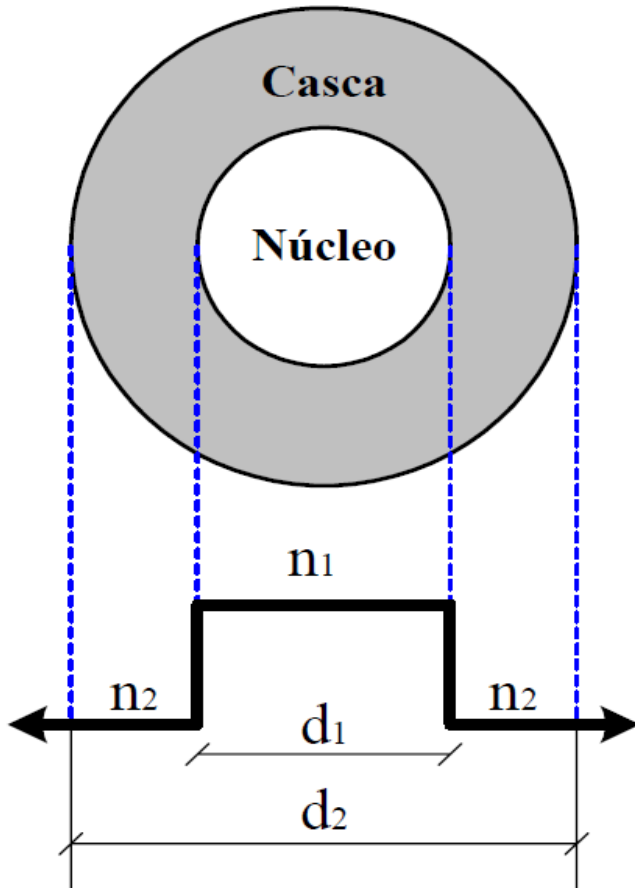


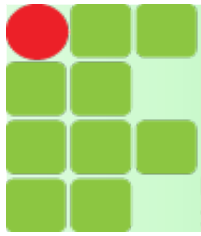
TIPOS DE FIBRA

FIBRA MULTIMODO ÍNDICE DEGRAU



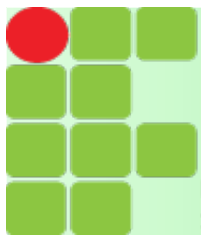
d_1 → diâmetro do núcleo de 50 μm a 200 μm
(tipicamente 50 μm e 62,5 μm)

d_2 → diâmetro da fibra óptica (núcleo + casca) de
125 μm a 280 μm (tipicamente 125 μm)



FIBRA MULTIMODO ÍNDICE DEGRAU

- As pioneiras em aplicações práticas. Suas principais características são:
 - ✓ Variação abrupta do índice de refração do núcleo com relação a casca;
 - ✓ Índice de refração constante do núcleo;
 - ✓ Dimensões e diferença relativa de índices de refração implicando a existência de múltiplos feixes se propagando na fibra óptica;
 - ✓ Utilizadas em sistemas com comprimento de onda típico: 850 e 1330 nm;
 - ✓ Distâncias típicas de aplicação: até 1km;



TIPOS DE FIBRA

FIBRA MULTIMODO ÍNDICE GRADUAL

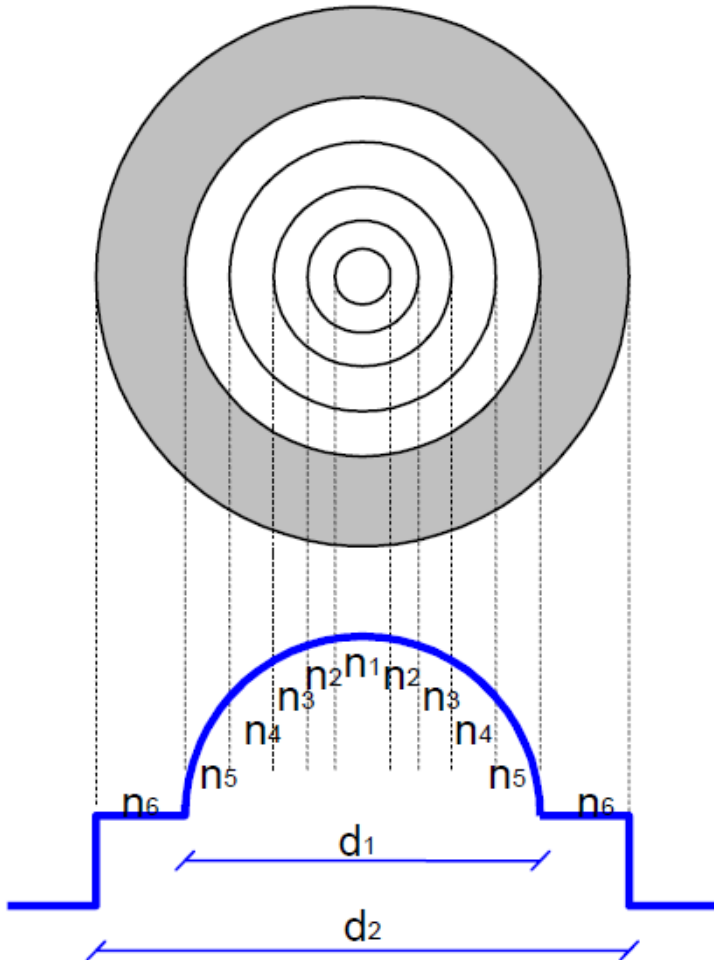
d_1 → diâmetro do núcleo de 50 μm a 85 μm (tipicamente 50 μm e 62,5 μm)

