

Introdução a Fibras Ópticas

Waleska Barbosa Paes de Barros
waleska@cbpf.br

Marcelo Portes de Albuquerque
marcelo@cbpf.br

Márcio Portes de Albuquerque
mpa@cbpf.br

RESUMO

Esta nota técnica tem como objetivo introduzir ao estudo de fibras, uma tecnologia recente que tem transformado redes de comunicação de todo o mundo. São estudadas características físicas, tipos de fibras além de modos de modulação e multiplexação. Os problemas que podem aparecer na transmissão não deixaram de serem analisados.

ÍNDICE

| | |
|--|--------------------------------------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 3 |
| 2 VANTAGENS E DESVANTAGENS | 3 |
| 3 CARACTERÍSTICAS DO GUIA DE ONDA..... | 5 |
| 4 Reflexão Total..... | 6 |
| 5 SISTEMA BÁSICO DE TRANSMISSÃO | 7 |
| 5.1 Transmissor Óptico..... | 7 |
| 5.1.1 Fonte Luminosa | 7 |
| 5.1.2 Circuito Driver..... | 8 |
| 5.2 Receptor Óptico..... | 8 |
| 5.2.1 Fotodetector..... | 8 |
| 5.2.2 Amplificador Filtro | 9 |
| 6. TIPOS DE FIBRAS ÓPTICAS..... | 9 |
| 6.1 Fibras Multimodo (MMF - MultiMode Fiber)..... | 10 |
| 6.1.1 Multimodo de Índice Degrau (Step Index)..... | 10 |
| 6.1.2 Multimodo de Índice Gradual (Graded Index)..... | 10 |
| 6.2 Fibras Monomodo (SMF - Single Mode Fiber)..... | 11 |
| 7. LARGURA DE BANDA, MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO | 12 |
| 7.1 Largura de banda..... | 13 |
| 7.2 Modulação..... | 14 |
| 7.2.1 Modulação da Portadora | 14 |
| 7.2.2 PCM (Pulse Code Modulation) – Modulação por código de pulso | 15 |
| 7.3 Multiplexação..... | 16 |
| 7.3.1 Multiplexação por Divisão do Tempo (TDM - Time Division Multiplexing) | 17 |
| 7.3.2 Multiplexação por Divisão de Frequências (FDM – Frequency Division..... | 18 |
| 7.3.3 Multiplexação por Divisão de Comprimento de Onda (WDM - Wavelength Division..... | 18 |
| 8 PERDAS DE TRANSMISSÃO | 19 |
| 8.1 Atenuação..... | 19 |
| 8.1.1 Absorção..... | 20 |
| Absorção extrínseca..... | 20 |
| Absorção material..... | 20 |
| 8.1.2 Espalhamento..... | 21 |
| 8.1.3 Deformações mecânicas..... | 21 |
| 8.2 Dispersão | 21 |
| 8.2.1 Dispersão modal..... | 21 |
| 8.2.2 Dispersão cromática..... | 21 |
| 8.2.3 Dispersão e largura de banda..... | 22 |
| 8.3 Conectores ópticos..... | 22 |
| 9 CONCLUSÃO | 23 |
| 8. BIBLIOGRAFIA | 23 |
| 9.3 TIPOS DE CONECTORES..... | ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO. |

1 Introdução

A fibra óptica é um condutor dielétrico (isolantes) em que dados são transmitidos através da reflexão total de sinais de luz, isto é, a luz transmite a informação no sistema binário, enviando pulso ou não.

As fibras ópticas permite que quantidades enormes de dados e informações possam ser enviadas a qualquer arte do mundo em um tempo e eficiência surpreendente.

Com a criação das fontes de luz sólidas (raio laser e LED) na década de sessenta, a fibra ótica, desenvolvida em 1952 por Narinder Singh Kanpany, passou a ter utilidade prática. Hoje, se mostra singular no sistema de transmissão de dados.

Por representar uma revolução na forma de transmitir informações, vem sendo utilizada na transmissão de sistemas que exigem alta largura de banda, como videoconferência e sistema telefônico, podendo integrar numa mesma via vários serviços de telecomunicações.

Seu estudo é de muita valia por haver muitas vantagens em sua utilização.

2 Vantagens e Desvantagens

Dentre as vantagens da utilização de fibra óptica em substituição às tecnologias em vigor, pode-se citar:

a) **perdas de transmissão muito baixas** - as fibras ópticas apresentam atualmente perdas de transmissão extremamente baixas, logo, para um rede de longa distância há necessidade de um número menor de repetidores. Sistemas com fibras ópticas podem permanecer a distâncias superiores a duzentos quilômetros enquanto, por exemplo, um sistema de microondas convencional exige repetidores a distâncias de ordem de 50 quilômetros;

b) **banda passante potencialmente enorme** – maior quantidade de informações a ser transmitidas;

c) **imunidade a interferências e ruídos** – não sofrem interferências eletromagnéticas por serem compostas de material dielétrico, ao contrário dos suportes de transmissão metálicos o que permite uma operação satisfatória dos sistemas de transmissão por fibras ópticas mesmo em ambientes eletricamente ruidosos;

d) **segurança na transmissão** - existe um excelente confinamento do sinal luminoso propagado pelas fibras ópticas, não irradiando externamente, as fibras ópticas agrupadas em cabos ópticos não interferem opticamente umas nas outras, resultando no não-corrompimento de dados, sendo que qualquer tentativa de captação de mensagens ao longo de uma fibra óptica

é facilmente detectada, pois exige o desvio de uma porção considerável de potencia luminosa transmitida e as fibras não são localizáveis através de equipamentos medidores de fluxo eletromagnético ou detectores de metal.

e) **isolação elétrica** – como a fibra é constituída por material dielétrico, não há necessidade de se preocupar com aterramento, o material que compõe a fibra óptica oferece uma excelente isolação elétrica entre os transceptores ou estações interligadas;

f) **pequeno tamanho e peso** - considerando-se os encapsulamentos de proteção, o diâmetro e o peso dos cabos ópticos são bastante inferiores aos dos equivalentes cabos metálicos;

g) **flexibilidade na expansão da capacidade dos sistemas** - os sistemas de transmissão por fibras ópticas podem ter sua capacidade de transmissão aumentada gradualmente, em função, por exemplo, do tráfego, sem que seja necessária a instalação de um novo cabo óptico;

h) **custos potencialmente baixos** - o vidro com que as fibras óptica são fabricadas é feito principalmente a partir de sílica, abundante na crosta terrestre, apesar da obtenção de vidro ultrapuro envolva um processo sofisticado, ainda relativamente caro, a produção de fibras ópticas em larga escala tende gradualmente a superar esse inconveniente;

i) **alta resistência a agentes químicos e variações de temperaturas** – por seu material constituinte, têm uma boa tolerância a temperaturas, favorecendo sua utilização em diversas aplicações;

Dentre as desvantagens da utilização de fibras ópticas frente aos meios convencionais, têm-se:

a) **fragilidade das fibras ópticas sem encapsulamentos** – o manuseio de uma fibra óptica “nua” é bem delicado;

b) **dificuldade de conexão das fibras ópticas** - as pequenas dimensões das fibras ópticas exigem procedimentos e dispositivos de alta precisão na realização das conexões e junções;

c) **impossibilidade de alimentação remota de repetidores** – como não é possível a alimentação remota, cada repetidor requer alimentação elétrica independente;

d) **falta de padronização dos componentes ópticos** - a relativa imaturidade e o continuo avanço tecnológico não tem facilitado o estabelecimento de padrões para os componentes de sistemas de transmissão por fibras ópticas.

