

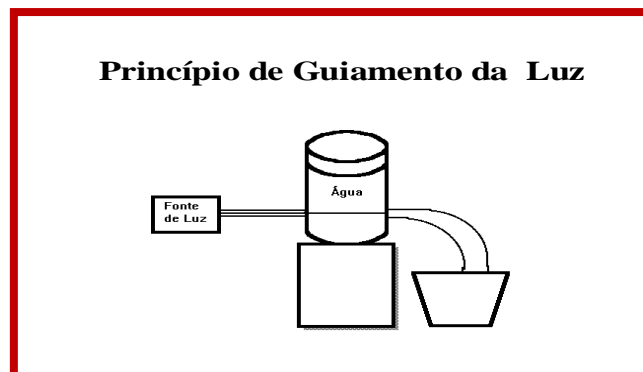
Manutenção em Fibra Óptica acondicionada em Cabos OPGW e Dielétrico



Antonio Nazareno Valente
Engenheiro Eletrônico
Professor Especialista

História

- ✓ A ideia de utilizar a **luz** nas **comunicações** vem desde a **antiguidade**.
- ✓ Primeiramente foram criados **sistemas de comunicação óptica pelo ar**, utilizando **espelhos, tochas** e outros objetos que se **interpunham** ao **sol** ou **geravam luz**.
- ✓ A **ideia** fracassou por conta dos **distúrbios atmosféricos** (chuva, névoa) e pela necessidade de o **emissor e o receptor** estarem **bem visíveis** entre si, o que acarretava grandes dificuldades.
- ✓ Muitos pesquisadores tentavam solucionar tais problemas buscando a **transmissão da luz** através de **trajetórias curvilíneas**.
- ✓ Em 1870 -> John Tyndall comprovou a **viabilidade** dessa opção, ao utilizar um **recipiente cheio de água com um pequeno orifício**, por onde escorria, para demonstrar que a **luz** se **propagava** ao longo do recipiente e saía com a água pelo orifício.



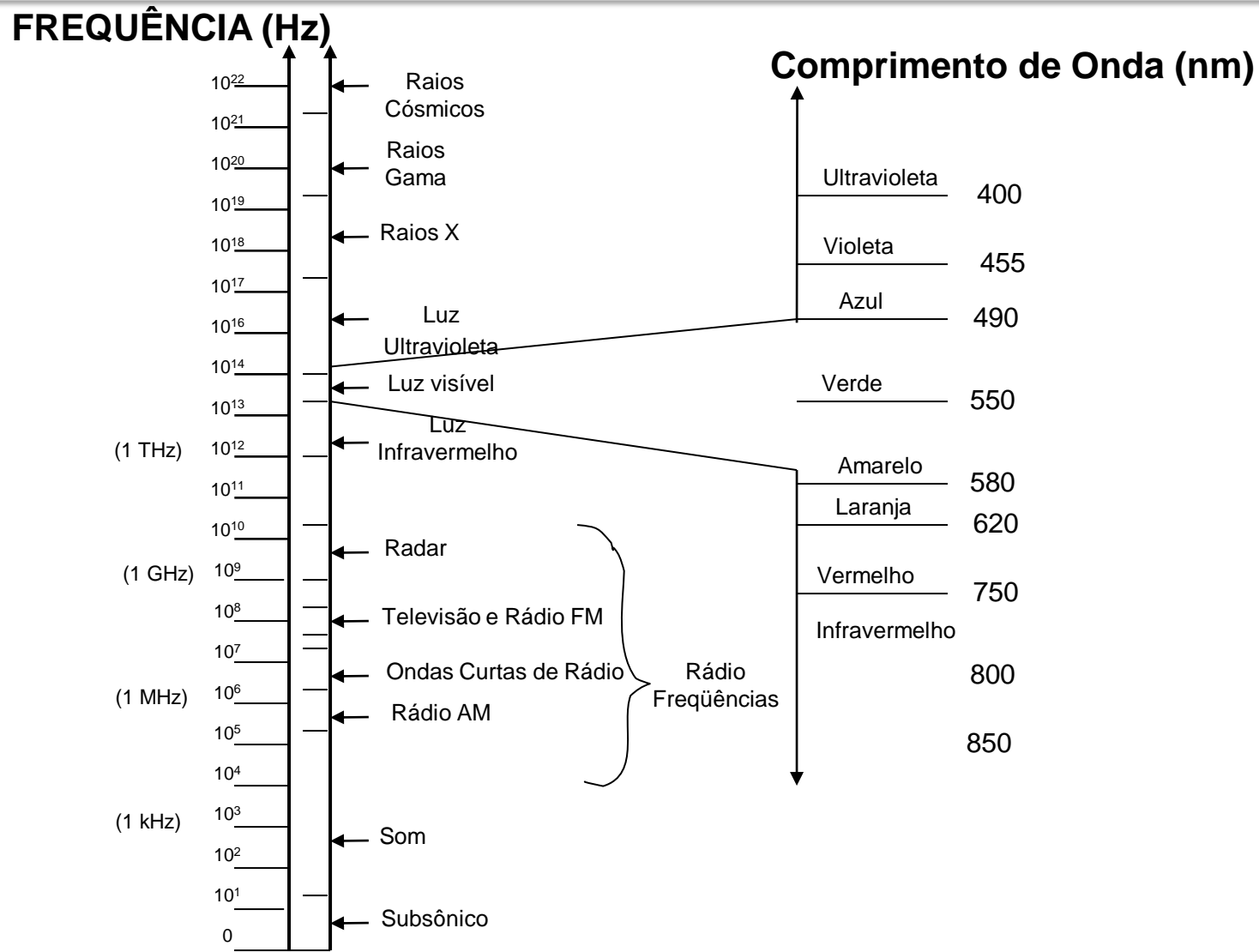
História

- ✓ 1910 - Hondros e Derby, comprovaram a **possibilidade** de **propagar radiação eletromagnética** por **cilindros dielétricos**, estrutura mais rudimentar da fibra óptica, devido à **falta de tecnologias e materiais** não se **pôde comprovar** resultados quanto à **transmissão de luz** em grandes distâncias, já que havia **níveis de perda de potência luminosa** da ordem de milhares de dB/km.
- ✓ 1951 - Foi quando surgiu o termo “**fibra óptica**”, quando o holandês Heel e os ingleses Kapany e Hopkins criaram algumas **fibras de vidro** com revestimento para **guiar luz e imagens**, num equipamento chamado **Fiberscope**, utilizado na medicina.
- ✓ Década de 60: a fibra com **baixas taxas de atenuação** e as fibras ópticas tinham começado a **substituir os cabos de metal** nessa década.
- ✓ Década 70: elas puderam ser tratadas como **opção** para **sistemas de telecomunicações**. A **atenuação** nas **fibras** foi **reduzida** da **ordem** de **1000 dB/km** para **20 dB/km**. Foram aperfeiçoados os **dispositivos emissores de luz**, como o **LED** (Diodo Emissor de Luz) e o **LASER** (Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação), que possibilitaram o surgimento dos primeiros sistemas de transmissão por fibra óptica.
- ✓ Década 80: Com o **desenvolvimento** das **telecomunicações**, a **capacidade de transmissão dos cabos coaxiais** chegou a seu **limite**, o que causou a sua **substituição gradual** pelo **cabo de fibra óptica**. Nessa década, foram instalados os primeiros **cabos submarinos**, lançando a **transmissão de dados transoceânica**.
- ✓ Era cada vez **menor a taxa de atenuação para as fibras ópticas**, o que foi o fato decisivo para seu sucesso, pela possibilidade de **criação de sistemas maiores** e com **número menor de repetidores**, chegando a **taxas de atenuação atuais abaixo de 0,20 dB/km**.

