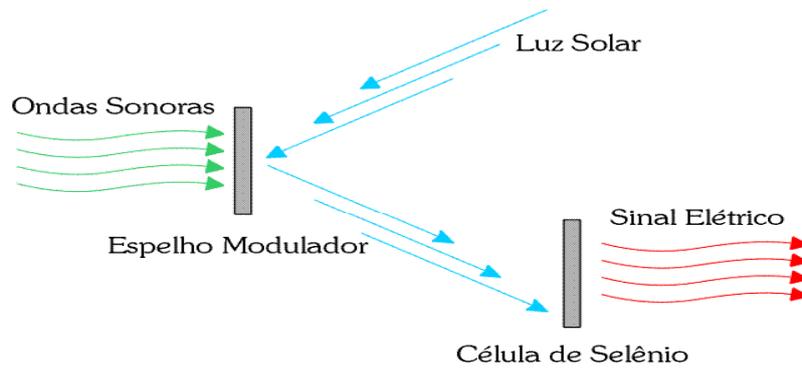


Precursos das Comunicações Ópticas

- Em 1880 Alexander Graham Bell inventa o *Photophone* – um sistema capaz de transmitir som por um feixe de luz solar ao longo de algumas centenas de metros;
- As ondas mecânicas (sonoras) faziam vibrar um espelho refletor móvel, sobre o qual incidia a luz solar. Na recepção, uma célula de selênio convertia as variações da intensidade luminosa em corrente elétrica, que era aplicada em um fone de ouvido;