3 Características do Guia de Onda

As fibras ópticas são constituídas por materiais dielétricos (isolantes), em sua maioria sílica (SO₂) ou plástico. Geralmente são flexíveis, cilíndrica e transparente.

São constituídas de duas regiões cilíndricas coaxiais:

a) **núcleo** – é o cilindro mais central e por onde passa a luz, seu material constituinte possui maior índice de refração (n_1) que o da casca (n_2);

b) **casca** – mais periférica que envolve o núcleo.

Vê-se a representação do cabo de fibra ótica (Fig. 3a).

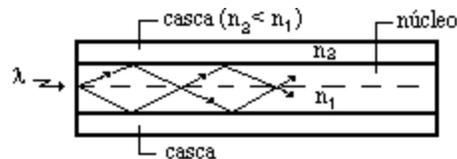


Figura 3a - Esquema de cabo de fibra ótica

Além da constituição base, a fibra ótica possui outras camadas externas que lhe garantem maior proteção e resistência:

capa – camada de plástico que reveste a casca, seu objetivo é proteger contra choques mecânicos e excessos de curvaturas;

fibras de resistência mecânica - ajudam a proteger o núcleo contra impactos e tensões excessivas durante a instalação;

cobertura de plástico - uma capa que recobre o cabo de fibra ótica.

Abaixo há um esquema completo do cabo de fibra ótica com suas camadas externas (Fig. 3b).

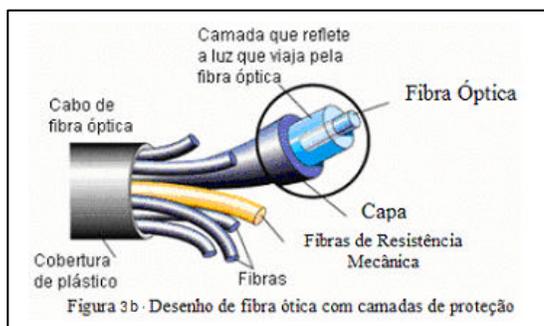


Figura 3b - Desenho de fibra ótica com camadas de proteção

4 Reflexão Total

Serão vistos alguns conceitos da óptica geométrica como refração, reflexão e reflexão total.

Refração

No desenho abaixo (Fig. 4), mostra-se um raio de luz saindo de um meio (vidro) com índice de refração (n_1) maior para outro com índice de refração menor, o ar (n_2). O raio incidente parte do vidro fazendo um ângulo θ_1 com a normal. O raio é transmitido ao ar fazendo um ângulo θ_2 diferente de θ_1 .

Este efeito chamado de refração da luz é governado pela lei de Snell.

Reflexão

O raio incidente, no entanto, não é totalmente transmitido ao ar, uma pequena porcentagem é refletida pela interface vidro-ar (Figura 2-a).

Aumentando o ângulo do raio incidente verificamos que para um determinado ângulo que denominamos de ângulo crítico (θ_c), o raio que era transmitido ao ar, agora se propaga na superfície do vidro, não saindo totalmente do meio onde partiu (Figura 2-b). Este ângulo pode ser determinado precisamente pela razão entre os índices de refração do ar e do vidro.

Reflexão Total

Aumentando ainda mais o ângulo do raio incidente tal que este seja maior que o ângulo crítico ($\theta > \theta_c$), verificamos que o raio incidente é totalmente refletido pela interface vidro-ar. Este efeito é chamado de reflexão interna total

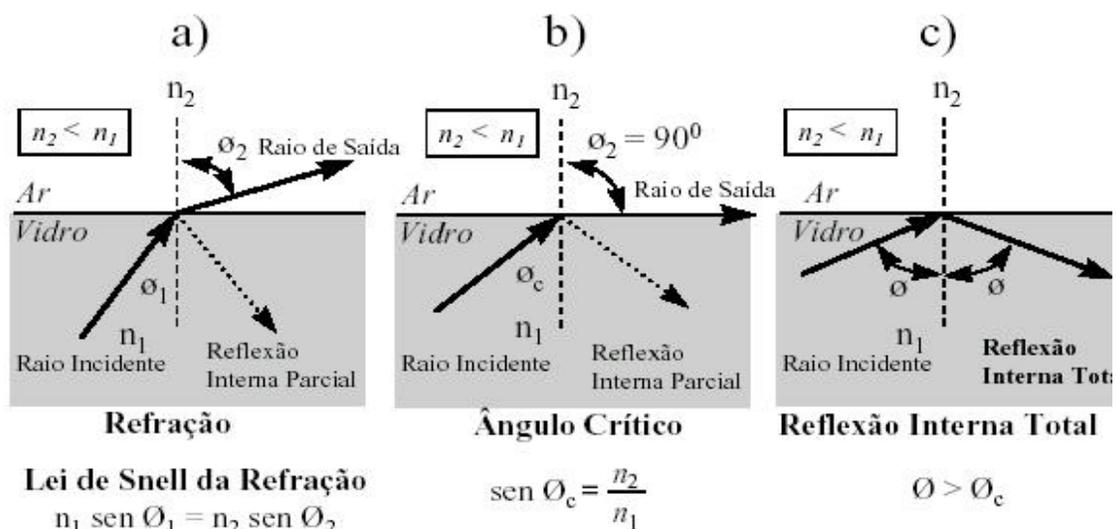


Figura 4 - Representação da refração, ângulo crítico e reflexão

Esse efeito de reflexão interna total é o mecanismo básico de propagação da luz em fibras ópticas.

Os raios inclinados tendem a se propagar na região do núcleo próximo à casca, segundo uma trajetória helicoidal de difícil visualização em duas dimensões.

5 Sistema Básico de Transmissão

O sistema de fibras ópticas é constituído por três blocos básicos:

- bloco Transmissor Óptico;
- bloco Receptor Óptico;
- bloco do Meio Físico – o próprio guia de onda.

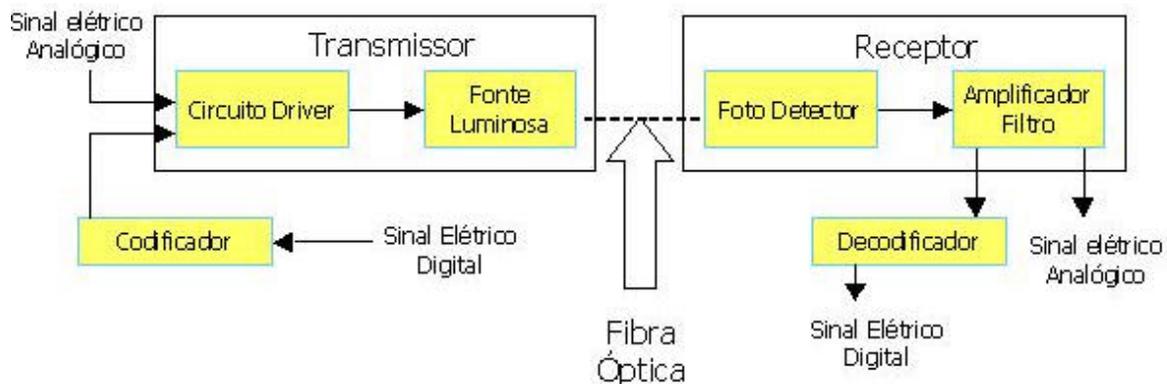


Figura 5 – Sistema Básico

Há presença também de conectores ópticos, que fazem a ligação entre as fibras e equipamentos.

