

## IX Fórum 12



**NuiTec**  
CONSULTORIA EM TECNOLOGIA

Tudo que você gostaria de saber sobre transmissão  
ópticas e WDM

**Tiago C. Setti**  
Consultor

# Agenda

---

## Sobre Nós

Uma breve introdução sobre a NuiTec

1

## Transmissão Óptica

Informações e curiosidades sobre transmissão em fibra óptica

2

## Soluções WDM

Apresentação da tecnologia xWDM

3

## Evolução

Apresentação de evoluções tecnológicas para o futuro

4



MUI  
CONSULTORIA EM T

**Sobre Nós**

# Sobre Nós

---

“ O conhecimento é uma ferramenta, e como todas as ferramentas, o seu impacto está nas mãos de quem o usa.”

– Dan Brow em o Símbolo Perdido

Somos uma empresa de consultoria, constituída por profissionais com **15 anos** de experiência no mercado de Tecnologia e Telecomunicações.


Nosso time tem experiência e alta competência nas principais tecnologias do mercado, inclusive são capacitados com as certificações mais reconhecidas da indústria atual (**CCIE/JNCIE/JNCIP**).

A empresa tem como meta uma atuação nacional nos mercados

de Telecomunicações, TIC, Data Center, Provedores de Serviços, Provedores de Conteúdo, ISPs, bem como empresas que demandam um alto índice de conectividade para seus negócios.



# Transmissão Óptica

A hand is shown holding a bundle of fiber optic cables. The cables are illuminated with a bright, glowing light, creating a central point of light. From this point, several glowing blue and green light trails or loops radiate outwards, suggesting the transmission of light through the fibers. The background is dark, making the glowing elements stand out.

# Fibra óptica ou ótica?

Privilegia-se o uso das palavras *óptica* e *óptico* para fenômenos relacionados com a visão e o uso das palavras *ótica* e *ótico* para fenômenos relacionados com a audição



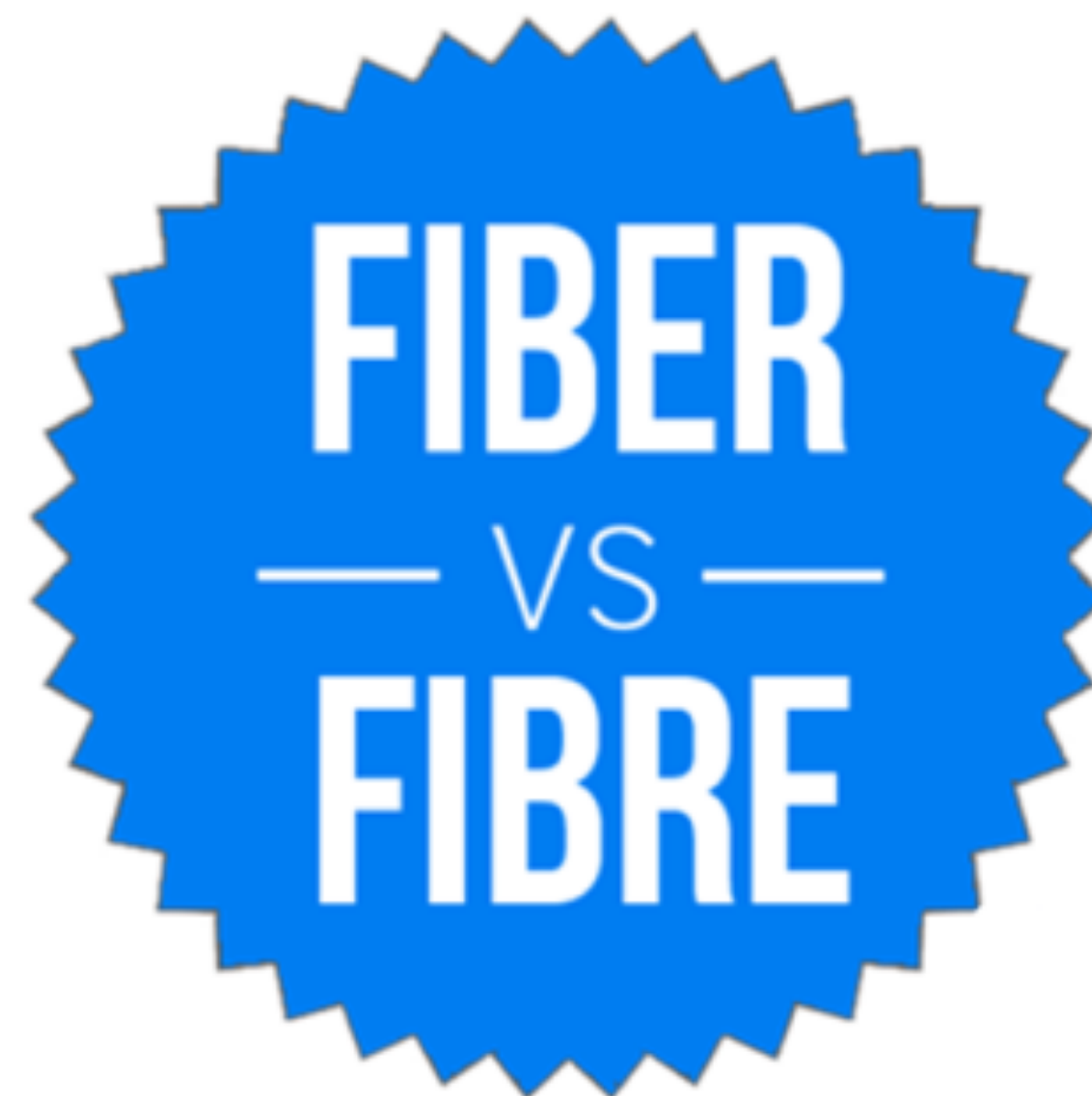
*O substantivo feminino **óptica** tem sua origem na palavra grega **optikós** - com **p** - e se refere a uma parte da física que estuda a luz e dos fenômenos da visão*



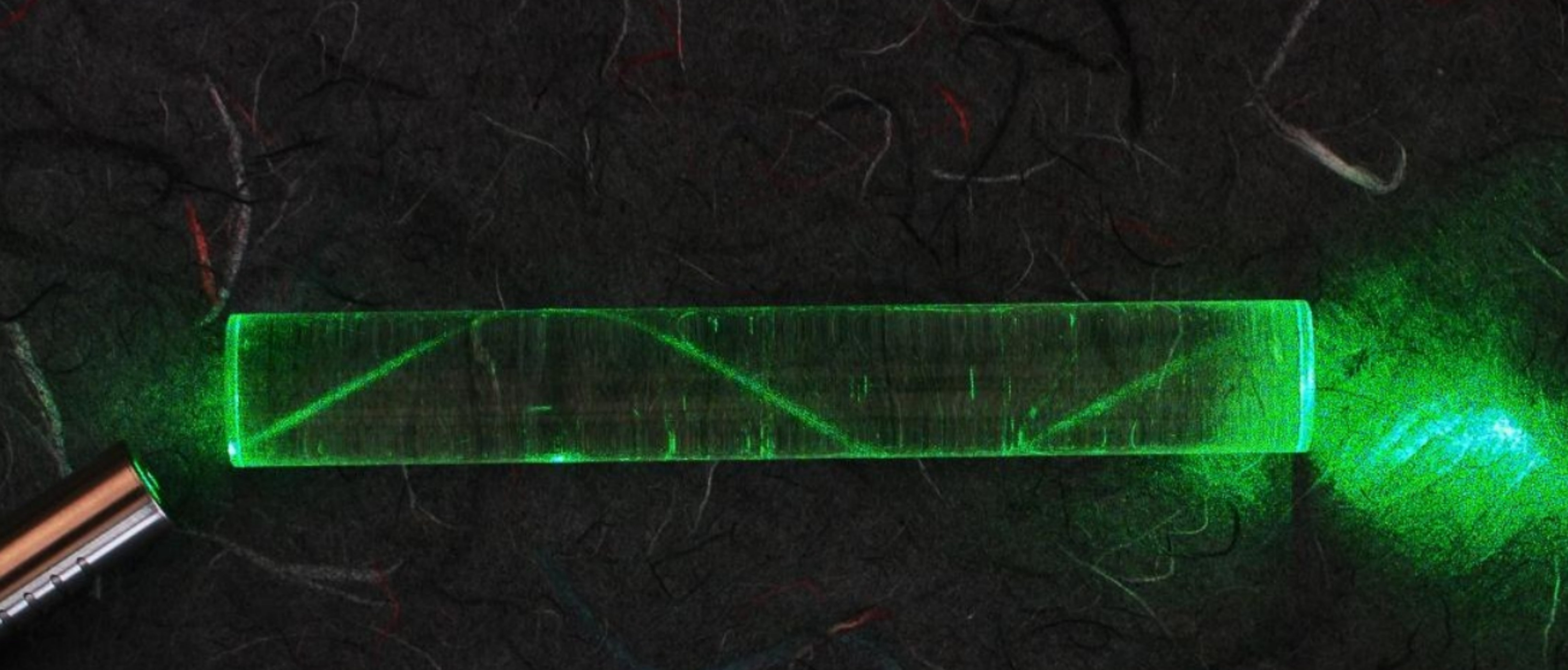
Mas, segundo o Novo Acordo Ortográfico, que entrou em vigor em janeiro de 2009, as consoantes **c** e **p** que não se leem nas palavras deverão ser abolidas.

Apenas as consoantes que se leem deverão ser mantidas





# Americano vs Britânico



A fibra é oca?

# Núcleo da Fibra

- A fibra óptica possui um núcleo de vidro puro criado com base no dióxido de silício.
- Também existem fibras especiais, feitas de polímeros – conhecidas como fibras de plástico.