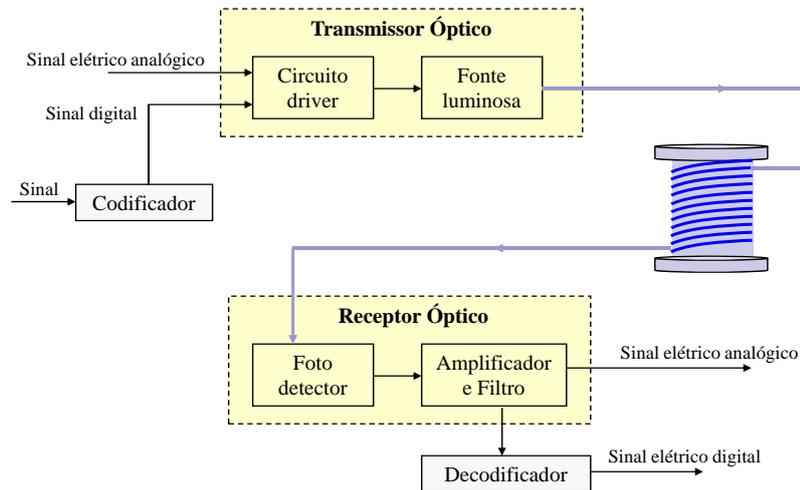
Precursores das Comunicações Ópticas



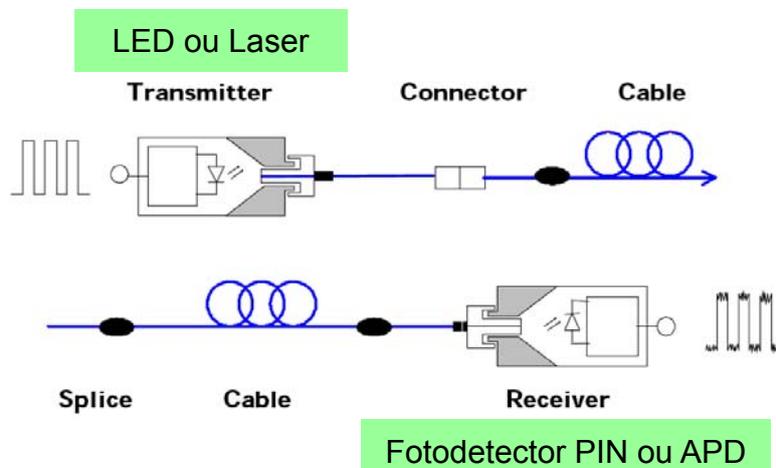
Sistema Básico de Transmissão Óptica



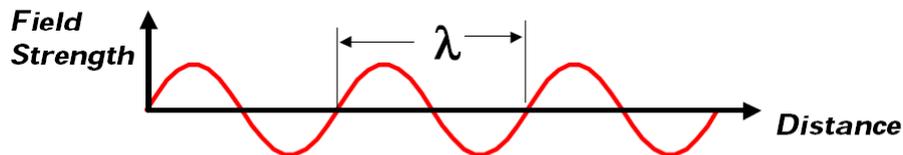
Sistema Básico de Transmissão Óptica



Sistema Básico de Transmissão Óptica



Luz – Uma Onda Eletromagnética

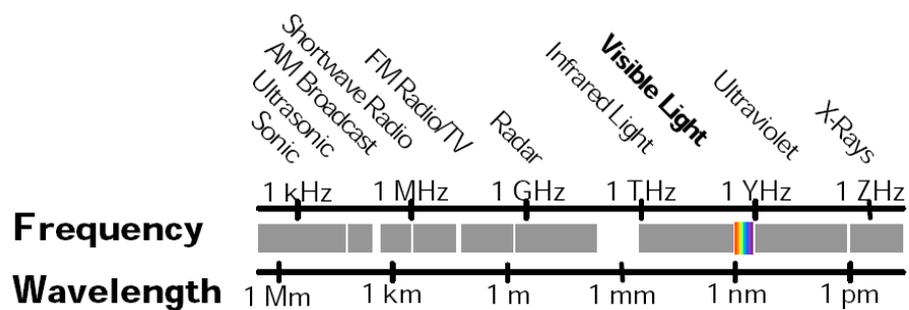


Wavelength λ : **distance to complete one sine wave**

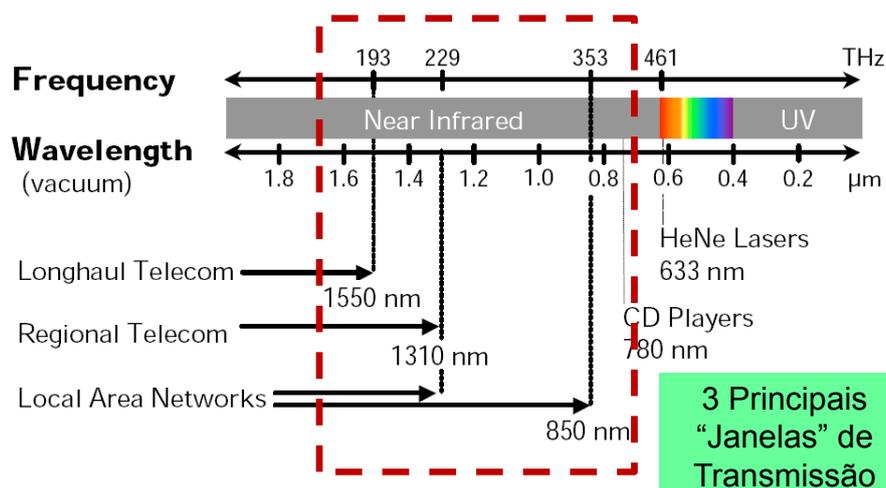
1000 pm (picometer)	= 1 nm (nanometer)	1000 μ m	= 1 mm (millimeter)
1000 nm (nanometer)	= 1 μ m (micrometer)	1000 mm	= 1 m (meter) (~40 inches)

Em comunicações ópticas utiliza-se o *comprimento de onda* λ ao invés da frequência da portadora