Característica da Luz

- ✓ É uma **onda eletromagnética**, assim como as **ondas de rádio, radar, microondas e raio X**.
- ✓ É formada por **dois campos, elétrico e magnético**, que são **perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação**.
- ✓ Quanto **maior a frequência, menor o comprimento de onda**.
- ✓ A **luz é uma onda eletromagnética de alta frequência e pequeno comprimento de onda**.
- ✓ A **luz visível é apenas uma pequena parte do espectro eletromagnético**, e possui **comprimento de onda** que varia entre 0,38 nm e 0,75 nm.

Espectro de Frequência



Luz

- ✓ A **distinção** entre as **ondas eletromagnéticas** se faz pela **frequência** ou pelo **comprimento de onda**.
- ✓ A equação que relaciona a **frequência (f)**, **comprimento de onda (λ)** e a **velocidade da onda (V)** é:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

Índice de Refração

- ✓ A **velocidade da luz** (c) no **vácuo** é constante e aproximadamente igual a 300.000 km/s.
- ✓ Em outros **meios**, **sólidos** ou **líquidos**, a **luz** se **propaga** com **velocidade inferior**.
- ✓ A **variação** da **velocidade da luz** e de sua **direção de propagação**, ao passar de um **meio** para **outro** é chamada de **REFRAÇÃO**.
- ✓ O **parâmetro óptico** que **caracteriza** qualquer meio transparente é o índice de refração.

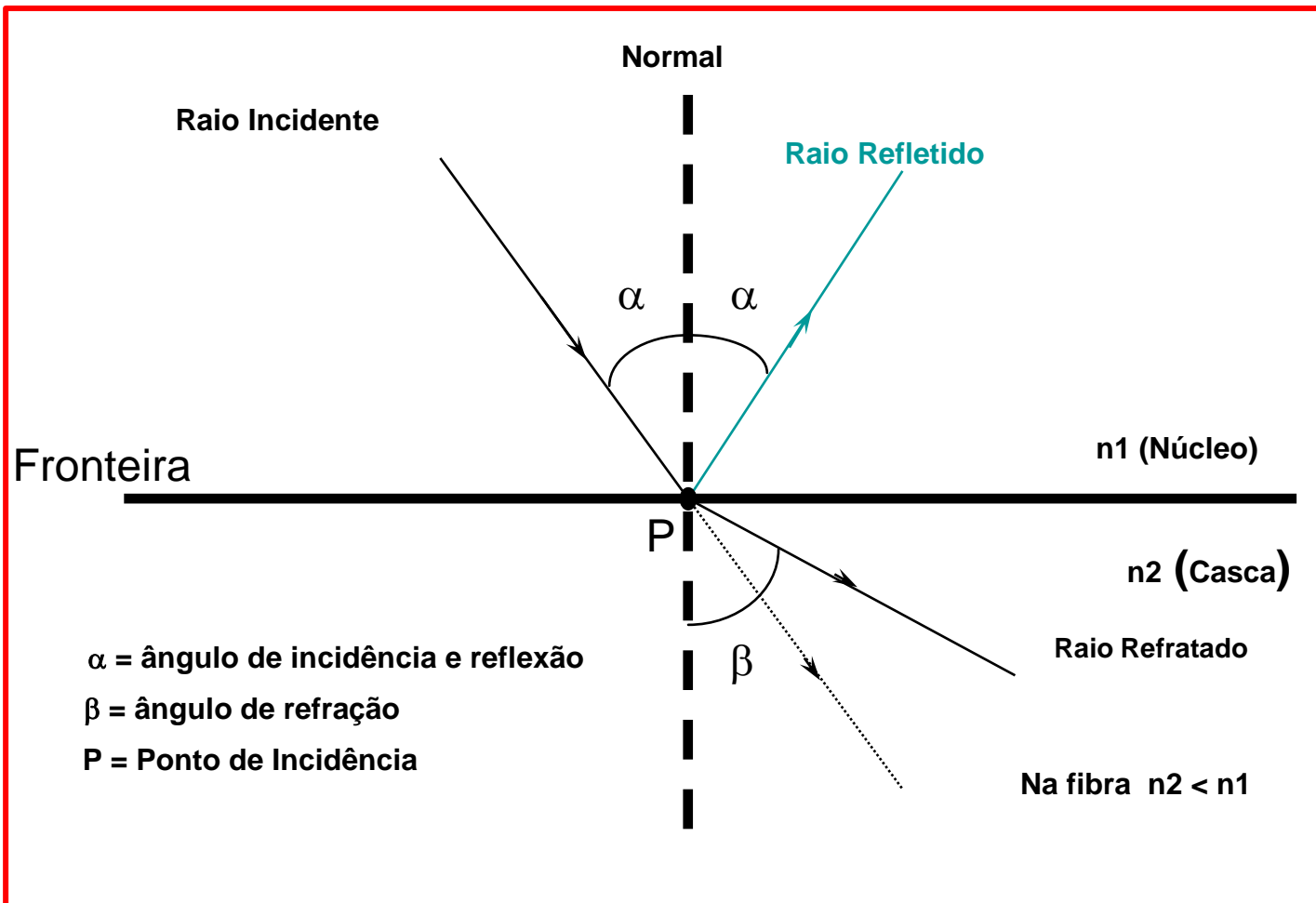
Índice de Refração

- ✓ O **índice de refração** (n) é definido como sendo, a **relação** entre a **velocidade da luz no vácuo** (c) e a **velocidade da luz no meio** (v) em questão.
- ✓ O **índice de refração** é **adimensional**.

$$n = \frac{c}{v}$$

Nota: Ao mudar de meio a luz altera sua velocidade de propagação. O índice de refração quantifica essa mudança.

Nomenclatura do fenômeno da Refração



O fenômeno da refração é regido por duas leis.

Ângulo Limite de Refração

- Para determinarmos o ângulo limite basta notarmos que para o ângulo de incidência nulo teremos ângulo de refração também nulo. À medida que aumentarmos o ângulo de incidência, o ângulo de refração também aumenta.

Ângulo Limite de Incidência – reflexão total

- Consideremos agora o caso em que o meio (1) é mais refringente. Isto é, esse meio tem um índice de refração maior do que o outro meio. Consideremos a luz incidente nesse meio mais refringente.

Agora ver-se-á que o ângulo de incidência atinge um valor máximo o qual é o limite para incidência com a ocorrência de refração.

Índice de Refração

- ✓ O vidro pode ter seu índice de refração **modificado**, bastando para isto, **alterar** sua **composição**.
- ✓ Esta **capacidade** é muito importante na **fabricação da fibra óptica**.