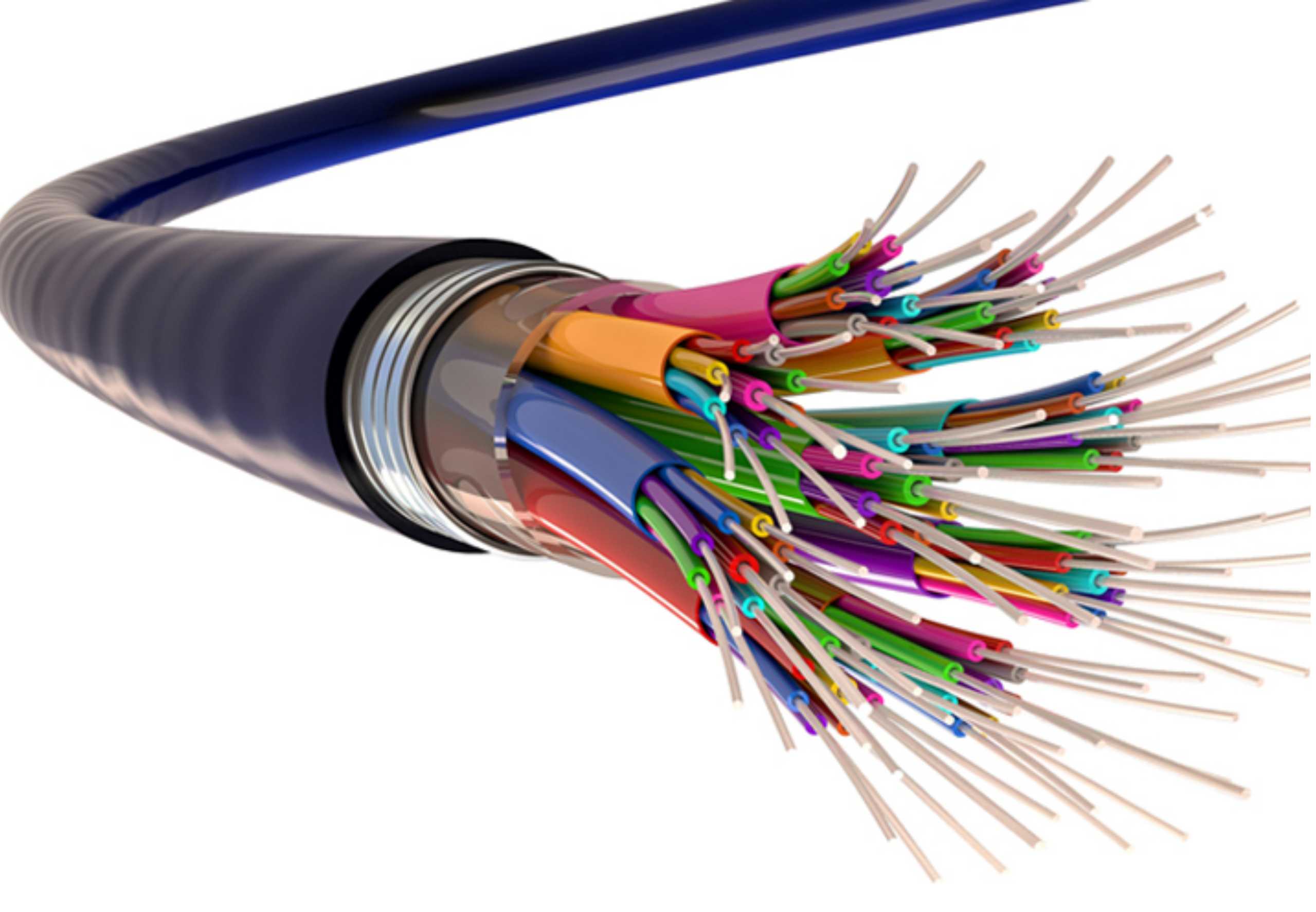
# O que é a luz?

- Radiação eletromagnética
  - Não precisa de nenhum meio para transportar energia
  - Pode ser transportada no vácuo ou através de materiais, inclusive através de uma fibra de vidro, ou a famosa fibra óptica!



# História da velocidade da luz (c)

Ano	Autor	Velocidade da luz no <u>vacúo</u>
1638	Galileo	10 vezes mais rápido que o som
1675	Roemer	200 000 Km/s
1728	Bradley	301 000 Km/s
1849	Fizeau	313 300 Km/s
1862	Focault	298 000 Km/s
1926	Michelson	299 796 Km/s
1958	Froome	299 792.50 Km/s
1983	Conférence Générale des Poids et Mesures	299 792.458 Km/s

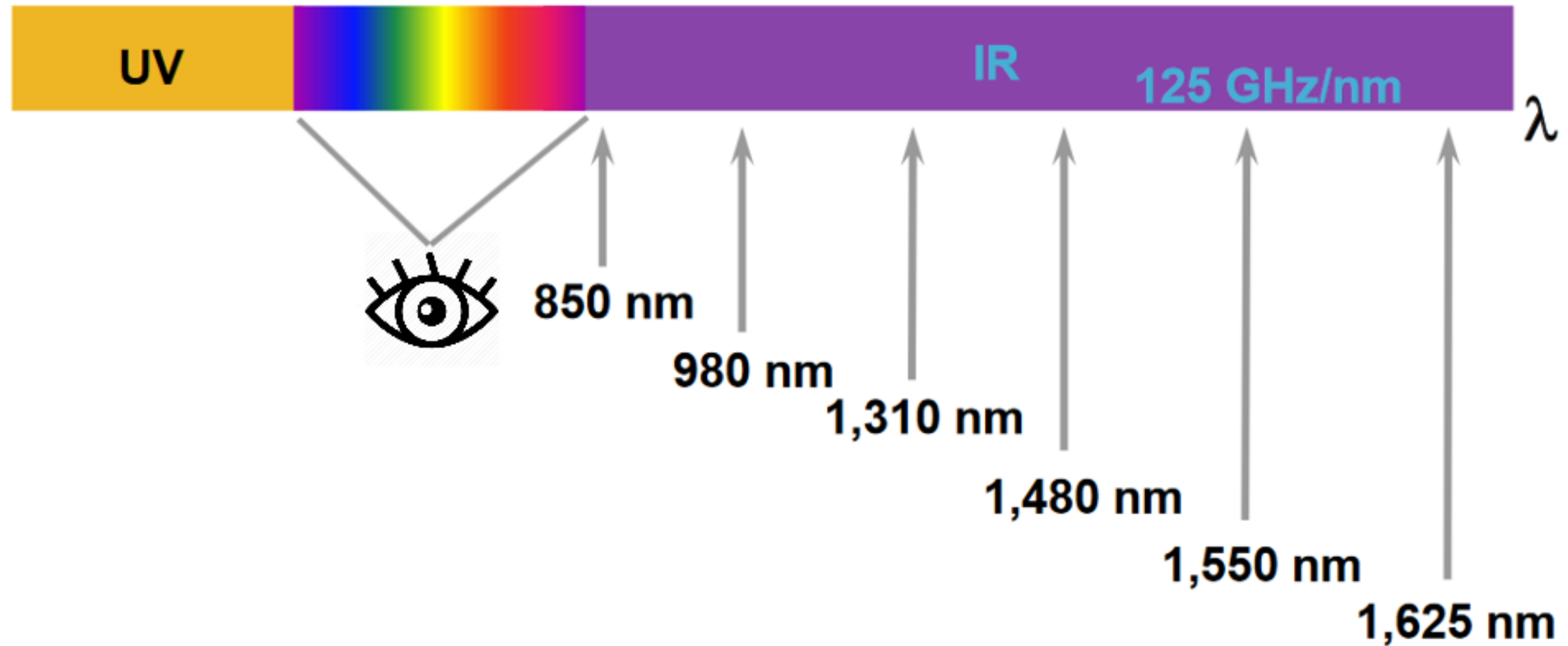


Qual é mais veloz?  
Qual tem a menor latência?

## Propagação da luz nos meios

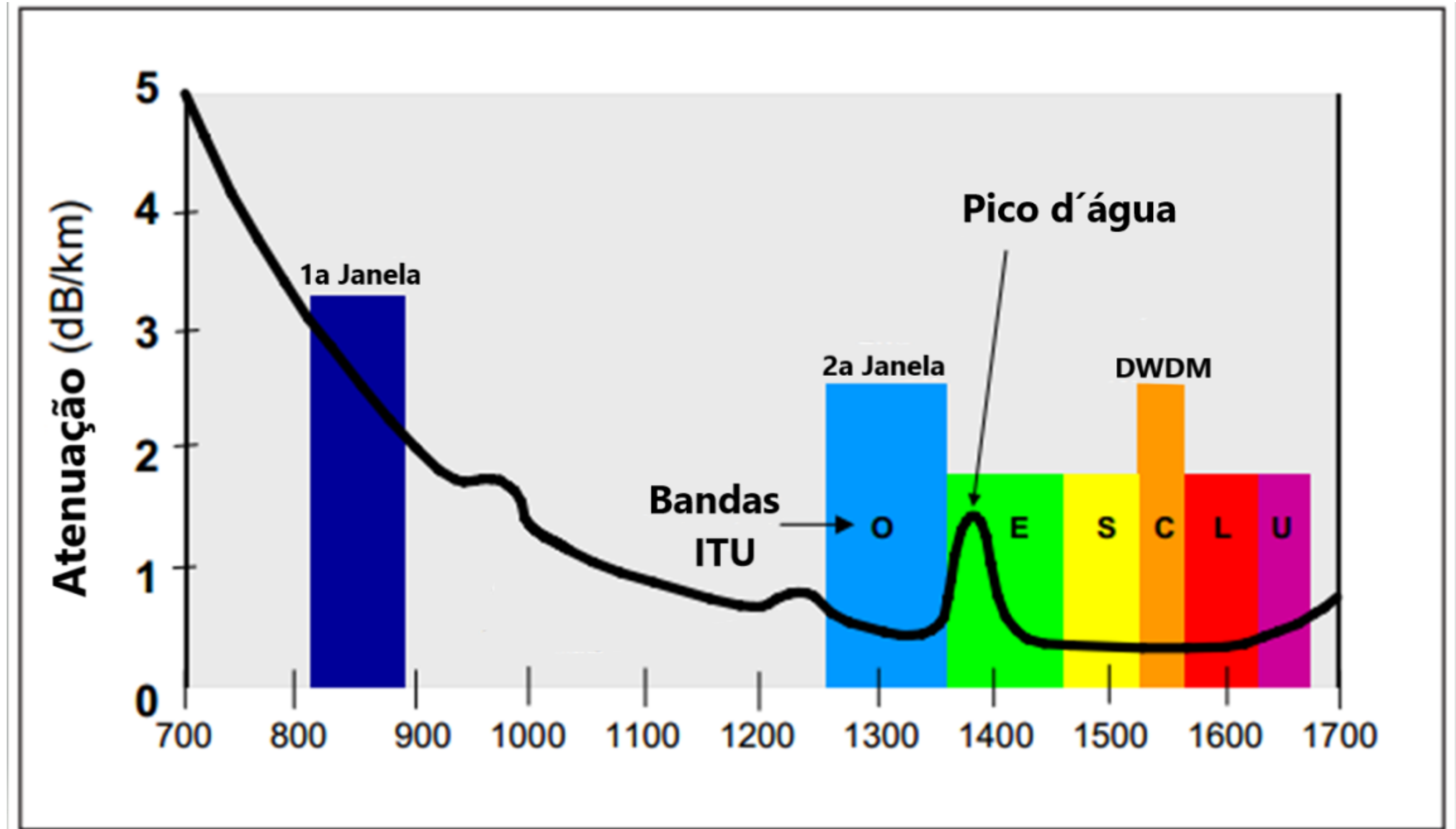
Meio	Índice de refração	Velocidade real
Vácuo	100%	299 792.458 Km/s
Ar ambiente	99.9%	299 702.089 Km/s
Cabo coaxial	87%	260 819.438 Km/s
Fibra óptica	68%	203 858.871 Km/s

