

DAS Departamento de Automação e Sistemas
CTC Centro Tecnológico
UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

Projetos e Instalações de Sistemas de Telecomunicações Fotônicas com o T-31 da Pirelli

Monografia submetida à Universidade Federal de Santa Catarina

como requisito para a aprovação da disciplina:

EEL 5901: Projeto de Fim de Curso

Patrick Letouzé Moreira

Florianópolis, Maio de 1999

**Projetos e Instalações de Sistemas de Telecomunicações
Fotônicos com o T-31 da Pirelli**

Patrick Letouzé Moreira

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina
EEL 5901: Projeto de Fim de Curso
e aprovada na sua forma final pelo
Curso de Engenharia de Controle e Automação Industrial

Banca Examinadora:

Luciano Pattaro
Orientador Empresa

Marcelo Stemmer
Orientador do Curso

Prof. Augusto Humberto Bruciapaglia
Responsável pela disciplina e Coordenador do Curso

Professor Avaliador

Mário Andrei Cologni, Debatedor

Márcio Bittencourt Pires Jr., Debatedor

Agradecimentos

Agradeço:

- Aos meus orientadores, na universidade o professor Marcelo Stemmer e na empresa o engenheiro Luciano Pattaro, pela atenção e dedicação que me deram, além do apoio e ajuda no aprendizado.
- Aos amigos, Sandra Lopes e engenheiro Arruda, que me ajudaram na realização desses projeto de fim de curso.
- Aos engenheiros, Lughero Pattaro e César Luccas, que possibilitaram a realização deste trabalho na Pirelli Cabos S/A.
- Aos amigos do setor DMTE/Instalações/Engenharia/Telecomunicações da Pirelli Cabos, José Roberto da Graça, Marcelo de Barros Albuquerque, Mário M. Toledo, Claudinei Andrade, Anderson M. Torres, Marcos R. L. da Silva, Artur B. Sant'Anna e Emerson S. Bussoliti, e também aos amigos do DMTE/Instalações/Engenharia/Energia.
- Aos demais funcionários do DMTE/Instalações.
- Ao amigo, professor e coordenador Augusto H. Bruciapagli, pelos conselhos e ajuda neste projeto de fim de curso.
- A Salete, por toda a sua ajuda, dedicação e presteza.
- A família Leonel e a Odete Regdazinski, que me acolheram em São Paulo e muito me apoiaram.
- Aos meus caros amigos, Giulliano C.J. Pereira, Hugo L. Gosmann e Mário A. Cologni, que me acompanharam e suportaram nesses últimos cinco anos.
- À todos os meus amigos e colegas de faculdade, que dividiram comigo os momentos de angústia e alegria nesse período de grande aprendizado.
- Agradeço ainda, a minha família e a minha namorada Danielle que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Resumo

Este trabalho descreve, de forma genérica, os projetos de instalação de telecomunicações da Pirelli Cabos S/A, utilizando o sistema T-31 ("Multi-Wavelength Optical Amplifier System") da Pirelli. Esses projetos são implementados utilizando a tecnologia relacionada a Hierarquia Digital Síncrona (SDH) e a tecnologia de amplificadores ópticos com multiplexação por comprimento de onda (WDM). Deste modo, este trabalho aborda a tecnologia SDH, que fornece a estrutura para a comunicação de dados. Em seguida, este trabalho descreve o sistema T-31 da Pirelli, os seus módulos e seu funcionamento. Na sequência, aborda-se o projeto de instalação de fato, descrevendo suas etapas e os equipamentos envolvidos. Por fim, trata-se da instrumentação de medição necessária para a instalação desses sistemas, e também para sua manutenção, abordando ainda a manutenção desses sistemas.