Espetro Eletromagnético



Comprimentos de Onda Utilizados em Sistemas de Com. Ópticas



Escalas Logarítmicas – dB x dBm

$$\text{dB} = 10 \cdot \log_{10} (P_1 / P_0)$$

$$\text{dBm} = 10 \cdot \log_{10} (P / 1 \text{ mW})$$

$$0 \text{ dB} = 1$$

$$+ 0.1 \text{ dB} = 1.023 (+2.3\%)$$

$$+ 3 \text{ dB} = 2$$

$$+ 5 \text{ dB} = 3$$

$$+ 10 \text{ dB} = 10$$

$$-3 \text{ dB} = 0.5$$

$$-10 \text{ dB} = 0.1$$

$$-20 \text{ dB} = 0.01$$

$$-30 \text{ dB} = 0.001$$

$$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

$$3 \text{ dBm} = 2 \text{ mW}$$

$$5 \text{ dBm} = 3 \text{ mW}$$

$$10 \text{ dBm} = 10 \text{ mW}$$

$$20 \text{ dBm} = 100 \text{ mW}$$

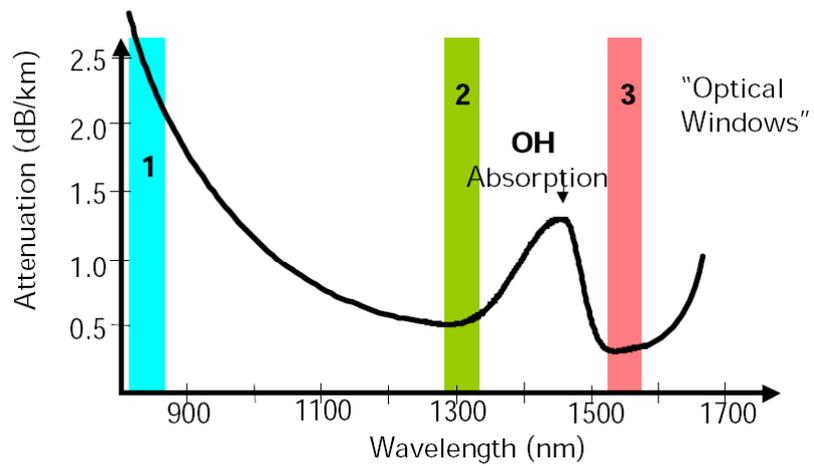
$$-3 \text{ dBm} = 0.5 \text{ mW}$$

$$-10 \text{ dBm} = 100 \mu\text{W}$$

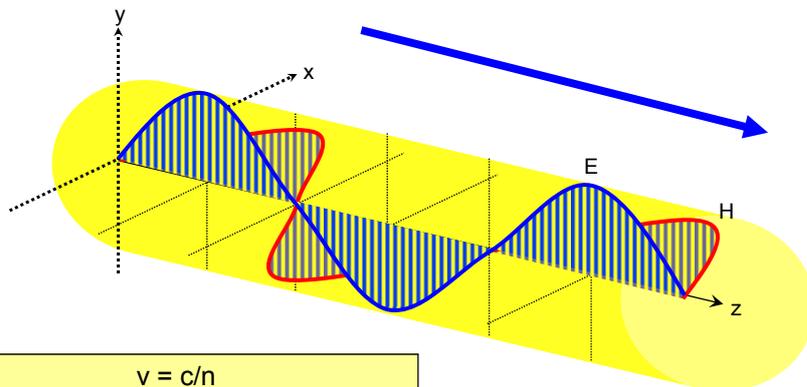