Índice de Refração

Índice de Refração de alguns meios e a velocidade da luz no meio

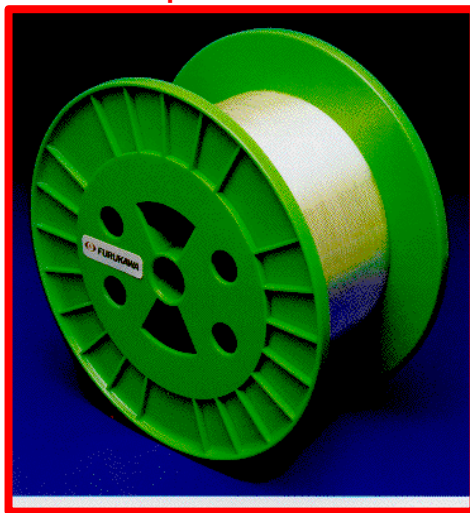
Meio	Índice de Refração (n)	Velocidade da Luz (km/s)
Vácuo	1,0	300.000
Ar	1,0003 (~ 1,0)	300.000
Água	1,33	225.000
Vidro	1,5	200.000
Diamante	2,0	150.000
Silício	3,4	88.000
Arseneto de Gálio	3,6	83.000



Fibra Óptica

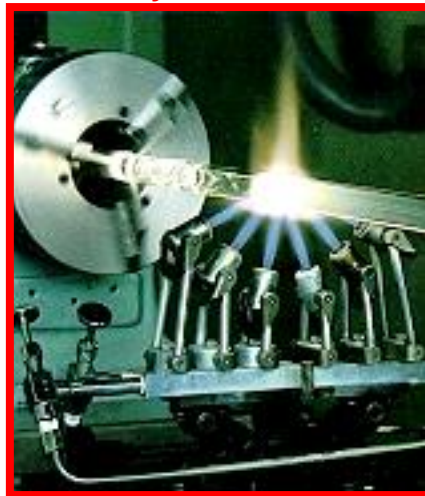
Fabricação de Fibra Óptica

Fibra Óptica em Carretel



Fonte : FURUKAWA

Fabricação da Pré-Forma



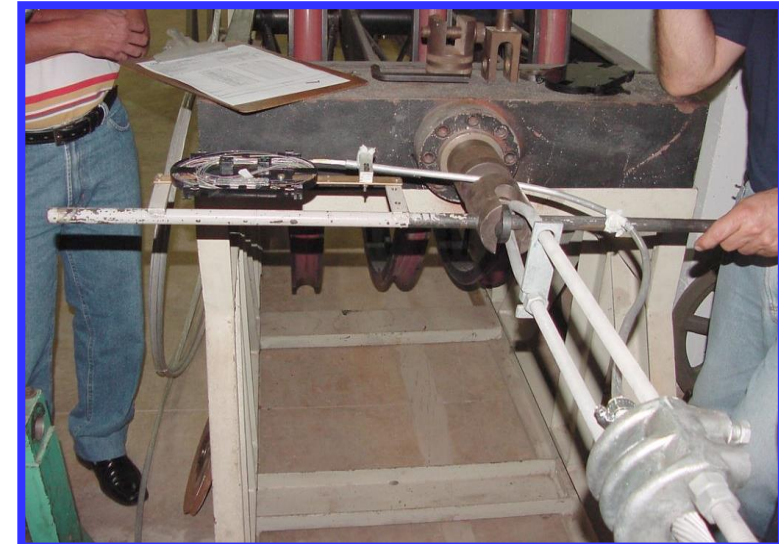
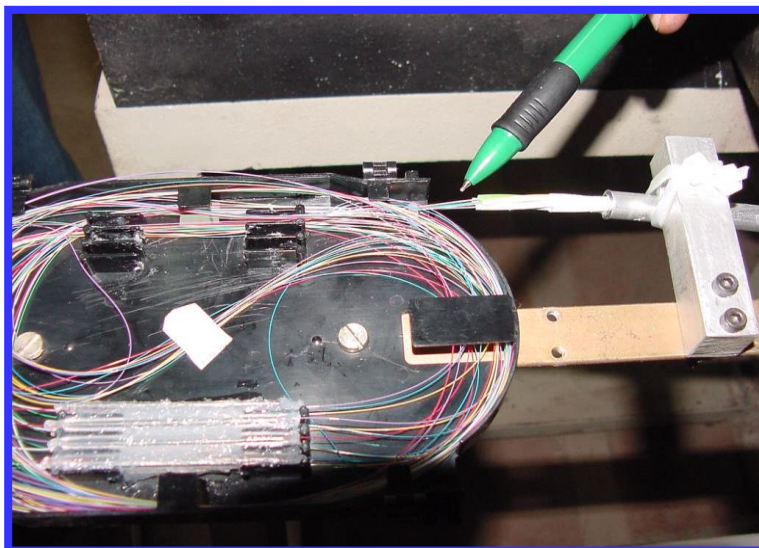
Fonte: Pirelli

Torre de Puxamento



Fonte: Pirelli

Teste de Fibra Óptica no CPqD

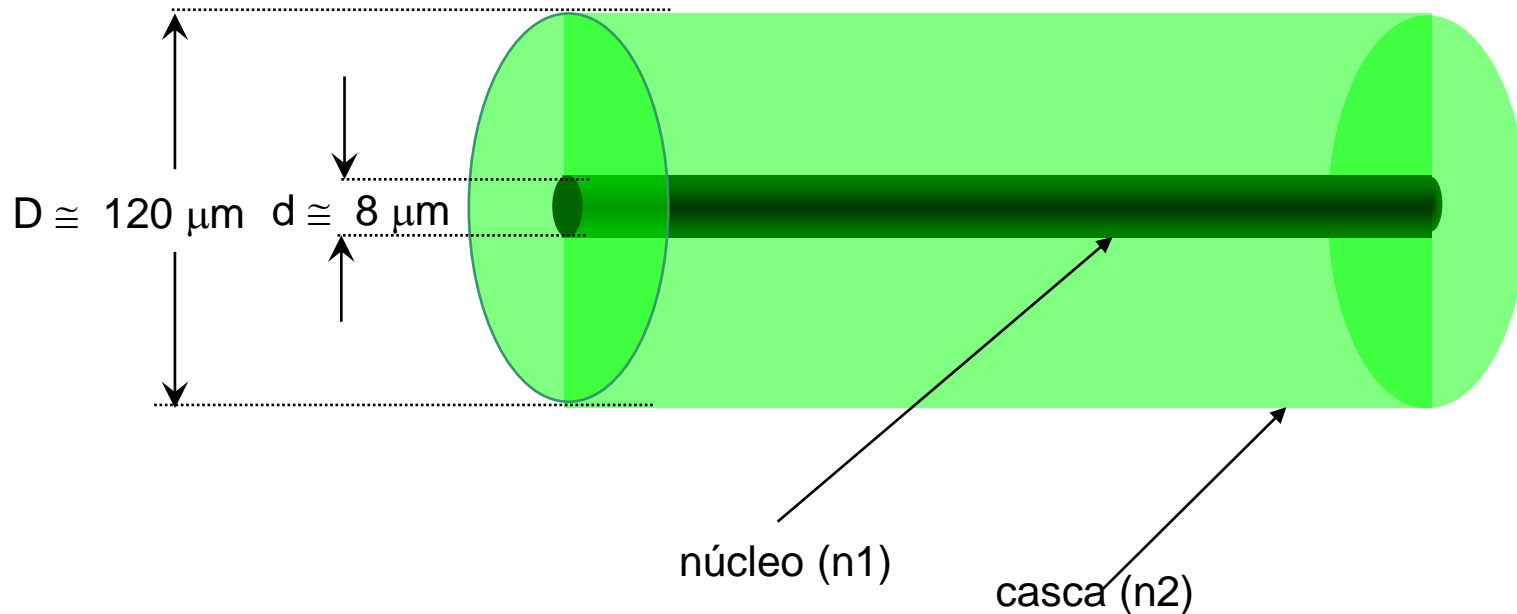


Fibra Óptica

- ✓ Os **sistemas ópticos** atuais, utilizam **luz infravermelho**, com comprimento de onda, entre 0,8 nm e 1,5 nm.
- ✓ Pois a **propagação** de **luz infravermelho** na **fibra ótica** é mais **eficiente** do que a **luz visível** por sofrer menor atenuação.
- ✓ Três **janelas** mais usadas são : **0,85 nm, 1,3 nm e 1,55 nm**. (respectivamente 1^a , 2^a e 3^a janela).
- ✓ Janela é o **termo utilizado** para se **referir** às **faixas** de **comprimento de onda**.