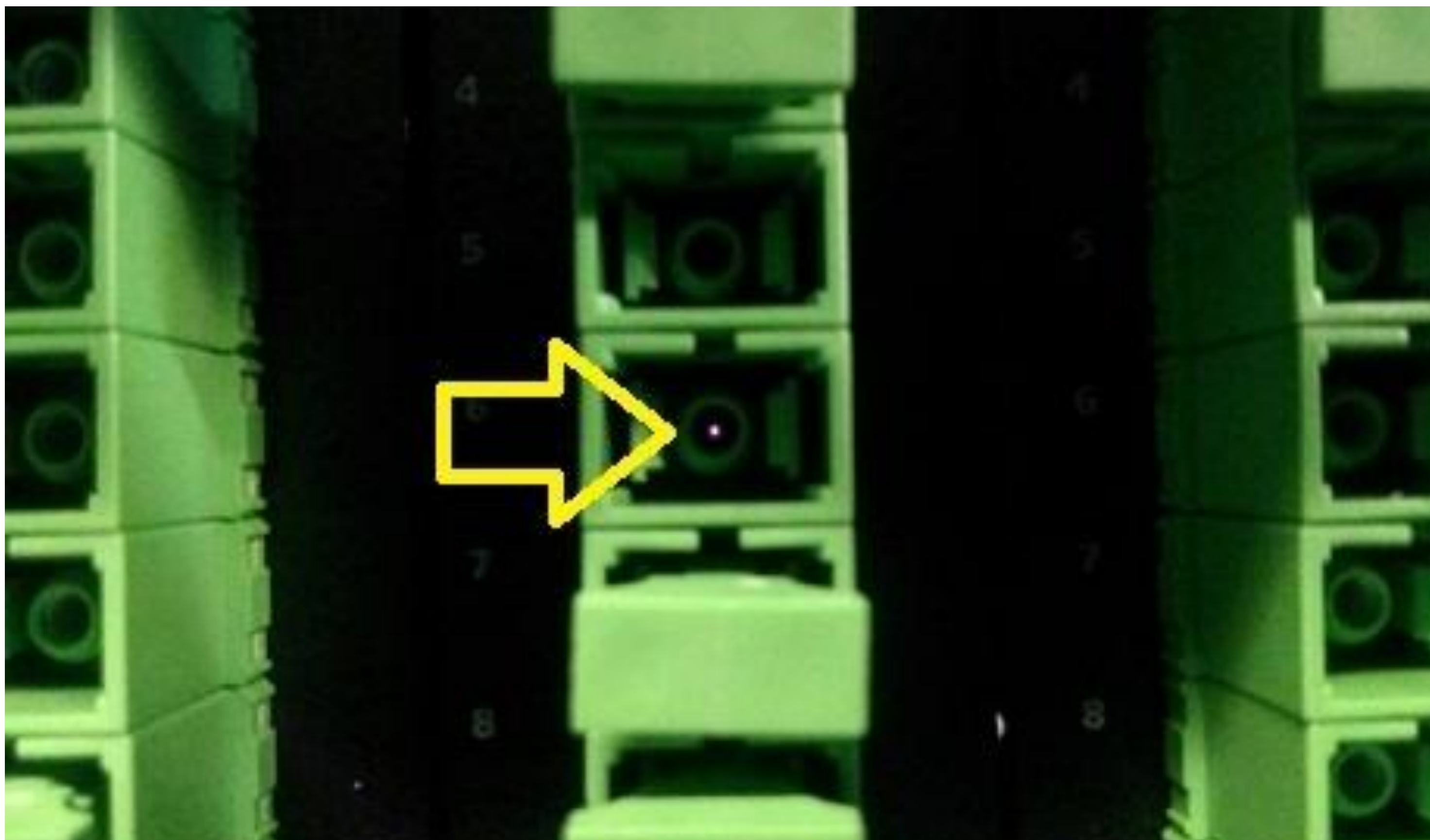
# Espectro Óptico





# Janelas do espectro óptico





É possível enxergar a luz na fibra?

- Não, o olho humano só tem capacidade de enxergar entre 390 – 750nm
- Nenhuma faixa de frequência usada em Telecom é diretamente visível.
- Mas, em uma fibra MultiModo é possível enxergar interferência da frequência 850nm que aparecem visíveis no limiar do espectro visível ao olho humano.

# Potência Óptica

- O que é potência?
  - Simplificando: é a intensidade da luz!
  - As ondas de luz perdem energia ao atravessar um meio físico como a fibra óptica
  - A medida correta de potência é miliwatt (mW)
  - Para expressar o valor absoluto de um decibel relativo a 1 miliwatt, utilizamos dBm



# Terminologia

dBm : utilizado para potência de transmissão e sensibilidade de recepção (valor absoluto)

dB: utilizado para ganho ou perda de potência (valor relativo)

# Tabela de Atenuação

Perda (dB)	Percentual de potência	Observação
1	79%	
2	63%	
3	50%	Metade da potência original
6	25%	
9	12%	1/8 da potência original
12	6.3%	
15	3.2%	
18	1.6%	
21	1%	1/100 da potência original
24	0.3%	
30	0.1%	1/1000 da potência original

# Efeitos Lineares

Atenuação

- Perda de potência do sinal

Dispersão Cromática

- Distorção dos pulsos

Relação Sinal Óptico/  
Ruído (OSNR)

- Efeitos do ruído na transmissão

# Como corrigir os efeitos lineares ?

Atenuação

Amplificador  
Óptico  
(EDFA/Raman)

Dispersão  
Cromática

Corretor de  
dispersão  
•(Físico/Digital)

Relação Sinal  
Óptico/Ruído  
(OSNR)

Correção de  
erros (FEC) ou  
Regeneração



**DRAUZIO  
COMENTA**

**VIROSES**

Efeitos Não Lineares



# Alguns tipos de fibra monomodo

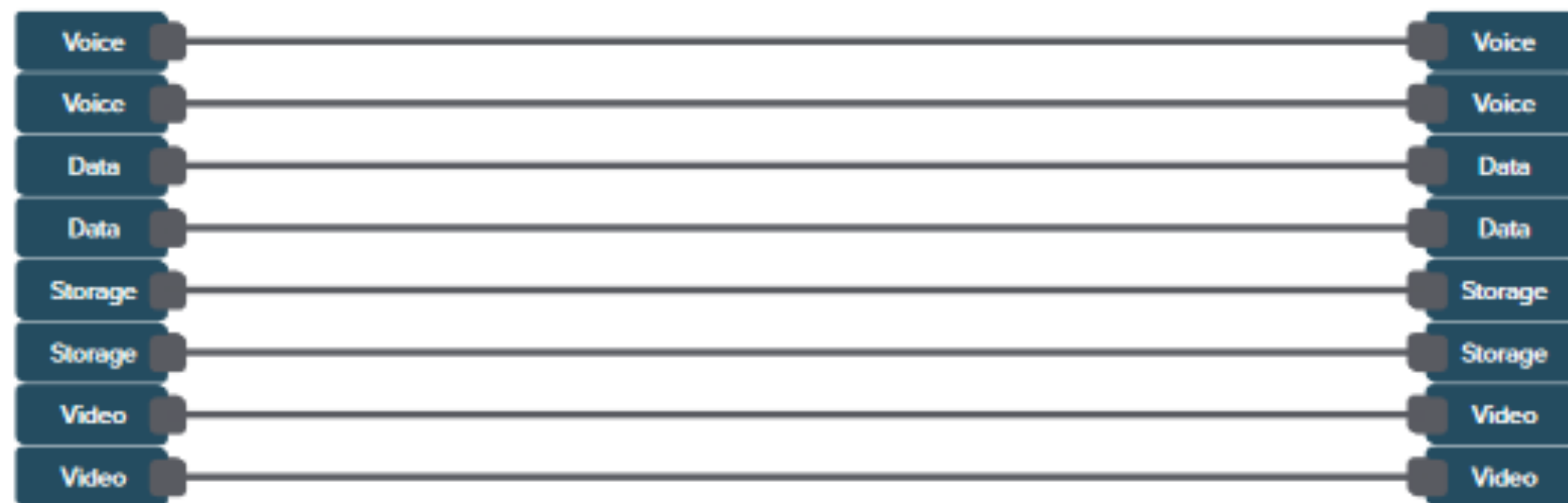
Categoria ITU	Modelo	Atenuação dB/km na banda C	Dispersão (ps/nm) na banda O	Dispersão (ps/nm) na banda C	Fabricante
G.652	Standard	<0.22	0 ps/nm	< 18.0	Vários
G.655	NZ-DSF	<0.22	-10 ps/nm	< 5.0	Vários
G.654.E	TeraWave	<0.19	0 ps/nm	< 22.0	OFS
G.654.E	TeraWave ULL	<0.17	0 ps/nm	< 22.0	OFS
G.654.D	TeraWave Scuba	<0.155	0 ps/nm	< 22.0	OFS
G.654.B	Vascade EX2000	<0.154	0 ps/nm	< 21.0	Corning
G.654.D	Z-Plus Fiber	<0.148	0 ps/nm	< 21.0	Sumitomo



# Soluções WDM

# O que é WDM (Wavelength division multiplexing)

Fibras individuais (**Cinza**)

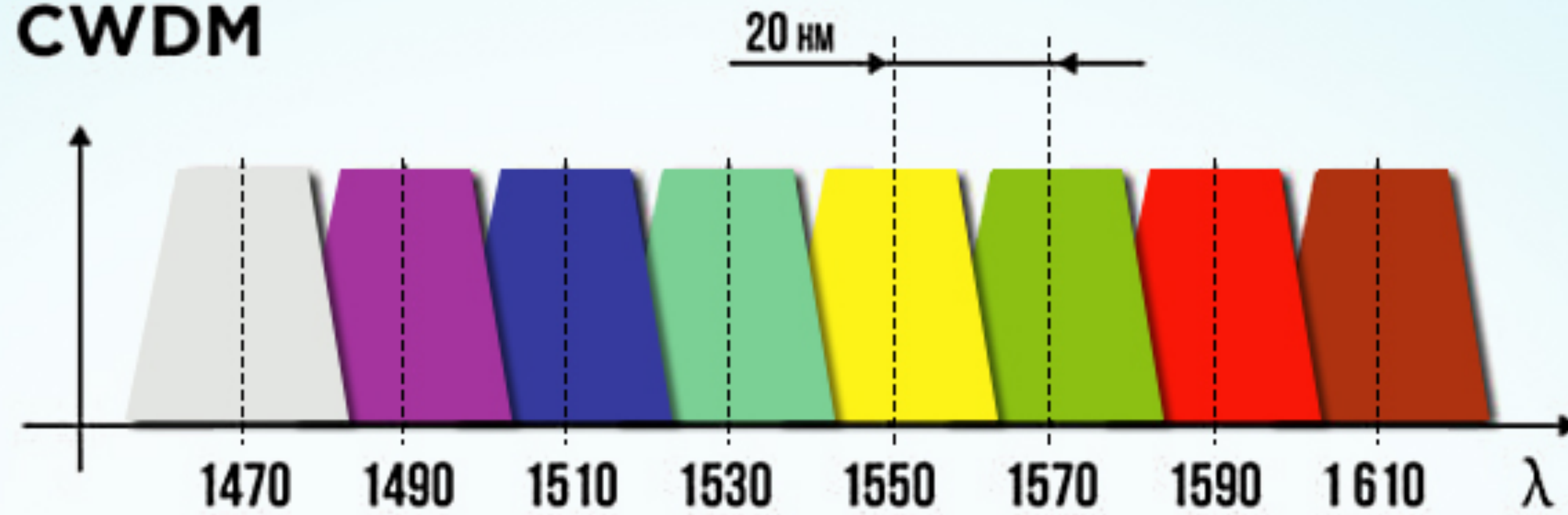


Canais multiplexados (**Colorido**)