$$-30 \text{ dBm} = 1 \mu\text{W}$$

$$-60 \text{ dBm} = 1 \text{ nW}$$

Atenuação em Fibras de Sílica



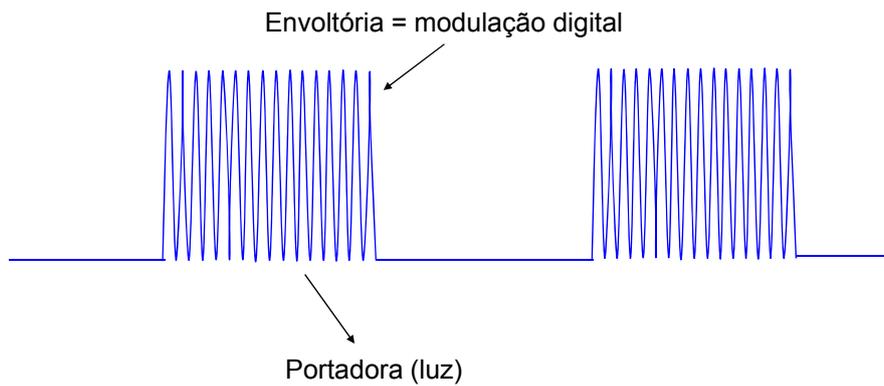
Propagação da Luz



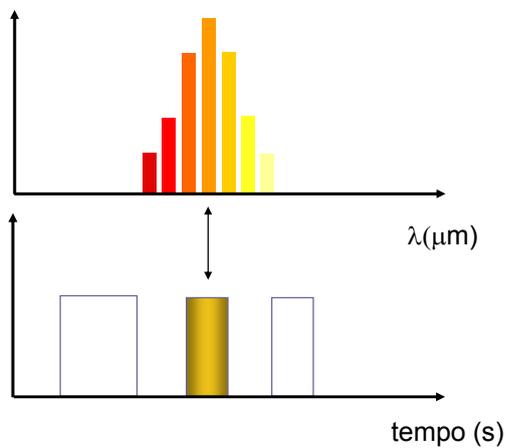
$$v = c/n$$

v = velocidade da luz no meio
 c = velocidade da luz no vácuo
 n = índice de refração do meio

Modulação da Portadora Óptica



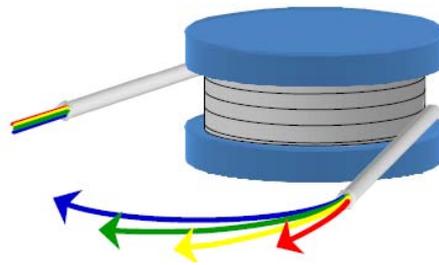
Relação Tempo x Comprimento de Onda



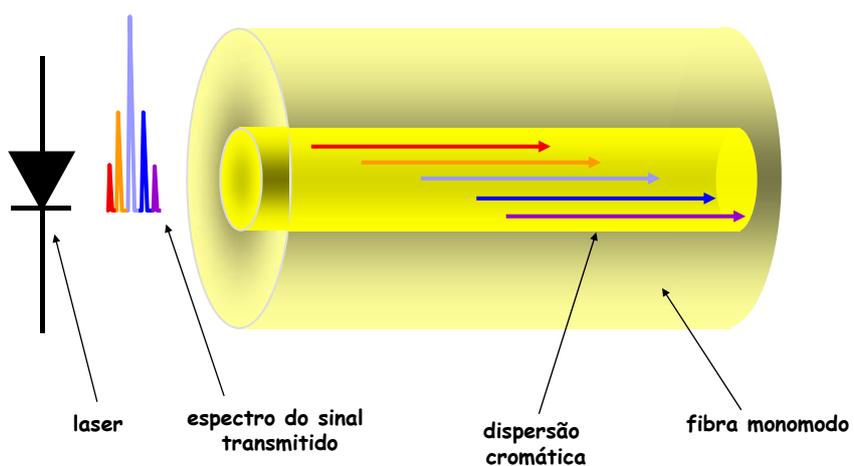
A luz é uma portadora de alta frequência modulada normalmente em intensidade (ASK).

Dispersão Cromática (CD) (Dispersão Intramodal)

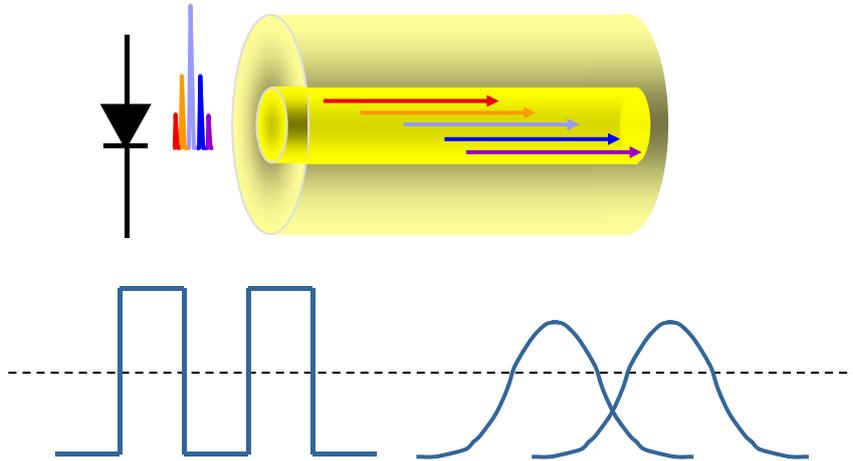
Componentes espectrais do pulso óptico se propagam com velocidades diferentes na fibra, causando um alargamento temporal no pulso recebido.