5.1 Transmissor Óptico

O transmissor óptico é composto por uma fonte luminosa e o circuito driver associado.

5.1.1 Fonte Luminosa

A fonte (elemento ativo básico do sistema) é o responsável pela tarefa de conversão dos sinais elétricos em ópticos. Deve ser pequena, que tenha um baixo consumo, estabilidade com relação à temperatura, pureza espectral e gere maior potência possível.

Largura espectral é a largura em comprimento de onda, à qual a potência desce à metade de seu valor máximo.

Dois semicondutores são comumente utilizados como fontes luminosas em sistemas de transmissão por fibras ópticas: os diodos laser (ILD - *Injection Laser Diode*) e os diodos eletroluminescentes (LED - *Light Emission Diode*).

- **LED** – emissor de baixa potência, relativamente barato e de vida útil maior que o laser. É utilizado a curtas e médias distâncias. É a fonte de luz mais comuns para os sistemas de comunicação por fibra óptica porque emitem luz invisível próxima do infravermelho.

- **ILD** – emissor de alta potência com preço mais elevado, sua largura espectral é menor o que faz com que ele seja indicado para longas distâncias.

Largura espectral é a diferença entre o maior e o menor comprimento de onda dos raios emitido quando a potência de saída é metade da potência máxima.

Quanto menor a largura espectral, mais está concentrada a emissão de pulsos luminosos em um dado comprimento de onda.

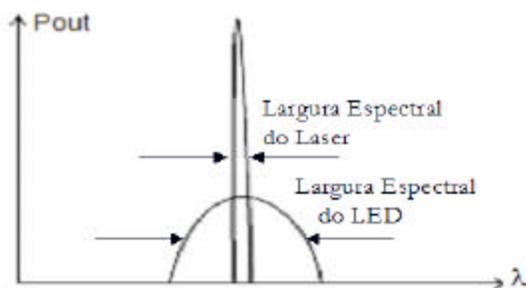


Figura 5.1.1 – Largura Espectral

5.1.2 Circuito Driver

O circuito driver tem funções de polarização elétrica e de comando da emissão de potência luminosa pelo dispositivo emissor de luz. A capacidade de transmissão (assim como a potência emitida por um transmissor óptico) é função do tipo de dispositivo emissor de luz utilizado, sendo os com diodo laser geralmente superiores aos com LED's.

5.2 Receptor Óptico

O receptor óptico compõe-se de um dispositivo fotodetector e de um estágio eletrônico de amplificação e filtragem.

5.2.1 Fotodetector

O dispositivo fotodetector (elemento ativo) é quem converte os sinais ópticos em luminosos. No processo de fotodeteção, os fótons absorvidos pelo material semicondutor

(fotodiodo) fazem transitar elétrons da banda de valência para a de condução, desde que o comprimento de onda seja inferior a um valor crítico, convertendo assim, os sinais ópticos recebidos da fibra em sinais elétricos.

Em um fotodetector é analisada a sensibilidade para os comprimentos de onda de interesse; largura de banda; tempo de resposta baixo; pouca sensibilidade à variação de temperatura; acoplamento fácil à fibra; tempo de vida útil.

Os fotodetectores mais utilizados são os fotodiodos PIN (Positive-Intrinsic-Negative) e os APD's (Avalanche Photo-Diodes).

PIN – uma versão melhorada de uma junção PN, é pouco sensível e de baixo custo.

APD – é mais sensível que o PIN, mas necessita de elevada tensão de polarização.

5.2.2 Amplificador Filtro

No circuito amplificador-filtro, o sinal recebe um tratamento adequado para a leitura.

Uma boa atuação do amplificador-filtro garante maior alcance possível na transmissão, pois isso faz com que os fotodetectores operem com sucesso nos menores níveis de potência ópticas possíveis, convertendo o sinal com um mínimo de distorção e ruído.

A qualidade de um receptor óptico é medida pela sua sensibilidade, a qual especifica a potência luminosa mínima necessária para determinado desempenho em termos de relação sinal- ruído (S/N) ou de taxa de erros de transmissão.

É chamado de ruído toda parte indesejável que provoque deformação num sinal recebido via um sistema de comunicação.

6. Tipos de fibras ópticas

A classificação das fibras ópticas se dá com base na forma de propagação dos sinais luminosos, índices de refração da fibra, capacidade de transmissão (Largura de Banda) e facilidades operacionais tais qual acoplamento a fontes, detectores luminosos, conexão.

São dois os grande grupos: multimodo e monomodo.

A finalidade da aplicação determinará qual tipo de fibra será utilizada.

6.1 Fibras Multimodo (MMF - *MultiMode Fiber*)

As fibras multimodo (MMF) são de mais fácil fabricação e custo menor sendo as mais utilizadas em aplicações de rede locais (LAN).

O termo multimodo faz referência aos vários modos de propagação dos sinais luminosos nas fibras. Isso faz com que sua largura de banda seja inferior a do outro tipo de fibra.

Os diferentes caminhos percorridos pela luz nas fibras multimodo surgem pela possibilidade de incidências dos raios luminosos em diversos ângulos, dado que as dimensões do núcleo são de grandeza considerável:

- Núcleo: de 50 até 200 μm , comercialmente adota-se o núcleo de 62,5 μm .
- Casca: de 125 até 240 μm , comercialmente adota-se à casca de 125 μm .

Em função da composição do núcleo surge outra divisão: fibras multimodo de índice degrau ou de índice gradual.

6.1.1 Multimodo de Índice Degrau (Step Index)

A fibra multimodo de índice degrau foi a primeira a ser realmente aplicada, é basicamente a mais simples e de fácil fabricação. Constituem basicamente de único material compondo o núcleo o que torna constante seu índice de refração apresentando assim apenas um nível de reflexão, ao contrário da multimodo de índice gradual (Fig. 6).

Por ser constante o índice de refração do núcleo, as velocidades de propagação do sinal luminoso nos vários modos admitidos são iguais mas não os tempos de propagação, já alguns percorrem distâncias maiores. Tal fato é responsável pelo alargamento do impulso proporcional ao comprimento da fibra (dispersão intermodal).

A dispersão intermodal impossibilita a utilização desta fibra para grandes distâncias, faz com que a banda de transmissão seja menor que a dos outros tipos de fibras e a atenuação seja bastante alta. Por suas restrições com relação à distância e à capacidade de transmissão é utilizada, normalmente, em transmissão de dados.

A casca pode ser de vidro, plástico e até mesmo o próprio ar pode atuar como casca. Essas fibras são chamadas de *bundle*.

