



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENG^a ELÉTRICA**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

SÉRGIO FAUSTINO RIBEIRO

Relatório apresentado à Coordenação de Estágios em Engenharia Elétrica da UFPB como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Campina Grande, Janeiro de 1999

ESTAGIÁRIO: Sérgio Faustino Ribeiro

MATRÍCULA: 9211075-3

EMPRESA: Bahtel – Engenharia e Comércio Ltda

LOCAL: Salvador-Ba

SUPERVISOR: Aldo Cezar Gianini Godoy

TIPO DE ESTÁGIO: Integrado

PERÍODO DE ESTÁGIO: 03/11/97 a 30/04/98

PROFESSOR ORIENTADOR: Bruno Albert

COORDENADOR DE ESTÁGIOS: Ricardo Loureiro



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

1. AGRADECIMENTOS	2
2. INTRODUÇÃO	3
3. A EMPRESA	4
4. SIMBOLOGIA	5
5. FASES DO ESTÁGIO	6
6. REDES TELEFÔNICAS	7
6.1 Serviços Classe <i>G</i>	7
6.2 Serviços Classe <i>L</i>	8
6.3 Serviços Classe <i>C</i>	9
6.4 Serviços Classe <i>B</i>	11
6.5 Serviços Classe <i>F</i>	12
7. FIBRAS ÓPTICAS	13
7.1 Conceitos	13
7.2 Classificação das Fibras Ópticas	14
7.3 Características das Fibras Ópticas	18
7.4 Características Mecânicas	22
8. CABOS ÓPTICOS	23
8.1 Estrutura	23
8.2 Materiais	23
8.3 Tipos e Modelos	23
8.4 Técnicas de Lançamento em Duto, Aéreo e Enterrado	24
9. JUNÇÕES DE FIBRAS ÓPTICAS	25
9.1 Os Conectores Ópticos	27
9.2 Tipos de Conectores	27
10. EMENDAS DE FIBRAS ÓPTICAS	28
10.1 Emenda de Fibra Óptica por Fusão	28
10.2 Emenda Mecânica	31
11. CAIXA DE EMENDA ÓPTICA	33
11.1 Tipo de Configuração	33
11.2 Tipo de Bandeja para Acomodação de Fibras Ópticas	34
11.3 Principais Funções da Caixa de Emenda	35
12. MEDIDAS ÓPTICAS	36
12.1 Medidor de Potência e Fonte de Luz	36
12.2 Medidas com Medidores de Potência e Fonte de Luz	37
12.3 O Reflectômetro Óptico (OTDR)	38
12.4 Medidas com o OTDR	41
12.5 Ferramentas e Acessórios	43
13. SÍNTESE DOS TRABALHOS REALIZADOS	44
14. CONCLUSÃO	46
15. BIBLIOGRAFIA	47
16. ANEXOS	48

1. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter conseguido conquistar esta etapa da vida.

Agradeço aos meus pais pelo enorme apoio e incentivo que me prestaram.

Agradeço aos meus irmãos por estarem ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Não posso deixar de agradecer o meu orientador, Bruno Albert, que apesar de estar freqüentemente ocupado sempre reservou parte de seu tempo para me atender.

Gostaria de agradecer os funcionários da BAHTEL, especialmente o Eng^o Nélio Luz pela oportunidade de estágio que me ofereceu na empresa.

Por fim agradeço aos caros colegas que compartilharam comigo horas de estudo, sacrificando dias e noites afincos.

2. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem por finalidade descrever minuciosamente as atividades do estágio na BAHTEL - ENGENHARIA E COMÉRCIO LTDA em período integrado, que teve início no dia 03/11/97 e término no dia 29/04/98, perfazendo uma carga horária total de 816 horas.

O estágio foi, basicamente, dividido em cinco fases distintas:

1. Supervisão Classe *G* : verificava-se procedimentos de canalização subterrânea;
2. Supervisão Classe *L* : verificava-se procedimentos de lançamento de cabos telefônicos de diversas capacidades;
3. Supervisão Classe *C* : observava-se serviços preliminares para realização de emendas de cabos telefônicos;
4. Supervisão Classe *B* : verificava-se procedimentos de instalação e reparo de linhas telefônicas de assinantes;
5. Supervisão Classe *F* : Foi assistido um curso de treinamento sobre emendas de cabos de fibra óptica, como também medidas de perdas ópticas em lances de fibra óptica.

Encerrado estas fases, o estágio foi direcionado ao setor administrativo, onde foram vistos procedimentos de cobrança dos serviços executados aos clientes da empresa.

3. A EMPRESA

A BAHTEL - ENGENHARIA E COMÉRCIO LTDA é uma empresa privada detentora do AQT (Atestado de Qualificação Telebrás) em todas as classes de mão-de-obra de Construção de Redes Telefônicas metálicas e recentemente qualificada também em Construção de Redes em Fibras Ópticas. Sua sede localiza-se no município de Lauro de Freitas, região metropolitana de Salvador-Ba. Porém suas principais atividades são administradas em sua filial localizada na periferia da capital baiana.

A empresa presta serviços a clientes como a TELEBAHIA S.A. e a PIRELLI na área de redes telefônicas fixas. Trata-se de uma empresa nova no mercado, fundada no ano de 1994 pela associação de um engenheiro electricista (Sr. Nélio Luz), um engenheiro mecânico (Sr. Sérgio Nunes) e um técnico sênior (Sr. João Rachid), que compõem a diretoria da empresa.

O corpo de funcionários da empresa é composto por diretores, gerentes, supervisores, auxiliares técnicos, almoxarifes, encarregados, técnicos de instalação, secretários, telefonistas, cabistas e operadores.

4. SIMBOLOGIA

No decorrer do relatório, surgirão abreviações desconhecidas pelo leitor. Por isso segue-se abaixo uma lista de abreviações com seus significados para melhor compreensão do leitor.

- AQT : Atestado de Qualificação Telebrás
- CEV : Caixa Externa Ventilada
- CS : Caixa Subterrânea
- CTC : Central Telefônica Comunitária
- DG : Distribuidor Geral
- DGO : Distribuidor Geral Óptico
- ILA : Instalador de Linhas e Aparelhos
- ISO: Internacional Standard Organization
- MARE : Manual de Atividades de Rede Externa
- OTDR : Optical Time Domain Reflectometer
- RT : Remota
- TC : Transdutor de Contato
- TP : Telefone Público
- TPr : Transdutor de Pressão

5. FASES DO ESTÁGIO

Como foi visto na introdução, o estágio foi, basicamente, dividido em cinco fases. Será agora descrito minuciosamente as atividades realizadas em cada uma destas fases, exceto, é claro, aquelas que não têm relevância para a análise do estágio.

Antes é importante definir cada uma das classes de mão-de-obra abordadas na introdução do presente relatório.

Toda gama de atividades de construção, retirada, demolição e manutenção de rede externa é executada basicamente por cinco diferentes classes de mão-de-obra a saber:

- a) Classe *G*: mão-de-obra empregada nas atividades de construção, demolição e manutenção de canalização subterrânea;
- b) Classe *L* : mão-de-obra empregada nas atividades de instalação, retirada e manutenção de linhas de postes, cabos aéreos, cabos subterrâneos, cabos ópticos e equipamentos associados;
- c) Classe *C* : mão-de-obra empregada nas atividades referentes a emendas, manutenção e serviços correlatos em cabos multipares;
- d) Classe *F* : mão-de-obra empregada nas atividades referentes a emendas, manutenção e serviços correlatos em cabos ópticos;
- e) Classe *B* : mão-de-obra empregada nas atividades referentes a instalação, retirada, manutenção e substituição de linhas, fios, aparelhos telefônicos, TP's e equipamentos associados.

6.1 Serviços Classe G

São apresentados abaixo alguns dos vários serviços associados a esta classe, cada qual mencionando algumas de suas atividades envolvidas.

- Construção de Linha de Dutos e Subdutos;

Atividades Envolvidas:

Esgotamento e limpeza de caixas subterrâneas existentes; demolição e/ou remoção de pavimentação de superfície; colocação de fita de aviso; teste com mandril; recomposição da pavimentação.

- Construção de Caixas Subterrâneas;

Atividades Envolvidas:

Demolição da pavimentação; construção de alvenaria em tijolos ou blocos; assentamento da caixa subterrânea pré-moldada; pintura; identificação da CS; reaterro e compactação; recomposição da pavimentação.

- Construção de Armário em Alvenaria;

Atividades Envolvidas:

Demolição da pavimentação; montagem e instalação de armação; construção de paredes de tijolos e reboco; pintura; reaterro e compactação; recomposição da pavimentação.

É importante esclarecer que esgotamento de caixa subterrânea é a retirada de água de chuva da CS manualmente ou por meio de aspiradores. Teste com mandril é um teste que se faz utilizando um pequeno cilindro plástico ou metálico com diâmetro praticamente igual ao do duto onde é inserido e levado de um extremo ao outro do mesmo para verificação de sua possível obstrução.

Duto nada mais é do que um tubo de PVC onde são lançados subdutos ou cabos telefônicos de diversas capacidades. Subduto é a associação paralela de quatro pequenos tubos de PVC onde são lançados cabos ópticos. As figuras 01 e 02 ilustram estes dois tipos de tubos de PVC.

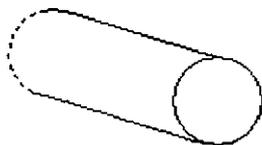


Fig. 01 - Duto

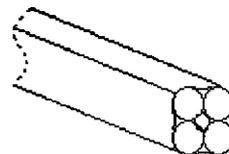


Fig. 02 - Subduto

Esta fase do estágio foi realizada durante duas semanas em vários bairros de Salvador com o acompanhamento de um supervisor da área, com a finalidade de somar conhecimentos técnicos e habituar-se com os problemas que ocorrem no dia-a-dia, além de adquirir um jargão técnico da área.

6.2 Serviços Classe L

É descrito abaixo alguns dos serviços referentes à classe L.

- Instalação de cabo espinado, em cordoalha existente;
- Instalação de cabo óptico espinado, em cordoalha existente;
- Instalação de cordoalha quando executada isoladamente;
- Instalação de cabo auto-sustentável;
- Retirada de cabo aéreo;
- Instalação/retirada de cabos subterrâneos em dutos, subdutos, túneis, galerias e subdutos em dutos;
- Instalação/retirada de cabos ou subdutos diretamente enterrados;
- Instalação/retirada de tubo de subida lateral;
- Instalação/retirada de armários.

Segue no anexo 1 uma tabela de classificação dos cabos, onde encontra-se cabos de diversas capacidades como CTP-APL 40x30P, CTP-APL 40x300P, CT-APL 50x2400P, entre outros. Vale salientar que cabos CTP-APL possuem pares metálicos com revestimento plástico, e os CT-APL possuem pares metálicos com revestimento de papel.

Cordoalha nada mais é do que um cabo de aço preso de um poste ao outro, com a finalidade de sustentar cabos telefônicos por meio de espinamento dos mesmos. Ou seja, ao realizar o lançamento de cabos aéreos, faz-se uso de uma máquina rotativa, o espinador, que espina (enrola) o cabo telefônico na cordoalha por meio de fio metálico.

Geralmente aterra-se a cordoalha utilizando-se hastes até que o aterramento não ultrapasse 30 ohms de resistência.

Os cabos aéreos geralmente terminam em caixas aéreas chamadas CEV onde são emendados a outros cabos, ocorrendo então a sangria (veja figura 03).

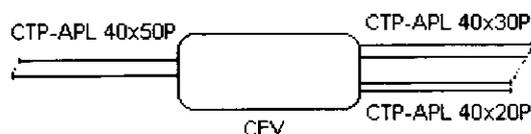


Fig. 03 – Sangria em cabo telefônico aéreo por meio de CEV

Cabos auto-sustentáveis são cabos que possuem sua própria cordoalha no interior de seu revestimento. Cabos subterrâneos são cabos telefônicos, geralmente de grande capacidade, lançados em dutos ou subdutos. Para realizar o lançamento desses cabos, prende-se a eles um fio-guia (fio no interior do duto) numa extremidade do duto e puxa-se, manualmente ou por meio de motor a diesel, na outra extremidade. Quando esses cabos telefônicos são de grande capacidade (2400 pares, por exemplo), recomenda-se melá-los, durante o lançamento, com cálcio a fim de amenizar o atrito com o duto.

Cabos ou subdutos diretamente enterrados são aqueles que não são lançados em dutos, porém são realmente enterrados na terra. Com isso economiza-se tubos de PVC e são ideais em lances quilométricos.

Tubo de subida lateral são, geralmente, tubos de ferro com cerca de 2m de altura presos a postes, por onde passam cabos telefônicos interligando CS e CEV.

Armários são estruturas metálicas onde encontram-se os cabos Primário e Secundário, com a finalidade de efetuar o jameamento entre ambos.