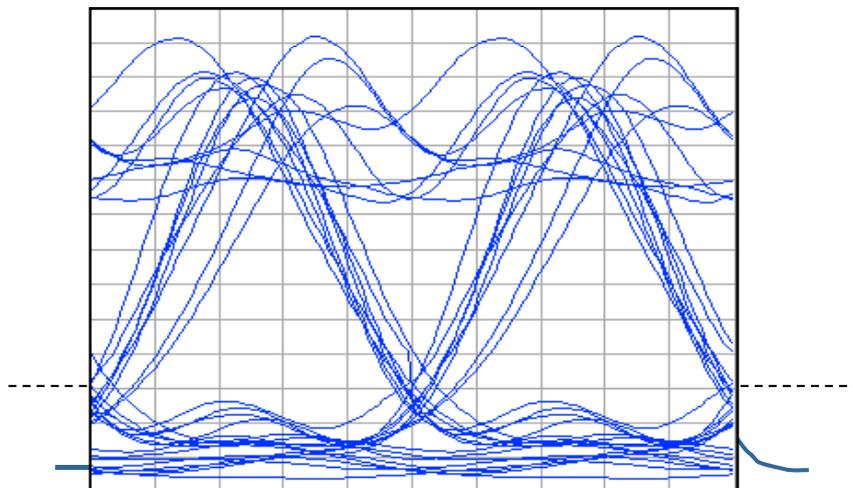
Dispersão Cromática (CD) (Dispersão Intramodal)



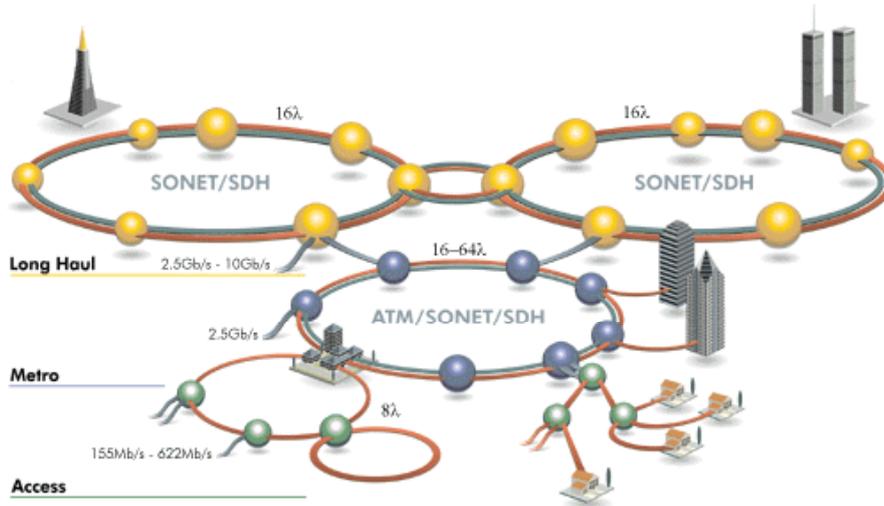
Dispersão Cromática (CD) (Dispersão Intramodal)