6.1.2 Multimodo de Índice Gradual (Graded Index)

A fibra multimodo de índice gradual mantém uma simplicidade de fabricação, porém possui maior capacidade de transmissão de pulsos luminosos. Apresentam dimensões menores

que as de índice degrau mas tão pequenas a ponto de dificultar conexões e acoplamentos. São mais utilizadas que as de índice degrau.

Seu núcleo é constituído de vidros especiais dopados gradualmente fazendo com que tenha índice de refração variável.

Com índice de refração variável as velocidades de propagação dos raios de luz nos diferentes modos são também diferentes. A dopagem é feita de tal forma que os raios percorrem caminhos diferentes com velocidades diferentes mas chegam à outra extremidade praticamente ao mesmo tempo.

A diminuição nos tempos de propagação da luz no núcleo faz diminuir a dispersão do impulso (dispersão intermodal) e aumentar a largura de banda passante na fibra óptica

Com capacidade de transmissão elevadas são empregadas em sistemas de telecomunicações.

Os materiais tipicamente empregados na fabricação dessas fibras são sílica pura para a casca e sílica dopada para o núcleo

6.2 Fibras Monomodo (SMF - *Single Mode Fiber*)

As fibras monomodais têm a fabricação mais complexa sendo mais utilizadas para aplicações de redes de longa distância (WAN).

O termo multimodo se refere ao fato de os raios luminosos possuírem apenas um modo de propagação no interior das fibras.

O diâmetro do núcleo é muito pequeno fazendo com que a incidência de raios luminosos seja em único ângulo, não haja reflexão nem dispersão intermodal e o raio se propague diretamente

As dimensões de uma fibra óptica Monomodo são:

- Núcleo: típico de 8 ± 1 comercialmente adota-se o núcleo de $8\mu\text{m}$.
- Casca: de 125 até $240\mu\text{m}$, comercialmente adota-se à casca de $125\mu\text{m}$.

A largura de banda utilizável e a capacidade de propagação são maiores do que em qualquer dos tipos de fibra multimodo. Apresentam atenuação mais baixa, aumentando, com isto, a distância entre as transmissões sem o uso de repetidores. Os enlaces com fibras monomodo, geralmente, ultrapassam 50 km entre os repetidores, dependendo da qualidade da fibra óptica

As fibras monomodo são as mais utilizadas em ligações telefônicas de longa distância, entre outras aplicações.

Os materiais utilizados para a sua fabricação são sílica e sílica dopada.

São de fabricação pioneira mas não as primeiras a serem realmente aplicadas devido a necessidade de utilização de técnicas avançadas em sua fabricação, difícil manuseio e alto custo.

As dimensões muito reduzidas das fibras exigem o uso de dispositivos e técnicas de alta precisão para a realização de conexões entre segmentos de fibras e do acoplamento da fibra com as fontes e detectores luminosos.

Com o desenvolvimento tecnológico problemas de conectividade vêm sendo vencidos e as fibras monomodo se apresentam como a ligação futura de sistemas de comunicação;

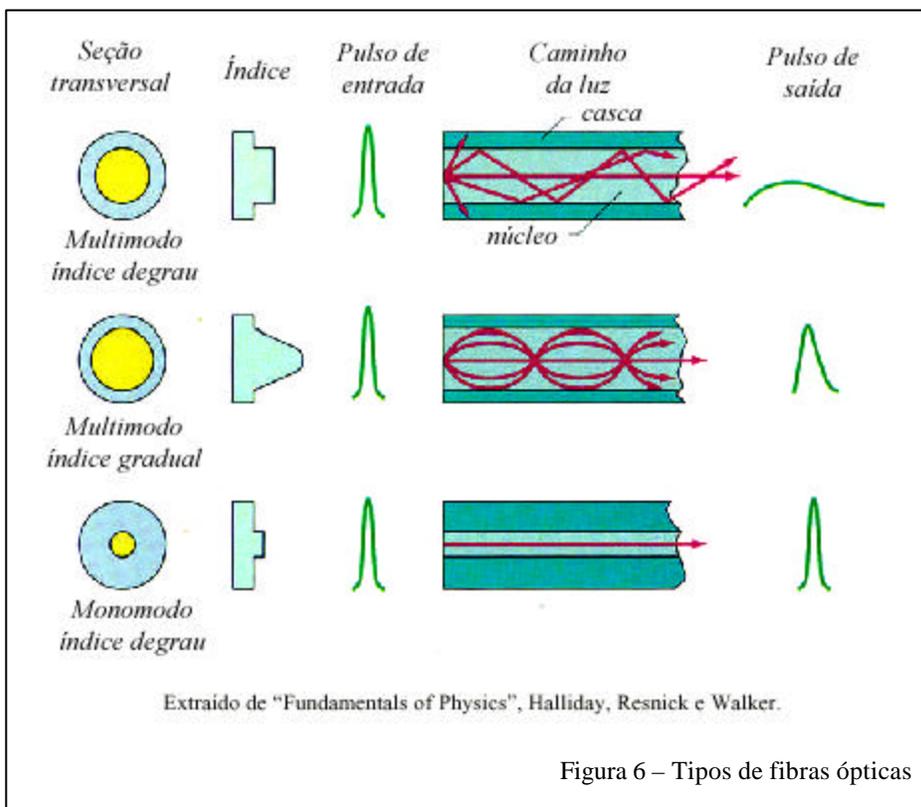


Figura 6 – Tipos de fibras ópticas

7. Largura de Banda, Modulação e Multiplexação

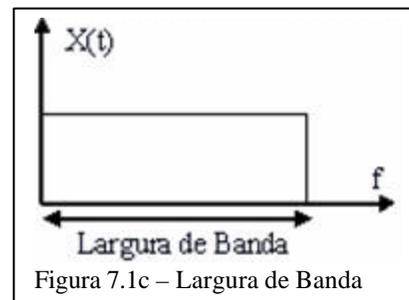
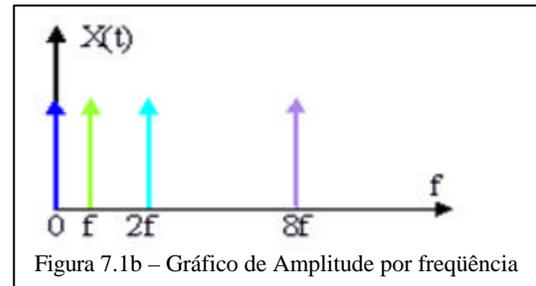
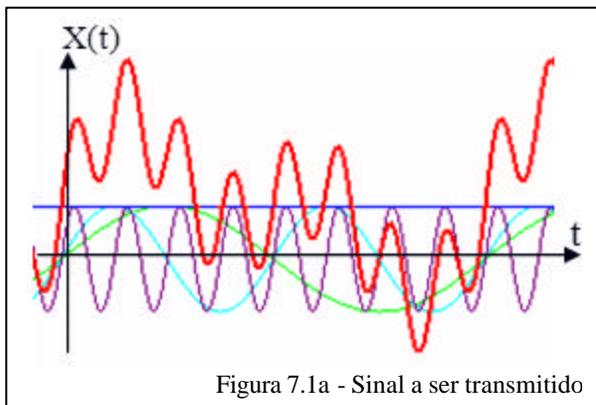
Para cada aplicação a ser desenvolvida em redes de fibra óptica, temos que primeiro determinar as técnicas de modulação e multiplexação do sinal que trafegará na rede.