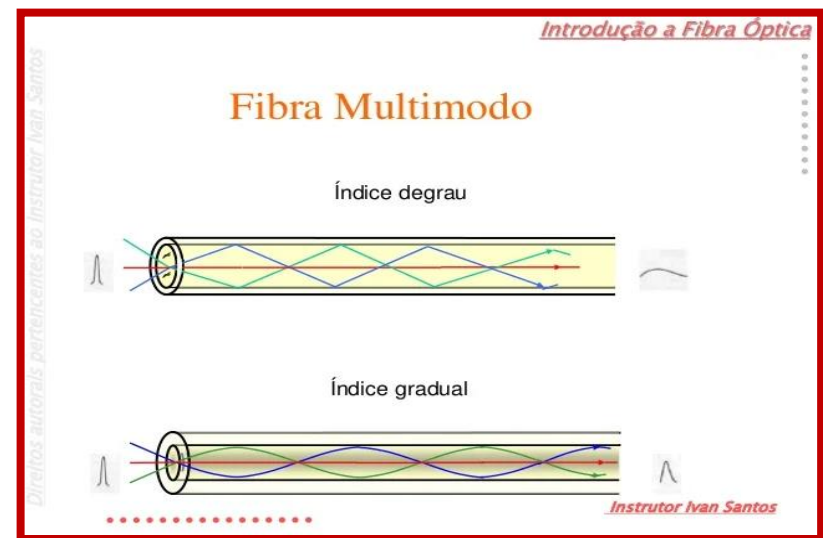
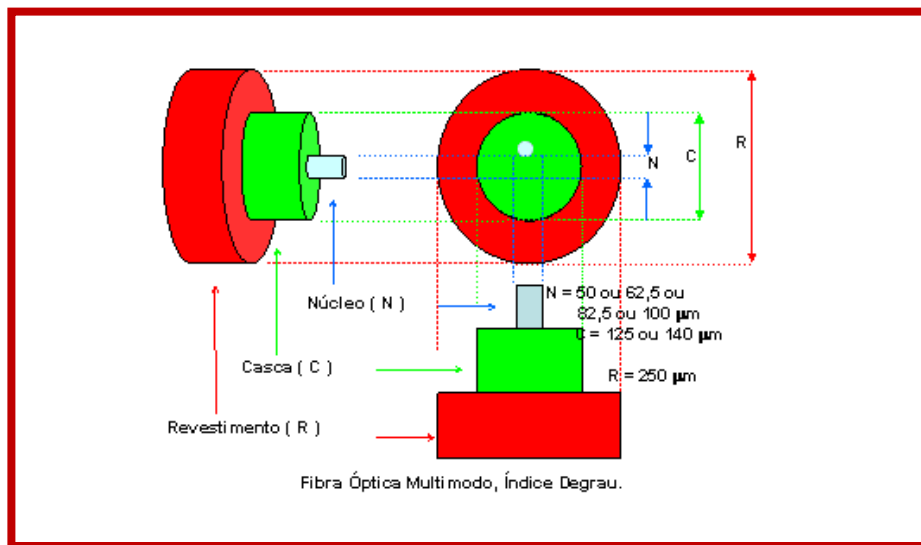
Dimensões da Fibra Monomodo(SM)

- ✓ Permite o uso de apenas um sinal de luz pela fibra.
- ✓ Dimensões menores que os outros tipos de fibras.
- ✓ Maior banda passante por ter menor dispersão.
- ✓ Geralmente é usado laser como fonte de geração de sinal.



Dimensões da Fibra Multimodo(MM)

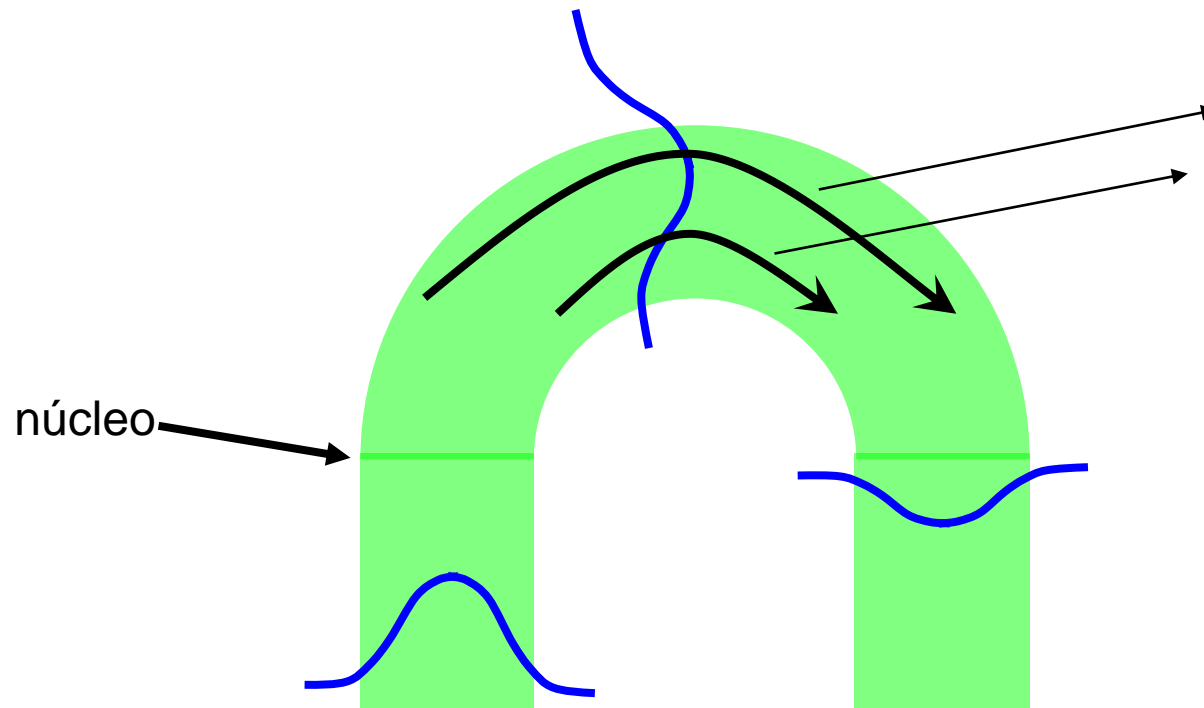
- ✓ A multimodo possui um **núcleo** mais **largo**, por isso a **luz propaga-se** de **forma** mais **dispersa**, **diminuindo** a **velocidade** da **transmissão**.
- ✓ O **diâmetro** do **núcleo** de uma **fibra multimodo** pode variar em **62,5** e/ou **50 micrômetros**, com **diâmetro** do **revestimento** em **125 μm** . Por isso, em alguns cabos/patch cords, pode-se encontrar a informação do tipo de fibra através do código **62,5/125 μm** ou **50/125 μm** .



Nota:

- Na fibra de índice degrau o índice de refração do núcleo é uniforme e completamente diferente do da casca. A refração, nesse caso, ocorre como ilustrado previamente, isto é, somente na interface entre o núcleo e a casca.
- Na fibra de índice gradual o núcleo não possui índice de refração constante, mas este aumenta progressivamente do eixo central até as bordas. Dessa forma, ocorre uma refração gradual à medida que os raios se aproximam das bordas.