Cabos Primários são cabos telefônicos que partem das centrais telefônicas (DG's) e terminam nos armários. Cabos Secundários são cabos telefônicos que partem dos armários e terminam em CEV's. Das CEV's partem cabos ou mesmo linhas telefônicas que terminam no aparelho telefônico do assinante.

6.3 Serviços Classe C

Estão descritos abaixo alguns dos serviços associados à classe C. Vale salientar que os serviços descritos até o momento estão tabelados e precificados em um manual da Telebrás chamado MARE – Manual de Atividades de Rede Externa. É por meio deste manual que a empresa cobra os serviços prestados.

- Abertura e fechamento de emenda;
- Junta de condutores;
- Pressurização em cabo existente;
- Confeção de bloqueios;
- Teste de cabo;
- Instalação/retirada de jumper.

Ao se realizar uma emenda de cabos telefônicos faz-se primeiro a preparação e limpeza das pontas dos cabos a serem emendados. Então executa-se a junta de condutores dos pares metálicos dos cabos utilizando junta torcida ou conector mecânico.

Depois de realizada as juntas de todos os pares metálicos, ou de uma determinada quantidade

de pares exigida, faz-se o fechamento da emenda por meio de Luva, Semi-luva, Manta e acessórios. A Luva é uma chapa metálica de zinco utilizada para envolver a emenda e fixada por solda. A Semi-luva é um pequeno tubo metálico de redução lateral. A Manta é uma borracha termocontrátil usada para vedar as frechas deixadas pela Luva. Terminada a emenda, verifica-se se há algum vazamento de ar seco na Luva por meio de espumas. O gás utilizado na pressurização dos cabos é o nitrogênio seco por se tratar de gás seco, evitando assim que os pares metálicos ficassem úmidos.

É importante salientar que todo cabo telefônico é pressurizado. As centrais telefônicas possuem um sistema de injeção de pressurização a fim de manter os cabos pressurizados e assim verificar se há algum furo no cabo ou na emenda, detectando vazamento de ar por meio de pequenos aparelhos instalados nas emendas chamado Transdutor de Pressão (TPr), que envia sinal para a central telefônica caso haja redução de pressão.

Vale frisar que todo este cuidado com a pressurização do cabo não é à toa. A rede telefônica possui uma aversão muito grande à umidade. Portanto se há um vazamento de gás na rede, qualquer água de chuva pode colocar a perder muitas ligações telefônicas, gerando transtorno e prejuízo ao assinante, que deixa de concluir um negócio por telefone, e à concessionária telefônica, que deixa de faturar dinheiro pelas inúmeras ligações telefônicas não realizadas.

Além do TPr, também é instalado na emenda um aparelho chamado TC (Transdutor de Contato). Este envia alarme à central telefônica caso haja corte indevido de cabo telefônico. Recentemente isto vem ocorrendo com certa frequência em grandes centros urbanos por vândalos que roubam o cabo para vendê-lo a terceiros.

Quando as emendas ocorrem em túneis, galerias e sala de DG de centrais telefônicas, realiza-se a confecção de bloqueio no cabo próximo à emenda. Para isso retira-se cerca de 30cm de revestimento do cabo sem danificar os pares metálicos e então insere-se resina bloqueadora e fecha-se o cabo. O bloqueio possui a finalidade de impedir a passagem de ar pressurizado para o DG. A figura 04 ilustra o uso de bloqueio em cabo telefônico com emenda.

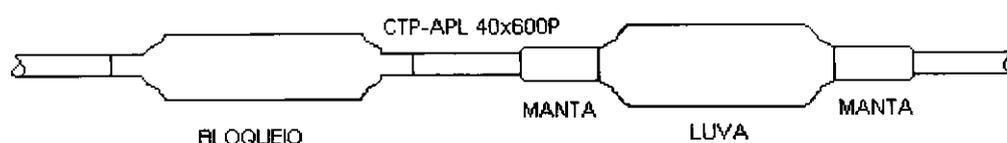


Fig. 04 -- Bloqueio e emenda em cabo telefônico

As emendas em cabos aéreos são realizadas em caixas chamadas CEV.

Depois de realizada as emendas em cabos telefônicos, deve-se manter um trabalho de manutenção da rede. Por isso, são freqüentemente acionados equipes responsáveis pelo diagnóstico de cabos da rede. Elas realizam os seguintes testes em pares vagos (pares metálicos sem assinantes):

- Identificação
- Aberto
- Trocado
- Invertido
- Isolação
- Ruído

O teste de Identificação é feito observando-se a numeração do par metálico localizada em determinado cabo. Por exemplo, par 625 do cabo 5.

Os testes Aberto, Trocado e Invertido são testes onde se observam a continuidade do par metálico.

A isolação é um teste onde se verifica o isolamento do par metálico por meio de instrumento chamado Megômetro. Este teste identifica um curto ou par cruzado no cabo.

Ruído é um teste onde se mede a atenuação de paradiáfonia. Para a Telebahia, o valor medido, corrigido pelas atenuações dos pares interferentes e interferidos, a 1600Hz, deve ser superior ou igual a -58dBm. O anexo D mostra um instrumento chamado Psômetro usado para realizar este teste.

Todos estes testes são realizados a fim de se verificar o estado do cabo telefônico. É a partir do diagnóstico que se pode tomar decisões tais como: retirar o cabo (quando possui baixa isolação), destinar alguns pares metálicos a assinantes e outros a linha de dados. Por exemplo, para a Telebahia, um par metálico com isolação abaixo de $100M\Omega$ é inadequado para assinantes. O par é adequado para linha de dados quando possui isolação acima de $1000M\Omega$ e atenuação superior a -70dBm.

Segue no anexo 2 tabela de simbologia de rede. Estas simbologias são usadas na confecção de projetos de redes telefônicas.

6.4 Serviços Classe B

Basicamente esta classe de serviço realiza instalação e reparo de linhas telefônicas de assinantes. Alguns serviços prestados são:

- Instalação/retirada de linhas e aparelhos;
- Instalação/retirada de acessórios (bloqueador, campainha, chave comutadora, etc);
- Instalação/retirada de telefones públicos (TP's);
- Transferência de linha de assinante;
- Manutenção de linhas, aparelhos e TP's.

Quando um assinante percebe um defeito em sua linha telefônica, ele presta reclamação à concessionária. Esta emite uma ordem de serviço à central telefônica responsável. Então são acionados os ILA's (Instaladores de Linhas e Aparelhos) que deverão identificar o tipo de defeito na linha do assinante e repará-la. Para isso, ele verifica se o defeito no par do assinante encontra-se no cabo primário, secundário ou no fio FE por meio de um instrumento, o megômetro. Muitas vezes os defeitos devem-se à baixa isolação do par metálico. No caso de a linha estar muda, muito provavelmente o defeito se deve a um par metálico aberto em uma emenda, CEV ou armário.

Caso o assinante não mantenha em dias o pagamento de sua conta telefônica, inevitavelmente

sua linha será bloqueada. Quando trata-se de linha telefônica CTC , o ILA apenas retira o módulo (fusível) correspondente ao assinante no DG para bloquear a linha. Quando trata-se de uma central telefônica comum, o ILA efetua o bloqueio via software em computador, digitando-se comandos específicos. O anexo 3 mostra um DG de uma central telefônica com milhares de módulos.

Para realizar instalação de uma linha telefônica, primeiramente terá que existir um número telefônico disponível na central de processamento. Daí segue-se um par metálico que termina em uma caixa de acomodação no DG. Então faz-se o jampeamento desta caixa para os blocos terminais. Destes parte o par metálico que termina no armário, onde faz-se outro jampeamento para o par secundário que termina na CEV. Daí parte o fio FE que vai ao aparelho telefônico do assinante.

Para satisfazer a demanda e, muitas vezes, economizar custos, faz-se uso de linhas telefônicas PCM, onde num único par metálico encontra-se multiplexado várias linhas de assinantes. O mais utilizado atualmente é o PCM-4, onde em um par metálico são multiplexados quatro linhas de assinantes. Para isso estes pares devem possuir alta isolamento. Antes de chegar aos assinantes, este par sofre um processo de demultiplexação através de um aparelho chamado RT (Remota).

6.5 Serviços Classe *F*

Esta é uma classe de serviços especializada em emendas de fibras ópticas. Alguns dos serviços associados a esta classe são:

- Emendas de fibras ópticas, utilizando conector mecânico ou fusão;
- Confeção de bloqueio em cabos ópticos;
- Instalação de Distribuidor Óptico (DGO);
- Teste em cabos ópticos.

Além destes serviços associados a classe *F*, há também outros serviços relacionados à fibra óptica mas associados aos serviços de classe *L*, como lançamento de subdutos e lançamento de cabos ópticos.

No estado da Bahia, há apenas duas empreiteiras de redes telefônicas que prestam serviços de classe *F*. Entre elas está a BAHTEL ENGENHARIA E COMÉRCIO LTDA, a qual foi recentemente habilitada pela Telebahia para estes serviços. Isto foi obtido depois de muito esforço da diretoria da empresa que conseguiu contratar três engenheiros do CPqD (TELEBRÁS) para ministrarem, por uma semana, um curso de treinamento de bom nível aos seus funcionários.

Este curso foi realizado na sede da empresa em Lauro de Freitas, região metropolitana de Salvador. O curso teve como conteúdo programático Fibras Ópticas, Junções de Fibras Ópticas, Caixas de Emendas Ópticas, Montagem de Caixas de Emendas Ópticas e Práticas de Medidas Ópticas utilizando OTDR (Reflectômetro Óptico) e Medidor de Potência Óptica. O curso foi ministrado por instrutores da TELEBRÁS, os engenheiros Maurício Tonsing, Silvio Lopes e Américo Simões.

Segue-se adiante detalhes dos principais conteúdos abordados no curso sobre emendas de fibra óptica.

7.1 Conceitos

Uma fibra óptica possui duas camadas concêntricas: a interna denominada núcleo, e a externa, denominada casca. A luz é guiada pelo núcleo.

O índice de refração do núcleo é um pouco superior ao da casca para propiciar a reflexão interna e o guiamento da luz. A diferença entre os índices de refração é muito pequena, em torno de 1%. Os fabricantes controlam cuidadosamente esta diferença para obter determinadas características desejadas das fibras.

As fibras ópticas possuem mais uma camada externa, em torno da casca, geralmente de material polimérico que tem como objetivo proteger a fibra óptica contra agentes externos e danos de manuseio que possam comprometer seu desempenho óptico e vida útil. O revestimento de proteção não possui propriedades ópticas. A figura 05 mostra o esquema básico de uma fibra óptica.

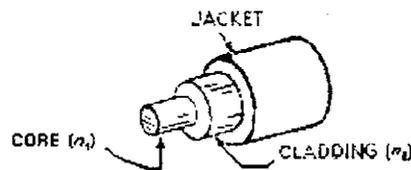


Fig. 05 – Partes integrantes de uma fibra óptica

Reflexão de Fresnel

Mesmo quando a luz passa de um meio para outro, uma pequena parcela é sempre refletida de volta para o meio de origem do raio de luz. Esta reflexão é denominada Reflexão de Fresnel. Quanto maior a diferença entre os índices de refração dos dois meios, maior é a reflexão de Fresnel.

A reflexão de Fresnel (ρ) para uma interface entre o ar e outro meio é dada pela expressão:

$$\rho = (n - 1/n + 1)^2$$

Em termos de decibéis, a perda de luz transmitida é:

$$\text{dB} = 10 \log_{10}(1 - \rho)$$

Lei de Snell

A lei de Snell estabelece a relação entre o raio incidente e o raio refletido:

$$n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2$$

O ângulo crítico é calculado por essa expressão quando $\theta_2 = 90^\circ$.

$$\theta_c = \arcsen(n_2/n_1)$$

Modos

Modo é um conceito físico e matemático que descreve a propagação de uma onda eletromagnética em um meio. O número de modos que podem ser suportados por uma fibra óptica varia de 1 (fibra monomodo) para centena de milhares (fibra multimodo).

Um outro conceito importante para as fibras ópticas é o da *abertura numérica*, que pode ser definido como sendo a capacidade da fibra captar raios de luz (ou modos). Apenas os raios de luz injetados com um ângulo maior do que o crítico serão propagados pela fibra.

Um outro conceito relacionado aos modos é o de distribuição equilibrada de modos. Os muitos modos ou caminhos estão disponíveis para transmitir a luz, mas não com a mesma energia. Nem todos transmitem a luz eficientemente e mais, a energia pode se transferir entre modos, isto é, mudar de caminho.

Numa fibra ideal, a energia de cada modo não se transfere, mas numa fibra real, onde existe micro curvaturas na interface núcleo-casca, variações de índice de refração e de diâmetro, isto ocorre.

Ao longo da distância percorrida na fibra, existirá a transferência de energia entre modos até que se alcance o estado de equilíbrio de distribuição modal. Após o estado de equilíbrio os modos ineficientes terão perdido sua energia.