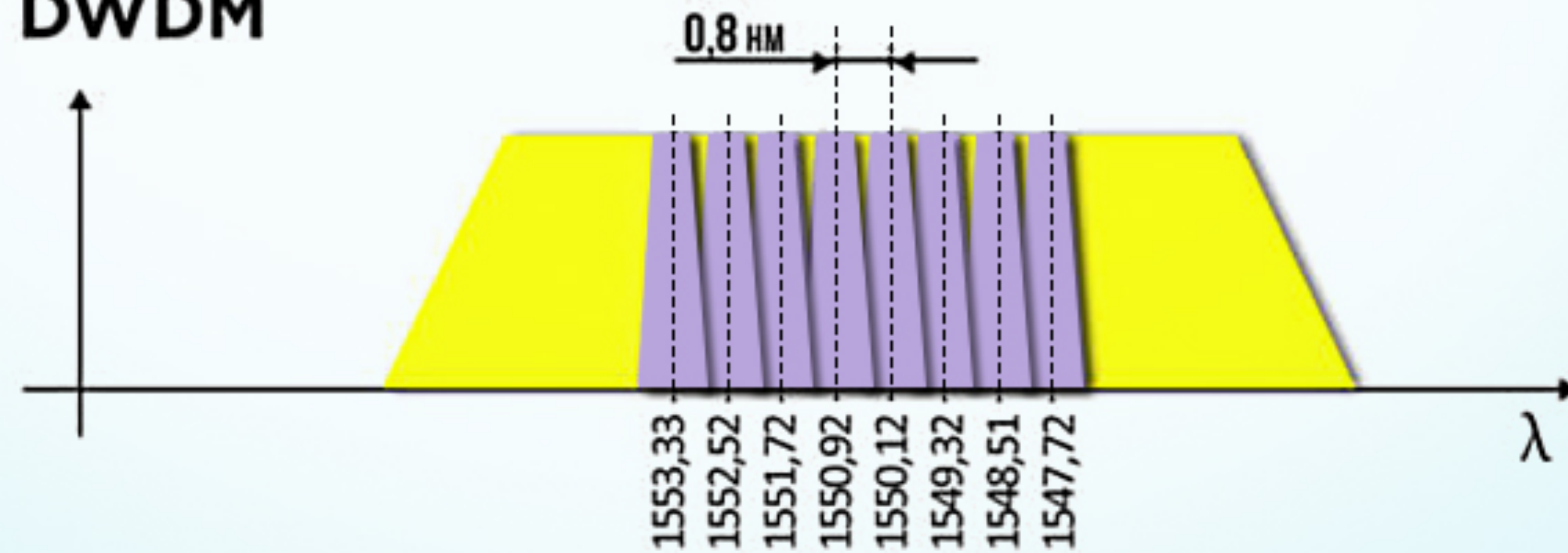
COARSE

CWDM

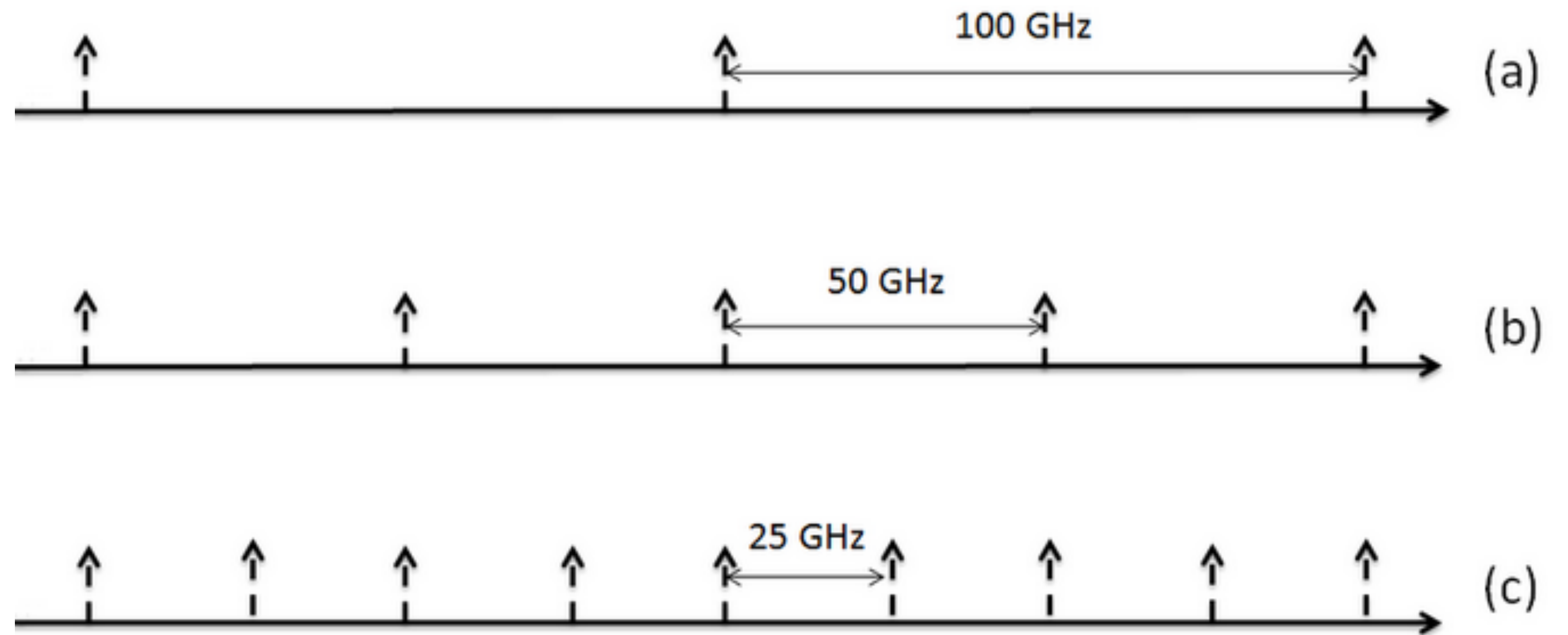


DENSE

DWDM

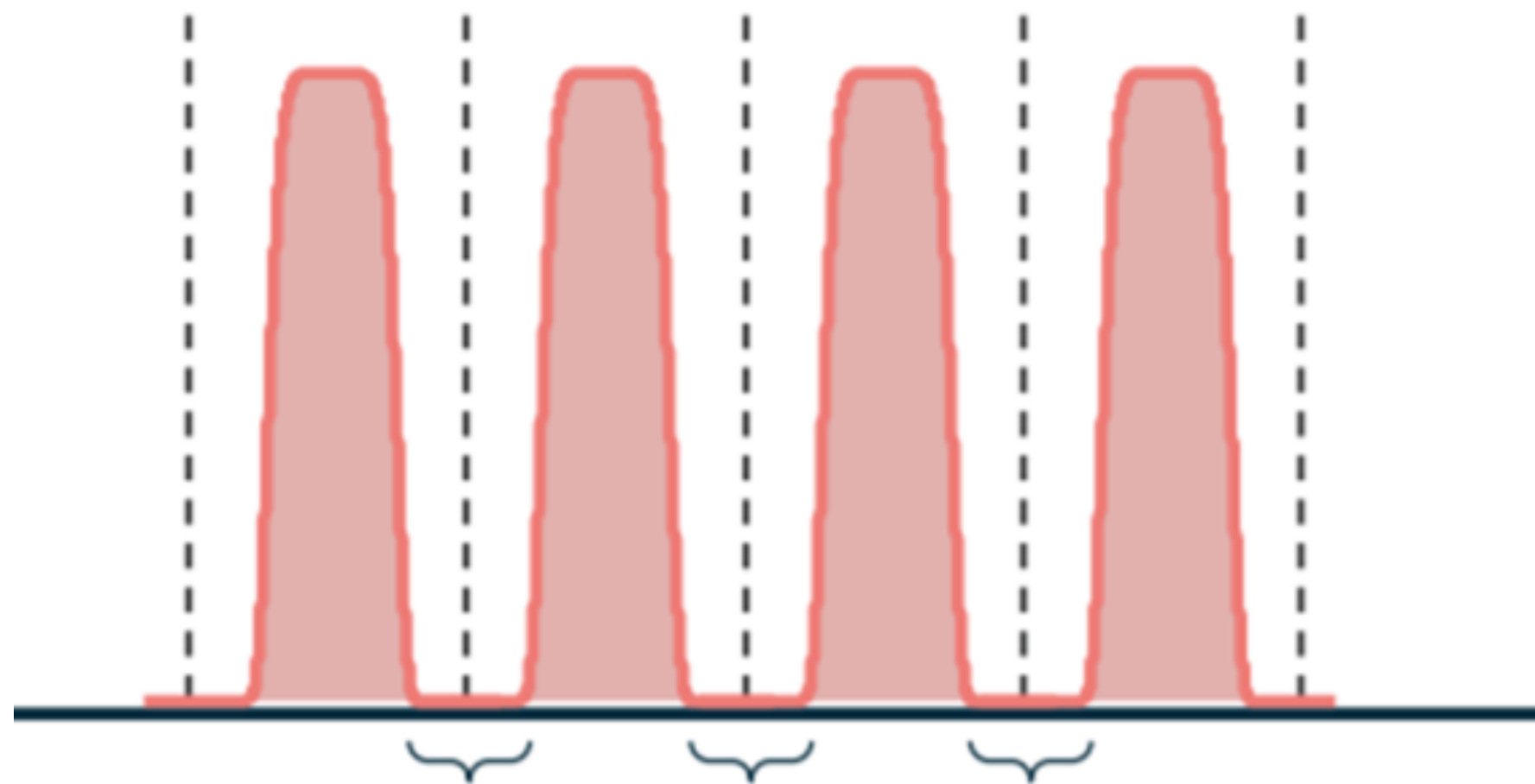


# Grade ITU



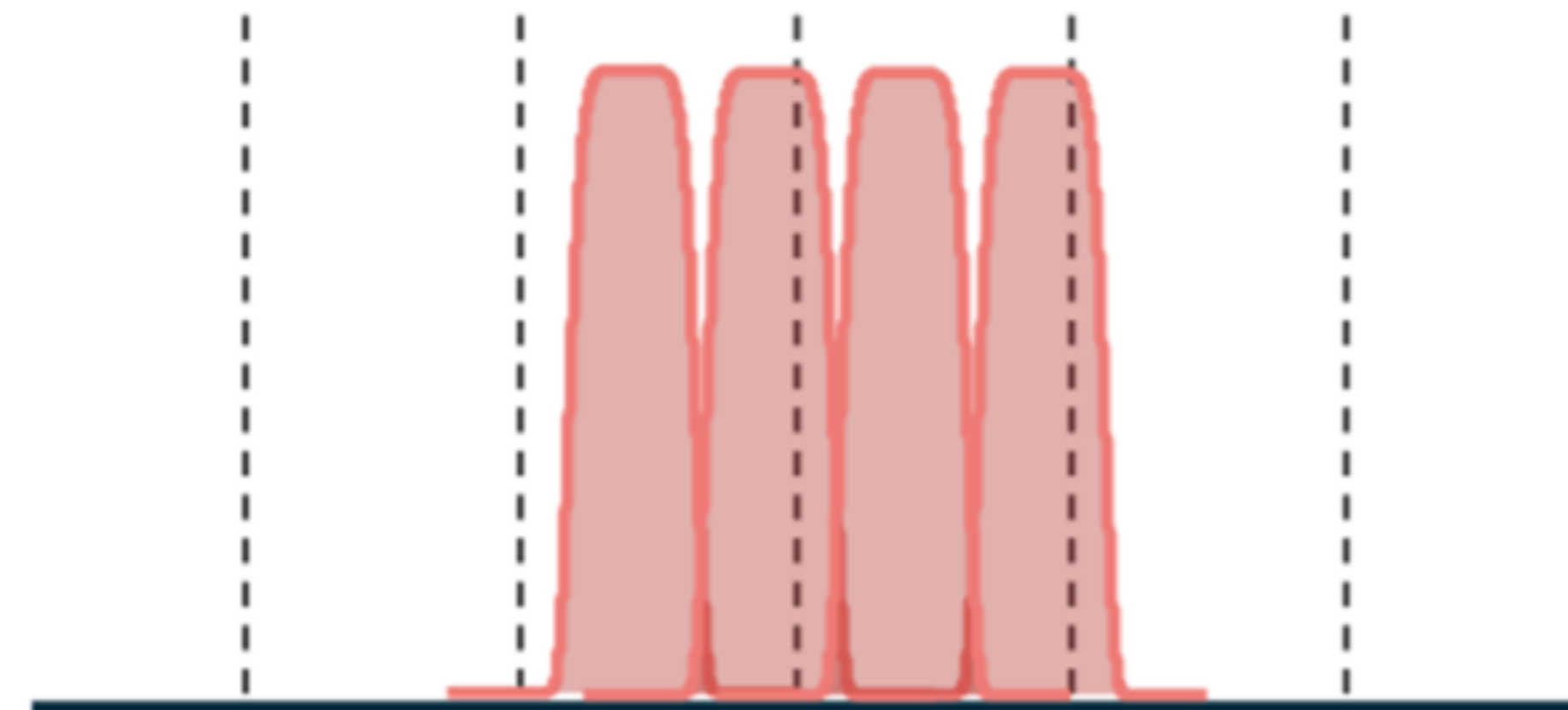
# Gridless ou FlexGrid ou SuperChannel

50 GHz ITU Grid



