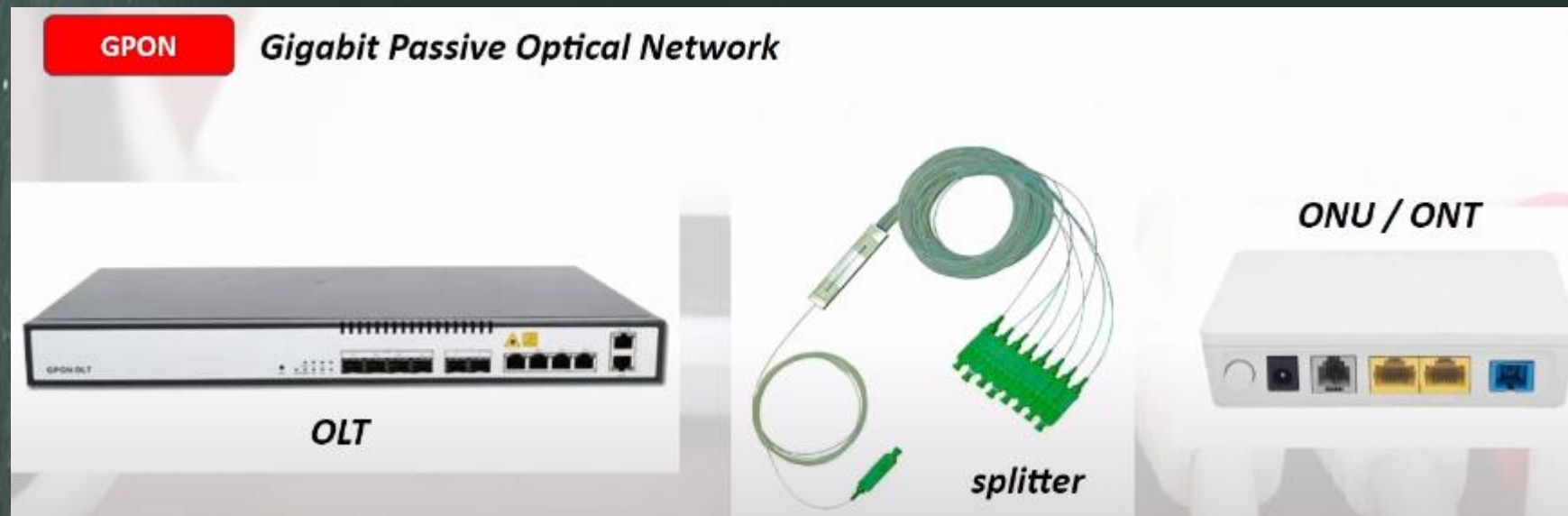
Ela se destaca por não precisar de energia no meio de transmissão e, por isso, é definida como passiva. Através de uma única fibra, é possível transmitir dados, voz e vídeo.

Características

- Benefícios da fibra óptica
- 128 ONUs/ONTs por porta PON
- 2,5 Gbs no sentido downstream e 1,25 Gbps no sentido Upstream
- Permite controle de ataques do tipo Storm
- Segurança: Encapsulamento GEM
- Largura de banda dinâmica
- Alcance físico máximo entre OLT - ONT 20km.



Redes ópticas Passivas (PON)



OLT - Terminal de linha óptica

Gerencia a distribuição de tráfego na rede.

Gerenciamento das ONU/OLT

- Identificação, Aprovisionamento

Transmissão e recepção.

Splitter - Divisor óptico

Passivo

Dividir o Sinal óptico 1:N

Econimizar custo com infra.