O estado de distribuição equilibrada de modos é importante por duas razões:

- a atenuação em fibras ópticas depende da condição modal. Em comprimentos curtos de fibra a atenuação é diretamente proporcional ao comprimento da fibra e no estado de equilíbrio, com a raiz quadrada do comprimento.
- a condição modal afeta as medidas ópticas. Para efetuar medidas com exatidão o estado de equilíbrio modal deve ser alcançado.

Para medidas em fibras multimodo deve-se utilizar dispositivos que façam com que a equalização de modos propagados ocorra a poucos metros do local de acoplamento da luz. Em casos normais, sem esses dispositivos, a equalização irá ocorrer depois da luz percorrer alguns quilômetros de distância na fibra multimodo.

7.2 Classificação das Fibras Ópticas

As fibras podem ser classificadas de acordo com os materiais que as constituem. Nesse sentido temos fibras de vidro (sílica), fibras com núcleo de vidro e casca de plástico (PCS – Plastic Clad

Silica) e fibras de plástico. Em telecomunicações, por seu desempenho superior, são utilizadas as fibras de vidro.

Outro modo de classificar as fibras ópticas é pelo perfil do índice de refração do núcleo e pelo número de modos que se propagam.

Fibra Multimodo Índice Degrau

Este tipo de fibra não é utilizado em telecomunicações. Suas dimensões típicas estão mostradas na figura 06. Apresenta grande dispersão e atenuação.

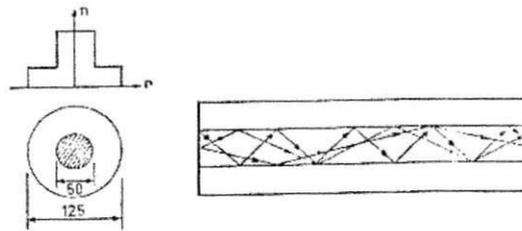


Fig. 06 – Fibra multimodo índice degrau

Fibra Multimodo Índice Gradual

O modelo básico desta fibra está mostrado na figura 07.

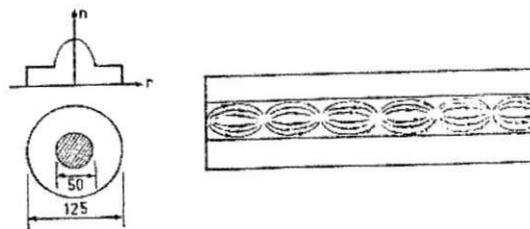


Fig. 07 – Fibra multimodo índice gradual

Foi muito utilizada nos primórdios das comunicações ópticas, constituindo-se no meio físico dos primeiros sistemas. Apresenta uma atenuação de 2,0 dB/km no comprimento de onda de 1300nm.

Fibras Monomodo

Devido a sua importância nas telecomunicações, é apresentado mais detalhes sobre fibras monomodo.

As fibras monomodo permitem a transmissão de apenas um único modo, ou raio de luz, dependendo do comprimento de onda utilizado. Com isso, se consegue eliminar o problema da

dispersão modal, que será analisado no próximo item.

O diâmetro do núcleo de uma fibra monomodo está na faixa de 5 a 10 μ m. O diâmetro da casca é padrão e vale 125 μ m.

O diâmetro de casca foi escolhido por três motivos:

1. Para a operação monomodo o diâmetro da casca deve ser em torno de 10 vezes maior que o diâmetro do núcleo.
2. Padronização com o diâmetro da casca de fibras multimodo.
3. Facilidade de manuseio.

As fibras ópticas monomodo tem uma grande largura de banda, que pode alcançar valores de 50 a 100GHz.Km. Sistemas atuais de fibras ópticas monomodo operam com sistemas de 2,5Gb/s e 40.000 canais de voz.

Uma grande vantagem do uso de fibras monomodo é que toda a mudança que tem sido realizada em termos de aumentar a capacidade de transmissão afetou apenas os equipamentos terminais eletrônicos, não se alterando o meio físico de propagação.

A propagação de um único modo depende do comprimento de onda de operação. Para as fibras monomodo um comprimento de onda de 850nm resulta em operação multimodo. Conforme o comprimento de onda aumenta, a fibra vai diminuindo o número de modos que propaga. A operação monomodo se inicia quando o valor do comprimento de onda se aproxima do valor do diâmetro do núcleo.

O comprimento de onda para o qual a fibra se torna monomodo é denominado *comprimento de onda de corte* e é um parâmetro importante a ser medido nas fibras monomodo. Para o comprimento de onda de operação monomodo de 1300nm, o comprimento de onda de corte é de aproximadamente 1200nm.

O valor do comprimento de onda de corte depende do comprimento da fibra e do raio de curvatura que ela está submetida. Por isso o comprimento de onda de corte é medido na fibra ainda na bobina (comprimento de 2m) e na fibra cabeada (comprimento de 22m de cabo). O valor obtido para o cabo é menor do que o valor medido para a fibra na bobina.

Em uma fibra monomodo, uma porção da energia óptica se propaga através da casca. Logo, o diâmetro da luz emergindo no fim da fibra é maior do que o diâmetro do núcleo. *Diâmetro do campo modal* é o nome que é dado para o diâmetro desta energia óptica.

O valor do diâmetro do campo modal é muito mais importante do que o diâmetro do núcleo para fibras monomodo e é um parâmetro fundamental para análise de perdas em emendas e conexões ópticas. A figura 08 exemplifica o diâmetro do campo modal.

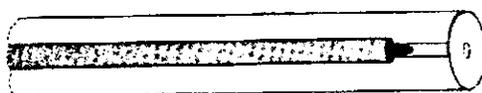


Fig. 08 – Diâmetro do campo modal em fibra monomodo

A fibra óptica monomodo padrão tem perfil de degrau e as características mostradas na figura 09.

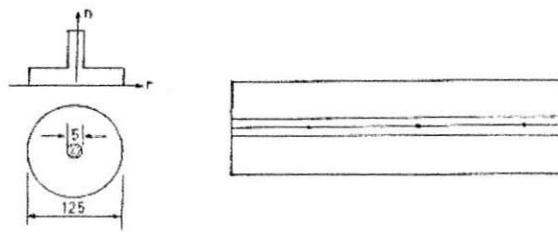


Fig. 09 – Fibra monomodo perfil de degrau

Esta fibra opera nos comprimentos de onda de 1300 e 1550nm. Para o comprimento de onda de 1300nm esta fibra tem dispersão zero próximo deste comprimento de onda e uma atenuação que varia de 0,35 a 0,50 dB/Km. Para o comprimento de onda de 1550nm, a atenuação é menor, 0,2 a 0,3 dB/Km, mas a dispersão é diferente de zero.

Outros tipos de fibra monomodo foram desenvolvidos nos últimos anos para otimizar o desempenho para alguns comprimentos de onda. Um tipo de fibra desenvolvido foi a fibra monomodo com dispersão deslocada. Este tipo de fibra procura unir num mesmo comprimento de onda as características de dispersão zero e menor atenuação. Assim, a dispersão zero de 1300nm é deslocada para a região de 1550nm, onde já tínhamos a menor atenuação. As características desta fibra estão mostradas na figura 10.

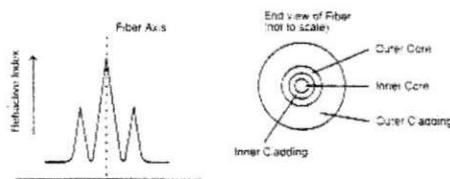


Fig. 10 – Fibra monomodo com dispersão deslocada

Outro tipo de fibra monomodo desenvolvida é a com dispersão plana, que propicia uma dispersão pequena numa larga faixa de comprimentos de onda. Sua estrutura básica está mostrada na figura 11.

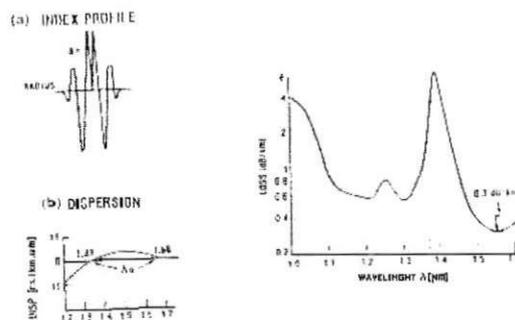


Fig. 11 – Fibra monomodo com dispersão plana

7.3 Características Ópticas das Fibras

Atenuação e Dispersão são duas das principais características ópticas das fibras. A seguir é analisado cada uma delas.

7.3.1 Atenuação

A atenuação é a perda de potência óptica conforme a energia luminosa viaja pela fibra. Medida na unidade de dB/Km, ela varia de 300dB/Km em fibras de plástico até 0,19dB/Km para fibras monomodo operando no comprimento de onda de 1550nm.

A atenuação varia com o comprimento de onda da luz. As regiões do espectro com baixa atenuação e para onde foram desenvolvidos sistemas de transmissão são denominadas de janelas.

Para fibras multimodo a primeira janela de transmissão é a de 820 a 850nm, com atenuação da fibra em torno de 4,0dB/Km.

A segunda janela de transmissão é a de 1300nm, ou a região de dispersão zero para fibras monomodo. Nessa janela, as fibras multimodo apresentam uma atenuação de aproximadamente 2,5dB/Km e fibras monomodo com atenuação em torno de 0,35dB/Km.

A terceira janela de transmissão está na região de 1550nm, que é a de menor valor de atenuação.

As curvas típicas de atenuação versus comprimento de onda para fibras monomodo e multimodo estão nas figuras 12 e 13.

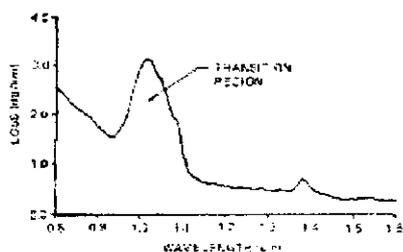


Fig. 12 – Curva típica para fibra multimodo

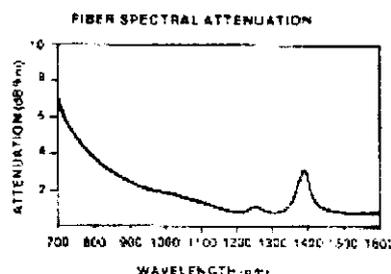


Fig. 13 – Curva típica para fibra monomodo

Observe que existem regiões de altas perdas nos comprimentos de onda de 700, 950, 1250 e 1380nm, e obviamente estas regiões devem ser evitadas. Para fibras monomodo, a alta atenuação na região de transição indica a mudança do modo de operação de multimodo para monomodo.

Em fibras ópticas, a atenuação é constante para todos os comprimentos de onda (e portanto frequências) dentro da largura de banda (o mesmo não ocorre para o meio metálico).

A atenuação em fibras ópticas tem as seguintes causas principais: espalhamento (scattering) e absorção.

Espalhamento

Espalhamento é a perda de energia óptica devido a imperfeições na fibra. A imperfeição espalha a luz em todas as direções, conforme mostra a figura 14.

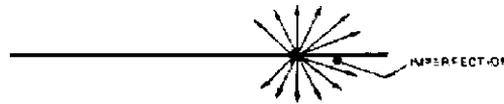


Fig. 14 – Espalhamento em fibra óptica

O espalhamento de Rayleigh é o principal tipo de espalhamento e resulta da variação de composição e de densidade na fibra óptica naturais do processo de fabricação. Logo, a perda devido ao espalhamento de Rayleigh representa o limite teórico para as perdas das fibras monomodo.

O espalhamento de Rayleigh é inversamente proporcional a λ^4 e cai rapidamente com o aumento do comprimento de onda.

Uma aplicação prática importante que usa o espalhamento em fibras ópticas é o OTDR, equipamento utilizado para medir o comprimento da fibra, a atenuação e detecção de falhas em fibras ópticas.

Absorção

A absorção é o processo pelo qual impurezas presentes na fibra absorvem energia luminosa e as dissipam em forma de calor. As regiões de altas perdas nas fibras são devido a moléculas de hidroxila que absorvem fortemente a luz. Outras impurezas como íon de ferro, cobre, cobalto, cromo também absorvem a luz e provocam perdas. Para conseguir baixas perdas, a presença destes íons devem se situar na ordem de grandeza de uma parte por bilhão.

7.3.2 Outras Perdas

Micro Curvaturas

Essa perda de energia ocorre devido a presença de micro curvaturas na interface núcleo-casca, conforme mostrado na figura 15.

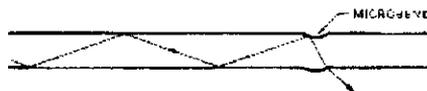


Fig. 15 – Efeito devido a micro curvatura

A micro curvatura faz com que uma parte da energia que se propaga na fibra seja irradiada. A micro curvatura também pode ser provocada no processo de colocação de revestimento de proteção na fibra óptica. Isto ocorre devido a diferença de coeficientes de dilatação térmica da fibra e do revestimento. O revestimento é aplicado pelo processo de extrusão a altas temperaturas, e ao resfriar, pode provocar micro curvaturas na fibra, ocasionando perdas ópticas, principalmente quando a fibra operar em ambientes com baixas temperaturas. O processo de fabricação de fibras ópticas e de cabeamento tem de ser realizado com cuidado para evitar a introdução de perdas por micro curvaturas.