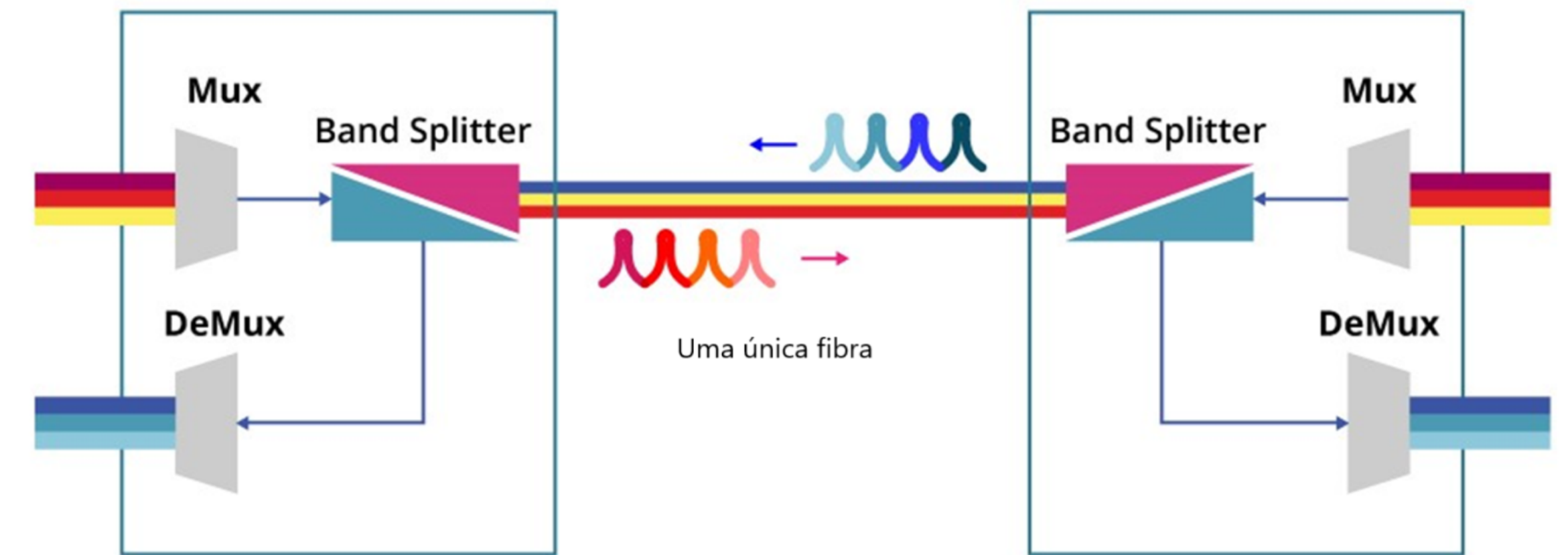
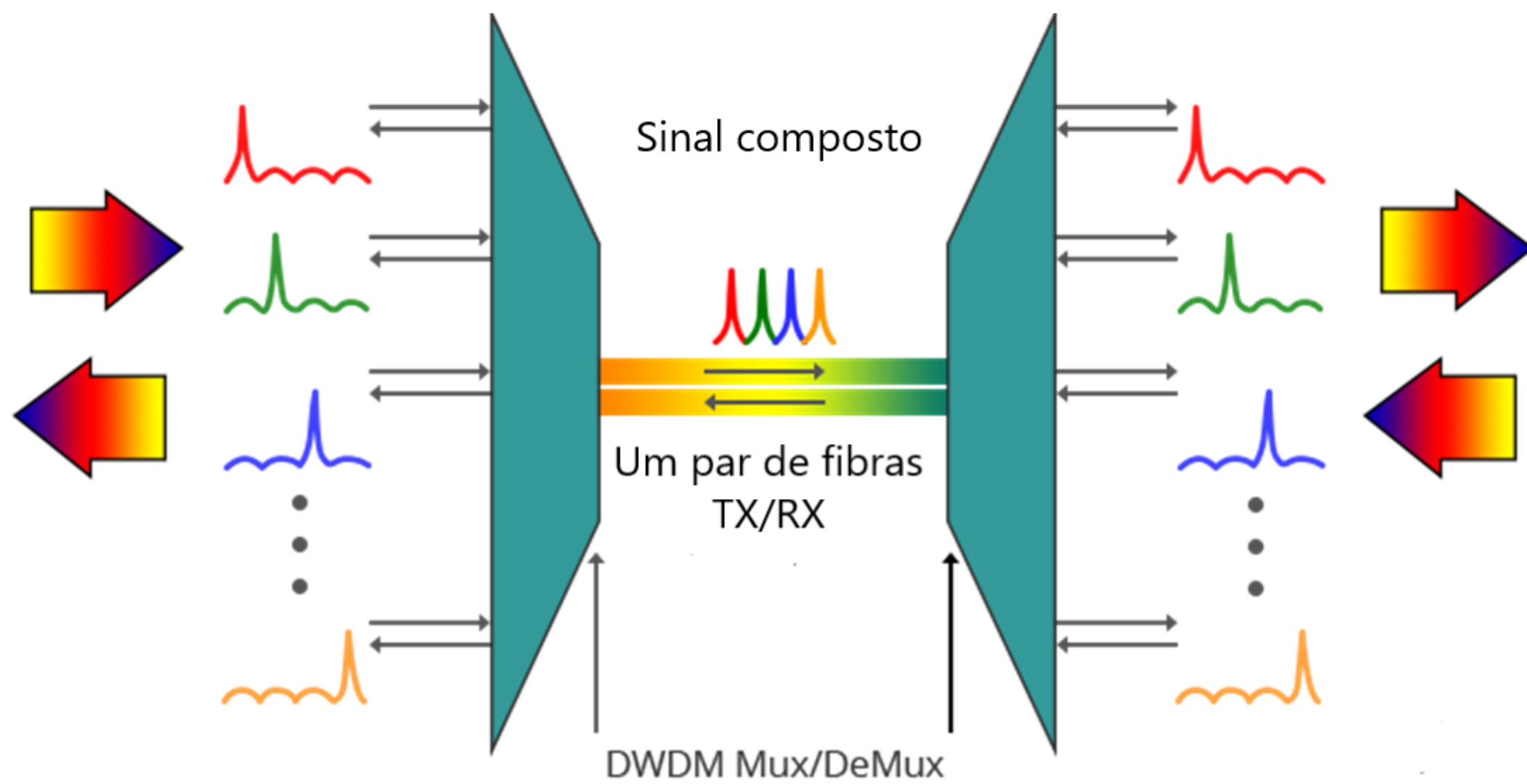
Espaçamento fixo  
(uso ineficiente do espectro)

“Gridless or FlexSpectrum”

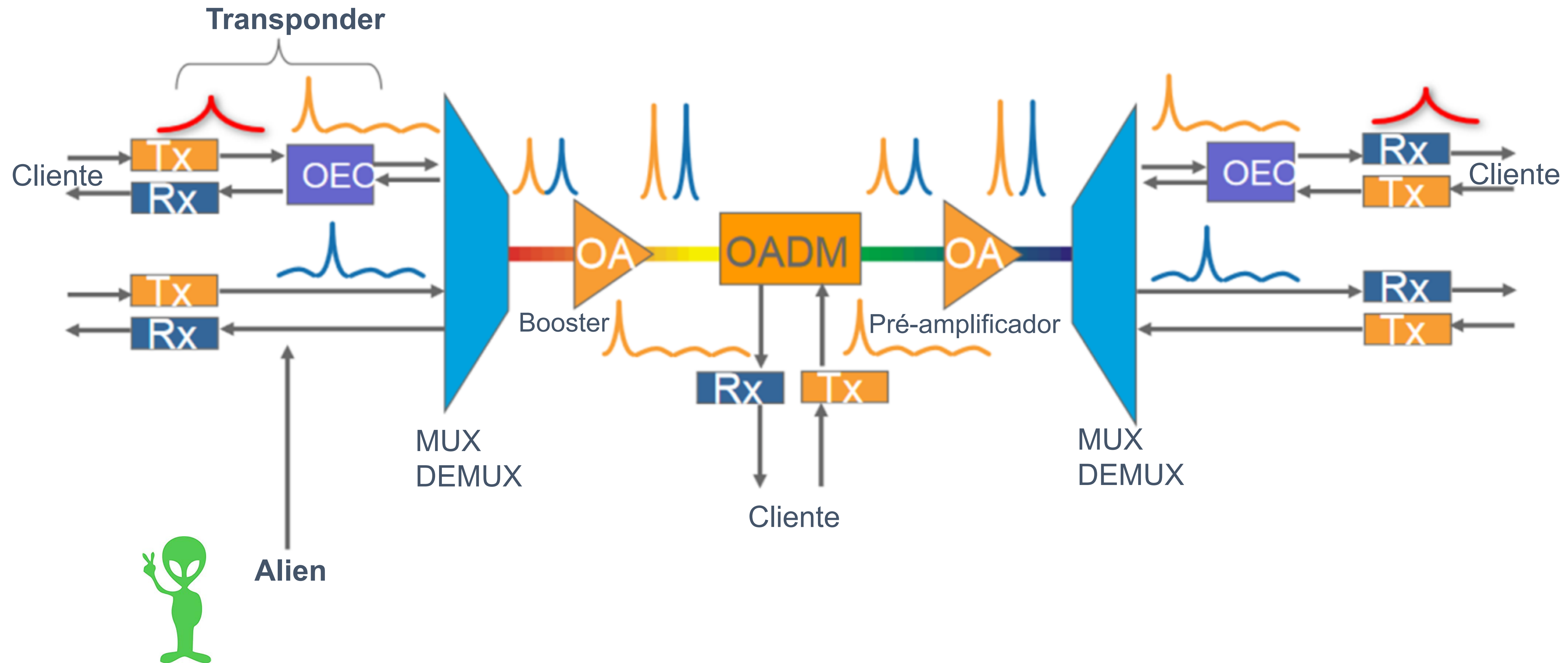


Espaçamento flexível  
(uso melhor do espectro)