Conceito de Rede Ponto-

Multiponto

ONT - Terminal de Rede Óptica

ONU - Unidade de Rede Óptica

Se conecta a rede PON

Converte Sinais luminosos em

Elétricos

Distribuição da rede interna





OLT – Optical Line Terminal – Responsável pela Identificação, aprovisionamento e comunicação com as ONTs

CFOA – Cabo de Fibra óptica revestida em acrilato: Meio físico utilizado para transporte de dados na rede GPON

CEO – Conjunto de Emenda Óptica: Responsável por acomodar emendas entre cabos e também splitters (dependendo da topologia)

CDOE – Caixa de Distribuição Óptica Externa: Elemento de onde o técnico realiza o lançamento do cabo drop até a residência do cliente

DROP – Cabo óptico utilizado para interligar a CDOE/CDOI com o PTO na rede interna e também utilizado para alimentação de CDOE/CDOI

CDOI – Caixa de Distribuição Óptica Interna: Utilizado em adequações prediais, recebe o sinal vindo de uma CDOE e faz a interligação com a CDOI A

CDOI A – Caixa de Distribuição Óptica de Andar: Está entre os andares dos prédios, recebe o sinal vindo da CDOI e é dela que o técnico lança o drop low friction até o apartamento

DROP LOW FRICTION – Cabo óptico utilizado em instalações prediais devido seu diâmetro reduzido e baixo atrito, facilitando a passagem pela tubulação

PTO – Ponto Terminal óptico: Interliga o drop vindo da rede externa com o cordão monofibra que será conectado à ONT.

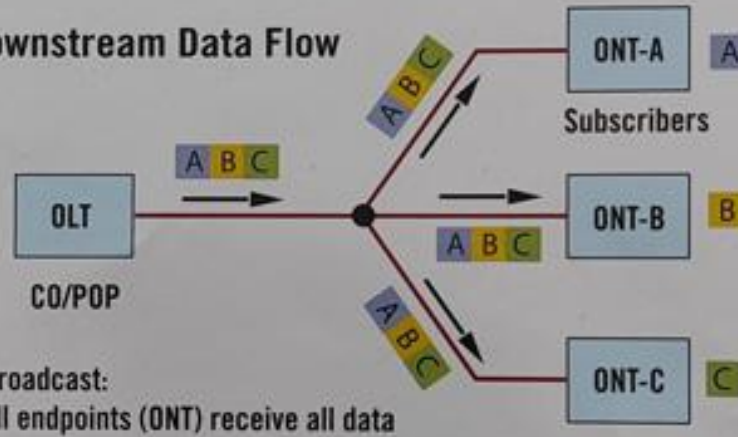
Cordão monofibra – Responsável por conectar o PTO a ONT.

ONT – Optical Network Terminal – Equipamento responsável por negociar as solicitações e recebimentos de informação junto a OLT (down e up)