Abstract

This work generically describes the installation projects in telecommunication done by Pirelli Cables S/A using the T-31 ("Multi-Wavelength Optical Amplifier System") system. These projects are implemented with the Synchronous Digital Hierarchy (SDH) technology and the optical amplifiers with Wave-length Multiplexing technology (WDM). Both technologies are described in the context of the T-31 system, including their steps and necessary equipment. Finally, the instrumentation for installation and maintenance are presented.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. SDH - HIERARQUIA DIGITAL SÍNCRONA	9
2.1 INTRODUÇÃO	9
2.2 PCM ("PULSE CODE MODULATION").....	9
2.3 TRANSMISSÃO: ASSÍNCRONA E SÍNCRONA.....	10
2.4 OS MULTIPLEXADORES.....	12
2.5 MULTIPLEXAÇÃO DE ENLACES E1	12
2.6 MULTIPLEXADORES PLESIÓCRONOS	13
2.7 PADRONIZAÇÃO	16
2.8 A ESTRUTURA DA HIERARQUIA DIGITAL SÍNCRONA (SDH)	17
2.9 TIPOS DE CAMADA NO MODELO SDH.....	21
2.10 BENEFÍCIOS DE UMA REDE SÍNCRONA.....	21
2.11 OS COMPONENTES BÁSICOS.....	23
2.12 GERÊNCIA DE SDH.....	25
2.13 CONCLUSÃO.....	26
3. WDM.....	29
3.1 INTRODUÇÃO	29
3.2 AMPLIFICADORES ÓPTICOS	30
3.3 MÓDULOS DO SISTEMA T-31	34
3.3.1 PDC/B DC/DC Power Supply Module	35
3.3.2 TSP/B Supervisory Unit with Q-interface.....	36
3.3.3 IOC/B I/O (Input/Output) Interface.....	37
3.3.4 LSP/B Supervisory Unit.....	38
3.3.5 SIO/B Interface Extender.....	38
3.3.6 SSP/B Supervision Extender.....	38
3.3.7 TPA/E-MW Multi-Wavelength Optical Power Amplifier Module.....	39
3.3.8 OLA/E-MW Multi-wavelength Optical Line Amplifier Module.....	41
3.3.9 RPA/E-MW Multi-wavelength Optical Pre-amplifier Module.....	42
3.3.10 TXT/EM-xxx (350,430,500,575) Transmit Transponder.....	43
3.3.11 RWD/B Wavelength Demultiplexer.....	44
3.3.12 4WM/B Four Way Multiplexer.....	44
3.3.13 4WS/B-1 Four Way Splitter.....	45
3.3.14 LSM/B-MW Line Service Modem at 1300 nm.....	46
3.3.15 OSR/B Subrack for T-31 System.....	47
3.4 T-31: 8 - CHANNEL MULTI-WAVELENGTH OPTICAL AMPLIFIER SYSTEM. UM EXEMPLO DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA T-31.	48
3.4.1 Introdução.....	48
3.4.2 Descrição do Sistema	49
3.5 CONCLUSÃO.....	52
4. PROJETO DE INSTALAÇÃO EM TELECOMUNICAÇÕES	54
4.1 INTRODUÇÃO	54
4.2 AS ETAPAS DO PROJETO EM TELECOMUNICAÇÕES.....	55
4.2.1 Interfaces entre as Áreas Técnicas e Organizacionais	56
4.2.2 Dados de Entradas do Projeto.....	57
4.2.3 Dados Resultantes do Projeto.....	58
4.2.4 Análise Crítica das Etapas do Projeto.....	59
4.2.5 Verificação e Validação do Projeto.....	60
4.2.6 Funcionamento dos Projetos de Telecomunicações.....	60
4.3 MACROS PROCESSOS NA INSTALAÇÃO DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES.....	61
4.4 DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	62
4.4.1 Multiplexador Óptico de 1ª. Ordem (30 canais).....	62

4.4.2 Interfaces Eletro-Ópticas de 2 Mbit/s e 8 Mbit/s (ELO-2/8).....	64
4.4.3 Equipamento Derivador de Canais (DD2).....	64
4.4.4 Distribuidor Intermediário Digital - DID (30/120/480).....	64
4.4.5 Distribuidor Intermediário Óptico - DIO.....	65
4.4.6 Bastidor Terminal Misto.....	65
4.5 TÉCNICA DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS.....	65
4.5.1 Condições Ambientais da Sala de Telecomunicações.....	66
4.6 ARQUITETURAS DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES ÓPTICAS.....	66
4.7 CONCLUSÃO.....	69
5. INSTRUMENTAÇÃO DE MEDIÇÃO E MANUTENÇÃO	70
5.1 INTRODUÇÃO.....	70
5.2 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO ÓPTICOS.....	70
5.3 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DE TRANSMISSÃO DIGITAL.....	73
5.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	75
5.4.1 Instrumental Necessário.....	75
5.4.2 Testes.....	76
5.5 MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	77
5.5.1 Instrumental Necessário.....	77
5.5.2 Detecção e Remoção de Falhas.....	78
5.6 MANUTENÇÃO DO T-31 DA PIRELLI.....	79
5.7 CONCLUSÃO.....	80
6. CONCLUSÃO.....	82
7. BIBLIOGRAFIA	85