Sensibilidade à Curvatura



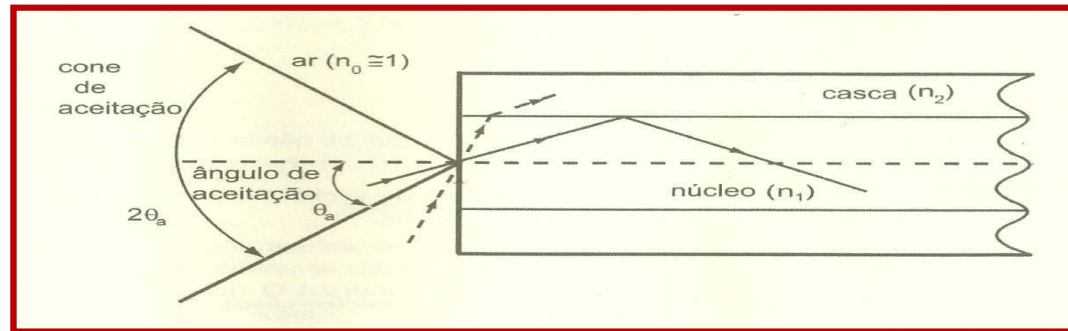
A impossibilidade física de que a parte externa do modo ande na mesma velocidade que a parte interior resulta em perda de energia

Deformações Mecânicas

- ✓ Microcurvatura é uma pequena deformação na fronteira entre o núcleo e a casca e pode ser provocada por qualquer força transversalmente aplicada na superfície da fibra, quando da sua ou fabricação ou uso do cabo óptico.
- ✓ Macrocurvatura é provocada pela curvatura da fibra e os modos são refratados.

Abertura Numérica

- ✓ Nem todo raio de luz que incide no núcleo de uma fibra óptica satisfaz as condições de reflexão interna total na interface núcleo-casca e portanto, não é transmitido pela fibra;
- ✓ Existe um ângulo θ_a , chamado de **Ângulo de Aceitação**, para o qual os raios de luz incidentes na fibra com inclinação superior a ele, não são transmitidos pelo núcleo da fibra, mas penetram na casca onde são fortemente atenuados e desaparecem.



- ✓ A partir da noção do ângulo de aceitação, define-se a **Abertura Numérica (NA)**, de uma fibra óptica;
- ✓ A **abertura numérica** de uma fibra óptica é definida em função da diferença relativa de índices de refração, (Δ), entre o núcleo e a casca da fibra:

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2}$$

Abertura Numérica

- ✓ O parâmetro (Δ) é definido tanto para as **fibras multimodo índice degrau (ID)** como para a índice **gradual (IG)**;
- ✓ Em muitos casos práticos, quando $n_1 \approx n_2$, implica que $\Delta \ll 1$, do ponto de vista prático, a **abertura numérica** é uma **medida** da capacidade da fibra óptica de captar e transmitir luz, ou seja, quanto **maior** for a **abertura numérica**, **maior** é o **ângulo de aceitação** da **fibra** e portanto, maior **potência luminosa acoplada** à **fibra óptica**;
- ✓ Para **aumentar** a **abertura numérica** de uma **fibra óptica**, é necessário **aumentar a diferença** ($n_1 - n_2$).



Junções de Fibras Ópticas

Emendas de Fibras Ópticas - Função e Simbologia

- Elementos que possibilitam a conexão definitiva com reduzida atenuação entre dois segmentos de cabos ópticos.
- Em casos de acidentes de cabos, pode-se usar emendas mecânicas em caráter provisório, antes da restauração definitiva do mesmo.



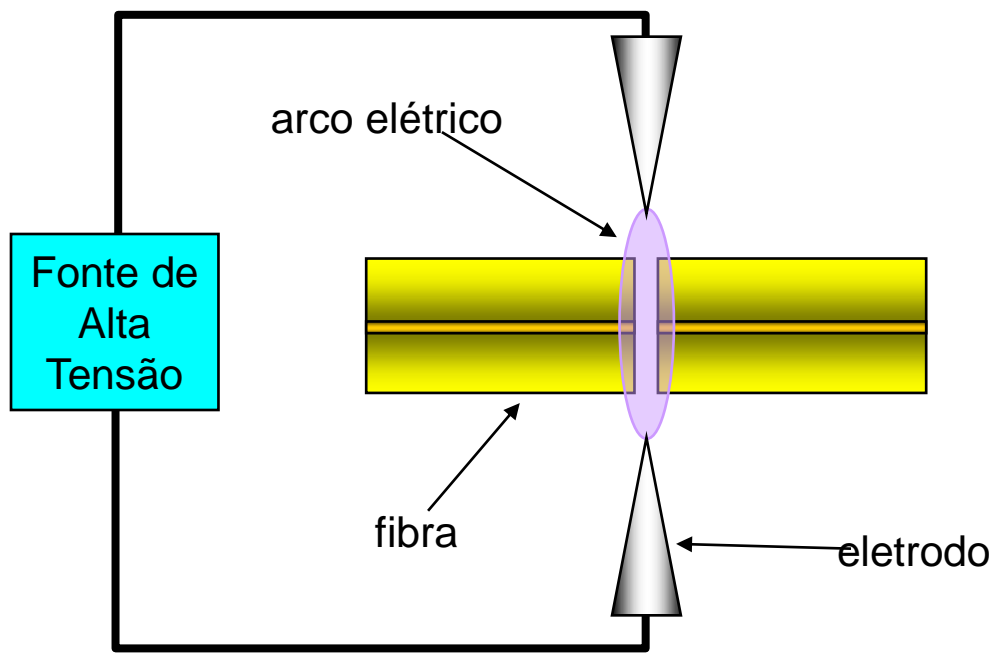
Tipos

- Quanto a tecnologia;
 - **emendas por fusão,**
 - **emendas mecânicas.**
- Quanto a quantidade de fibras;
 - **monofibra**
 - **multifibra**

Componentes da máquina de emenda por fusão

- Elemento soldador (eletrodos) que produz o arco elétrico;
- Sistema de fixação das fibras,
- Sistema de alinhamento das fibras ópticas;
 - injeção e detecção remotos,
 - detecção local e injeção remota,
 - injeção e detecção local,
 - observação direta do núcleo ou casca.
- Câmera de vídeo ou microscópio;
- Programa para estimativa de perda;
- Sistema de tração mecânica longitudinal;
- Forno para aquecimento do elemento protetor da emenda.

