



# PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO E TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

## 1. COMUNICAÇÕES ÓPTICAS

O princípio básico de um sistema de comunicações ópticas é transmitir um sinal por meio de uma fibra óptica até um receptor distante. O transmissor converte o sinal elétrico para óptico e o receptor faz o inverso, convertendo-o de óptico para elétrico. A comunicação via fibra óptica oferece diversas vantagens em relação a outros meios de transmissão, tais como o cobre (par metálico e cabo coaxial) e o rádio:

Um sinal pode ser enviado por longas distâncias (superiores a 200 km) sem necessidade de amplificação ou regeneração;

A transmissão não é sensível a interferências eletromagnéticas;

A fibra óptica fornece uma capacidade de tráfego bem superior ao par metálico ou ao cabo coaxial;

O cabo de fibra óptica é mais leve e de menor dimensão que um cabo de cobre;

A fibra óptica é flexível e segura;

A fibra óptica possui uma vida útil superior a 25 anos (sistemas de satélite possuem vida útil de aproximadamente 10 anos);

A fibra óptica suporta temperaturas de operação na faixa de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+80^{\circ}\text{C}$ .

Há três principais fatores que afetam a transmissão da luz em um sistema de comunicações ópticas:

**Atenuação** – à medida que o pulso de luz viaja pela fibra ele perde potência óptica devido a fatores como absorção, espalhamento e perdas por radiação. Em algum momento o sinal pode ficar tão fraco que o receptor não conseguirá mais distingui-lo do ruído de fundo.

**Dispersão** – à medida que o pulso de luz viaja pela fibra ele se espalha ou se alarga e limita a capacidade de transportar informações em altas taxas, causando erros de bit.

**Largura de banda** – Uma vez que o sinal é composto de diferentes frequências, a fibra pode limitar as frequências das extremidades superiores e inferiores, reduzindo a capacidade de tráfego do sistema de comunicação óptico.

## 2. PROJETO DA FIBRA

Uma fibra óptica é composta de uma haste de vidro muito fina, que é dividida em duas regiões concêntricas chamadas de núcleo e casca. Um único cabo de fibra pode ser coberto por uma capa plástica e outros materiais para dar resistência mecânica. A luz injetada no núcleo da fibra segue seu caminho devido à reflexão interna total causada pela diferença entre os índices de refração do núcleo e da casca.

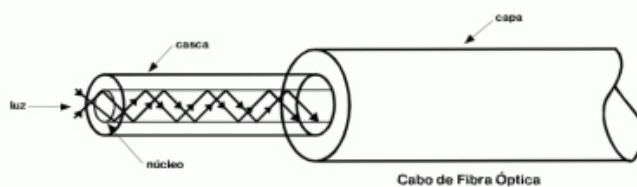


Figura 1 - Cabo de fibra óptica.

### 3. PRINCÍPIOS DE TRANSMISSÃO

Para que os raios de luz sofram reflexão total na fronteira entre núcleo e casca e permaneçam confinados no interior do núcleo da fibra, eles devem ser injetados num determinado ângulo que seja inferior ao ângulo do cone de captação, conforme ilustra a figura a seguir. Qualquer raio de luz que entre na fibra com um ângulo maior que o ângulo do cone de captação será refratado e conseqüentemente perdido.

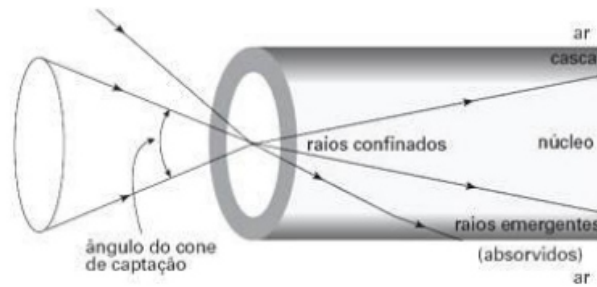


Figura 2 - Cone de captação.

#### 3.1. PROPAGAÇÃO DA LUZ

Raios de luz entram na fibra em diferentes ângulos e não seguem os mesmos caminhos. Os raios que entram no centro do núcleo da fibra com ângulo bem pequeno (praticamente horizontal) seguirão por um caminho relativamente direto pelo centro da fibra. Raios de luz que entram na fibra com elevado ângulo de incidência, seguirão por um caminho diferente, mais longo, e levarão mais tempo para atravessar a fibra. Cada caminho, resultante de um diferente ângulo de incidência, dará origem a um modo. Diferentes modos sofrerão diferentes atenuações enquanto trafegam ao longo da fibra.