Lista de Figuras

FIGURA 1: MUX PLESIÓCRONO	14
FIGURA 2: RETIRADA E INSERÇÃO DE ENLACE NO SISTEMA PDH.....	15
FIGURA 3: A ESTRUTURA DO QUADRO STM	18
FIGURA 4: O PROCESSO DE ENCAIXE DENTRO DA ESTRUTURA DE QUADRO STM-N	19
FIGURA 5: O CAMINHO SDH.....	20
FIGURA 6: OS COMPONENTES BÁSICOS	25
FIGURA 7: PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA EDFA	33
FIGURA 8: O AMPLIFICADOR ÓPTICO.....	33
FIGURA 9: O SISTEMA T-31 DA PIRELLI	35
FIGURA 10: OS COMPONENTES BÁSICOS DO SISTEMA WDM.....	49
FIGURA 11: ARQUITETURA DE 1A. HIERARQUIA.....	67
FIGURA 12: ARQUITETURA DE 2A. HIERARQUIA.....	67
FIGURA 13: ARQUITETURA DE 3A. HIERARQUIA.....	68
FIGURA 14: ARQUITETURA PCM COM UTILIZAÇÃO DE DD2	68
FIGURA 15: ARQUITETURA DE 4A. HIERARQUIA.....	68

Capítulo I

1. INTRODUÇÃO

Dentro da engenharia, um setor em particular vem recebendo grande destaque no Brasil e no mundo, é o setor das telecomunicações. No Brasil isso se deve à recente privatização do setor, o que gerou uma significativa entrada de recursos financeiros no país, uma mudança na dinâmica do funcionamento das empresas operadoras de telecomunicações, e conseqüentemente, uma alteração no modo de atuação das empresas fornecedoras de equipamentos e serviços, e ainda, uma expectativa de maior investimento na área. Portanto, o setor de telecomunicações é tido como o ramo da engenharia que deverá apresentar o maior crescimento no país nos próximos anos.

Além disso, em termos mundiais, na chamada era da globalização, o fluxo de informações passou a ser fundamental, tanto a quantidade de dados que são transmitidos quanto a velocidade com que são transmitidos. Para tanto, necessita-se de sistemas de telecomunicações rápidos, seguros, de grande capacidade de transmissão e que ofereçam uma grande variedade de serviços, sendo estes últimos cada vez mais orientados ao cliente, isto é, flexíveis de modo a serem ajustáveis a cada cliente.

Esse aumento na demanda de novos serviços e a exigência do binômio velocidade/capacidade, levou ao desenvolvimento de novas tecnologias: a transmissão por hierarquia digital síncrona (a tecnologia SDH) e a multiplexação por comprimento de onda (a tecnologia WDM). Sendo o meio de

transmissão ideal dessas tecnologias as fibras ópticas. Além disso, tem-se também a tecnologia de empacotamento e transmissão de dados por células de tamanho fixo (a tecnologia ATM). Muitos analistas de mercado acreditam que as supervias de informação viajarão em pacotes ATM sobre uma estrutura SDH, por meio de fibras ópticas utilizando tecnologia WDM.

Este universo de alta tecnologia é inimaginável sem o uso de computadores para o controle, monitoração e atualização constante dos sistemas de telecomunicações. Além disso, a demanda por serviços cada vez mais flexíveis, especializados e automatizados, torna imprescindível o uso desses mesmos computadores, o que torna evidente não somente o papel do engenheiro de telecomunicações como também o papel do engenheiro de controle e automação.

Este projeto é referente à um problema atual já mencionado acima, a necessidade de transmissão de grandes quantidades de dados à altas velocidades. Um primeiro passo na solução deste problema foi o uso de fibras ópticas em telecomunicações. No entanto, com a rápida evolução tecnológica das fibras ópticas e dos sistemas de telecomunicações visando atender uma maior demanda, percebeu-se a sub-utilização da capacidade de transmissão das fibras ópticas, uma vez que era usado apenas um comprimento-de-onda. Então surgiu a pergunta: por que não usar mais de um comprimento de onda para transmissão de dados por fibra óptica? Em resposta a esta pergunta surgiu a tecnologia WDM ("Wavelength Division Multiplexing") - multiplexação por comprimento de onda.

Além disso, com a necessidade de aumentar as distâncias de transmissão sem aumentar o número de estações repetidoras, ou seja, o custo,

buscou-se um modo de amplificar os sinais ópticos sem os converter em sinais elétricos. Surgiram assim os amplificadores ópticos que se baseiam em dispositivos compostos de fibras ópticas dopadas com érbio. Consequentemente, os amplificadores ópticos podem ser usados no meio da linha de transmissão, como os repetidores, ou acoplados ao transmissor ou ao receptor, aumentando a distância de transmissão sem estações intermediárias, melhorando sensivelmente a confiabilidade dos enlaces ópticos. Entende-se por enlace óptico um transmissor e um receptor conectados por um cabo óptico.