# DWDM é Unidirecional ou Bidirecional?

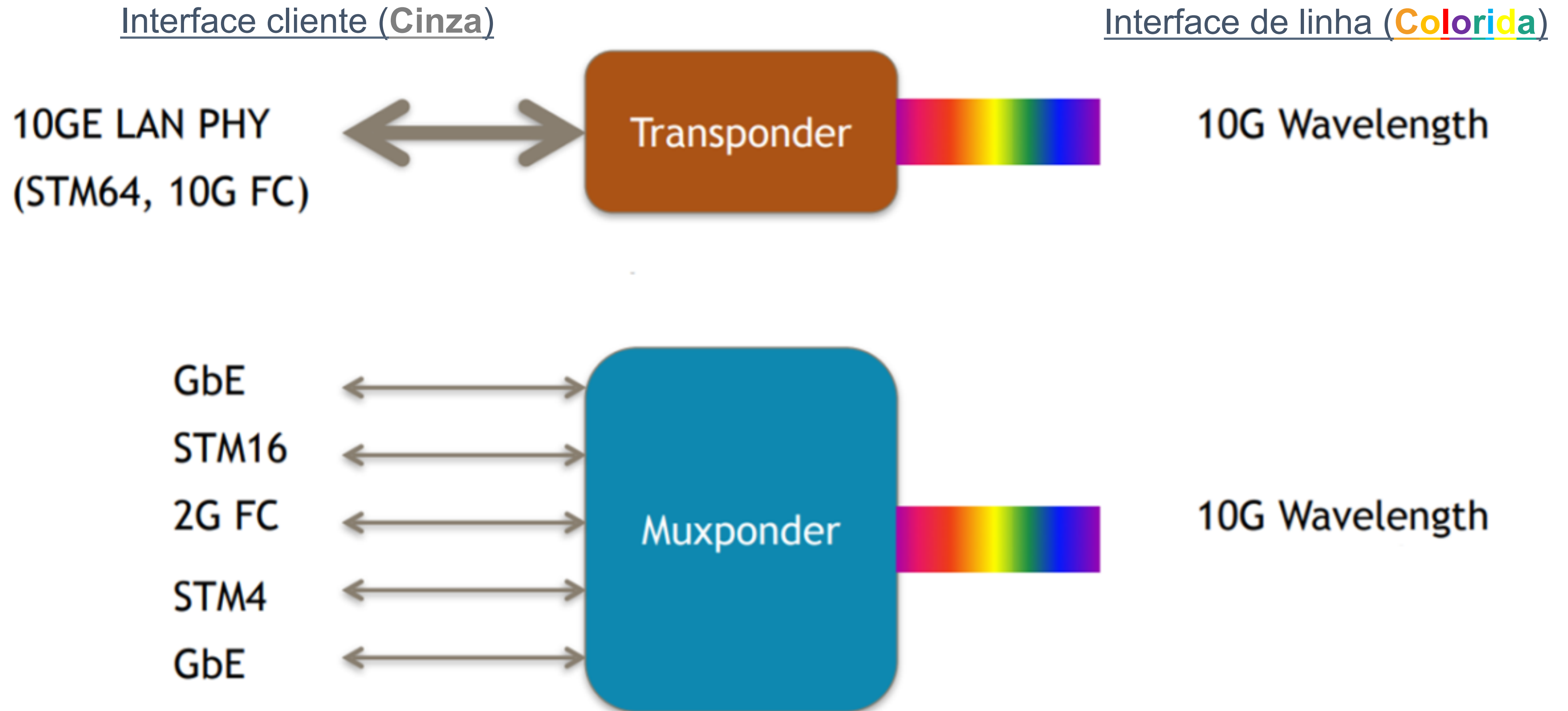


# Sistema DWDM

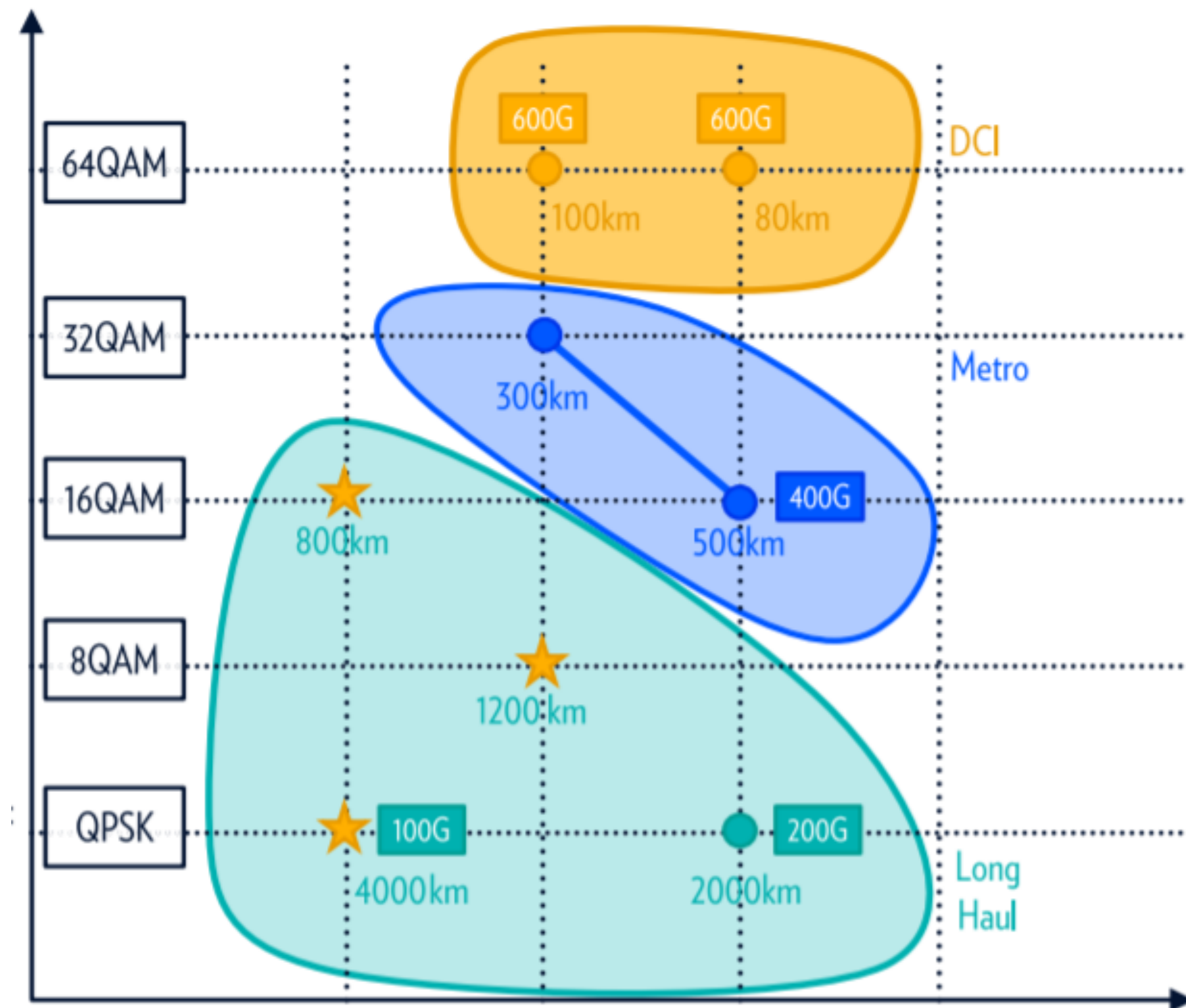




# Transponder vs Muxponder



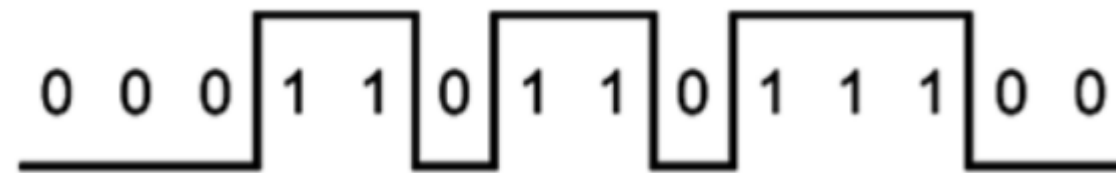
# Evolução dos Transponders



# Evolução dos Transponders

Transponder 10G

Modulação NRZ



Polarização Única

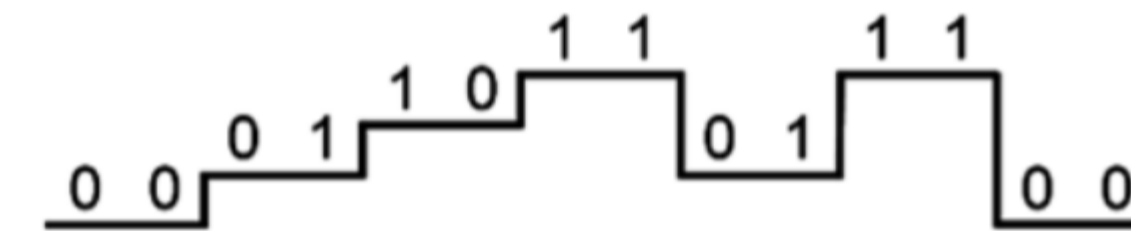


Deteção Direta

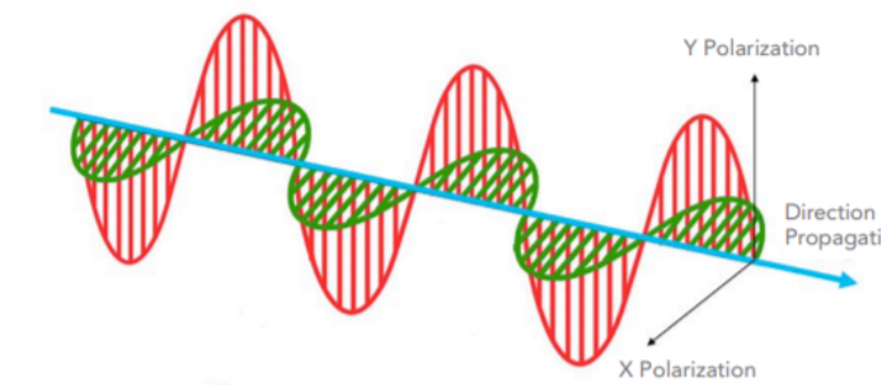


Transponder nova geração

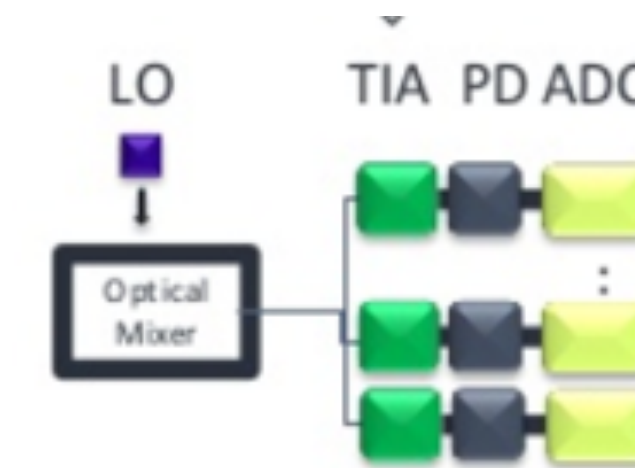
Modulação x-QAM



Dupla Polarização



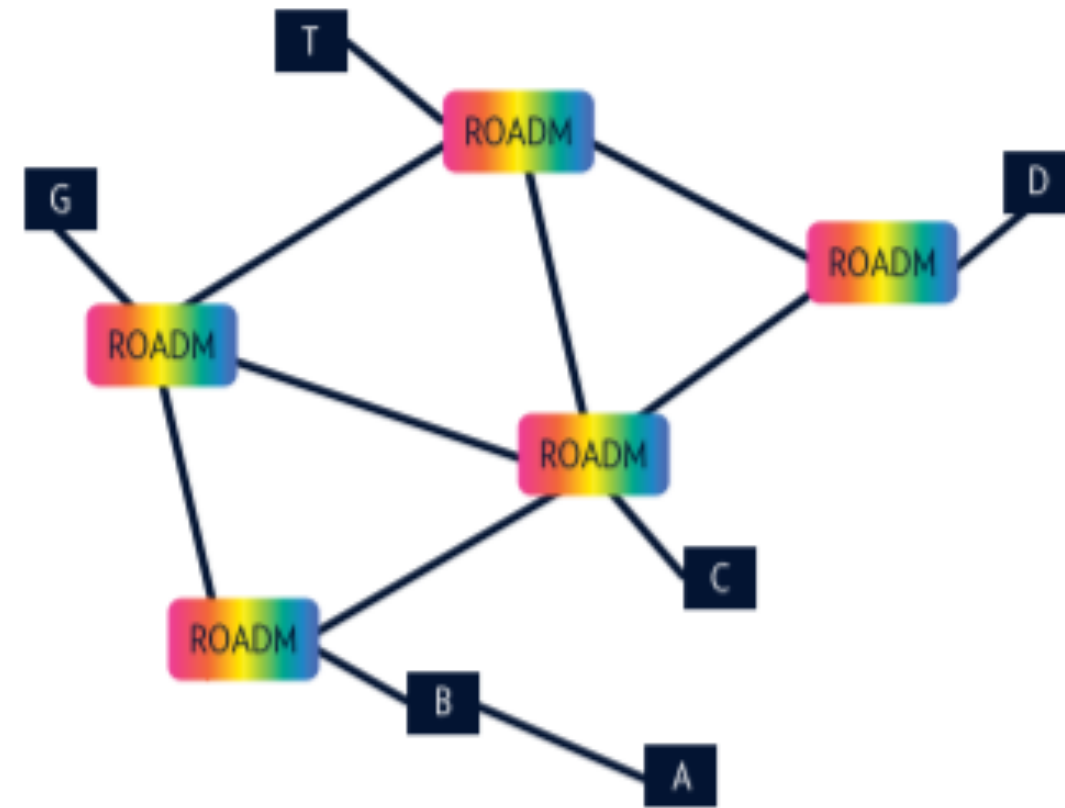
Deteção Coerente



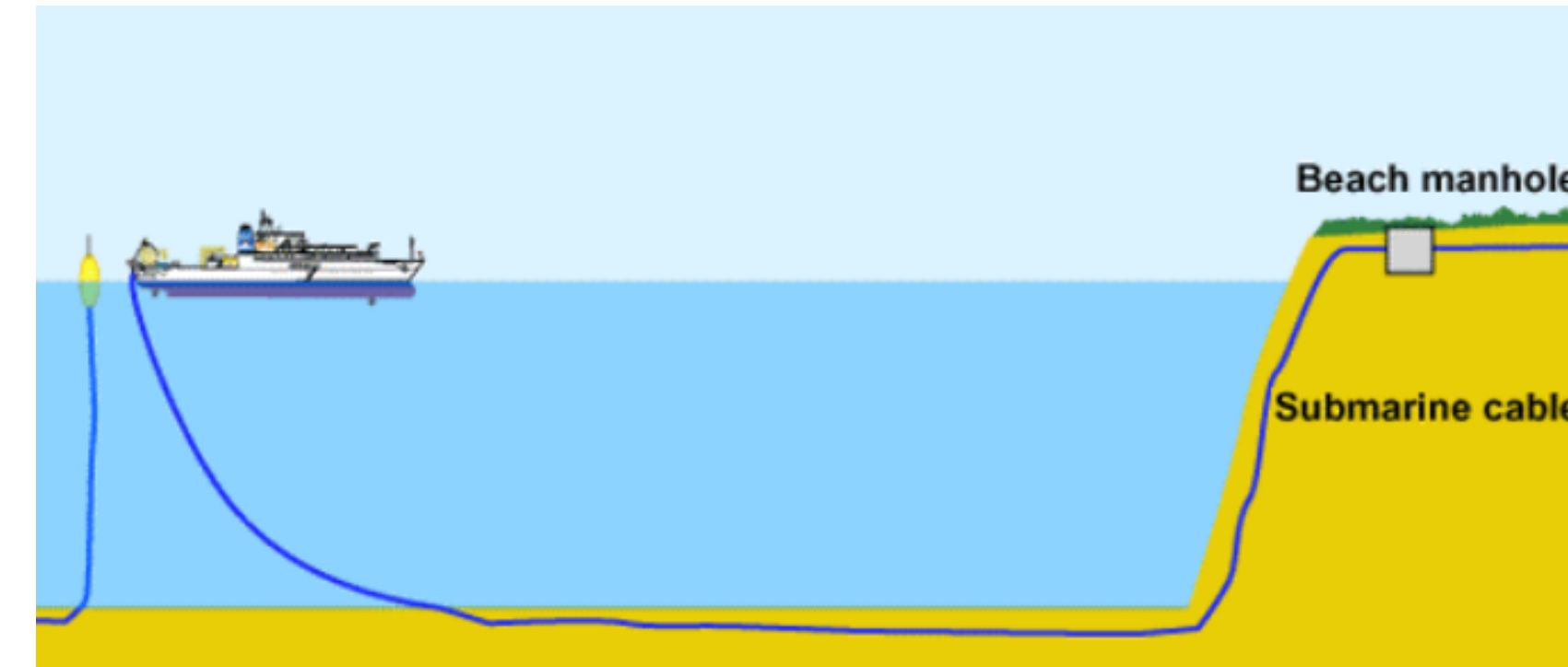
# Capacidade por modulação

Modulação	Baud Rate	Espaçamento do canal	Eficiência Espectral	OSNR Mínimo	Capacidade Total
<b>QPSK</b>	32G	37.5 Ghz	2 bits/Hz	10.5 dB	<b>100 Gbps</b>
<b>8 QAM</b>	32G	37.5 Ghz	3 bits/Hz	16.0 dB	<b>150 Gbps</b>