Funcionamento emenda por fusão



Fonte : FUJIKURA

Componentes da máquina de emenda por fusão



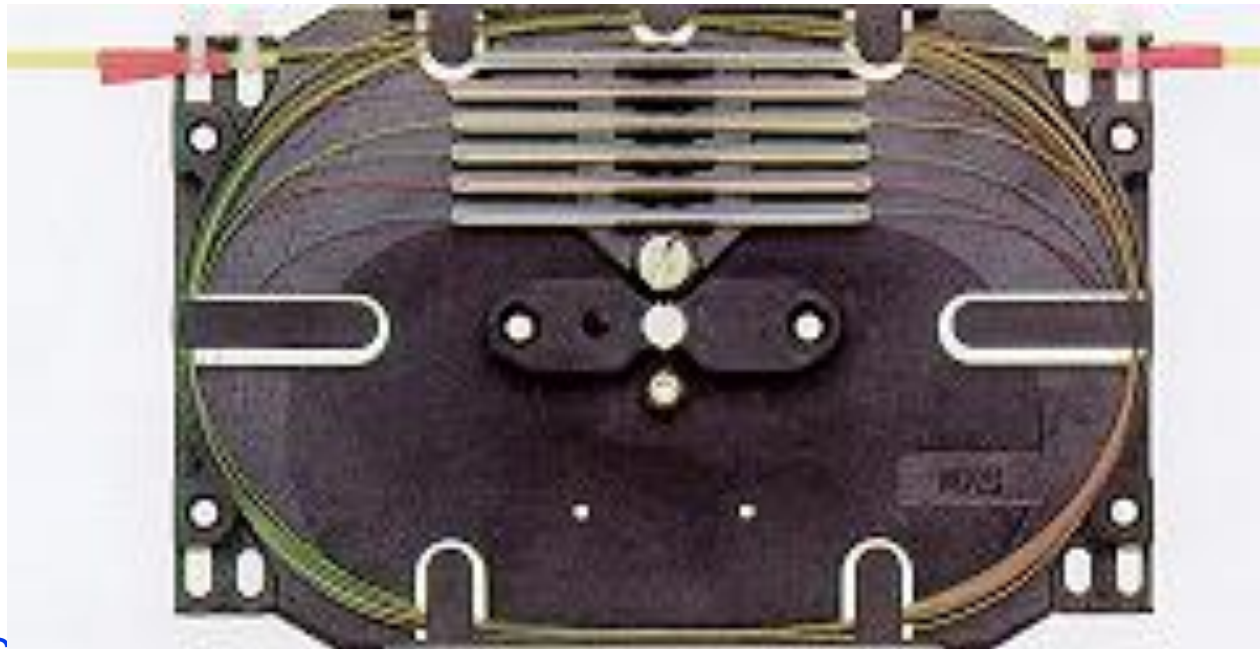
Fonte : JDS FITEL

Componentes da máquina de emenda por fusão



Fonte : AURORA INSTRUMENTS

Proteção para emenda por fusão
estojo de acomodação de emenda



Fonte : RXS



Cabos Ópticos

Definição

- ✓ São estruturas cilíndricas compostas por fibras ópticas do tipo monomodo ou multimodo agrupadas em unidades básicas, por um ou mais elementos de tração e por revestimentos, enfaixamentos e compostos destinados à proteção das fibras ópticas.

Função do Cabo Óptico

- Tem a função de **proteger, agrupar e organizar as fibras ópticas durante a instalação, operação e vida útil, contra a ação do meio ambiente, vandalismo e acidentes.**

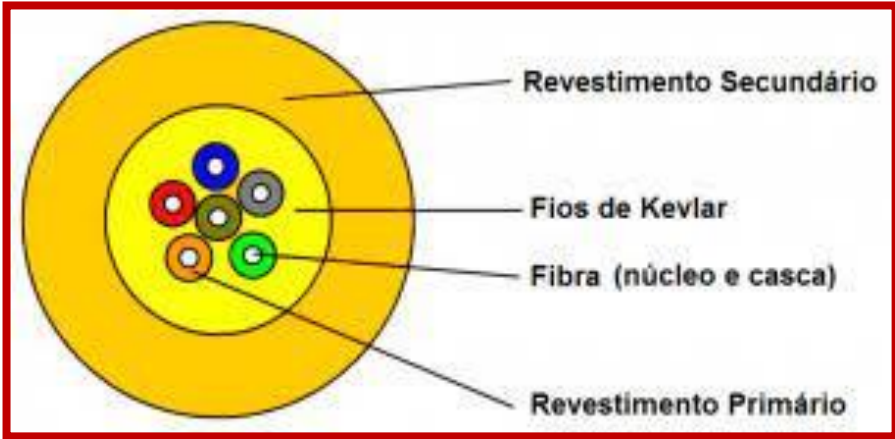
Estrutura/Partes

- ❖ Fibras ópticas
- ❖ Unidades básicas
- ❖ Elementos de tração
- ❖ Enfaixamentos
- ❖ Elemento impregnante
- ❖ Capa externa

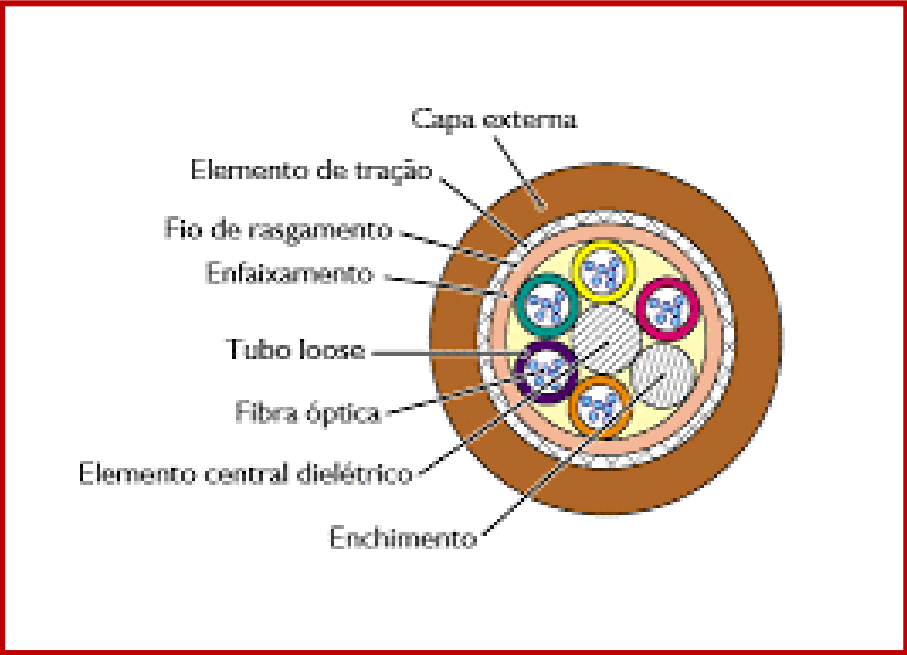
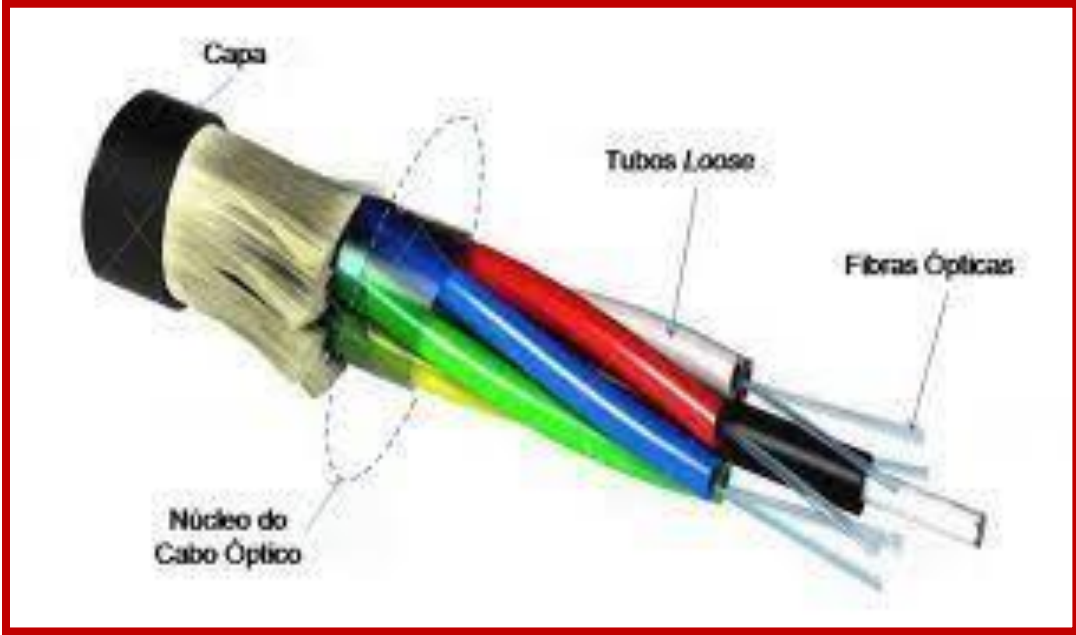
Empacotamento das fibras nos Cabos Ópticos

- Estrutura “Loose” - fibras ópticas soltas em tubos ou ranhuras.
- Estrutura “Tight” - fibras ópticas vinculadas ao elemento de tração.
- Estrutura “Ribbon” - fibras ópticas reunidas em forma de fita.