A Pirelli Cabos S/A, sensível a demanda emergente do mercado de telecomunicações, através de sua Divisão de Mercado de Telecomunicações e Energia (DMTE), oferece soluções em sistemas fotônicos de longas distâncias. Estes sistemas são baseados em tecnologia de ponta, representados pelo sistema T-31 da Pirelli ("Multi-Wavelength Optical Amplifier System"), que consiste num sistema WDM modular e completo, com avançados dispositivos de amplificação óptica (os amplificadores ópticos constituídos de fibras ópticas dopadas com íons de érbio).

Dentro do DMTE há a área de Instalação, responsável pela gerência completa dos projetos e instalações de sistemas de telecomunicações e energia. O setor de engenharia dentro da Instalação é subdividido em Telecom e Energia. Assim sendo, este Projeto de Fim de Curso foi desenvolvido no DMTE/Instalação/Engenharia/Telecom.

A metodologia adotada neste Projeto de Fim de Curso foi o estudo e manutenção de equipamentos e redes fotônicas de telecomunicações, em campo e em laboratório, através de manuais técnicos e, da orientação e

experiência dos profissionais da Pirelli Cabos S/A - DMTE/Instalação/Engenharia/Telecom. Além da participação e acompanhamento em projetos e instalações de redes de telecomunicações, sob a supervisão de profissionais gabaritados para tanto.

Este trabalho se caracteriza não pela participação em um projeto do início ao fim, mas sim, pela participação em diversos projetos em diferentes etapas. Deste forma, optou-se por apresentar este trabalho numa forma genérica. Primeiramente, para uma melhor compreensão de como as informações são estruturadas para as transmissões a longas distâncias, trata-se da Hierarquia Digital Síncrona (SDH), que fornecerá as entradas ao sistema T-31 (WDM). Em seguida, apresenta-se o sistema T-31 propriamente dito, seus módulos e seu funcionamento. Depois disso, aborda-se os projetos de instalação de fato, como cada projeto tem que transcorrer na Pirelli Cabos, além dos equipamentos necessários para a instalação física dos sistemas SDH e WDM. Após o detalhamento dos projetos de instalação em comunicações ópticas, discorre-se sobre os instrumentos de medição utilizados na instalação desses sistemas, e também, da manutenção desses mesmos sistemas. Finalizando este trabalho, tem-se a conclusão.

Portanto, este trabalho está distribuído da seguinte forma:

- O capítulo I destaca a importância dos sistemas de telecomunicações para a engenharia no país, evidenciando o uso de avançada tecnologia no ramo, e portanto, a sua correlação com a engenharia de controle e automação.
- O capítulo II aborda a estrutura atual dos sistemas de telecomunicações vigentes no mundo, isto é, a estrutura SDH.

- O capítulo III explica o funcionamento dos amplificadores ópticos e descreve o sistema T-31 (“Multi-Wavelength Optical Amplifiers System”) da Pirelli, apresentando cada um dos seus módulos.
- O capítulo IV trata dos projetos de instalações em telecomunicações, explicando cada etapa e os equipamentos envolvidos.
- O capítulo V refere-se a manutenção dos sistemas de telecomunicações e os respectivos instrumentos de medição, também usados para a instalação desses mesmos sistemas.
- Por fim, o capítulo VI, arremata o trabalho discorrendo sobre algumas perspectivas no mercado de telecomunicações, e a inserção do engenheiro de controle e automação nesse mercado.

Capítulo II

2. SDH - HIERARQUIA DIGITAL SÍNCRONA

2.1 Introdução

A Hierarquia Digital Síncrona foi concebida para solucionar diversos problemas encontrados na rede plesíocrona. Os equipamentos da rede PDH foram desenvolvidos nas décadas de 60 e 70, época em que não havia preocupação com os seguintes fatores:

- Necessidade de controle mais efetivo da rede, por meio de um gerenciamento mais abrangente;
- Utilização da tecnologia óptica em larga escala;
- Necessidade de flexibilidade na capacidade das rotas de conexão.

Este capítulo tem como objetivo principal apresentar a Hierarquia Digital Síncrona que é fundamental para o entendimento das redes de telecomunicações de longas distâncias, uma vez que a SDH já é um padrão mundial na área. Para alcançar este objetivo optou-se por uma explanação evolucionista, ou seja, seguiu-se uma ordem cronológica para explicar como e porque surgiu a SDH, para em seguida explicar a SDH.

2.2 PCM (“Pulse Code Modulation”)

Atualmente a maioria dos sistemas de telecomunicações (e dos equipamentos da área) trabalham com sinais digitais binários. No entanto, a voz humana é analógica e portanto, deve ser digitalizada, pois além do fato da digitalização atender uma necessidade do mercado, tem-se o uso dos mesmo equipamentos tanto para voz digitalizada como para dados de computadores, videoconferências, etc.

Na década de vinte, Harry Nyquist (engenheiro americano) trabalhando no Bell System, descobriu que a voz poderia ser amostrada 8 mil vezes por segundo, sendo sua recomposição no outro lado da linha satisfatória [3].