Macro Curvaturas

As perdas de energia devido a macro curvaturas podem ocorrer no processo de acomodação de emendas de fibra, quando o excesso ou reserva técnica das fibras podem sofrer raios de curvaturas abaixo do valor especificado. O mesmo pode ocorrer nos distribuidores gerais ópticos durante a acomodação dos cordões. Em campo, o cabo óptico também pode sofrer macro curvaturas que podem ocasionar perdas.

A figura 16 mostra o efeito da macro curvatura.

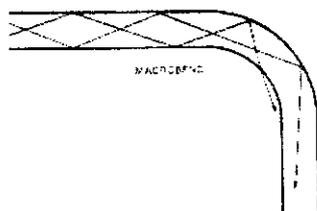


Fig. 16 - Efeito devido a macro curvatura

A curvatura, micro e macro, também provoca o efeito de degradar mecanicamente a fibra óptica, pois esta fica sob a ação de uma força de tração que a deforma, contribuindo assim para auxiliar na propagação de trincas na fibra e diminuir sua vida útil.

7.3.3 Dispersão

Dispersão é o alargamento que ocorre com o pulso de luz conforme ele se propaga ao longo de um determinado comprimento de fibra. Veja a figura 17.



Fig. 17 - Efeito dispersão

A dispersão é um dos parâmetros fundamentais no projeto de sistemas ópticos, pois ela limita a largura de banda da fibra óptica (bandwidth) ou, em outras palavras, a capacidade de carregar informações. Isto porque com o alargamento do pulso pode ocorrer sobreposição dos mesmos, o que provoca um aumento da taxa de erro.

São três os principais tipos de dispersão:

- Dispersão modal
- Dispersão material
- Dispersão de guia de onda

Dispersão Modal

A dispersão modal ocorre apenas em fibras multimodo. Numa fibra multimodo, os diversos modos que são acoplados a uma extremidade da fibra num mesmo instante percorrem caminhos diferentes e chegam a outra extremidade da fibra em tempos diferentes. Com isso a largura do pulso de entrada é aumentado na saída.

A figura 18 mostra a dispersão modal.

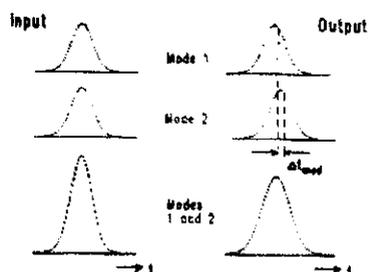


Fig. 18 – Dispersão modal em fibra multimodo

As maneiras de diminuir a dispersão modal são:

1. Diminuir o tamanho do núcleo, o que diminui o número de modos que podem se propagar. No caso de fibras multimodo para telecomunicações, esta alternativa não se aplica porque o diâmetro do núcleo da fibra multimodo é padrão ($50\mu\text{m}$). No entanto, o tamanho do núcleo pode ir para o valor de $9\mu\text{m}$, tornando a fibra monomodo, e nesse caso, deixa de existir a dispersão modal.
2. Alterar o perfil do índice de refração com o uso de fibras com perfil gradual. Nesse caso, o valor do índice de refração é maior no centro do núcleo e diminui gradualmente em direção a casca. Com isso, o modo que faz o caminho do eixo longitudinal da fibra, que é o caminho mais curto, viaja a uma velocidade menor (devido ao n maior). Já os modos que fazem o caminho com o maior número de reflexões percorrem um caminho maior, mas com uma velocidade maior (devido ao n menor). Assim, os modos chegam quase ao mesmo tempo na outra extremidade da fibra, diminuindo a dispersão quando comparado com a fibra de perfil degrau. Para o caso das fibras multimodo perfil gradual o fator tem valor 2, o que faz com que o perfil tenha a forma parabólica.

Dispersão Material

Diferentes comprimentos de onda também viajam com diferentes velocidades através da fibra óptica, mesmo percorrendo o mesmo caminho no interior da fibra.

Na expressão matemática que define o índice de refração, a velocidade v para um determinado meio material muda com o comprimento de onda. Logo, o índice de refração muda de acordo com o comprimento de onda. A dispersão para esse caso é denominada dispersão material.

A dispersão material é a grande preocupação em sistemas com fibra monomodo.

Dispersão de Guia de Onda

A dispersão de guia de onda ocorre em fibras monomodo devido ao fato que a energia óptica viaja tanto no núcleo como na casca, que como foi visto anteriormente, tem índices de refração ligeiramente diferentes, logo a energia viaja com velocidades diferentes na casca e no núcleo. Alterando a estrutura interna da fibra óptica, consegue-se alterar substancialmente o valor da dispersão de guia de onda e, conseqüentemente, a dispersão total da fibra monomodo, que é uma composição dos valores da dispersão material e de guia de onda. Com isso, novas fibras ópticas monomodo foram propostas, como as fibras ópticas de dispersão deslocada e de dispersão plana. A figura 19 mostra a característica de dispersão de guia de onda da fibra monomodo.

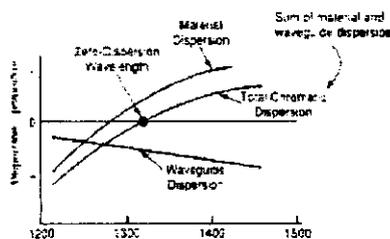


Fig. 19 – Dispersão de guia de onda

7.4 Características Mecânicas

As fibras ópticas possuem desempenho a tração longitudinal que excedem os de um filamento de aço de mesmas dimensões. Um fio de cobre deve possuir o dobro do diâmetro para apresentar a mesma resposta a tração longitudinal.

As principais causas de falhas em fibras são micro fissuras na superfície da fibra que crescem com as tensões aplicadas, por isso no manuseio de fibras e cabos as forças de tracionamento aplicadas devem respeitar os valores especificados.

Os cabos ópticos são estruturas cilíndricas compostas por fibras ópticas 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.

8.1 Estrutura

A estrutura do cabo óptico depende da forma que ele deve ser aplicado, do ambiente no qual deverá permanecer durante sua vida útil e do nível de proteção que se necessita dar às fibras ópticas.

No Brasil optou-se por cabos *loose*, com as fibras colocadas soltas dentro de tubos, com um excesso de fibra no tubo pré-especificado em vez do tipo de cabo *tight*, em que a fibra está solidária (presa) à estrutura do cabo. Veja a opção *loose* (solta) e a diferença para o *tight* na figura 20.

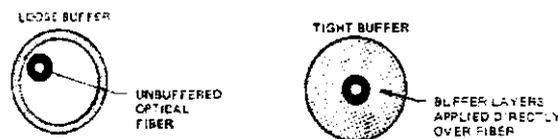


Fig. 20 – Estrutura de cabos ópticos

8.2 Materiais

Como já foi dito anteriormente, os cabos ópticos utilizados atualmente no Brasil são, na sua maioria, dielétricos, utilizando como elemento de tração aramida e FRP, e polietileno nas capas e unidades básicas.

Em alguns casos, como no uso diretamente enterrado, as capas recebem mais uma camada de Poliamida para proteção contra insetos.

Os cabos apresentam uma geléia a base de silicone em seu núcleo para proteção contra a penetração de água no sentido longitudinal.

8.3 Tipos e Modelos

A Telebrás especificou e padronizou os seguintes tipos e modelos de cabos ópticos:

(A) Cabo dielétrico subterrâneo

- a) Em duto (CFOA-X-DD-G-Z)
 - b) Enterrado (CFOA-X-DE-G-Z)
 - c) Protegido enterrado (CFOA-X-DPE-G-Z)
- (B) Cabo aéreo auto-sustentado dielétrico (CFOA-X-ASY-G-Z)
- (C) Cabo de fibra óptica tipo multimodo com revestimento em acrilato – geleado
- (D) Cabo de fibra óptica tipo multimodo com revestimento em acrilato
- (E) Cabo de fibras ópticas tipo monomodo
- (F) Cabo de fibras ópticas tipo monomodo – geleado
- (G) Cabo interno de fibras ópticas tipo monomodo

Onde:

CFOA = Cabo com fibra óptica revestida em acrilato
 X = Tipo de fibra óptica (MM, SM ou DS)
 DD = Dielétrico em duto
 DE = Dielétrico enterrado
 DPE = Dielétrico protegido enterrado
 AS = Auto-sustentado
 Y = Vão máximo de instalação
 G = Geleado
 Z = Número de fibras ópticas

8.4 Técnicas de Lançamento em Duto, Aéreo e Enterrado

Para cada tipo de cabo e para cada situação encontrada em campo existem procedimentos específicos de lançamento que se tornam mais adequados. Existem documentos Telebrás indicando os procedimentos de instalação de cabos subterrâneos em duto e de cabos aéreos.

Atualmente, o grupo *Sisco*, da Telebrás, está elaborando os procedimentos para instalação de cabos ópticos diretamente enterrados. Seguindo-se estes três documentos e analisando-se os documentos dos cabos que serão instalados, o executor da instalação do cabo óptico terá condições de realizar seu trabalho sem provocar qualquer tipo de dano que venha a prejudicar o desempenho do cabo.

Os principais problemas que devem ser evitados em campo são: tração do cabo em níveis superiores ao indicado pelo seu fabricante, dobramentos com pequeno raio de curvatura, abrasão e corte da capa do cabo, trancos ou impactos longitudinais, compressão, impacto, torção e penetração de umidade no interior do cabo.

Para evitá-los, os artífices devem estar atentos e conscientes sobre os cuidados a serem tomados, os equipamentos devem estar em boas condições de uso e calibrados, e o trabalho deve ser realizado de forma cadenciado e controlado.

9. JUNÇÕES DE FIBRAS ÓPTICAS

A continuidade do sinal óptico que trafega na rede de cabos, nos pontos de derivação e terminação, depende da junção das fibras ópticas. O mesmo vale para emenda física de cabos ópticos e para a ligação entre fibra óptica e os transmissores e receptores ópticos.

Devido ao mecanismo de transmissão da luz pela fibra óptica e pelas dimensões envolvidas, o processo de junção é um dos pontos críticos do sistema de comunicações ópticas.

O método mais utilizado para realizar a junção de duas fibras ópticas é a junção de topo, ou seja, colocar em contato físico, frente a frente, as extremidades das fibras. Um outro método evita o contato físico com o auxílio de lentes. A figura 21 mostra estas duas opções.



Fig. 21 – Junções de fibras ópticas

Para implementar esta junção, são necessárias basicamente três operações:

1. Preparar a extremidade da fibra através do procedimento de clivagem
2. Alinhar as duas extremidades
3. Fixar as fibras alinhadas para garantir a estabilidade da junção

A junção das fibras ópticas pode ser feita de modo temporário ou permanente, e isto depende do tipo de aplicação da junção ou de especificações técnicas.

Para efetuar a junção temporária de fibras ópticas são utilizados dispositivos denominados conectores ópticos. Já a conexão permanente é obtida com a emenda por fusão ou com a emenda mecânica.

Quando é feita a junção de duas fibras ópticas, dois aspectos são fundamentais para o sistema de comunicações ópticas: o desempenho óptico e o desempenho mecânico.

O que Afeta o Desempenho Óptico das Junções

Quando se fala de desempenho óptico, deve-se especificar a perda ou atenuação média na junção e a perda de retorno.

A atenuação ou perda na junção é a fração de potência do sinal transmitido que é perdida na junção de duas fibras. Para um bom desempenho esse valor deve ser o menor possível.

A perda de retorno é a fração do sinal transmitido que retorna pela fibra devido a reflexão de Fresnel na interface entre as duas fibras. A junção tem um bom desempenho quando esse valor é o maior possível. Uma técnica utilizada para diminuir o efeito da perda de retorno é a clivagem da fibra com um ângulo de aproximadamente 3°. Isto aumenta o valor em dB da perda de retorno, que é desejável, mas provoca um aumento no valor da perda na emenda devido ao maior afastamento longitudinal.

Para compreender o porque desses dois aspectos, é necessário estudar que fatores afetam o desempenho na junção entre duas fibras ópticas.

Os fatores são classificados como extrínsecos e intrínsecos. Os fatores extrínsecos são devidos às técnicas utilizadas para juntar duas fibras, e os intrínsecos são devidos às propriedades e parâmetros das fibras.

Além disso, micro e macro curvaturas impostas pelas proteções e pelos estojos de acomodação das junções devem ser considerados.

Os fatores extrínsecos são: deslocamento transversal, afastamento longitudinal, inclinação radial, qualidade da clivagem, reflexão de Fresnel.

Os fatores intrínsecos são: variação do diâmetro do núcleo e/ou da casca da fibra, diferenças no parâmetro de perfil gradual alfa, diferença relativa dos índices de refração, não circularidade e não concentricidade do núcleo da fibra e diferentes diâmetros do campo modal.