Estrutura "loose"



Estrutura "Tight"



Estrutura "Ribbon"



Fibra Óptica Colorida

Adesivo

Unidade Básica AccuRibbon



Unidades Básicas Lightpack

Fácil identificação da fibra óptica, são codificadas por cor para facilitar a identificação individual das mesmas.



Ribbon - As fibras são agrupadas em fitas de 12 fibras dentro de um tubo central. Possui as mesmas vantagens do core tube somadas às facilidades de localização das fibras

Componentes

- ❖ As fibras são colocadas no interior de tubos fabricados com polímeros.
- ❖ Os cabos apresentam geleia, a base de silicone ou petróleo, como composto impregnante.
- ❖ Capa de polietileno, responsável pela proteção contra a penetração de umidade no sentido longitudinal.

Tipos

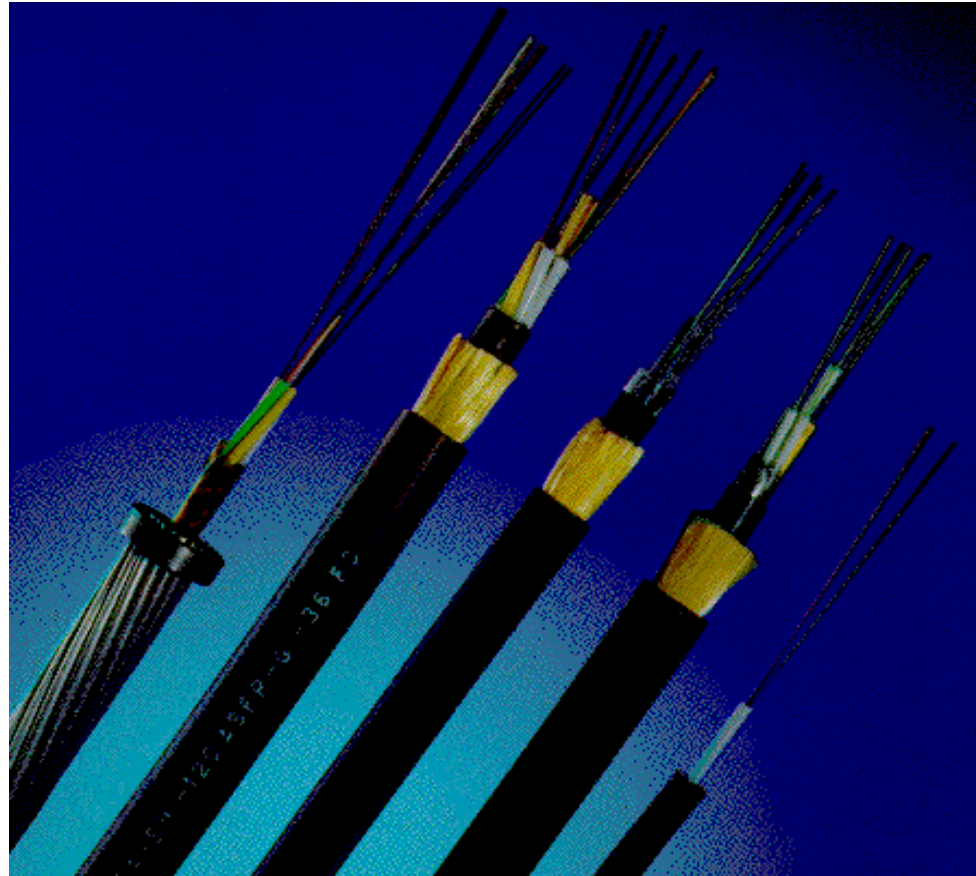
Dielétrico

- Em duto
- Enterrado
- Protegido enterrado
- Aéreo autosustentado
- Interno

OPGW

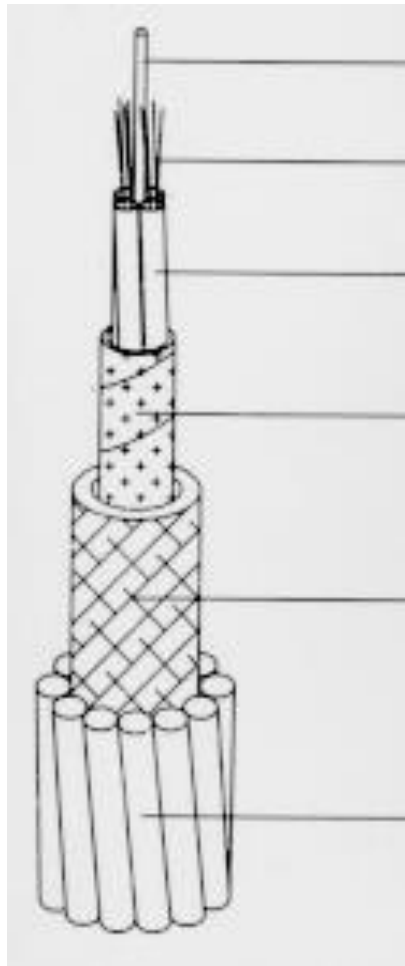
- Aéreo
- Submarino

Tipos de cabos ópticos Dielétrico



Fonte : PIRELLI

Cabo OPGW



Elemento Central de FRP (haste de grande resistência e de pouco peso para cabo óptico)

Fibras ópticas

Tubos de Termoplástico

Fitas de Enfaixamento

Tubo de Alumínio

Fios de Aço-Alumínio

Código de cores

Unidades básicas:

- **Tubo verde (piloto)(grupo 1)**
 - **Tubo amarelo (direcional)(grupo 2)**
- **Demais tubos, brancos com contagem seqüencial a partir do amarelo.**

Fibras

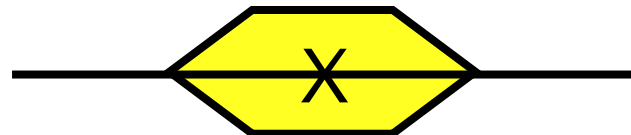
- 1- verde
- 2- amarela
- 3- branca
- 4- azul
- 5- vermelha
- 6- violeta
- 7- marrom
- 8- rosa
- 9- preta
- 10- cinza
- 11- laranja
- 12- água marinha



Caixas de Emenda

Caixas de Emenda: Função e Simbologia

- Abrigar e proteger as emendas de fibras ópticas contra esforços e choques mecânicos, umidade, vandalismo, etc...;
- Permitir a organização das emendas e do excesso técnico de fibra armazenado de forma a minimizar qualquer efeito atenuação por curvaturas;
- Restaurar a integridade da capa do cabo, dando continuidade mecânica ao elemento de tração;
- Permitir reentradas, derivações e rearranjos;
- Prover continuidade elétrica e aterramento quando necessário.