Cada amostragem é comparada com 256 patamares predefinidos, sendo que cada patamar possui um código específico de 8 bits. Este processo de amostragem e subsequente codificação é chamado de modulação por associação de códigos a pulsos (PCM - "Pulse Code Modulation"). Como resultado dessa digitalização temos 8 mil amostras por 8 bits, que dá 64 mil bits por segundo (64 Kbps).

No receptor ocorre o processo inverso. O sinal de 64 Kbps é decomposto em 8 mil códigos de 8 bits. Cada código passa por um conversor fornecendo um pulso de amplitude correspondente, para então passar por um circuito que transforma os pulsos num sinal contínuo.

2.3 Transmissão: Assíncrona e Síncrona

Entre duas máquinas há dois modos de transmissão de bits: o assíncrono e o síncrono.

O primeiro surgiu com a telegrafia consistindo do envio de informações precedido por um símbolo de marcação do início da comunicação e ao término da mensagem, um símbolo de marcação do fim da comunicação. Como o intervalo entre as transmissões é imprevisível e intermitente, tal modo de transmissão é chamado de assíncrono [3].

Estes símbolos de marcação podem ser um bit ou um conjunto deles. Desta forma, a decodificação da mensagem só é possível se o receptor puder contar os bits que chegam e compará-los com seu relógio interno (sequência de bits alternados gerados internamente). O sinal de início serve para alinhar o sinal com o relógio, enquanto que o sinal de fim indica o fim da transmissão.

O modo assíncrono não é considerado adequado a transmissões velozes, pois estas implicam em menores tamanhos de bits e conseqüentemente menores tempos de transmissão de bit. Quanto menor o tempo de bit maior a possibilidade de distorção. Havendo distorção, esta pode impedir a sincronização com o relógio provocando a perda do carácter ou a decodificação errônea.

Na transmissão síncrona não há interrupção na comunicação. O receptor e o transmissor precisam ter referências temporais (relógio interno) idênticas. Portanto, necessita-se de um mecanismo de controle dos pulsos do relógio. Em vista disso, é comum usar protocolos que reconhecem um byte, único e exclusivo, como referência de sincronização. A cada vez que o receptor reconhecer este byte, ele realinha os pulsos do seu relógio interno. Enquanto não houver mais caracteres sendo transmitidos, envia-se bytes de sincronismo. Esta sincronização é necessária porque os relógios internos são

sensíveis a variações de tensão e temperatura, podendo o relógio interno “escorregar”, desalinhar em relação ao sinal recebido.

2.4 Os Multiplexadores

Multiplexar consiste em combinar vários canais de entrada em um canal de saída. O método para combinar vários canais de 64 Kbps numa única torrente de bits é a multiplexação por divisão de tempo (TDM - “Time Division Multiplexing”).

Alinham-se 32 canais PCM, sendo que o mux TDM (multiplexador TDM) tem como entrada simultânea os 32 canais PCM. O mux lê o primeiro byte de cada canal e os armazena em sua memória, todos ao mesmo tempo. Cada byte dura $125\mu\text{s}$ (microssegundos). Em seguida esses bytes são enfileirados sequencialmente na saída de alta velocidade do mux, com duração de $3,90625\mu\text{s}$, o que dá 2,048 Mbps, ou 32 vezes 64 Kbps [3].

Como padrão europeu de estrutura de enlace PCM temos o enlace E1. Este consiste de 32 canais, sendo 30 canais de voz, 1 canal (o primeiro) de controle e sincronismo do seletor rotativo do receptor para desfazer a intercalação de bytes (demultiplexação), e 1 canal de sinalização (o décimo sétimo).

Um enlace TDM tem estrutura semelhante à um quadro de transmissão síncrona, de fato ele é realmente transmitido por máquinas síncronas.

2.5 Multiplexação de Enlaces E1

Com a crescente demanda por serviços telefônicos, ficou evidente que somente a estrutura de enlace E1 não seria suficiente. Para resolver este problema surgiu a intercalação de enlaces. Na Europa e no Brasil, adotou-se o padrão que intercalava quatro enlaces E1, produzindo um sinal de 8,448 Mbps. Apesar da semelhança deste processo com a multiplexação de 30 canais PCM, neste nível de multiplexação ocorre a intercalação de bits.

Criou-se uma hierarquia de multiplexadores, sendo o primeiro, o multiplexador de enlaces E1, chamado de TDM de primeira ordem. A partir do primeiro, os subsequentes intercalam sempre quatro entradas, sendo sua ordem de acordo com sua posição na hierarquia.