O que Afeta o Desempenho Mecânico das Junções

A junção das fibras ópticas deve ser estável e manter sua integridade no dia a dia.

Nesse sentido, seu empacotamento mecânico deve possibilitar que a junção, sem alterar ou degradar as características ópticas e mecânicas, suporte:

- Vibrações
- Trações
- Dobramentos
- Curvaturas
- Manuseio constante
- Conexões e desconexões
- Impactos
- Flexões
- Torções
- Fatores ambientais como variação térmica, umidade, sujeira, poluição, corrosão, fogo.

Para cumprir esse objetivo, a junção óptica é submetida a uma série de testes mecânicos e ambientais para verificar se ela está em conformidade com as especificações técnicas. Os testes são aplicados dependendo do tipo de junção selecionada.

9.1 Os Conectores Ópticos

Os conectores ópticos são dispositivos passivos que unem opticamente e mecanicamente duas fibras (tanto em cabos como em cordões), ou a fibra a um dispositivo ou equipamento óptico como um transmissor ou receptor, de modo estável e não permanente.

Aplicação

Eles são normalmente utilizados em ambientes internos de centrais, nos extremos dos sistemas de transmissão e recepção, nos distribuidores ópticos, na rede externa em armários ópticos e estágios ou unidades remotas, pré-conectorizados em cabos internos ou cordões ópticos, como elo de ligação entre entrada e saída de dispositivos ou equipamentos ópticos de medida.

O objetivo principal de sua utilização nesses ambientes é garantir a flexibilidade da rede de telecomunicações pois ele possibilita, rapidamente, ligações temporárias, roteamentos e remanejamentos.

9.2 Tipos de Conectores

Anos atrás, quando ainda não havia ocorrido uma padronização de conectores, foram fabricados aproximadamente uma dezena de tipos diferentes.

No entanto, a partir de um esforço de padronização dos organismos internacionais como ISO e EIA, apenas alguns permanecem ainda no mercado. A tendência é continuar esse processo de concentração em alguns modelos.

Na figura 22 e no anexo 4 são mostrados os principais tipos de conectores vendidos atualmente no mercado.

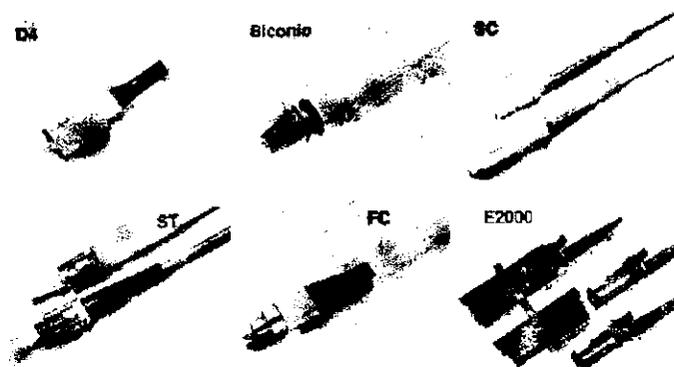


Fig. 22 – Tipos de conectores

10. EMENDAS DE FIBRAS ÓPTICAS

Emendas de fibras ópticas são conexões permanentes entre duas fibras com a finalidade de proporcionar a continuidade do sinal óptico. As emendas ópticas propiciam baixa perda e alta estabilidade e devem ser sempre utilizadas em pontos onde não seja necessário flexibilidade para roteamentos. Existem duas possibilidades de emenda de fibra óptica: a emenda por fusão e a emenda mecânica.

Aplicação

Geralmente elas são utilizadas para proporcionar a continuidade de dois cabos ópticos instalados no campo, entre o cabo e o rabicho e dispositivos transmissores e receptores, ou em fibras dos cabos na entrada de armários e distribuidores ópticos. As emendas mecânicas, devido às facilidades operacionais propiciadas (não necessidade de energia elétrica, tamanho pequeno, transporte fácil, rapidez na execução da emenda) são muito utilizadas em campo na manutenção corretiva.

10.1 Emenda de Fibra Óptica por Fusão

A emenda por fusão consiste em alinhar e aproximar, até o contato físico, as pontas das fibras ópticas, aplicar uma força no sentido longitudinal ao eixo da fibra, para garantir o contato, e, por processo de aquecimento, fundi-las. Este processo, resumido, é realizado por uma máquina de fusão com funções manuais ou automatizadas. A emenda por fusão possibilita emendas ópticas de baixas perdas (tipicamente abaixo de 0,1dB), altíssima perda de retorno alta confiabilidade. Algumas máquinas de fusão têm incorporado equipamentos e dispositivos que permitem testar a qualidade mecânica e óptica da emenda, bem como câmeras que possibilitam o acompanhamento de todas as fases da emenda por parte do operador.

Princípio Básico de Funcionamento da Máquina de Fusão

O esquema básico de uma máquina de fusão está mostrado na figura 23.

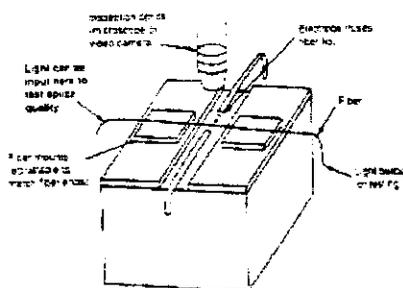


Fig. 23 – Máquina de fusão

A maioria das máquinas comerciais têm em comum os seguintes elementos e funções:

- a) Um elemento soldador, geralmente eletrodos que produzem um arco elétrico. Antes do arco que produzirá a emenda óptica, geralmente é aplicado um arco voltaico moderado, denominado pré-fusão, com o objetivo de limpar as fibras ópticas e arredondar suas pontas.
- b) Um elemento que alinha mecanicamente as fibras em relação a elas mesmas e ao arco elétrico. Nas máquinas mais sofisticadas, o alinhamento é automático, independente do operador. Fibras sujas, com pedaços de revestimento ou com clivagem inadequada são automaticamente recusadas. O sistema de alinhamento é vital numa máquina de fusão para fibras monomodo, já que nesse caso o núcleo da fibra ($\sim 9\mu\text{m}$) é que deverá ser alinhado. Para isso existem várias técnicas, como por exemplo:
 - Injeção e detecção remotos
 - Detecção local e injeção remoto
 - Injeção e detecção local
 - Observação direta do núcleo

As ilustrações destas técnicas estão na figura 24.

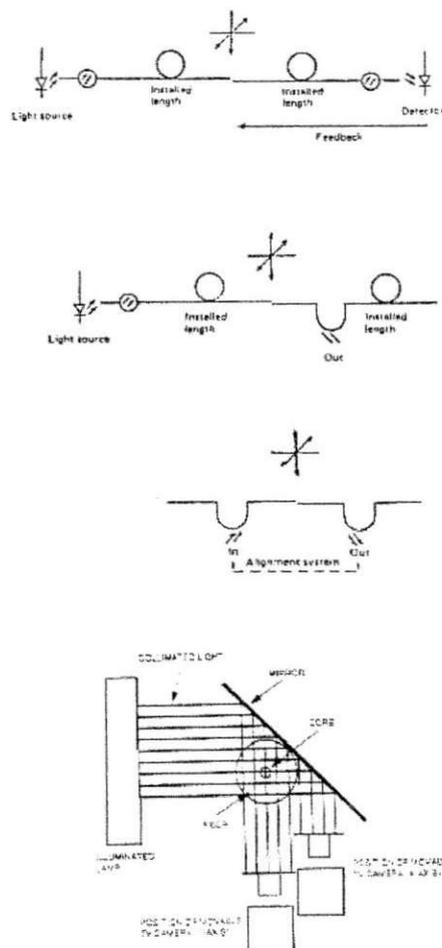


Fig. 24 – Técnicas usadas para alinhar fibras ópticas

- c) Uma câmera de vídeo ou microscópio que permite ao operador ver todo o procedimento de

emenda e que fornece mensagens que indicam as ações e as correções necessárias para dar continuidade ao processo de emenda.

- d) Um sistema que fornece uma estimativa da perda na emenda.
- e) Um dispositivo de tração mecânica, longitudinal, das fibras emendadas que testa a qualidade mecânica da emenda.
- f) Um dispositivo de aquecimento do elemento que irá proteger a região da emenda de fibra óptica. Esse elemento protetor é geralmente um tubo termo contrátil e o dispositivo um micro forno que funciona com uma resistência elétrica.

Procedimento Básico para Realização de Emenda por Fusão

O procedimento básico consiste dos seguintes passos:

1. Limpeza do revestimento das fibras ópticas e, se for o caso, colocação do tubo termo contrátil em uma das fibras que serão emendadas.
2. Extração do revestimento da fibra óptica no comprimento adequado e com ferramenta específica (o extrator de revestimento de fibra óptica). Veja a figura 25.



Fig. 25 – Extrator de revestimento de fibra óptica

3. Clivagem das extremidades das fibras ópticas com instrumento específico (clivador) para produzir faces com ângulo de clivagem em torno de 1° em relação ao eixo da fibra. O clivador deve ser do tipo automatizado ou eletrônico para que a clivagem independa da habilidade do operador. A clivagem deixa a fibra nua no comprimento adequado para ser inserida na máquina de emenda. A figura 26 mostra um tipo de clivador.



Fig. 26 – Clivador automatizado de fibra óptica

4. Posicionamento das fibras na máquina de emenda, conforme instruções do fabricante.
5. Aplicação da pré-fusão.
6. Aproximação das extremidades e alinhamento das fibras ópticas nos eixos x-y para obtenção do menor valor possível de perda na emenda.
7. Aproximação das fibras até o contato físico das extremidades, aplicação do arco voltaico e fusão das fibras. Se ocorrer a presença de bolhas ou de outras anormalidades, a emenda deverá ser refeita.
8. Realização do teste de tensão nas fibras emendadas, caso este dispositivo esteja disponível na máquina de emenda.
9. Mensuração, com o OTDR ou medidor de potência, da perda na emenda óptica. Caso o valor medido esteja maior do que o valor desejado, a emenda óptica poderá ser refeita.
10. Proteção adequada da região da emenda por fusão, com protetor termo contrátil ou outro especificado, de tal modo que não fique nenhum comprimento de fibra nua exposto.
11. Acomodação da emenda por fusão protegida no estojo da caixa de emenda óptica. Antes de fechar a caixa de emenda óptica, medir novamente a perda na emenda com o OTDR para verificar se nenhuma anormalidade ocorreu após a acomodação das emendas nos estojos.

10.2 Emenda Mecânica

Emendas mecânicas são estruturas que permitem efetuar a junção de duas ou mais fibras ópticas (emendas mecânicas multifibras) utilizando para isso os seguintes componentes básicos:

- Um elemento para alinhar as fibras ópticas
- Um dispositivo de retenção das fibras alinhadas
- Um material casador de índices de refração

O sistema de alinhamento das emendas mecânicas alinha as fibras pelo diâmetro da casca e não pelo núcleo. Isto não é significativo para fibras multimodo, mas para fibras monomodo, com um núcleo de $\sim 9\mu\text{m}$, isto pode levar a perdas muito altas. No entanto, graças a evolução na técnica de fabricação de fibras ópticas monomodo, a dispersão dos valores em torno do valor nominal do diâmetro tem diminuído consideravelmente.

Assim, já existem à disposição no comércio emendas mecânicas para fibras ópticas monomodo com baixa atenuação, com valores de perda óptica comparáveis às perdas obtidas com emenda por fusão.

O problema fica sendo então os valores das perdas de retorno, que podem comprometer o uso de emendas mecânicas em sistemas de altas taxas de transmissão.

No sentido de diminuir ou eliminar a reflexão de Fresnel que ocorre na interface entre as duas fibras ópticas é utilizado um material (que já vem colocado no interior da emenda mecânica) que tem aproximadamente o mesmo índice de refração da fibra óptica.

Outra técnica utilizada é a clivagem da fibra em ângulo, que diminui sensivelmente a reflexão de Fresnel, apesar de aumentar a perda por atenuação.

O elemento de retenção mais comum, empregado em emendas mecânicas, é o de compressão, o que permite em muitos casos, a reutilização das emendas.

As emendas mecânicas requerem um menor investimento inicial em termos de equipamento, pois este é muito simples, não necessitando de fonte de energia, além de ser pequeno, leve, fácil de operar e transportar. No entanto, a unidade de cada emenda mecânica tem um custo elevado, principalmente a utilizada para emendar fibras monomodo.

A utilização principal das emendas mecânicas foi inicialmente direcionada para o reparo de emergência, devido às facilidades expostas anteriormente, sendo que hoje ela é muito utilizada como uma alternativa à emenda por fusão nos EUA e Europa.

A figura 27 apresenta um tipo de emenda mecânica existente comercialmente.



Fig. 27 – Peça usada para emenda mecânica

A figura 28 mostra a utilização de uma prensa manual. Esta realiza encaixe para emenda mecânica.