Antes disso será visto um conceito importante: largura de banda.

7.1 Largura de banda

A largura de banda de transmissão é uma grandeza que dá idéia da capacidade de transmissão de um sinal, é diretamente proporcional à taxa de transmissão.

Largura de banda de um sinal é a diferença entre a maior e a menor frequência das ondas decompostas; de um canal é a variação de frequência que ele pode transmitir.



A Figura 7.1a apresenta uma onda a ser transmitido (a maior em vermelho). Pode-se decompô-la em uma série de Fourier, ou melhor, em vários senóides.

Tem-se que a onda vermelha equivale a soma das ondas azul-escuro, verde, azul-clara, roxa, todas de frequências diferentes.

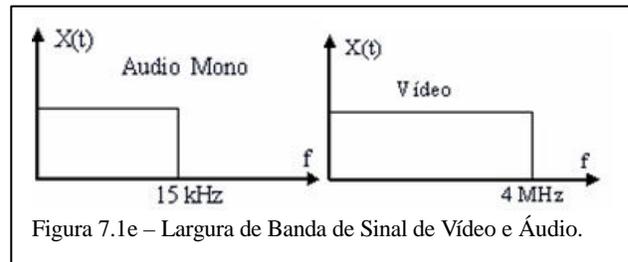
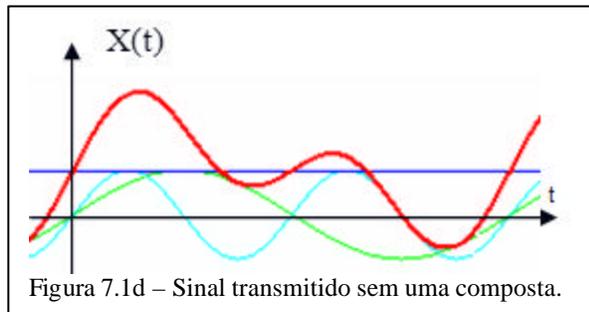
Pode-se traçar um gráfico de amplitude por frequência onde cada seta representa uma frequência e seu o tamanho proporcional à amplitude das várias ondas (Fig. 7.1b).

Como largura de banda de um sinal é a diferença entre a maior e a menor frequência das ondas decompostas, da onda exemplificada seria $8f$ (Fig. 7.1c).

Por exemplo, se quiser transmitir esse sinal em um canal com largura de banda de $10f$, o sinal seria transmitido com todas suas componentes. Enquanto que se a largura de banda do canal for de $6f$, apenas as ondas de frequência menor igual a $6f$ é que serão transmitidas, nesse caso, apenas as ondas azul-escuro ($0f$), verde (f) e azul-clara ($2f$).

O sinal recebido no destino ao ser recomposto irá se alterar (Fig 7.1d). É perceptível a diferença entre o sinal transmitido e o recebido, basta comparar os gráficos (Fig 7.1a e Fig 7.1c).

Se a transmissão for de um vídeo iria se perder em qualidade.



Na figura 7.1e tem-se a largura de banda de um sinal de áudio mono e de vídeo. Percebe-se que para a transmissão do primeiro não precisa de canal com grande largura de banda, o que não ocorre no segundo.

Há grande necessidade de se ter canais com grande largura de banda para que haja garantia na qualidade dos sinais transmitidos.

7.2 Modulação

Define-se por modulação o processo onde um sinal principal (portadora) é transmitido com mudança em sua frequência, fase ou amplitude, a alteração é através de um sinal secundário (moduladora)

Há, basicamente, dois tipos de modulação utilizado com fibras ópticas: modulação da portadora e modulação código de pulso.

Na modulação o transmissor óptico (LED ou ILD) transmite o sinal pela variação da potência da saída. A portadora e a forma de onda do sinal podem ser representadas por uma variação proporcional na potência de saída.

7.2.1 Modulação da Portadora

Portadora é onda senoidal que, pela modulação de um dos seus parâmetros, permite transmissão de informação. A transmissão é do tipo analógica.

As técnicas de modulação de portadora são raramente utilizadas com fibras ópticas, geralmente ocorrem quando a transmissão analógica oferece alguma vantagem em custo ou formato de sinal para uma aplicação específica.

Nas figuras abaixo (Fig. 7.2.1a e Fig. 7.2.1b) temos uma representação gráfica da modulação de portadora.

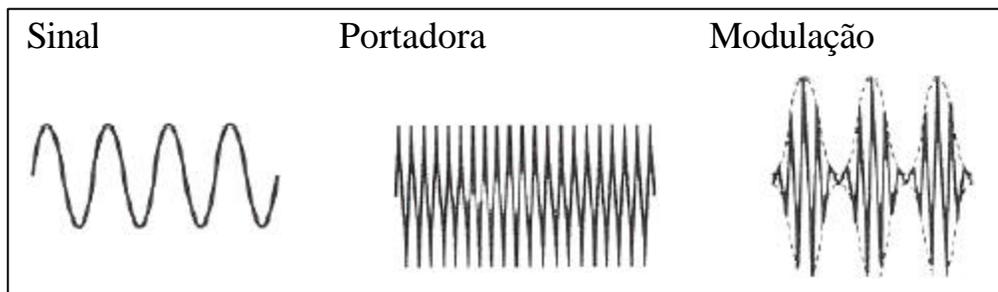


Figura 7.2.1a – Modulação por amplitude

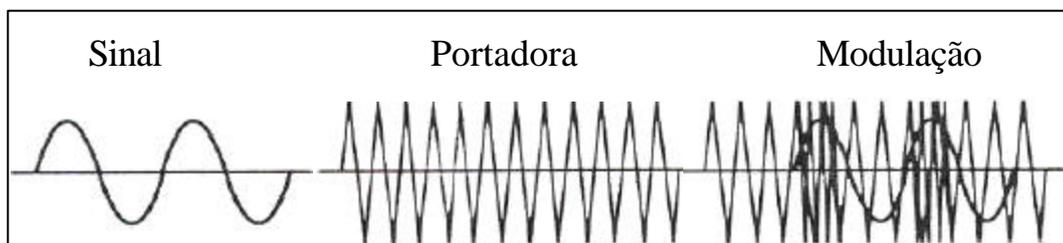


Figura 7.2.1b – Modulação por frequência

7.2.2 PCM (*Pulse Code Modulation*) – Modulação por código de pulso

O PCM é uma técnica de modulação muito empregada em sistemas de comunicação por fibras ópticas por reduzir consideravelmente a interferência causada pelo ruído sobre o sinal modulado.

A modulação por código de pulso promove a transformação de um sinal analógico em séries de pulsos sob padrão binário, possibilitando a constante regeneração do sinal.

Um pulso pode representado por um sinal de luz na fibra indicando nível lógico 1 e pela ausência de um sinal de luz representando nível lógico 0.