2.6 Multiplexadores Plesiócronicos

As limitações técnicas impediram que os primeiros grandes multiplexadores fossem realmente síncronos. Assim surgiram os multiplexadores plesiócronicos, ou “quase” síncronos.

Apesar da aparente simplicidade em concatenar máquinas TDM, na prática isto não é bem verdade. Por exemplo, uma máquina que multiplexa enlaces E1 frequentemente lida com enlaces de entrada vindos de equipamentos diferentes e estes, normalmente, apresentam velocidades ligeiramente diferentes de 2,048 Mbps, uns com velocidades maiores e outros com velocidades menores. Porém, para que tudo dê certo na demultiplexação é primordial a sincronização dos bits de entrada.

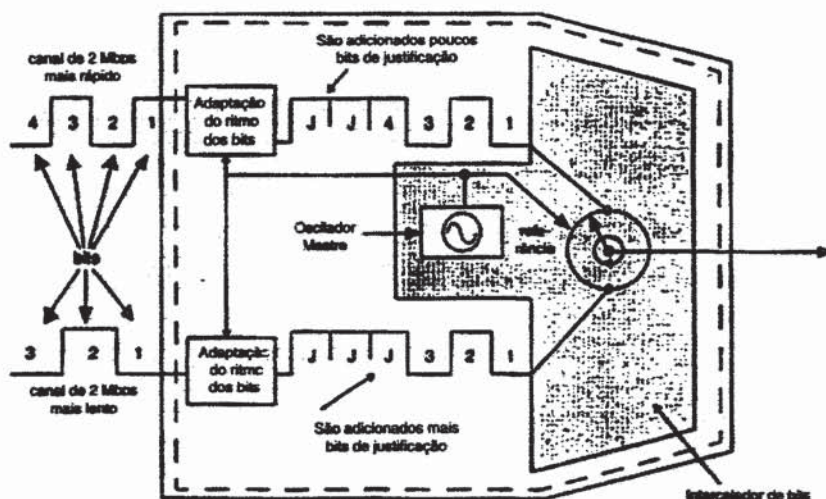


Figura 1: Mux Plesiócrono

Deste modo, para haver um sincronismo de fato inserem-se “bits vazios” (ou “bits de justificação”). Posteriormente, quando forem demultiplexados, esses bits vazios são identificados e retirados mantendo o sinal original. Este processo é chamado de operação plesiócrona [3].

Tal problema ocorre em todos os níveis da hierarquia TDM, havendo portanto, módulos plesiócronicos em cada estágio. Devido a isso adotou-se o nome de Hierarquia Digital Plesiócrona (PDH - Plesiochronous Digital Hierarchy) para essa linha de multiplexadores TDM.

Com a popularização das redes PDH, proliferaram novos serviços telefônicos, projetados especialmente para o mundo empresarial. Entretanto o sistema PDH foi concebido para atender o serviço básico, o POTS (“Plain Old Telephone Service” ou serviço telefônico antigo e simples). Devido a isso, a rede PDH tornava difícil a criação e a manutenção de novos serviços.

Além disso, para retirar e inserir um enlace 2Mbps de um canal de 140Mbps, seriam necessários três demultiplexadores e três multiplexadores,

sem contar com sistemas de energia, mão-de-obra especializada, interrupção do enlace de 140Mbps, para interligar os novos equipamentos.