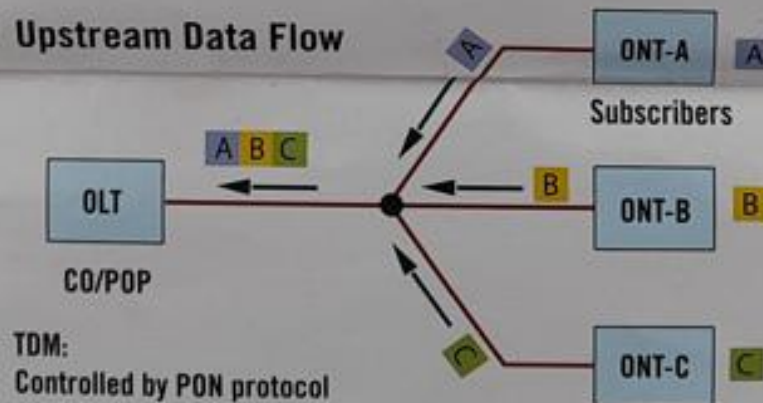
Fluxo do dados

PON Frame

Downstream Data Flow



Upstream Data Flow



Tipos de Redes ópticas

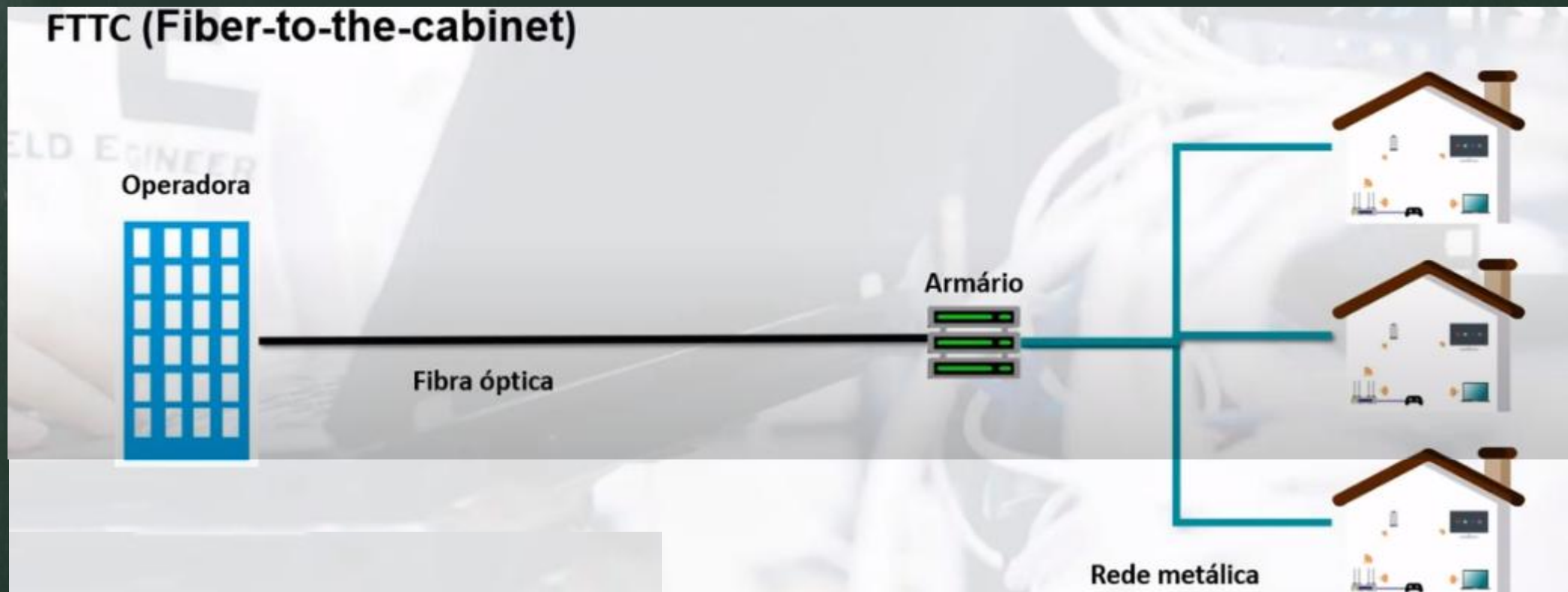
As redes ópticas pode ser divididas em tipos, conforme sua distribuição geográfica e projeto adotado pela operadora (provedor)



Tipos de Redes ópticas

As redes ópticas pode ser divididas em tipos, conforme sua distribuição geográfica e projeto adotado pela operadora (provedor)

FTTC (Fiber-to-the-cabinet)



Tipos de Redes ópticas

As redes ópticas pode ser divididas em tipos, conforme sua distribuição geográfica e projeto adotado pela operadora (provedor)