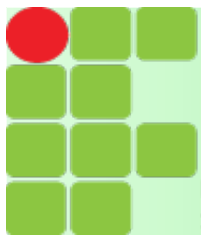
d_2 → diâmetro da fibra óptica (núcleo + casca) de 125 μm

n_6 → índice de refração da casca

n_1 à n_5 → índices de refração das superfícies concêntricas do núcleo

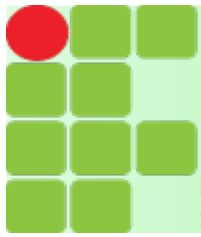
o número de “camadas concêntricas” pode “chegar” a 1000, camadas. Isto é, a variação do índice de refração no núcleo pode ser considerada contínua.





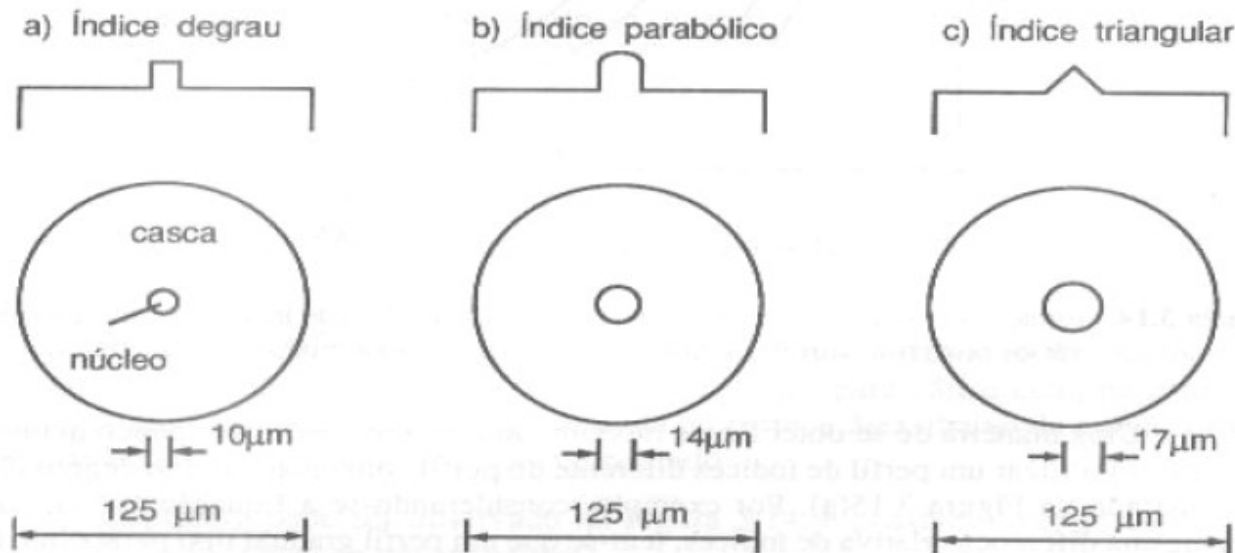
FIBRA MULTIMODO ÍNDICE GRADUAL

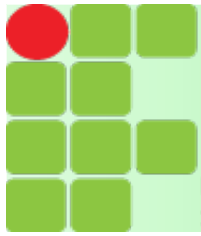
- Suas principais características são:
 - ✓ Variação gradual do índice de refração do núcleo com relação à casca;
 - ✓ Núcleo composto por vidros especiais com diferentes valores de índice de refração;
 - ✓ Maior capacidade de transmissão com relação as fibras ópticas MM - ID;
 - ✓ Menor aceitação de energia luminosa;
 - ✓ Utilizada em sistemas de comunicação com distâncias de poucos Km;
 - ✓ Comprimento de onda típico: 850 nm e 1330 nm;
 - ✓ Distâncias típicas de aplicação: até 4 Km;
 - ✓ Diâmetro do núcleo típico: 50 e 62,5 μm ;