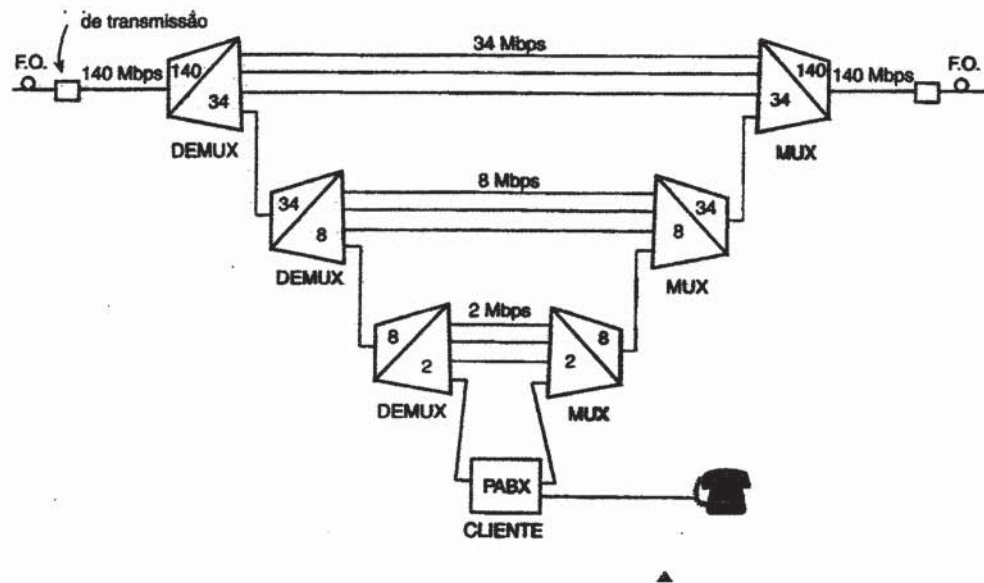


Figura 2: Retirada e Inserção de Enlace no Sistema PDH

Contudo os principais problemas da rede PDH são: controle e gerência. O controle tem relação com as grandes quantidades de máquinas multiplexadoras e demultiplexadoras, uma vez que um enlace E1 pode percorrer grande quantidade de rotas, dentro da rede até chegar ao seu destino.

Para garantir o acompanhamento dessa rota é preciso manter registros atualizados sobre a interconexão de equipamentos. Mas com o aumento de ordens de serviço, cresce o número de inserções e retiradas de equipamentos, aumentando a probabilidade de alguém se enganar ou os registros ficarem desatualizados, o que pode provocar um grave erro interrompendo toda a linha de transmissão.

A gerência está associada ao problema de identificar um enlace E1 numa torrente de bits de alta velocidade, ou seja, na dificuldade de identificar um enlace E1 nos níveis hierárquicos maiores de modo a averiguar se tudo está ocorrendo bem, e assim garantir a qualidade do sistema.

2.7 Padronização

Os sistemas síncronos permitem a inserção e a extração de enlaces sem que seja necessária uma demultiplexação. Isto porque numa rede com perfeito sincronismo entre todos os enlaces é possível saber a que enlace pertence um bit determinado. Além disso, sabe-se onde começa e onde termina um enlace.

Apesar dos diversos fabricantes buscarem soluções próprias, houve desde o início um esforço conjunto na tentativa de padronizar os sistemas de transmissão síncronos. Mais ainda, aproveitou-se a oportunidade para definir padrões de resolução dos problemas PDH. Neste sentido, ficou evidente a necessidade de incluir espaço, dentro de cada hierarquia, para gerência da qualidade de transmissão e para medir o tráfego.

Houve duas correntes em busca da padronização. A primeira nos EUA, que em 1985 resultou no Sonet ("Synchronous Optical Network") proposto pela Bellcore. E a outra na Europa, que em 1986 resultou numa proposta do CCITT, o SDH. Logo em seguida ocorreu um ajuste de cada proposta para compatibilização das mesmas. Atualmente, pode-se considerar o Sonet como subpadrão dentro do padrão da SDH.

2.8 A Estrutura da Hierarquia Digital Síncrona (SDH)

Nos sistemas de SDH definiu-se que a taxa básica de transmissão seria 155,52 Mbps, chamada de STM-1, onde STM significa módulo de transporte síncrono. Na Tabela 1, temos as taxas de transmissão das hierarquias de SDH.

STM-N	Taxa em Mbps	Como é conhecido	Capacidade
STM-1	155,52	155 Mbps	
STM-4	622,08	622 Mbps	4 x STM-1
STM-16	2488,32	2,5 Gbps	16 x STM-1
STM-32	9953,28	10 Gbps	32 x STM-1

Tabela 1: Os Ritmos das Hierarquias de SDH

O quadro de estrutura STM-1 é dividido em duas partes: as primeiras nove colunas, que são usadas para transmitir informações de controle, gerência e sincronismo; as 261 colunas restantes são usadas para carregar a informação a ser transmitida (esta área é conhecida por “payload area” ou área que dá lucro). Este padrão se repete em todas as hierarquias superiores.