<b>8 QAM</b>	56G	62.5 Ghz	3 bits/Hz	17.5 dB	<b>200 Gbps</b>
<b>16 QAM</b>	32G	37.5 Ghz	4 bits/Hz	19.5 dB	<b>200 Gbps</b>
<b>16 QAM</b>	64G	75.0 Ghz	4 bits/Hz	21.0 dB	<b>400 Gbps</b>
<b>32 QAM</b>	56G	62.5 Ghz	5 bits/Hz	23.0 dB	<b>400 Gbps</b>
<b>64 QAM</b>	64G	75.0 Ghz	6 bits/Hz	25.0 dB	<b>600 Gbps</b>

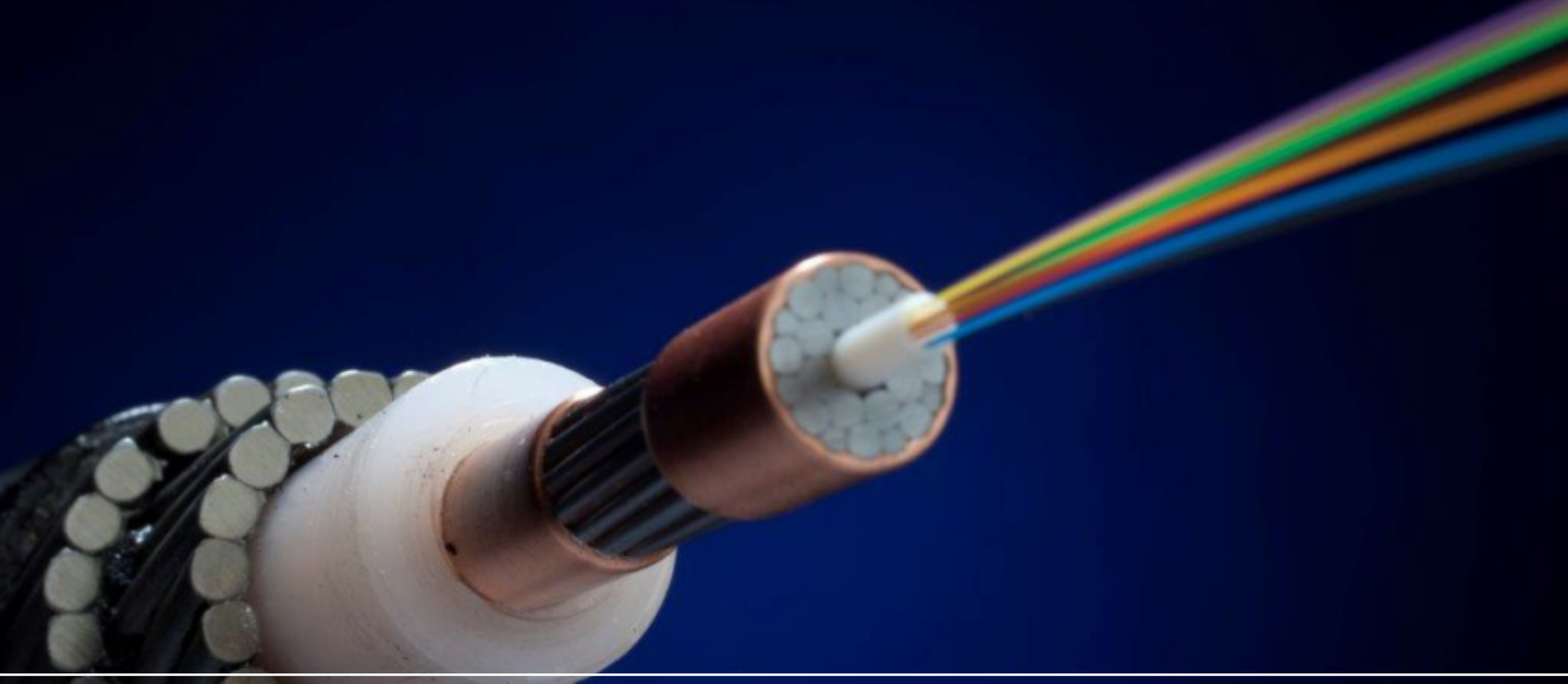
# Sistemas Terrestres vs Submarinos



- Diversas direções e também ponto a ponto
- Pontos de regeneração são comuns
- Grid fixo de 40/80/96 canais
- Uso de OADM e ROADM para drop de canais
- Amplificadores de ganho potência variável
- Vida útil de 8 a 10 anos



- Geralmente ponto a ponto
- Sem regeneração
- Grid fixo de 40/80/96 canais
- Uso restrito drop (BU/OADM)
- Amplificadores de potência constante
- Todos os canais utilizados no D+0 (mesmo que só ruído)
- Vida útil de 20 a 25 anos



Por que um cabo submarino tem no máximo 8 pares de fibras ??