Uma onda analógica a ser modulada por código de pulso tem seu sinal retido instantaneamente em uma etapa denominada amostragem, ocorre então a quantização e a codificação do sinal, ou seja, aproximação do sinal amostrado a códigos binários.

A figura 7.2.2a mostra um exemplo de modulação por código de pulso de 2 bits.

Como a modulação mostrada é de dois bits, pela combinação deles pode-se obter 4 estados (00,01,10,11).

O sinal é amostrado em intervalo de tempo constante (bolinhas pretas - maiores) e o valor obtido é aproximado para o estado binário mais próximo (bolinhas roxas - menores)

permanecendo nele até a próxima amostragem (linha preenchida). O sinal quadrado resultante será uma aproximação do sinal original.

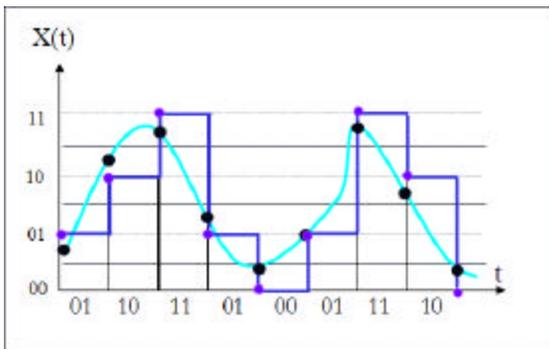


Figura 7.2.2a - PCM

O que será transmitido serão os bits representantes de cada estado no intervalo de tempo (0110110100011110).

A onda quadrada será a portadora e um sinal de alta frequência será modulado (Fig 7.2.2b).

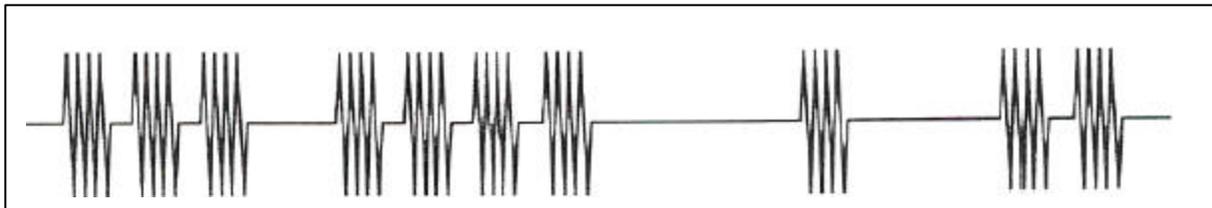


Figura 7.2.2b - Modulação digital

7.3 Multiplexação

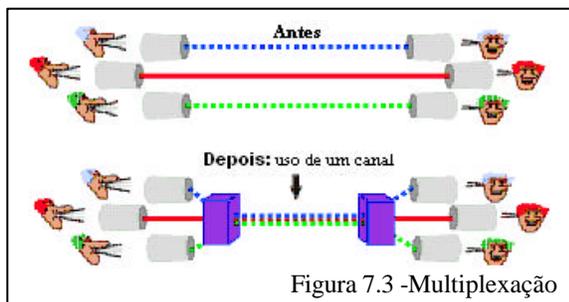
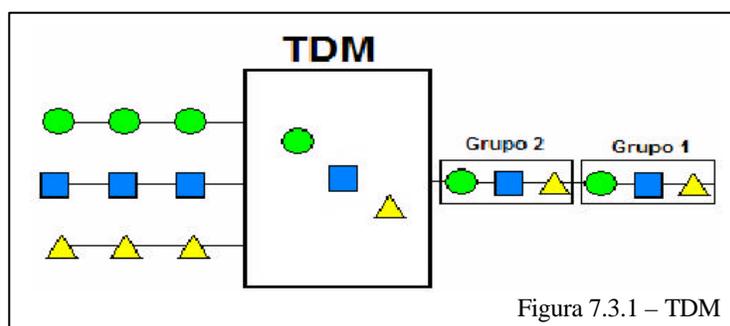


Figura 7.3 - Multiplexação

A multiplexação é uma técnica de transmissão por fibras ópticas em que mais de um tipo de sinal são transportados ao mesmo tempo (Fig. 7.3). Para que a transmissão de informações seja simultânea e não haja interferência de um sinal em outro (mantenha a integridade) a multiplexação os separa por frequência, tempo ou comprimento de onda.

Há três tipos de multiplexação: em tempos diferentes (TDM); em frequências diferentes (FDM); e em comprimento de onda (WDM).

7.3.1 Multiplexação por Divisão do Tempo (TDM - *Time Division Multiplexing*)



Multiplexação por divisão de tempo é, como o próprio nome já diz, um método de multiplexação de vários canais em um único canal através da associação desses canais a um certo intervalo de tempo.

O tipo de sinal a ser enviado por TDM é binário modulado por código de pulso (PCM), sendo o sinal original digital ou analógico.

A transmissão inicia-se quando os sinais entram no multiplexador e são a eles adicionados bits (*overhead*) que indicam a que canal pertence a informação transmitida. Os bytes destinados aos vários canais são transmitidos intercalados.

No lado do receptor o demultiplexador identifica os canais a que pertencem e os dados são separados e armazenados.

Para se recuperar o sinal completo, os elementos de sinal associados a um único canal devem ser lidos em ordem e em intervalos de tempo regulares. Esses elementos de sinais são armazenados em *BUFFER* de memória.

As vantagens do método de transmissão por TDM são que este requer um pequeno número de repetidores, em torno de um a cada 30 a 40 quilômetros e que não necessita de banda de guarda (será vista junto com FDM) o tornando mais eficiente que FDM.

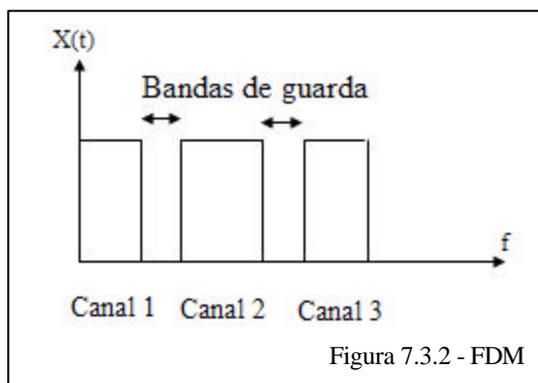
Repetidores são equipamentos que regeneram, amplificam e regulam o sincronismo dos sinais transmitidos.

As desvantagens se dão: pelo número de bits acrescidos ao conjunto de pulsos transmitidos para identificação de canal, detecção de erros e gerenciamento em sistemas de comunicação em redes; e pelo custo da codificação digital PCM.

7.3.2 Multiplexação por Divisão de Frequências (FDM – Frequency Division Multiplexing)

A multiplexação por divisão de frequência é um método para se colocar vários sinais de transmissão em bandas separadas para que todos os sinais possam ser transmitidos simultaneamente. O FDM é usado em transmissões analógicas

Cada canal é associado a uma portadora diferente



A faixa de frequência é dividida em bandas mais estreitas, cada uma delas capaz de transportar um sinal diferente através da modulação de uma portadora. Essas bandas possuem entre si uma região de frequência que não é utilizada para enviar sinais.