#### 3.2. VELOCIDADE

A velocidade da luz em um determinado meio depende do índice de refração daquele meio, que por sua vez é definido como:

$$\eta = c/v$$

Onde:

$\eta$  – índice de refração do meio de transmissão

$c$  – velocidade da luz no vácuo ( $3 \times 10^8$  m/s)

$v$  – velocidade da luz no meio de transmissão

Valores típicos de  $\eta$  para o vidro (ou para a fibra óptica) estão na faixa de 1,45 a 1,55. Note que quanto maior o índice de refração, menor é a velocidade da luz no meio de transmissão.

#### 3.3. LARGURA DE BANDA

Largura de banda é definida como a faixa de frequências que pode ser transmitida em uma fibra óptica. A largura de banda determina a capacidade máxima de informação transmitida em um canal, que pode ser transportada através da fibra até uma dada distância. A largura de banda é expressa em MHz.km. Em fibras multimodo a largura de banda é limitada pela dispersão modal, ao contrário da fibra monomodo, onde quase não há limite para a largura de banda.

### 4. TIPOS DE FIBRA

As fibras ópticas são classificadas em fibras multimodo ou monomodo, baseado na forma que a luz as percorre. O tipo de fibra está relacionado ao diâmetro do núcleo e da casca.

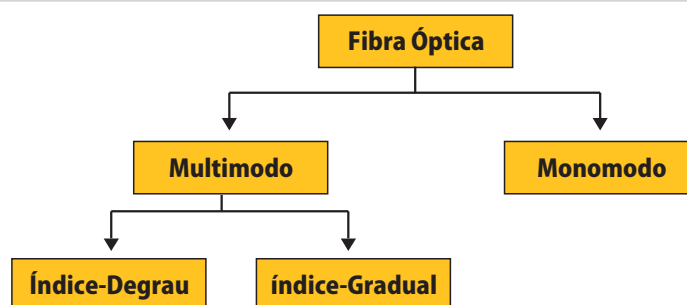


Figura 3 - Tipos de Fibra Óptica.

## 4.1. FIBRA MULTIMODO

As fibras multimodo, devido ao seu núcleo largo, permitem a transmissão da luz em diferentes caminhos (múltiplos modos) ao longo do link, tornando-a particularmente sensível à dispersão modal. Dentre as vantagens das fibras multimodo estão sua facilidade de acoplamento às fontes de luz e às outras fibras (devido ao seu núcleo largo), a possibilidade de utilizar fontes de luz de baixo custo e a simplicidade dos processos de fusão e conectorização. Entretanto, possuem atenuação alta e largura de banda estreita, fatores que limitam sua utilização às curtas distâncias.

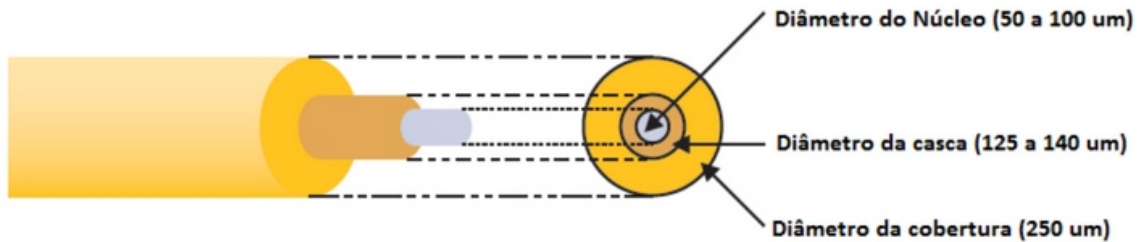


Figura 4 - Fibra Multimodo

### 4.1.1. FIBRAS MULTIMODO ÍNDICE DEGRAU

Fibras multimodo índice degrau possuem um índice de refração constante no interior do núcleo da fibra. A consequência desse fato é que os raios de luz sofrem reflexão total na fronteira entre o núcleo e a casca, percorrendo uma trajetória formada por segmentos de reta, conforme mostrado na figura abaixo:

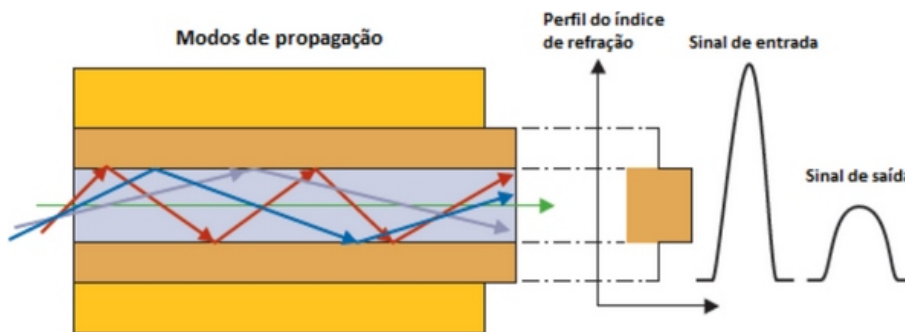


Figura 5 - Fibra Multimodo índice degrau

### 4.1.2. FIBRAS MULTIMODO ÍNDICE GRADUAL

Fibras multimodo índice gradual possuem um índice de refração não-uniforme, que diminui de valor gradualmente do centro do núcleo em direção à casca. A consequência dessa variação é que os raios de luz percorrem o interior da fibra seguindo uma trajetória senoidal, conforme mostrado na figura abaixo:

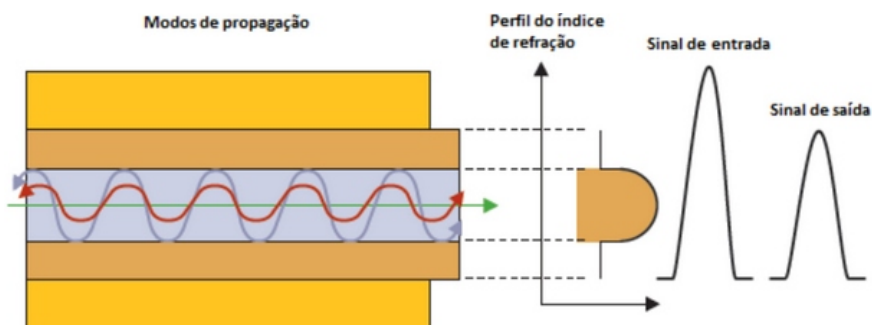


Figura 6 - Fibra Multimodo índice gradual

Alguns números para as fibras multimodo índice gradual:

	850 nm	1300 nm
<b>Atenuação</b>	3 dB/km	1 dB/km
<b>Largura de Banda</b>	160 MHz.km	500 MHz.km

#### 4.2. FIBRA MONOMODO

As fibras monomodo possuem vantagens em relação às fibras multimodo, principalmente em relação à atenuação e a largura de banda. O principal motivo é o seu núcleo, bem menor, que limita os modos de propagação da luz a apenas um, eliminando completamente o fenômeno da dispersão modal. Tipicamente uma fibra monomodo pode transportar sinais ópticos na faixa de 10 a 40 Gbps. Esse tráfego pode ser ainda maior caso se utilizem técnicas de modulação WDM (wavelength division multiplexing).

Como principais desvantagens, as fibras monomodo exigem fontes de luz e sistemas de alinhamento mais precisos, portanto mais caros, para um acoplamento eficiente ao longo do link óptico. Além disso, técnicas de fusão e conectorização também se tornam mais complicadas e caras no universo das fibras monomodo. No entanto, para sistemas de comunicação de alto desempenho ou muito extensos, sem dúvida as fibras monomodo são a melhor escolha. As dimensões típicas de uma fibra monomodo variam de um núcleo de 8 a 12  $\mu\text{m}$  e uma casca de 125  $\mu\text{m}$ . O valor típico do índice de refração da fibra monomodo é de 1.465.

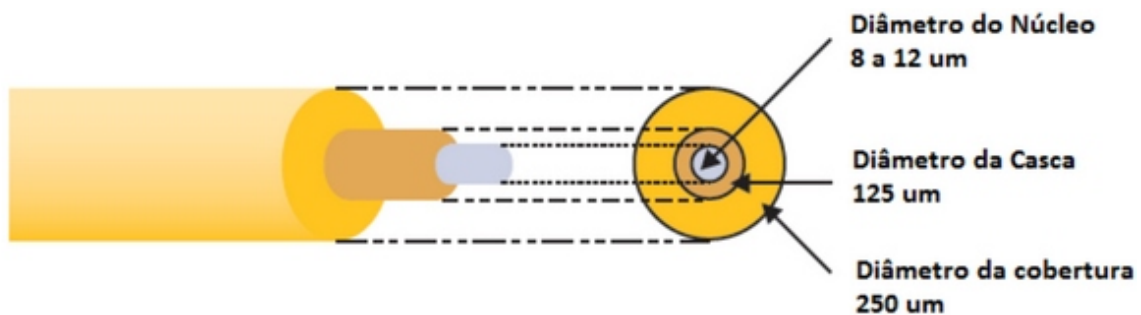


Figura7 - Fibra Monomodo

#### 4.3. TABELA COMPARATIVA ENTRE FIBRAS MULTIMODO E MONOMODO

PARÂMETRO	MULTIMODO	MONOMODO
Custo da Fibra	Menos Cara	Cara
Transmissão	LED (básico e de baixo custo)	DIODO LASER (mais caro)
Atenuação	Alta	Baixa
Compr. de onda	850 a 1300 nm	1260 a 1650 nm
Utilização	Núcleo largo, fácil manuseio	Núcleo estreito, conexões complexas
Distâncias	Redes locais (< 2 km)	Redes de acesso, backhaul (> 200 km)
Largura de banda	Limitada (100G em curtas distâncias)	Praticamente infinita (> 1 Tbps com DWDM)
Conclusão	Desempenho limitado, baixo custo	Alto desempenho, alto custo