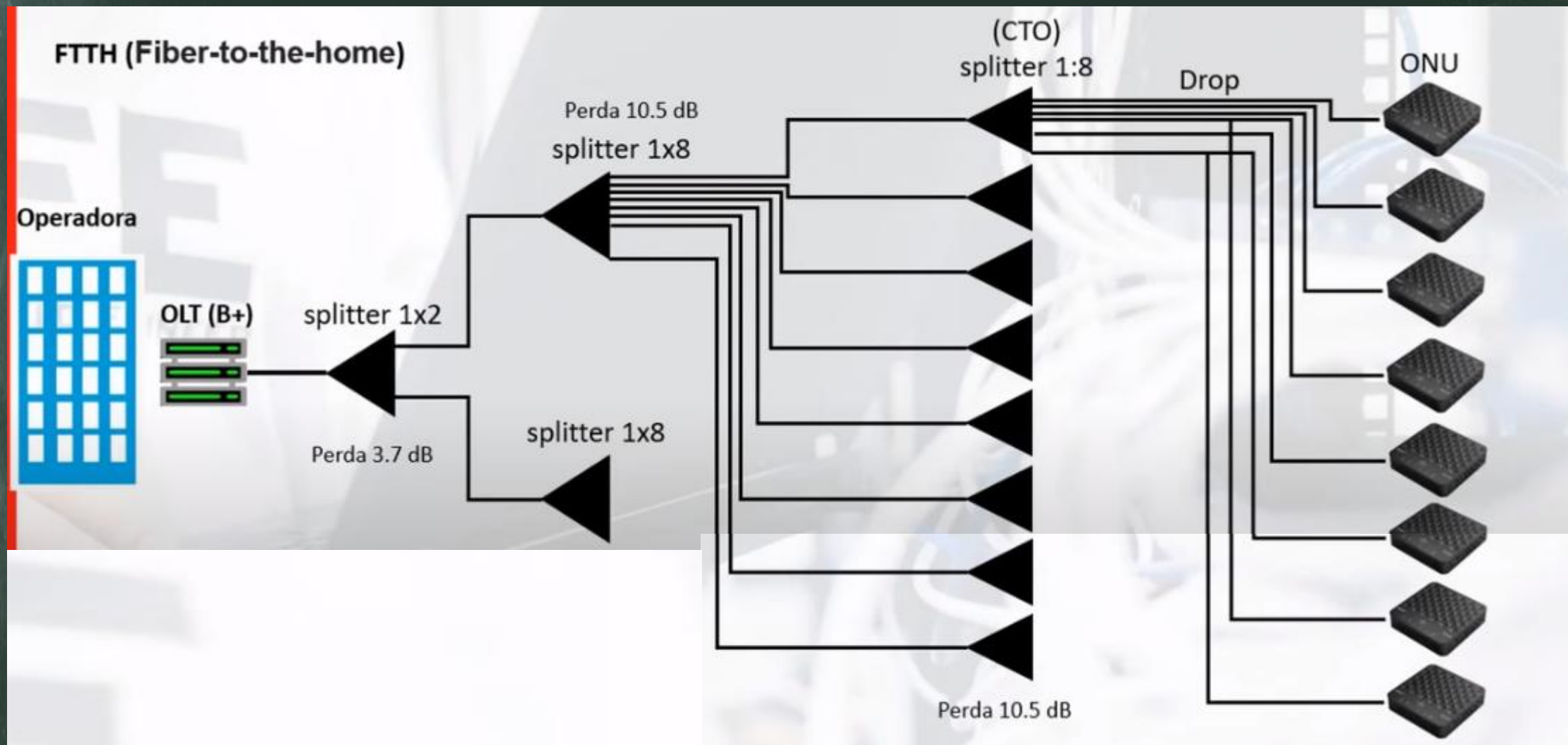
Tipos de Redes ópticas

As redes ópticas pode ser divididas em tipos, conforme sua distribuição geográfica e projeto adotado pela operadora (provedor)

FTTH (Fiber-to-the-home)



Tipos de Redes ópticas



Tecnologia PON- Presente e Futuro

As tecnologias EPON e GPON são as mais difundidas atualmente, oferecendo taxas de dados suficientes para atender a maioria das aplicações de banda larga.

A XGPON é a nova tecnologia de transição, que oferece taxas de dados ainda maiores, e é adequada para aplicações que exigem alta largura de banda, como serviços de vídeo em alta definição e realidade virtual.

A 50GPON é a tecnologia mais recente, e oferece taxas de dados ainda maiores, tornando-a adequada para aplicações como serviços de 5G e Internet das Coisas.

| Característica | EPON | GPON | XGPON | 50GPON |
|---|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Tipo | PON | PON | PON | PON |
| Norma | IEEE 802.3ah | ITU-T G.984 | ITU-T G.987 | ITU-T G.989 |
| Protocolo | Ethernet | Ethernet | Ethernet | Ethernet |
| Taxa de dados downstream | 1,25 Gbit/s | 2,5 Gbit/s | 10 Gbit/s | 50 Gbit/s |
| Taxa de dados upstream | 1,25 Gbit/s | 1,25 Gbit/s | 2,5 Gbit/s | 25 Gbit/s |
| Confiabilidade e garantia de desempenho | Alta | Alta | Alta | Alta |
| Complexidade de implementação | Baixa | Média | Alta | Alta |
| Tecnologia WDM | Não | Não | Sim | Sim |
| SDN | Não | Não | Sim | Sim |





Perguntas?



THANK YOU