Parâmetros importantes

Sistema de fechamento;

Tipos de configuração;

Tipos de bandeja;

Capacidade;

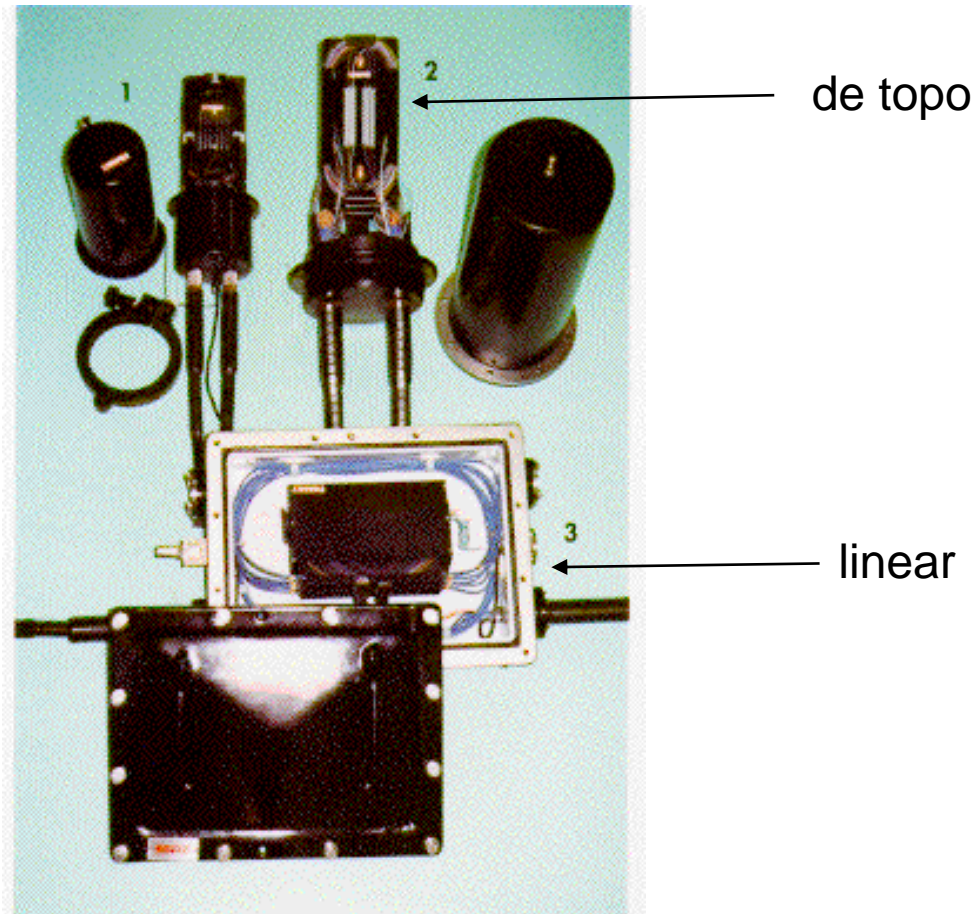
Facilidade de manutenção;

Identificação de fibras;

Facilidade para sangria;

Comprimento de corte do cabo.

Tipos de caixa de emenda



Caixa de emenda de topo instalada em cabo OPGW

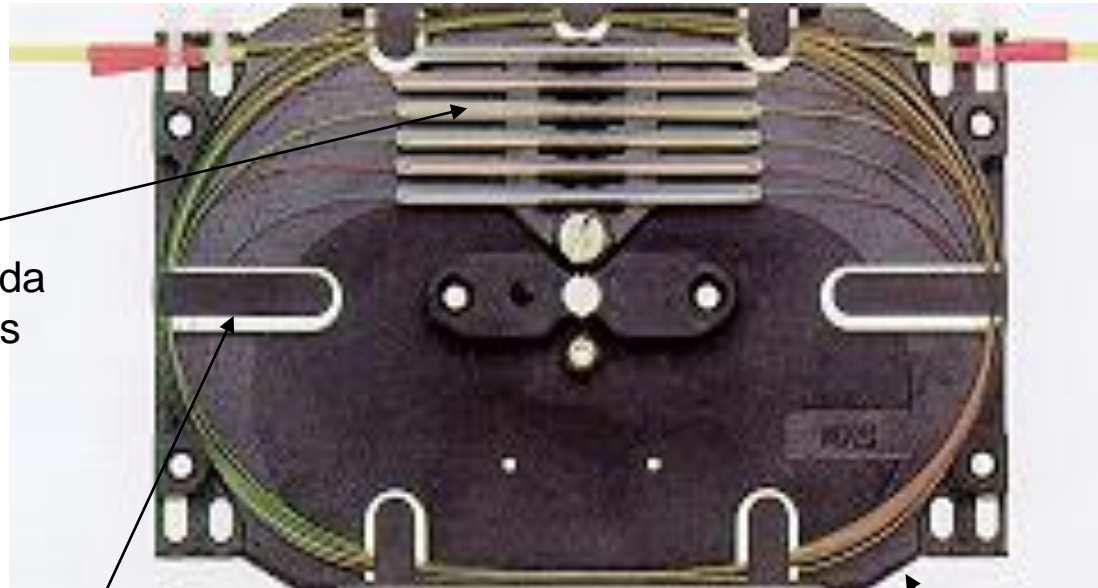


Fonte : FURUKAWA

Bandejas funções

- **Acomodar as fibras de maneira ordenada e permitir sua reutilização;**
- **Acomodar o excesso técnico sem provocar aumento da atenuação;**
- **Permitir o acesso a todas as fibras com segurança;**
- **Permitir a acomodação de emendas por fusão, mecânicas ou dispositivos ópticos.**

Bandejas funções



ordem pré-determinada
de acomodação das
emendas

facilidades para remoção de fibras
em caso de se refazer emendas

excesso técnico de fibra
acomodado sem curvaturas críticas



Emenda de Cabos Ópticos Prática

Procedimentos para a realização de uma Emenda em Campo

- ❖ Serviços preliminares;
- ❖ Acessórios;
- ❖ Equipamentos;
- ❖ Ferramentas;
- ❖ Materiais;
- ❖ Cuidados.

Serviços preliminares

- Estar de posse do projeto completo;
- Estar de posse da planilha de testes dos cabos efetuados após o lançamento;
- Elaborar plano de trabalho para a rota (equipamentos, ferramentas, posição das equipes de medição e emenda, etc.);
- Atender orientações/exigências quanto à obras e serviços da empresa contratante;
- Ter conhecimento e prática do tipo de caixa de emenda.

Acessórios

- Dispositivos para sinalização de obras e serviços;
- Dispositivo de energia elétrica;
- Escada;
- Lona;
- Ventilador e/ou ar condicionado;
- Barraca
- Bancada de trabalho com suporte de fixação de cabos;
- Cadeira;
- Sabão neutro;

Equipamentos

- Máquina de emenda por fusão ou dispositivo para emenda mecânica;
- Sistema de comunicação;
- Adaptador para fibras nuas;
- Aquecedor para protetor da junção (se necessário).

Ferramentas para preparação do cabo e caixa de emenda

- Trena;
- Fita crepe;
- Cortador circular e longitudinal da capa do cabo;
- Ferramentas para corte de cabos, elementos de tração, tubos plásticos, enfaixamentos, etc.;
- Chaves para parafusos de diferentes tipos;
- Arco de serra;
- Chaves e boca fixa e regulável;
- Cortador circular e longitudinal de tube loose;
- Extratores de revestimentos de fibras ópticas;
- Clivador;
- Acessórios específicos conforme o tipo de caixa de emenda.

Materiais para preparação do cabo e caixa de emenda

- Caixa de emenda;
- Álcool isopropílico;
- Vaselina líquida;
- Compressa de gaze;
- Papel absorvente;
- Braçadeira plástica;
- Estopa;
- Fitas adesivas;
- Hastes flexíveis com algodão;
- Suporte para acomodação da caixa de emenda;
- Fio de espinar.

Cuidados

- Não direcionar aos olhos qualquer extremidade de fibra óptica;
- Usar óculos de segurança;
- Não esfregar os olhos quando estiver clivando fibras ópticas;
- Todos os restos de fibras ópticas devem ser depositadas em recipiente próprio;
- Durante o processo de emenda, manter o ambiente limpo e organizado.

Montagem da Caixa de Emenda Óptica

- Ler atentamente o manual de instalação da caixa de emenda;
- Solicitar informações adicionais quanto à distribuição das fibras ópticas nos estojos e encaminhamento das unidades básicas;
- Fazer uma montagem preliminar para treinamento.



A única coisa que interfere com meu aprendizado é a minha educação. Educação é o que resta depois de ter esquecido tudo que se aprendeu na escola.

(Albert Einstein)

kdfrases

FIM