Essa faixa de frequência entre as bandas 'úteis' são denominadas bandas de guarda e funcionam como zonas de isolamento para minimizar a interferência (Fig 7.3.2).

A não utilização de banda de guarda torna o TDM muito mais eficiente que o FDM

Este tipo de multiplexação tem por vantagem seu baixo custo. É muito usado para transmissões de TV à cabo, porém, em sistemas ópticos, gera distorções harmônicas nos sinais transmitidos.

7.3.3 Multiplexação por Divisão de Comprimento de Onda (WDM - Wavelength Division Multiplexing)

A multiplexação por WDM é feita com base no comprimento de onda, cada canal óptico se comporta como onda portadora que tem associado a si um determinado comprimento de onda.

Cada portadora óptica, por sua vez, pode transmitir canal TDM ou FDM elétricos.

Vem desse fato dizer que o método WDM multiplexa 'cor' sendo que a luz transmitida está dentro do espectro do infravermelho.

Pode-se dizer que esse tipo de multiplexação funciona como o FDM dentro do espectro do infravermelho.

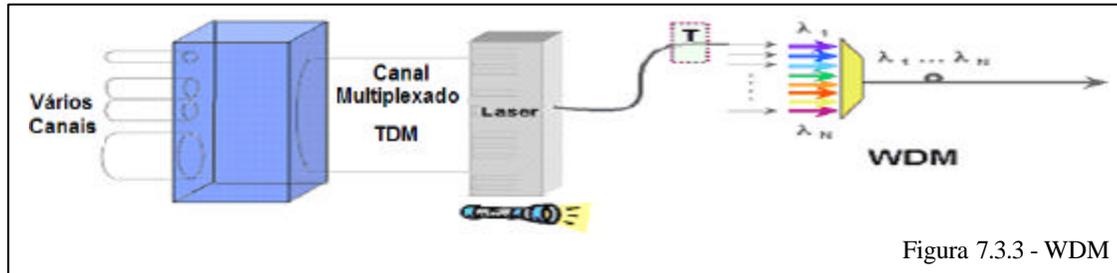


Figura 7.3.3 - WDM

Para transmissão de dados através de WDM é necessário sistemas ópticos complexos tornando-se inviável para redes tipo LAN. São utilizados em sistemas de telefonia, televisão a cabo (CATV) e telecomunicações intercontinentais, onde há exigência de altas taxas de transmissão.

8 Perdas de transmissão

A transmissão via fibras ópticas não é completamente eficiente, sofre interferência de diversos fatores. As perdas de intensidade no sinal são denominadas atenuações .

Junto com a atenuação, a transmissão por fibras ópticas sofre interferência de outros fenômeno chamado dispersão.

Além das perdas introduzidas por tais fenômenos, há perdas causadas nas emendas e conexões entre segmentos de fibras e no acoplamento das fibras com as fontes e detectores luminosos devido às reflexões inevitáveis na interface (perdas Fresnel); má adaptação do padrão da radiação e tamanho da fonte à entrada e saída da fibra; e desalinhamento lateral e angular nas uniões (acopladores, ligadores, splices).

8.1 Atenuação

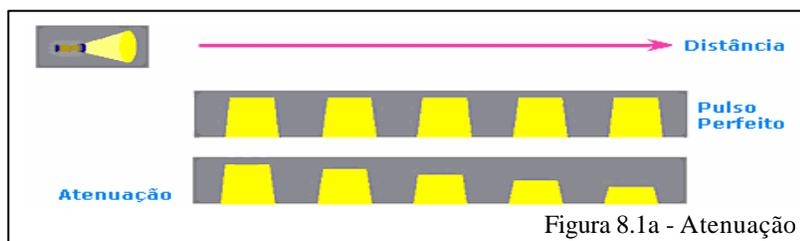


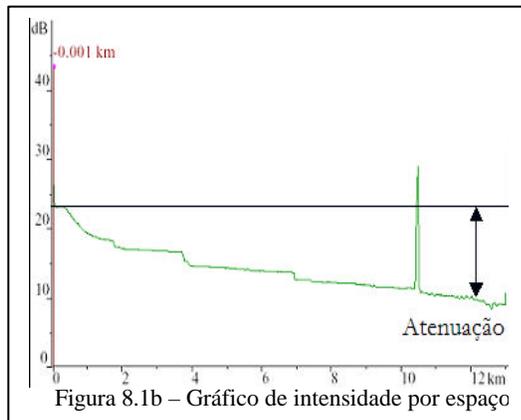
Figura 8.1a - Atenuação

À medida que a luz se propaga pela fibra óptica, há diminuição da intensidade de sua energia, essa perda é denominada atenuação ou perda por transmissão

Essa atenuação é o somatório das perdas ligadas ao material de fabricação e à estrutura das fibras e varia de acordo com o comprimento de luz utilizado.

O estudo dos mecanismos responsáveis por perdas na transmissão é de muita importância para que novas tecnologias surjam e os problemas causados possam ser minimizados.

A atenuação no sinal é característica fundamental na determinação da distância máxima entre um transmissor e um receptor óptico.



No gráfico da Figura 8.1b pode-se ver a diminuição de intensidade do pulso luminoso transmitido por espaço percorrido. A atenuação é dada pela diferença entre a intensidade de saída e a de chegada.

Os mecanismos básicos responsáveis pela atenuação em fibras ópticas são os seguintes: absorção; espalhamento; e deformações mecânicas.

8.1.1 Absorção

Dentre os tipos de absorção, os mais comuns são a absorção extrínseca e material.

Absorção extrínseca

Durante o processo de fabricação, o material da fibra sofre contaminação principalmente por íons metálicos (Mn, Ni, Cr, U, Co, Fe e Cu). Atualmente, a tecnologia adotada na fabricação de fibras ópticas oferecem um bom controle de impurezas, diminuindo os efeitos dos íons metálicos.

O íons provocam picos de absorção em determinados comprimentos de onda.

Absorção material

A absorção material se refere à atenuação provocada por parte da energia transmitida ser dissipada na forma de calor.

8.1.2 Espalhamento

As perdas de energia luminosa pelos vários modos de propagação (caminhos a serem percorridos pela onda) são parte do espalhamento dos sinais luminosos.

São vários os tipos de espalhamento: Rayleigh, Mie, Raman estimulado, Brillouin estimulado. O mais importante e significativo é o espalhamento de Rayleigh.

8.1.3 Deformações mecânicas

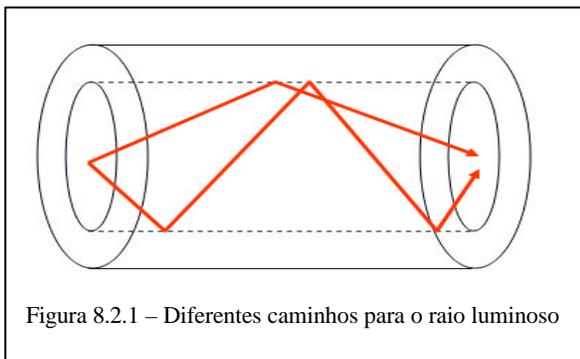
As deformações mecânicas ocorrem quando esforços são aplicados sobre a fibra durante a confecção ou instalação do cabo.