Fig. 28 – Utilização de prensa manual

11. CAIXA DE EMENDA ÓPTICA

A principal função de caixa de emenda é dar proteção mecânica às fibras ópticas nos pontos em que elas estão sem a proteção da estrutura de proteção dos cabos, isto é, nos pontos de emenda ou derivação.

Existem várias características de caixas de emenda que devem ser analisados, os quais irão definir qual é a caixa mais adequada para cada situação.

Sistema de Fechamento da Caixa de Emenda

Existem dois tipos possíveis de fechamento: a quente e a frio. O processo a quente necessita de uma fonte de calor para o fechamento, e normalmente utiliza-se o maçarico. Porém, este é um processo que, devido aos seus riscos, está sendo substituído pelo uso de fontes de energia elétrica.

O processo a frio é por fechamento mecânico, que geralmente utiliza sistemas de deformação da borracha, compostos adesivos ou mastiques.

11.1 Tipo de Configuração

Atualmente existem caixas de emenda com as seguintes configurações:

- Emenda linear
- Emenda de topo
- Emenda de topo e linear

A emenda linear é a que apresenta as entradas dos cabos em lados opostos. Como as emendas são executadas fora da caixa subterrânea (CS), a sua passagem pela entrada da CS torna-se uma operação de alto risco.

A emenda de topo é a que apresenta todas as entradas dos cabos no mesmo lado. A grande vantagem está na facilidade e segurança durante a operação de entrada na CS, na acomodação dos cabos e da caixa de emenda na caixa subterrânea, além de não provocar torções nos cabos.

A emenda de topo e linear é a que possui as entradas dos cabos no mesmo lado e em lados opostos. Sua grande vantagem é possuir um maior número de entrada de cabos e a flexibilidade de ser utilizada como topo, linear ou mista, adaptando-se facilmente à melhor situação.

A figura 29 mostra alguns tipos de caixas de emendas ópticas.

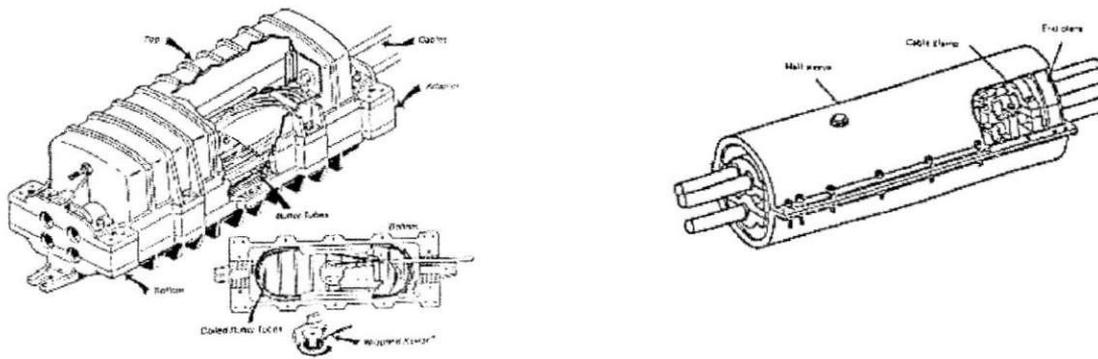


Fig. 29 – Tipos de caixas de emendas ópticas

11.2 Tipo de Bandeja para Acomodação das Fibras Ópticas

As bandejas (organizer) das caixas de emenda cumprem os seguintes objetivos:

- Garantir que todas as fibras em todos os cabos sejam emendadas numa ordem pré-determinada;
- Garantir que a acomodação das fibras não ocasionem aumento de atenuação;
- Permitir facilidades para se refazer emendas em caso de um novo arranjo;
- Permitir acomodação do excesso técnico de fibras necessário para novo alinhamento e emenda.

As caixas mais utilizadas no Brasil possuem bandejas do tipo pasta suspensa, empilhadas com sistema de dobradiça ou tipo bloco de notas com dobradiça.

A figura 30 mostra alguns tipos de bandejas.

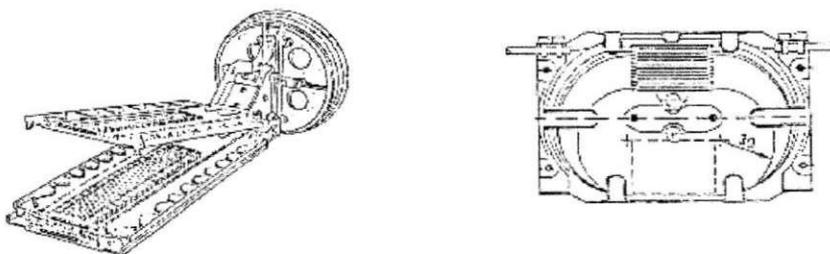


Fig. 30 – Tipos de bandejas

Capacidade

Até pouco tempo, os cabos utilizados no Brasil eram de no máximo 36 fibras ópticas, porém, atualmente, estão sendo instalados cabos com 72 e 144 fibras ópticas, e com tendência de continuar crescendo.

Facilidade de Manutenção

No começo das implantações de rotas de cabos ópticos, trafegavam aproximadamente 480 canais por par de fibra óptica, depois por fibra óptica. Em seguida vieram sistemas com 1920 canais por par ou por fibra óptica. Hoje, sistemas de transmissão com comprimentos de onda diferentes, trafegam aproximadamente 10.000 canais.

Desta forma, fica claro que qualquer interrupção no sistema custa cada vez mais caro. Assim é um fator de suma importância a facilidade de se trocar todas as partes ou componentes sem a necessidade de interrupção do sistema de transmissão.

11.3 Principais Funções da Caixa de Emenda

As principais funções de uma caixa de emenda óptica são:

- Dar proteção mecânica às fibras ópticas nos pontos de emenda;
- Permitir que todas as fibras ópticas sejam acomodadas de maneira organizada;
- Assegurar que provoquem um mínimo de perda nas fibras ópticas;
- Permitir reentradas e rearranjos;
- Permitir acomodar sobra de fibra óptica.

12. MEDIDAS ÓPTICAS

O teste de fibras, cabos, dispositivos e sistemas ópticos requer uma diversidade muito grande de medidas. São muitos os parâmetros que devem ser mensurados e diversas as técnicas de medidas utilizadas. Consequentemente, diversos equipamentos e procedimentos de medida foram desenvolvidos.

Maior enfoque será dado às medidas que são realizadas em campo e seus respectivos equipamentos, tais como a atenuação óptica, perdas em emendas e perda de retorno.

Para a realização destas medidas em campo são geralmente utilizados dois tipos de equipamentos: o medidor de potência (Power Meter) óptica e o Reflectômetro Óptico (Optical Time Domain Reflectometer), mais conhecido pela sua sigla em inglês : OTDR.

12.1 Medidor de Potência e Fonte de Luz

Antes de analisar os tipos de medidas feitas com o medidor de potência e com a fonte de luz, é necessário entender como trabalham esses equipamentos.

Medidor de Potência

O medidor de potência mede a potência média que sai na extremidade de uma fibra óptica. Ele consiste, basicamente, de um fotodetector de silício (850nm) ou germânio e InGaAs (1300 e 1550nm), circuito eletrônico para tratamento do sinal e um mostrador digital para mostrar o resultado. Geralmente esse medidor possui uma enorme variedade de opções de conectores que podem ser utilizados para acoplar a luz ao fotodetector.

Os medidores de potência óptica são calibrados especificamente para os comprimentos de onda que os sistemas ópticos operam: 850, 1300 e 1550nm (as três janelas de transmissão). Também são calibrados para ler em escala linear de Watts (mili, micro ou nano) e dBm ou dBμ.

O alcance de medida dos medidores de potência é muito grande, variando de 0 a -70dBm. Para medidas de redes de CATV e redes ópticas com amplificadores o alcance é estendido até +20dBm.

Como o medidor de potência mede a potência média, seu tempo de resposta é muito mais lento do que a velocidade do sinal e, portanto, o mostrador digital não mostra flutuações instantâneas de potência.

Resumidamente, os parâmetros mais importantes para os medidores de potência são:

- Alcance de medidas ou sua sensibilidade
- Exatidão

- Resolução
- Tipos de sensores utilizados
- Velocidade de medida
- Compensação automática de sensibilidade do sensor
- Medida relativa
- Medida em W, dBm e dB μ
- Função para efetuar média (average)
- Interfaces
- Memória
- Número de canais
- Tamanho, peso, etc.

Fontes de Luz

Nas medidas de potência óptica são utilizados dois tipos de fontes de luz: o LED e o LASER.

O LED e o LASER multimodo são mais apropriados para medidas de fibras multimodo. Para fibras monomodo, o mais adequado é o uso de LASER monomodo.

Os comprimentos de onda mais utilizados nas fontes de luz para telecomunicações são:

- 850 1300nm para fibras multimodo
- 1300 e 1550nm para fibras monomodo

Em fibras monomodo a medida feita no comprimento de onda de 1550nm é mais sensível às curvaturas e micro curvaturas existentes na rede. Muitas vezes, em um sistema que opera em 1300nm pode não operar em 1550nm por excesso de perdas ópticas. Logo, é importante caracterizar o desempenho de sistemas monomodo nos dois comprimentos de onda.

12.2 Medidas com Medidores de Potência e Fonte de Luz

As medidas ópticas mais comuns de serem realizadas com esses equipamentos são:

- continuidade de fibra
- potência óptica
- atenuação
- perda de inserção
- perda em cabos instalados
- perda de retorno em conectores

12.3 O Reflectômetro Óptico (OTDR)

O reflectômetro óptico é um dos mais importantes instrumentos utilizados para medidas de fibras ópticas e localização de falhas.

O OTDR funciona como um radar óptico. Um pulso de luz é lançado na fibra óptica e o OTDR capta a pequena fração de energia luminosa que retorna devido ao espalhamento de Rayleigh. O diagrama de blocos básico de um OTDR está mostrado na figura 31.

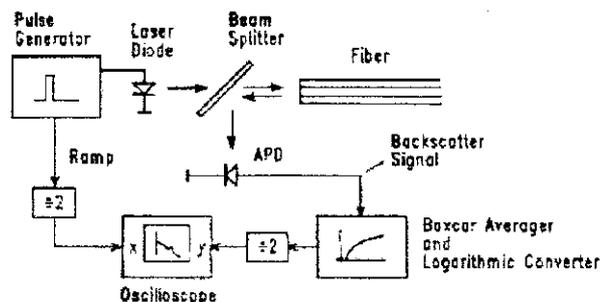


Fig. 31 – Diagrama de blocos de um OTDR

Obtendo a curva do sinal retroespalhado em função do tempo identifica-se pontos onde a fibra tem excesso de perda de potência, como por exemplo, em emendas, conectores, fibras interrompidas, como também mede-se a atenuação e a uniformidade de atenuação da fibra. As medidas são feitas com o auxílio do teclado do equipamento e de cursores posicionadores, que permitem ao operador locomover-se ao longo da curva retroespalhada.

A curva típica mostrada na tela de um OTDR está mostrada na figura 32.

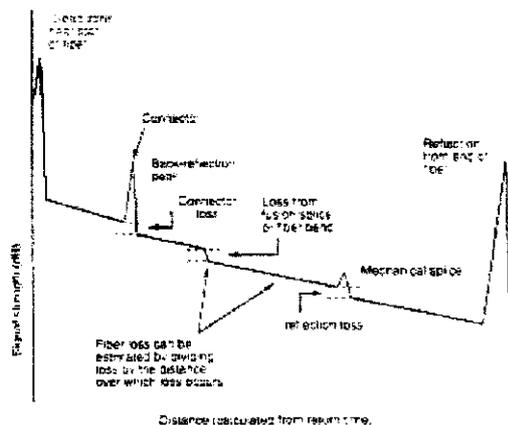


Fig. 32 – Curva de atenuação x comprimento na tela de um OTDR

No eixo x (horizontal) está a escala de distância, que é calculada a partir do tempo que o pulso de luz leva para retornar. No eixo y (vertical) temos o nível de potência do sinal.

O sinal presente próximo a conexão do instrumento com a fibra óptica não é utilizado nas medidas de atenuação devido a sua não linearidade. Esta região é conhecida como zona morta. O ideal é um valor de zona morta (dado em metros) o menor possível. No entanto, para as medidas de

comprimento de fibra, o cursor inicial deve ser posicionado na distância inicial zero, que está na zona morta.

Conforme caminha-se na escala da distância, nota-se que o nível do sinal vai decrescendo gradualmente. A inclinação desta curva dá ao operador a atenuação da fibra, nas unidades de dB (quando medida entre dois pontos) ou dB/Km.

Os eventos que estão mostrados nessa figura são fundamentais para entender as medidas feitas utilizando o OTDR. O primeiro desses eventos são picos na curva vistos na figura.

Picos na curva indicam pontos onde a luz é refletida e retorna para o OTDR. O maior pico da figura representa a reflexão de Fresnel, que ocorre na interface entre o fim da fibra e o ar. Portanto, esse ponto indica a extremidade final da fibra óptica. Se se posicionar um cursor no início da curva retroespalhada e outro no final, obteremos o comprimento total da fibra.