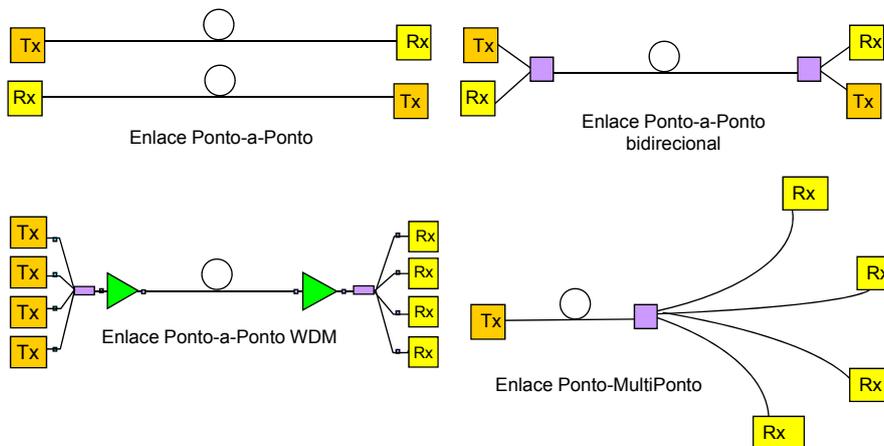
Dispersão Cromática (CD) (Dispersão Intramodal)



Redes Ópticas



Enlaces Ópticos



Dimensionamento do Enlace

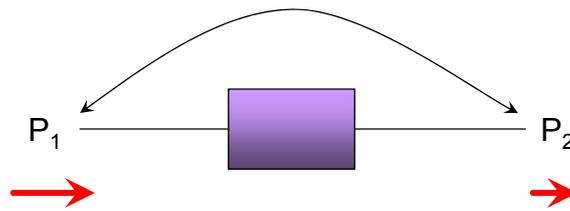
- **Faixa Dinâmica do Sistema de Transmissão:**
diferença entre a potência do transmissor e a sensibilidade do receptor;
$$FD = P_o - S_o \text{ (dB)}$$
- **Perdas do Enlace:**
atenuações que o sinal óptico sofre ao longo de seu percurso pelo enlace, devido a fatores como absorção, espalhamento, reflexão, distribuição, derivação, etc;
- **Orçamento de Potência:**
cálculo e análise das perdas do enlace, verificando se são absorvidas pela faixa dinâmica do sistema de transmissão.

Dimensionamento do Enlace

$$\begin{array}{r}
 \textit{Potência Transmitida (dBm)} \\
 - \\
 \textit{Sensibilidade (dBm)} \\
 \hline
 \textit{Faixa Dinâmica (dB)} \\
 - \sum \textit{Perdas (dB)} \\
 - \textit{Margem de Potência (dB)} \\
 \hline
 \geq 0
 \end{array}$$

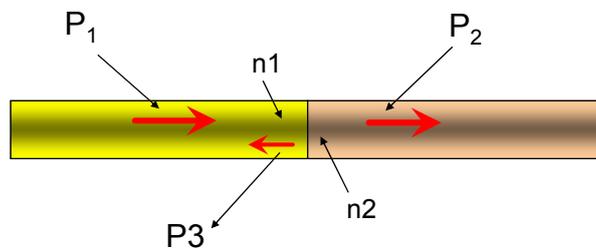
Perda de Inserção

$$PI \text{ (dB)} = -10 \log (P_2/P_1)$$



Perda de Retorno

$$PR = 10 \log (P_1/P_3) = 10 \log ((n_1 - n_2)/(n_1 + n_2))$$



Tipos de Conectores Ópticos

Air Gap



Medium insertion loss:
typ. 0.5 dB

Worst return loss:
< 14 dB (Fresnel)

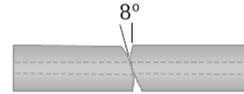
Common multimode
fiber connector

Physical Contact
(PC)

Lowest insertion loss:
< 0.25 dB

Good return loss:
> 40 dB

Common single-mode
fiber connector

Angled Physical
Contact (APC)

Highest insertion loss:
0.4 to 0.9 dB

Best return loss:
> 60 dB

Cable TV, high
performance systems

Perdas nas Conexões Ópticas

Offset

Angular
Misalignment

Separation



Core Eccentricity



Core Ellipticity

Reflections &
Interference