8.2 Dispersão

O fenômeno da dispersão é resultado dos atrasos dos sinais ópticos que resultam num alargamento dos pulsos transmitidos causados pelos diferentes modos de propagação.

Os mecanismos básicos da dispersão são :dispersão modal ou intermodal e cromática.

8.2.1 Dispersão modal



A dispersão modal se refere ao alargamento de sinal provocado por o sinal óptico ter vários caminhos possíveis a seguir (modos) no guia de onda (fibra óptica) como indica a Figura 8.2.1

A fibras multimodos são mais susceptíveis a esse tipo de dispersão

8.2.2 Dispersão cromática

Esse tipo de dispersão depende do comprimento de onda e divide-se em dois tipos: dispersão material e dispersão de guia de onda.

a) **dispersão material** - ocorre tanto em fibras monomodos quanto nas multimodos. Resulta da dependência do índice de refração do material da fibra e relação ao comprimento de onda. Cada comprimento de onda enxerga um valor diferente de índice de refração num determinado ponto, a consequência imediata é ter cada comprimento de onda velocidade diferente e uma diferença de tempo de percurso;

b) **dispersão de guia de onda** - é mais acentuada em fibras monomodos por seu núcleo de pequeno diâmetro. Ela ocorre por variações nas dimensões do núcleo.

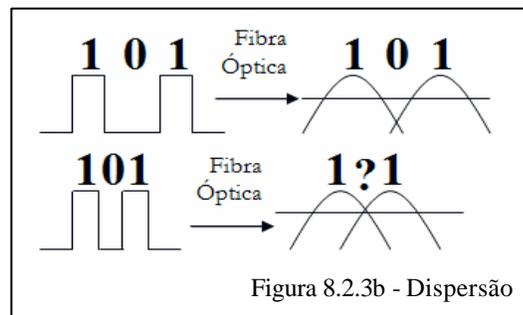
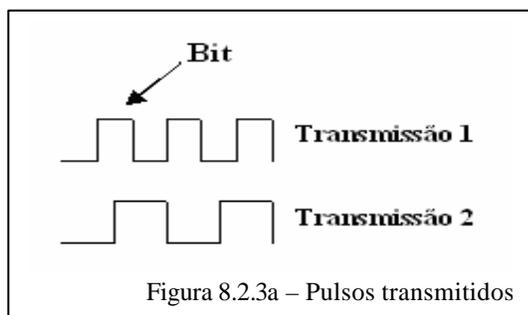
8.2.3 Dispersão e largura de banda

Os atrasos causam distorção nos sinais transmitidos pois dificulta a recepção do sinal no circuito receptor e sua decodificação.

Este alargamento limita a largura de banda da fibra óptica (MHz.km) bem como a taxa de transmissão de dados das fibras.

Para se aumentar a taxa de transmissão é necessário que mais bits sejam enviados num mesmo intervalo de tempo, como uma onda com dado λ possui velocidade constante, para que haja acréscimo de bits o período de envio deve diminuir (Transmissão 2 - Fig. 8.2.3a).

Depois de certa distância percorrida o pulso óptico transmitido se apresenta disperso (Transmissão 1 - Fig 8.2.3b) mas ainda é possível regenerar o sinal. Pode-se aumentar a taxa de transmissão até que chegará um momento em que o sinal não poderá ser regenerado. (Transmissão 2- Fig. 8.2.3b).



8.3 Conectores ópticos

As terminações ópticas são basicamente constituídas de conectores que realizam a ligação entre fibras e equipamentos. Podem ser a própria fonte de luz, detectores de luz ou mesmo equipamentos de medição.

Perdas são comumente detectadas nas conexões, os tipos mais comuns são:

a) perda de inserção – é também chamada de atenuação, acontece quando os pulsos luminosos perdem potência na passagem pelos conectores, as causas vêm desde irregularidades no alinhamento dos conectores às intrínsecas às fibras ópticas;

b) perda de retorno – também chamada de reflectância, se refere à quantidade de potência óptica refletida na conexão e retorna à fonte luminosa, apesar de não influir diretamente na atenuação total pode degradar o funcionamento da fonte e, assim, afetar a comunicação.

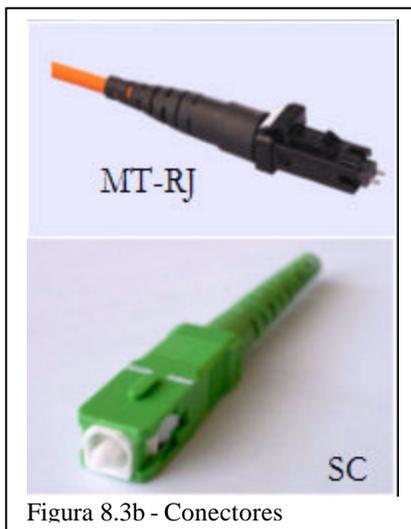


Figura 8.3b - Conectores

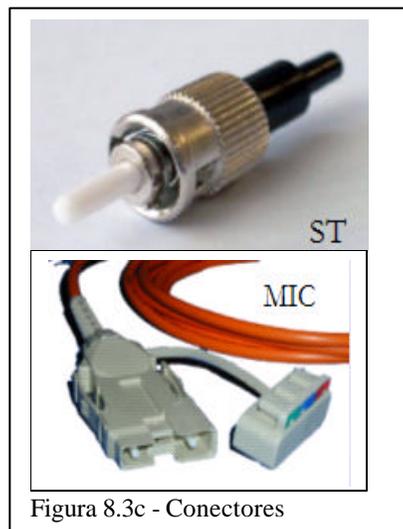


Figura 8.3c - Conectores

9 Conclusão

Dado que o desenvolvimento de novas tecnologias tem sofrido uma aceleração, o uso de fibras ópticas para aplicação em sistemas de transmissão de dados tem se difundido consideravelmente. Assim, se faz necessário o estudo sobre fibras ópticas, para que seja satisfatória a escolha do tipo de fibra para a aplicação desejada, assim como a multiplexação a ser utilizada.

8. Bibliografia

<http://www.lucalm.hpg.ig.com.br>

http://www.rnp.br/newsgen/0203/fibras_opticas.shtml#p35

<http://www.clubedohardware.com.br/fibras.html>

<http://photon.fis.unb.br/thoroh/Fibras%20opticas.pdf>

http://www.digitaloptronics.com/upload/pdf_forms/Principles%20of%20Fiber%20Optics.pdf

http://www.linhadetransmissao.com.br/tecnica/fibraoptica_tipos.htm

<http://www.acssjr.hpg.ig.com.br/tipos.htm>

http://www.generalcablecelcat.com/cabos_telecom/cab_fib_opt.html

<http://www.conectronica.com/articulos/fibra228.htm>

http://www.lucalm.hpg.ig.com.br/fibras_opticas.htm

<http://piano.dsi.uminho.pt/netshare/adriano/Teaching/Comum/TecModul.html>

<http://www.terravista.pt/ilhadomel/2388/Apo/8redes.htm>

http://www.defi.isep.ipp.pt/~emn/_private/fibrasopticas1.pdf

<http://users.iron.com.br/~iafullo/fibra.htm>

<http://www.poncedaher.com.br/papers/dwdm/dwdm02.htm>