TIPOS DE FIBRA

FIBRA MONOMODO

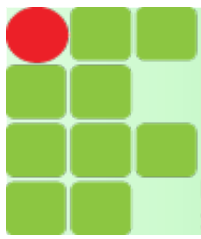




TIPOS DE FIBRA

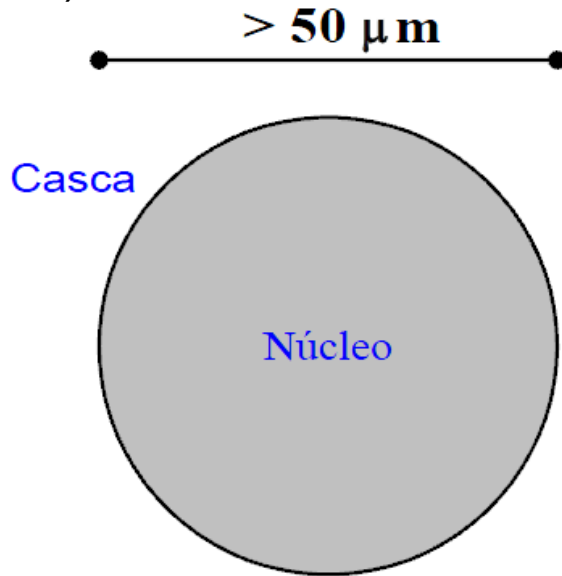
FIBRA MONOMODO

- Existem fibras do tipo monomodo índice gradual, mas estas são muito incomuns;
- Pode-se dizer que as fibras monomodo são do tipo índice degrau;
- Suas principais características são:
 - ✓ Possuem capacidade de transmissão superior as fibras multimodo;
 - ✓ Apenas é guiado o modo fundamental da (raio axial) da onda eletromagnética;
 - ✓ O núcleo possui dimensões inferiores às fibras MM;
 - ✓ Utilizadas em sistemas com comprimento de onda típico: 1310 nm e 1550 nm;
 - ✓ Distâncias típicas de aplicação: até dezenas ou centenas de Km sem repetidores;
 - ✓ Diâmetro do núcleo típico: 2000 a 10.000 nm (poucas vezes superior ao comprimento de onda de transmissão);

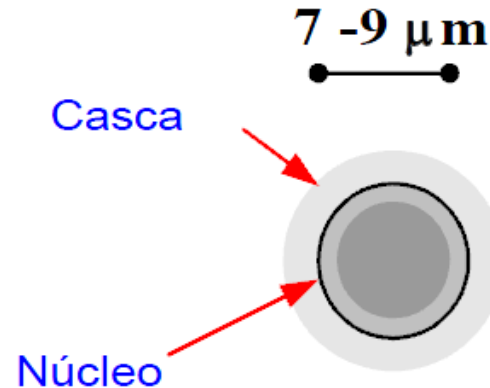


DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

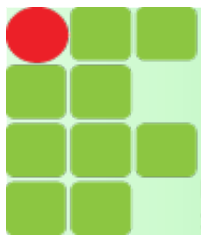
- Distribuição de energia em fibras tipo índice degrau, multimodo (MM) e monomodo (SM):



A distribuição de energia nas fibras MM está confinada no núcleo.



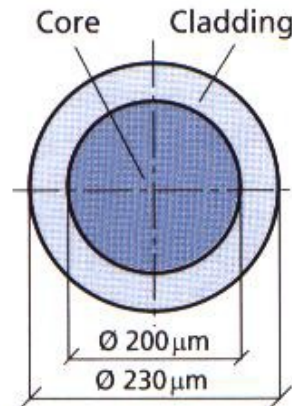
Nas fibras SM, o máximo de distribuição de energia ocorre no centro do núcleo (sombreado mais escuro = maior energia)



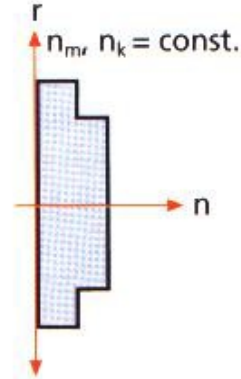
DISPERSÃO DO PULSO LUMINOSO

- MM – ID:

Fibre cross section

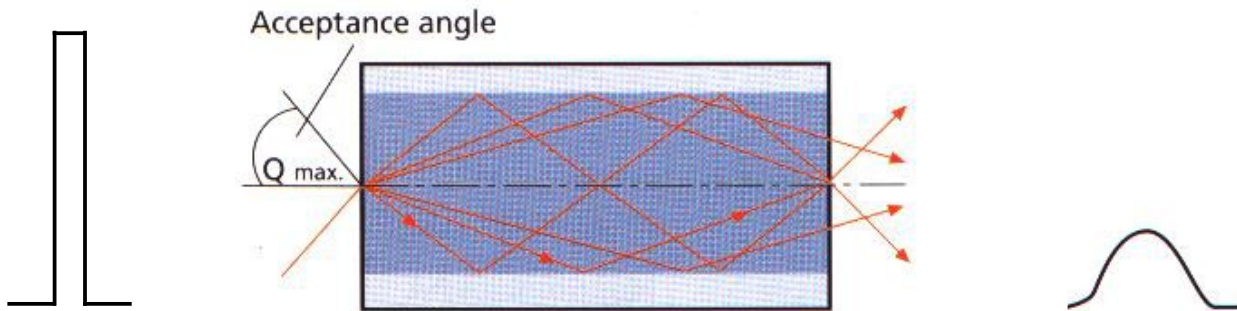


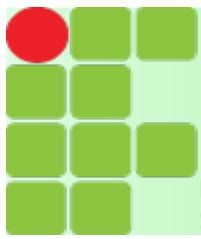
Index profile



Fibre longitudinal section showing typical ray propagation

Transmission properties

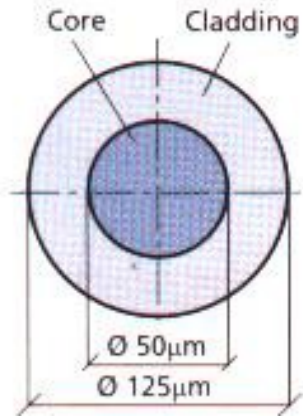




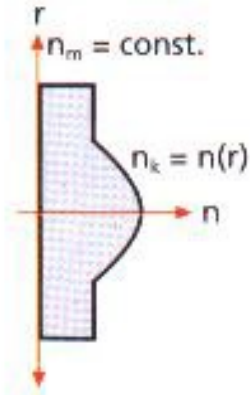
DISPERSÃO DO PULSO LUMINOSO

- MM – IG:

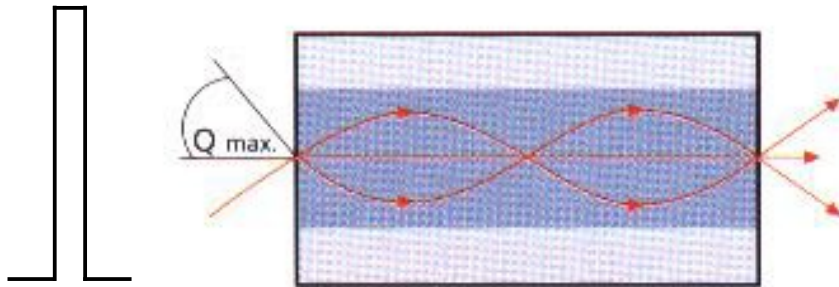
Fibre cross section



Index profile

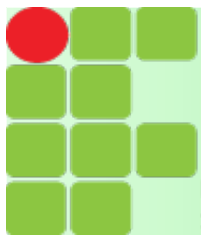


Fibre longitudinal section showing typical ray propagation



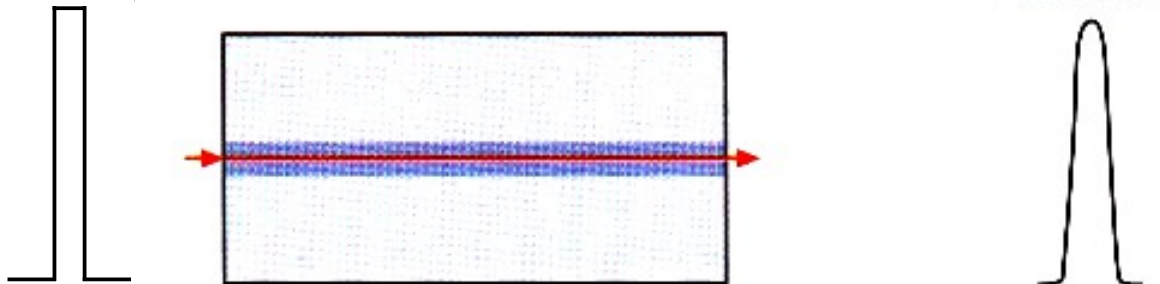
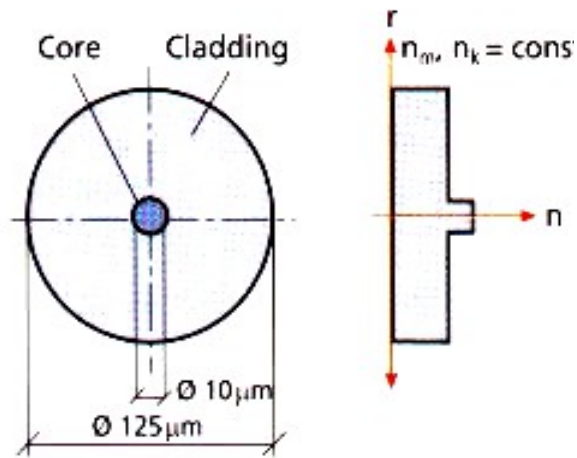
Transmission properties

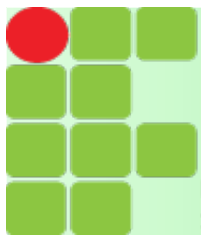




DISPERSÃO DO PULSO LUMINOSO

- SM – ID



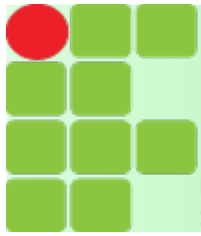


MODOS DE PROPAGAÇÃO

- Modos de propagação são todos os caminhos ou trajetórias que os raios luminosos podem percorrer dentro da fibra óptica;
- O número de modos de propagação suportados por uma fibra pode variar desde 1 até 100.000. Este número tem relação com uma grandeza adimensional chamada FREQUÊNCIA NORMALIZADA (V):

$$V = \frac{\pi * d}{\lambda} * AN$$

- Onde: V → frequência normalizada;
 d → diâmetro do núcleo;
 λ → comprimento de onda do feixe luminoso;
 AN → abertura numérica.



MODOS DE PROPAGAÇÃO

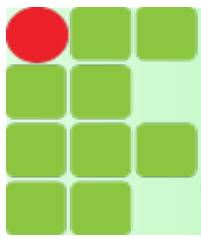
O número de modos é definido por:

$$N_m = \frac{V^2}{4}$$

→ para fibras ópticas índice gradual;

$$N_m = \frac{V^2}{2}$$

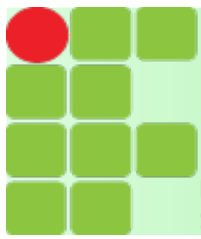
→ para fibras ópticas índice degrau;



COMPRIMENTO DE ONDA DE CORTE

- Uma fibra óptica é caracterizada como monomodo quando a Frequência Normalizada (V) for inferior a 2,405;
- Como a V é função do comprimento de onda da luz transmitida costuma-se caracterizar as fibras monomodo por um comprimento de onda de corte (λ_c), que é definido como o comprimento de onda a partir do qual a fibra tem um comportamento monomodo;

$$2,405 = \frac{2\pi a}{\lambda_c} \sqrt{N_1^2 - N_2^2}$$



FIBRA MONOMODO – RAI0 MODAL

O Raio Modal (W_0) define a eficiência no acoplamento da potência do modo fundamental no núcleo da fibra monomodo.

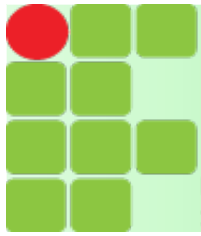
- O raio modal representa a metade da largura efetiva do campo propagado. Para um acoplamento ótimo, o raio modal deve ser próximo ao raio do núcleo da fibra;
- Pode-se definir o raio modal como sendo:

$$W_0 = a \left[0,65 + 0,434 \left(\frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^{3/2} + 0,0149 \left(\frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^6 \right]$$

Onde: $a \rightarrow$ raio do núcleo da fibra

$\lambda \rightarrow$ comprimento de onda

$\lambda_c \rightarrow$ comprimento de onda de corte



COMPRIMENTO DE ONDA DE CORTE

- O raio modal tem importância para estudos de distribuição de energia que possam afetar o desempenho da fibra óptica, por exemplo: ao serem emendadas 2 fibras monomodo nos quais os raios modais possam ser diferentes;
- Nesse caso, deve-se obter a área efetiva (A_{ef}) do feixe óptico guiado admitindo uma simetria circular:

$$A_{ef} = \pi \times w^2$$