O próximo pico maior na curva é devido a presença de um conector. Observe que existe uma queda no nível da curva após o conector, isto é, o nível é ligeiramente maior antes do que depois. Esta queda no nível do sinal representa a perda óptica no conector. Por outro lado, o pico de sinal refletido indica que existe um sinal retornando, e nesse caso é necessário medir a perda por retorno do conector.

A perda da emenda mecânica está representado também por um pico, só que de amplitude menor que a mostrada para um conector.

O segundo evento, diferentemente do anterior, mostra um degrau, sem reflexão do sinal. Este degrau representa a perda em uma emenda por fusão ou a fibra com um acentuado raio de curvatura.

Quando ocorre um acidente e a fibra óptica quebra, este acidente aparece na tela do OTDR também como um pico, cuja amplitude e forma depende das condições da ponta da fibra.

A maior vantagem do OTDR é justamente sua capacidade de mostrar numa tela o comprimento total da fibra, os eventos que estão ocorrendo e a posição dos eventos em relação as extremidades das fibras. E isso tudo a partir do acesso a apenas uma das extremidades da fibra.

O OTDR é um instrumento muito utilizado em campo, e atualmente existem modelos compactos, leves e bem protegidos, especialmente projetados para serem facilmente transportados pelos técnicos denominados mini-OTDR's. A figura 33 mostra um mini-OTDR Tekranger da Tektronix.

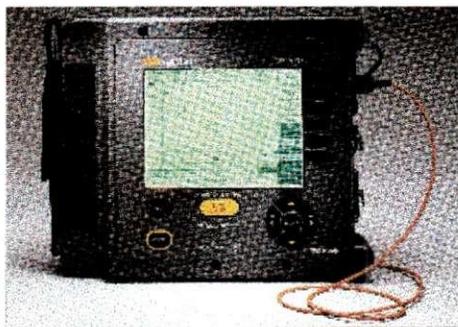


Fig. 33 – Mini-OTDR

Principais Parâmetros de Desempenho

Será analisado agora os principais parâmetros de desempenho de um OTDR.

1. *Resolução de Distância:* é a mínima distância entre dois pontos na curva retroespalhada que o OTDR consegue distinguir como eventos independentes. A resolução de distância depende da largura do pulso óptico utilizado e da largura de banda do equipamento.
2. *Alcance do Sinal Retroespalhado:* é a diferença entre o nível do sinal retroespalhado próximo ao OTDR e o nível RMS do ruído. Pode-se melhorar o alcance usando uma largura de pulso maior, o que aumenta o nível do sinal retroespalhado. No entanto, isso compromete a capacidade do OTDR distinguir dois eventos adjacentes.
3. *Exatidão da Medida de Distância:* é a comparação do valor da medida de comprimento efetuada por um OTDR e o valor real do comprimento da fibra. A exatidão da medida depende de critérios práticos e técnicos. Do ponto de vista técnico influem a exatidão da base de tempo do equipamento, a exatidão dos cálculos matemáticos, taxa de amostragem, relação sinal-ruído nos pontos utilizados para realizar a medida. Do ponto de vista prático, o que influi é a incerteza no valor do índice de refração das fibras do cabo sob teste.
4. *Exatidão da Medida de Atenuação:* é a comparação da medida de atenuação feita pelo OTDR com o valor real de atenuação da fibra medida. A exatidão dessa medida é dependente, em primeiro lugar, da relação sinal-ruído dos pontos em questão. Quanto menor for o nível do sinal retroespalhado maior será a incerteza na medida de atenuação.

Outros fatores de influência na medida de atenuação são a *zona morta* e a *direcionalidade da medida*.

Um dos motivos que causam a zona morta é a reflexão de Fresnel na interface do conector frontal do equipamento com a fibra óptica que está sendo testada. A zona morta depende diretamente da largura do pulso utilizado e da largura de banda do conversor óptico-elétrico do equipamento. Quanto maior for a largura do pulso incidente na fibra, maior será o comprimento do pulso refletido pelo efeito de Fresnel e maior será a zona morta.

A zona morta se apresenta na tela como uma cauda que recobre o sinal retroespalhado, sendo, portanto, uma região não linear. Nenhuma medida pode ser realizada com os cursores posicionados na zona morta.

As fibras ópticas apresentam diferenças nos coeficientes de retroespalhamento e, no caso de fibras monomodo, diferenças no diâmetro do campo modal, que afetam o fator de recapturação do sinal retroespalhado. Assim, as medidas unidirecionais realizadas com o OTDR introduzem erros nas medidas de perdas nas emendas, conexões e na atenuação da fibra.

Para eliminar esses erros as medidas realizadas com o OTDR devem ser bi-direcionais, isto é, realizado a partir das duas extremidades das fibras. O resultado da perda ou da atenuação é o valor da média dos valores obtidos. Os resultados assim obtidos apresentam boa correlação com os efetuados utilizando medidor de potência e fonte de luz.

Eventos Ópticos

Todos os eventos ópticos em um lance de fibra óptica podem ser visualizados na tela de um OTDR.

Os eventos ópticos podem ser:

- Reflexivos
- Não-reflexivos

Eventos ópticos reflexivos são aqueles que possuem baixa perda de retorno e são representados por picos no OTDR. Tais eventos podem ocorrer devido a:

- Fim de fibra
- Conectores
- Emendas mecânicas
- Quebras

Eventos ópticos não-reflexivos são aqueles que possuem alta perda de retorno e são representados por um degrau na tela do OTDR. Estes eventos devem-se a:

- Emenda por fusão
- Macrocurvaturas
- Microcurvaturas

12.4 Medidas com o OTDR

O OTDR permite fazer medidas de:

- comprimento de fibra
- atenuação da fibra
- perda na emenda por fusão ou mecânica
- perda de retorno

Os OTDR's atuais possuem ainda uma função denominada *tabela de eventos* que, em função de parâmetros pré-determinados, fornece automaticamente uma série de medidas dos eventos encontrados (emendas, final de fibra, etc.), bem como sua localização em relação à origem das medidas.

A seguir é dado algumas orientações que são as encontradas na maioria dos manuais de instruções para operação do OTDR.

Acoplamento da fibra ao OTDR

Para acoplar a fibra ao OTDR normalmente é usado um cordão óptico com um conector em

apenas uma extremidade para ligar ao conector do equipamento. A fibra na outra extremidade é clivada e colocada num dispositivo alinhador que realiza o acoplamento desta fibra com a fibra sob teste.

Uma segunda possibilidade é o uso de uma fibra de lançamento (no lugar do cordão óptico), com algumas centenas de metros, para eliminar a zona morta na fibra sob medida. Uma terceira possibilidade é o uso de um conector para fibra nua diretamente na fibra sob teste.

Tempo Real, Médias (Average) e Aquisição do Sinal

Colocar o OTDR operando em tempo real significa não realizar médias dos pontos adquiridos. Ele é um sinal ruidoso, mas que serve para verificar a qualidade do acoplamento. Nunca se deve realizar uma medida em tempo real.

A função da média ou *average* deve ser usada sempre que uma medida for realizada. De modo geral, quanto maior o tempo de *average* maior a exatidão da medida.

Após a aquisição do sinal no tempo de *average* especificado, as medidas ópticas podem ser realizadas.

Medidas de Distância

A medida de distância com o OTDR é importante para determinar o comprimento do cabo, do enlace, bem como localizar pontos de emenda, de falha, fibras quebradas, etc.

Para medir a distância total da fibra deve-se posicionar os dois cursores, um no início da fibra, na zona morta, na posição 0m (ou Km). O outro cursor deve ser posicionado no final da fibra, antes da reflexão de Fresnel.

Medidas de Atenuação

Para medir a atenuação, ou de um trecho dela, deve-se posicionar os cursores de tal modo que tenha-se o máximo de comprimento linear entre os dois pontos. A medida pode ser fornecida em dB e dB/Km.

Nunca se deve posicionar os cursores nas regiões não lineares para efetuar essa medida.

Medidas de Perdas em Emendas

Para medir a perda na emenda deve-se posicionar-se o cursor no ponto de emenda. Depois é só apertar a tecla *splice* (emenda) e o OTDR gera, automaticamente, duas retas, uma antes e outra depois da emenda, e, com base nelas, fornece o valor da perda na emenda.

Perda de Retorno

Para medir a perda de retorno devido a conectores e emendas mecânicas também devemos posicionar o cursor no ponto de emenda e acionar a tecla *splice*, que o equipamento fornece o valor da perda na emenda e da perda de retorno naquele evento. O OTDR também pode fornecer o valor da perda de retorno para toda a rota. O cálculo da perda é igual ao desenvolvido para a perda na emenda.

12.5 Ferramentas e Acessórios

Nas medidas ópticas são fundamentais algumas ferramentas:

1. Clivadores Eletrônicos ou Mecânicos automatizados, ou seja, que façam com que o resultado da clivagem seja independente da habilidade do técnico
2. Extratores de revestimento de fibra óptica e cordão
3. Conectores de Fibra Nua e/ou Acopladores
4. Cordões Ópticos e/ou Rabichos
5. Líquido Casador de índice de refração
6. Álcool Isopropílico e Lenço para limpar a fibra óptica
7. Microscópio ou Lente de Aumento (10x ou 20x) para verificar qualidade de clivagem ou do polimento do conector
8. Fibra de Lançamento

Todas essas ferramentas e acessórios devem estar em boas condições de uso.

13. SÍNTESE DOS TRABALHOS REALIZADOS

Entre os dias 03/11/97 e 14/11/97 foram acompanhados, junto a um supervisor, serviços relacionados a canalização subterrânea. Foram realizadas supervisões de obras em vários bairros de Salvador. Foi observado teste com mandril, obstrução em dutos de PVC e construção de CS não prevista em projeto. Verificou-se a importância que possui o supervisor em acompanhar o andamento das obras para que imprevistos que possam ocorrer não venham a causar danos mais sérios.

Entre os dias 15/11/97 e 20/11/97 houve a participação no curso de treinamento em emendas de fibras ópticas oferecido pela BAHTEL. Durante estes dias foi abordado todo o conteúdo programático do curso. Houve procedimentos práticos de retirada de revestimento de fibra óptica, clivagem manual, mecânica e eletrônica, e verificação do estado da ponta da fibra com uma lente de aumento após a clivagem. Além disso foi feita uma acoplagem entre fibras e realizado uma comunicação óptica utilizando fones ópticos. Depois houve prática de acomodação de fibras em bandejas de caixa de emendas ópticas para posterior emenda por fusão. Houve também treinamentos sobre o funcionamento:

- Do OTDR da HP: equipamento não muito moderno que exigia do operador uma certa habilidade de manuseio.
- Da máquina de fusão: este equipamento exigia uma clivagem da fibra para que pudesse dar início ao processo de fusão.
- Do OTDR da Tektronix: este equipamento, bem mais moderno que o anterior, é de fácil manuseio e possui mais recursos operacionais que facilitam as medições na fibra sob análise.

Entre os dias 28/11/97 e 05/12/97 foram acompanhados serviços de lançamento e retirada de cabos telefônicos subterrâneo e aéreo em vários bairros de Salvador com uma equipe formada por encarregado e ajudantes. Observou-se esgotamento de caixas subterrâneas (CS's), ou seja, retirada de água empoçada em CS's devido a chuvas. Acompanhou-se também lançamento e retirada de cordoalhas.

Entre os dias 09/12/97 e 12/12/97 acompanhou-se a realização de vários serviços de classe L com uma outra equipe em bairros de Salvador. Observou-se o lançamento e remoção de cabos aéreos de diversas capacidades e comprimentos, o lançamento de subdutos, o reespinnamento de cabos numa cordoalha e o tensionamento de cordoalhas.

Entre os dias 15/12/97 e 18/12/97 acompanharam-se diversos serviços de classe C com uma equipe formada por um encarregado e um ajudante. Observou-se a realização de testes de pressurização em diversos cabos telefônicos subterrâneos. A injeção de ar seco em uma emenda de cabo é lenta e demora-se horas para que o gás se espalhe pelo cabo. O teste de pressurização foi realizado com a finalidade de localizar um possível furo em emenda de cabo na rota. Observou-se também a abertura de uma emenda a fim de identificar TPr (Transdutor de Pressão) instalado no cabo.

Entre os dias 22/12/97 e 02/01/98 acompanharam-se diversos serviços de classe C com uma outra equipe. Foram observados os procedimentos de emenda de cabos telefônicos subterrâneos e transferência de cabos em CS e DG. Vale salientar que alguns serviços demoram além do normal para

serem executados devido a problemas tais como dutos que dificultam o lançamento de cabos, lances muito grande que pesam bastante o cabo, falta temporária de material ou equipamento para realizar os serviços.