# Evolução

# Novas tecnologias

## Banda L

- Aumentar o uso do espectro utilizável na fibra

## Fibras multi-núcleo

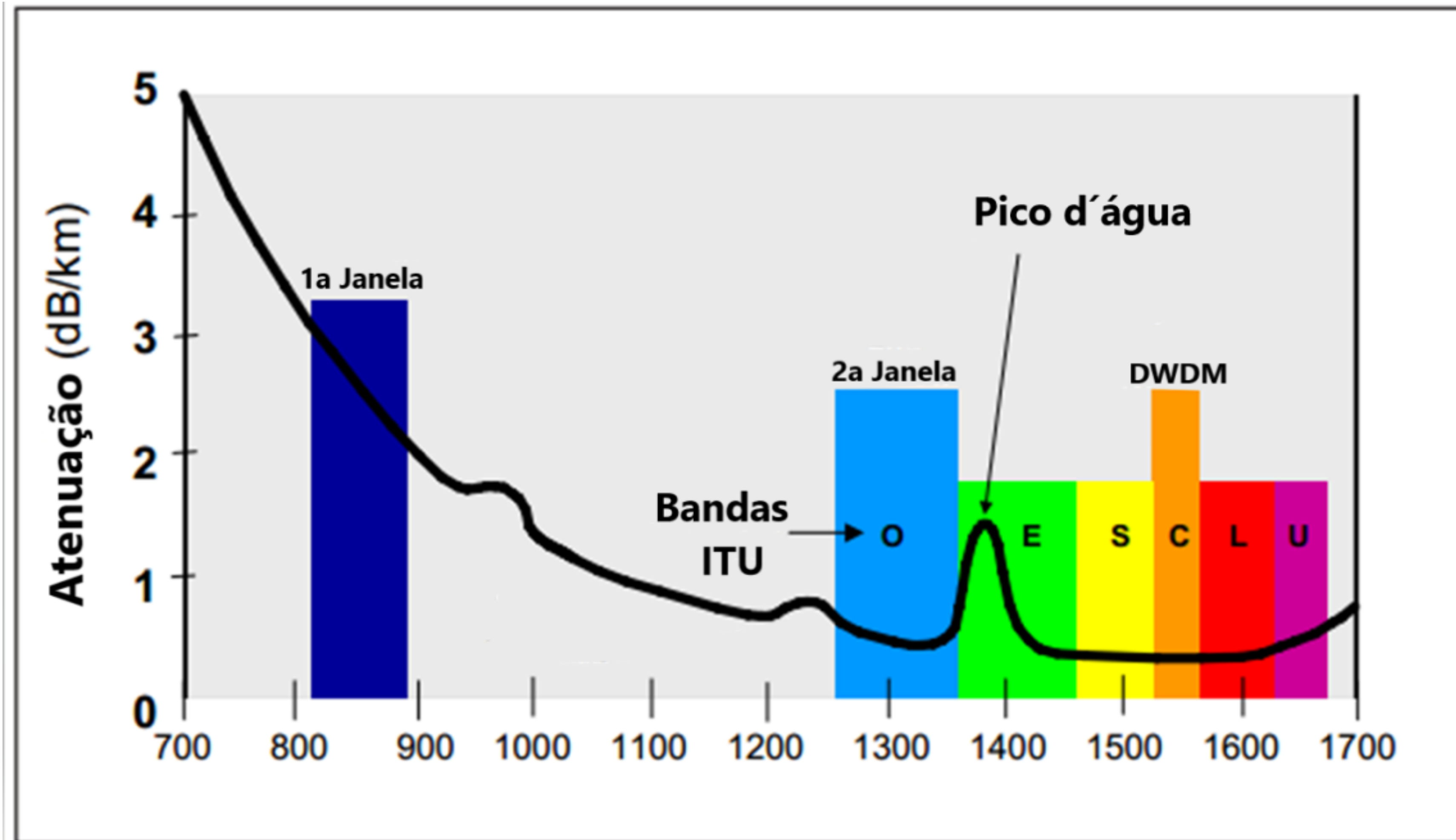
- Novas fibras multi-core

## SDM

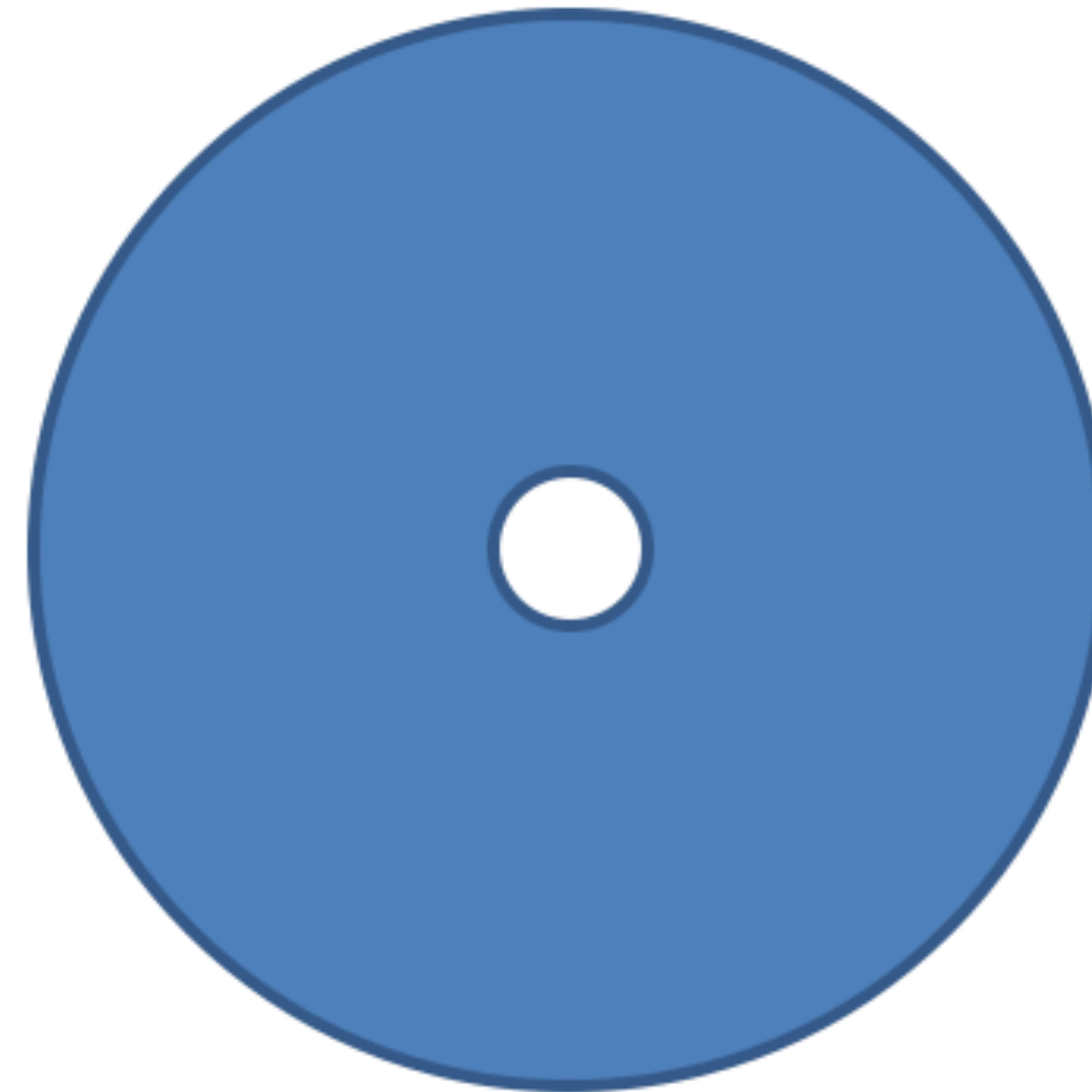
- Tecnologia Space Division Multiplexing



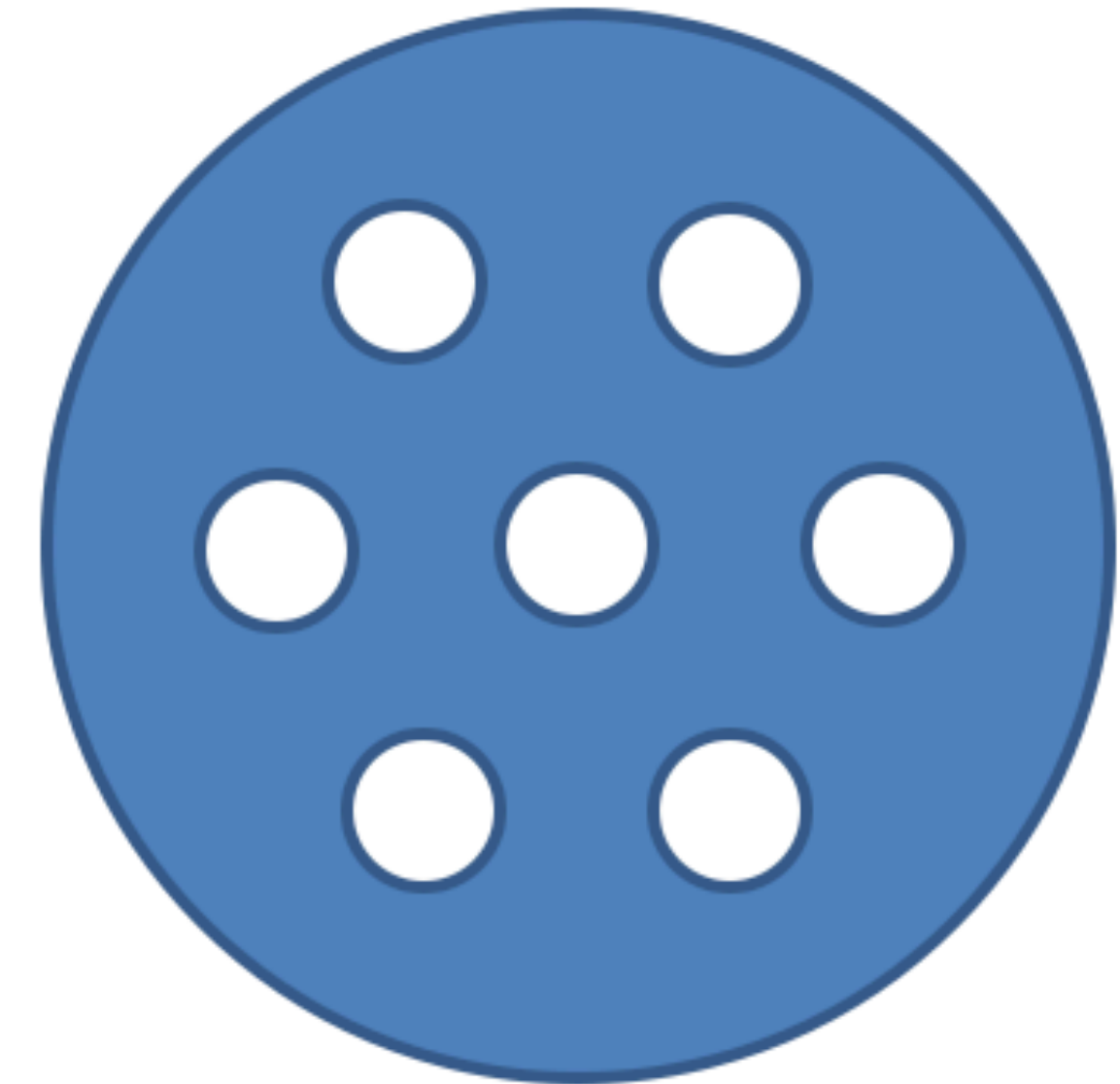
# Banda L



Fibras com  
múltiplos  
núcleos



Single Core



Multi Core



# Spatial Division Multiplexing

Fibra oca 😊



OBRIGADO

.....  
[nuitec@nuitec.com.br](mailto:nuitec@nuitec.com.br)