Entre os dias 06/01/98 e 09/01/98 acompanharam-se serviços de classe C com outra equipe em bairros de Salvador. Observou-se transferência de cabo CT-APL 50x2400P funcionando, devido a problemas de baixo isolamento. Observou-se também a realização de bloqueio de pressurização em cabo telefônico na galeria de uma central telefônica a fim de evitar escapamento de ar seco no DG da central.

Entre os dias 13/01/98 e 16/01/98 acompanharam-se serviços de classe C relacionados a diagnóstico de cabos telefônicos. Foram realizadas medidas de ruído em vários pares metálicos de cabo tronco numa central telefônica utilizando um medidor chamado Psômetro. Foram realizadas também medidas de isolamento do par metálico usando o Megômetro. Quando o cabo possui baixa isolamento em seus pares metálicos, então é necessário substituí-lo. Observou-se a realização de testes de continuidade em pares vagos a fim de se verificar linha aberta ou linha com ruído.

Entre os dias 21/01/98 e 02/02/98 acompanharam-se diversos serviços de classe B com vários ILA's (Instaladores de Linhas e Aparelhos). Observou-se a identificação de defeitos em vários pares ocupados por assinantes. Quando há um problema na linha, o assinante presta reclamação à Telebahia e, então, é passado para o ILA um printer onde consta informações do assinante, tipo de reclamação e facilidades (números de par primário, secundário, cabo e CEV). O ILA verifica se o defeito na linha do assinante se encontra no par primário, secundário ou no fio FE por meio de Megômetro ou Ba-disco (fone com teclado). Observou-se também a realização de bloqueio em linhas CTC de assinantes, retirando-se o bloqueador (módulo). Em centrais normais os bloqueios são efetuados via software em computador, digitando-se comandos específicos. Acompanhou-se também transferência de endereço da linha do assinante. Neste caso o número do telefone continuou o mesmo porque a central é a mesma, modificando-se apenas o primário no DG.

Entre os dias 03/02/98 e 29/04/98 foram realizados serviços relacionados ao setor administrativo, mais especificamente serviços no Setor Interno de Engenharia, onde são preenchidos diariamente a Programação Diária de Serviços requisitada por encarregados para que seja obtido dos supervisores da Telebahia o número do CSRE, ou seja, a autorização para abertura da CS onde será realizado o serviço.

Foi verificado também que os supervisores fazem o seu planilhamento, ou seja, a cobrança dos serviços prestados, através de relatórios entregues pelos encarregados. A partir deste planilhamento faz-se uso de um sistema de banco de dados para digitar planilhas e imprimí-las a fim de serem verificadas e aprovadas pelos supervisores da Telebahia.

Foram atualizados diversos projetos de obras já executadas e quitadas. Foi observado também como são dados baixas em materiais usados em campo, qual a função e como preencher diversos tipos de documentação para realização e pagamento de serviços.

Houve também participação de uma equipe que se responsabilizou pelo levantamento de serviços e materiais de rede aérea e subterrânea, para cabos metálicos e ópticos, devido a uma concorrência para obras de expansão de rede telefônica em Sergipe pela Telergipe.

14. CONCLUSÃO

A Bahtel – Eng. e Com. Ltda é uma empresa que vem crescendo no mercado conquistando seu lugar diante de fortes concorrentes.

O estágio foi bastante importante porque o mesmo foi distribuído em vários setores da empresa, possibilitando obter uma visão detalhada e geral de todos os serviços prestados pela mesma.

Além de todos os conhecimentos práticos adquiridos pelo estagiário, o mesmo teve a oportunidade de participar de cursos de treinamento oferecido pela empresa.

O que merece atenção nesse estágio é que quase tudo o que foi visto nele não foi abordado em disciplinas na universidade. Portanto seria importante que o curso de Engenharia Elétrica possuísse um laboratório de medidas ópticas utilizando o OTDR e o Power Meter. Com isso os recém-formados certamente atenderiam exigências recentes de grandes empresas de telecomunicações.

15. BIBLIOGRAFIA

- [1] CCITT. "Construction, Jointing and Protection of Optical Fiber Cables". Apostila, 1995.
- [2] Hewlett Packard. "Fiber Optics Handbook", 1996.
- [3] Jeff Hecht. "Understanding Fibers Optics". SAMS Publishing (Prentice Hall), 1994.
- [4] William F. Giozza, Evandro Conforti e Hélio Waldman. "Fibras Ópticas – Tecnologia e Projeto de Sistemas". Makron Books MacGraw-Hill, 1996.
- [5] "Telebrás Tecnologia". Revista, outubro 1993.
- [6] "Telebrás Tecnologia". Revista, julho 1996.
- [7] TELEBRÁS. "MARE – Manual de Atividades de Rede Externa". Apostila, 1996.

1. Tabela de Classificação de Cabos Telefônicos
2. Tabela de Simbologia de Rede Telefônica
3. DG de Central Telefônica
4. Tipos de Conectores Ópticos
5. Página do MARE

ANEXO 1

TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DE CABOS TELEFÔNICOS

TABELA I
 CLASSIFICAÇÃO DOS CABOS EM GRUPOS

TIPO DO CABO		CAPACIDADE NOMINAL DO CABO					
		GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	GRUPO IV	GRUPO V	GRUPO VI
CTP-APL E CTP-APL-G	40	10-20-30-50-75	100-200	300-400	600		
	50	10-20-30-50	75-100	200-400	400	600	
	65	10-20-30	50-75-100	200	300	400	600
	90	10-20	30-50	75-100	200		300-400
CTA-APL-AS	40	10-20-30-50					
	50	10-20-30	50				
	65	10-20	30	50			
	90	10	20	30			
CT-APL	40	200-300	400-600	900	1200	1500-1800	2400
	50	200	300-400	600	900	1200	
	65		200-300	400	600		900
	90			200	300	400	450
CTP-PB	40	10-20-30-50-75	100-200	300-400-600	900-1200	1500-1800	2400
	50	10-20-30-50	75-100	200-300-400	600-900	1200	
	65	10-20-30	50-75-100	200	300-400	600	900
	90	10	20-30-50	75-100	200	300-400	450
CTP	40	10-20-30-50	75-100	200-300	400-600	600-900	1200
	50	10-20-30	50-75	100-200	300-400	600-800	900-1200
	65	10-20-30	50	75-100	200-300	400	600

ANEXO 2

TABELA DE SIMBOLOGIA DE REDE TELEFÔNICA

REPRESENTAÇÃO GERAL PARA PROJETO E CADASTRO DE REDE EXTERNA.
 CABOS REPRESENTAÇÃO GERAL

UNIDADE	SIMBOLOGIA		
	PROJETADO	EXISTENTE	A RETIRAR
LIMITE DE ESTAÇÃO TELEFÔNICA			
LIMITE DE ÁREA DE TARIFA			
LIMITE DE SEÇÃO DE SERVIÇO			
CABO TELEFÔNICO AÉREO			
CABO TELEFÔNICO SUBTERRANEO			
CABO DE FIBRA ÓTICA			
CABO TRONCO FÍSICO			
CABO TELEFÔNICO ENTERRADO			
CABO RURAL - CCE APL-ASF			
FIO TELEFÔNICO EXTERNO			
SUBIDA DE LATERAL			
LINHA DE FIO NU			
CAIXA PRONTO ACESSO COM TERMINAL (CEV)			
CAIXA PRONTO ACESSO SEM TERMINAL (EMENDA)			
CORTE DE CABO EM EMENDA			
RESERVA DE PARES NA REDE AÉREA			
RESERVA DE PARES NA REDE SUBTERRANEA			
CÓDITO EM EMENDA SUBTERRANEA			
ATERRAMENTO - "C" CORDALHA			
VINCULAÇÃO			
LOQUEIO DE PRESSÃO E OU UNIDADE			
ARMÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO			
POSTE TELEBAHIA			

— INSTALAÇÃO DE CABO E CORDALHA QUANDO NA PONTA DA REDE PROSSIGUIR S FE'S.

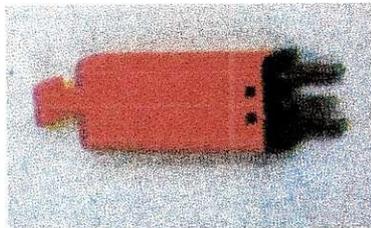
— TENSIONAMENTO DE CORDALHA.

X ► INSTALAÇÃO DE ISOLADORES.

* * * * * SUBSTITUIÇÃO DE CORDALHA OU CABO TELEFÔNICO DEVIDO OXIDACÃO OU

ANEXO 3

DG DE CENTRAL TELEFÔNICA



Módulo (fusível)

ANEXO 4

TIPOS DE CONECTORES ÓPTICOS

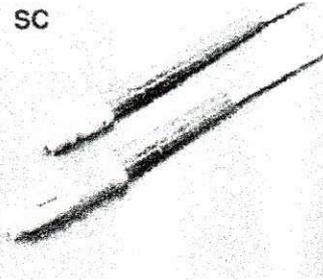
D4



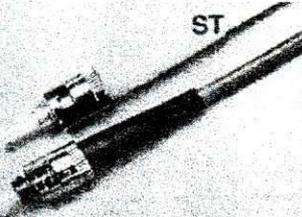
Biconic



SC



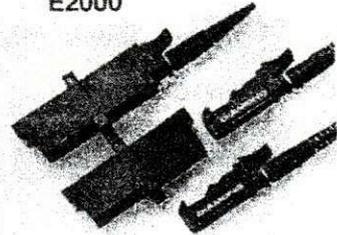
ST



FC

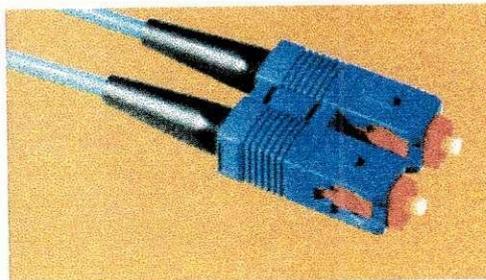
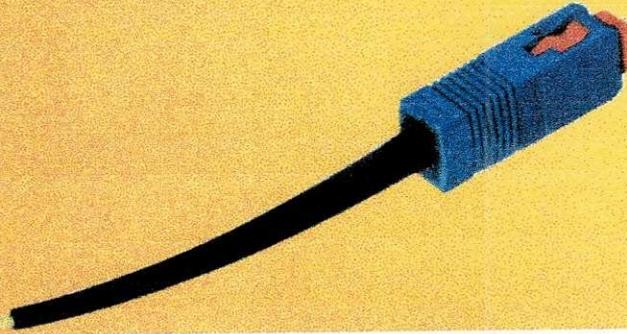


E2000



FSC - CMAX

A NOVA VERSÃO TECNOLÓGICA
DO CONECTOR "SC"



ANEXO 5

PÁGINA DO MARE

(I) Emendas de Cabos Ópticos - Classe "F"

8.58 Serviços Preliminares e Fechamento de Emendas - Código 31.01ZZ

Atividades Envolvidas:

Esgotamento e limpeza da caixa subterrânea; curvatura e fixação dos cabos nas ferragens; teste de estanqueidade dos cabos; vedação dos dutos; preparação das pontas dos cabos, de qualquer tipo; retirada total ou parcial da caixa de emenda existente; abertura e corte dos elementos de tração; limpeza da fibra; instalação de conector de blindagem; fixação do estojo na caixa de emenda; eventuais aberturas e fechamentos provisórios; conexão dos pares metálicos; instalação de acessórios; fechamento e teste de estanqueidade da caixa de emenda; instalação do suporte e; fixação da caixa de emenda; amarrações e fixação do cabo; identificação dos cabos.

31.0101 Abertura e fechamento de emenda, em caixa subterrânea, até 36 fibras	17,95	ur/u
31.0102 Idem, acima de 36 fibras	31,40	ur/u
31.0103 Abertura e fechamento de emenda, em cabos aéreos	12,80	ur/u
31.0104 Adicional por cabo derivado	7,17	ur/u
31.0105 Nova derivação de cabo em emenda existente	10,85	ur/u

8.59 Emendas de Fibras Ópticas - Código 31.02ZZ

Atividades Envolvidas:

Planejamento para execução das emendas; montagem dos equipamentos e acessórios; identificação, arrumação e preparação das fibras; colocação do elemento de proteção mecânica; arrumação das fibras no estojo na caixa de emenda; instalação dos dispositivos ópticos; testes parciais e finais; elaboração do laudo de testes; acabamento.

31.0201 Emendas de fibras ópticas, utilizando conector mecânico/fusão, em cabo morto	1,87	ur/f
31.0202 Idem, em cabo funcionando	2,81	ur/f

(J) Serviços Associados - Classe "F"

8.60 Confeção de Bloqueios em Cabos Ópticos - Código 32.01ZZ

Atividades Envolvidas:

Abertura do cabo; retirada dos protetores da fibra; separação das fibras; retirada parcial do elemento de tração; instalação dos conectores de blindagem; instalação do kit de bloqueio; colocação da resina; instalação de válvulas; testes e identificação do bloqueio.

32.0101 Bloqueio em cabo óptico	6,92	ur/u
---------------------------------------	------	------