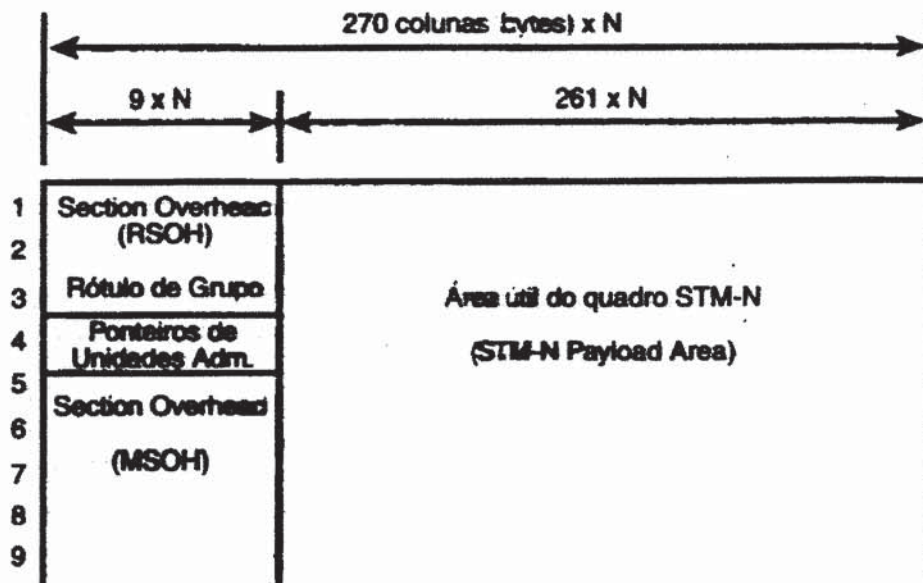


Figura 3: A Estrutura do Quadro STM

Vale ressaltar que esta estrutura bidimensional existe apenas na memória dos computadores que controlam essas máquinas. No entanto, na fibra óptica, os bits multiplexados são transmitidos linearmente um após o outro.

Um mesmo feixe STM-N admite vários tipos de enlaces de entrada, como por exemplo: o enlace PCM americano (chamado de T1) de 1,544 Mbps; o enlace E1, de 2,048 Mbps; a hierarquia de segunda ordem americana, de 6,312 Mbps; e outros. Dentro do quadro STM-N são intercalados enlaces síncronos, assíncronos e plesiócronicos. Esses diferentes sinais de entrada são chamados de tributários.

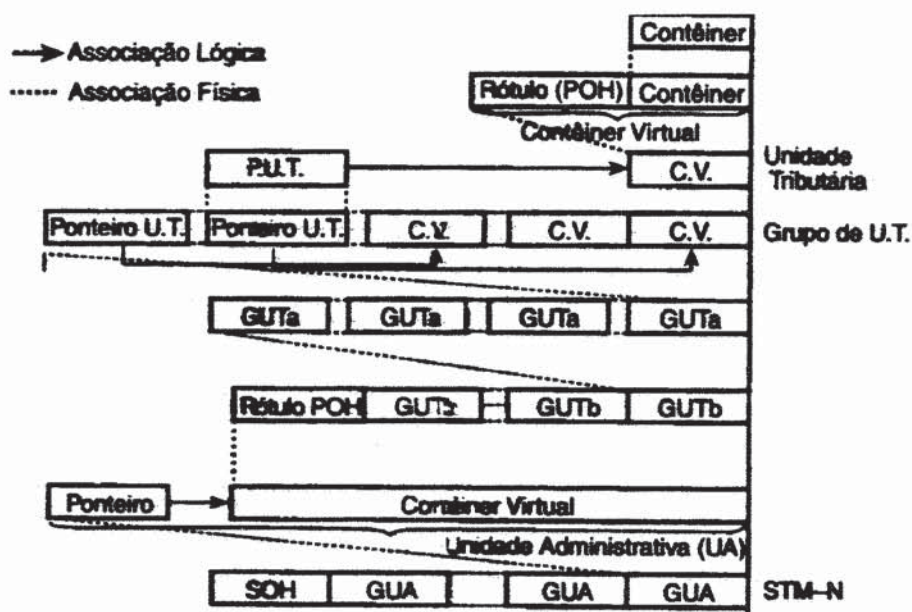


Figura 4: O Processo de Encaixe dentro da Estrutura de Quadro STM-N

Os bytes vindos do sinal tributário são empacotados dentro de um contêiner, segundo critérios padronizados assumindo um número pré-definido de bytes. A cada contêiner são associados bytes de gerência de todo o caminho percorrido pelo mesmo, assim como o controle do conteúdo. Esses bytes são como um rótulo que é denominado de "Path Overhead" (POH). O rótulo POH mais o contêiner compõem o contêiner virtual (VC - "Virtual Container"). Uma vez montado o VC este é colocado na área útil ("payload area") do quadro STM-N [3].

Associa-se a cada VC um ponteiro de unidade tributária, que consiste na realidade de uma variável de memória indicando onde começa o VC. Esse conjunto é chamado de Grupo de Unidades Tributárias.

Vários Grupos de Unidades Tributárias são multiplexados, sendo empacotados em outros grupos e reunidos num novo VC, mais veloz. Esse VC

também possui um rótulo (POH) de controle. Vários desses VCs grandes são reunidos (multiplexados) num grande grupo chamado de Grupo de Unidades Administrativas, sendo associado a cada um deles um ponteiro de unidade administrativa.

Finalmente, vários Grupos de Unidades Administrativas são intercalados na área útil do quadro STM-N. Um rótulo de quadro é associado a área útil, sendo chamado de “Section Overhead” (SOH) que consiste de duas partes: “Multiplexer Section Overhead” (MSOH) e “Regenerator Section Overhead” (RSOH).

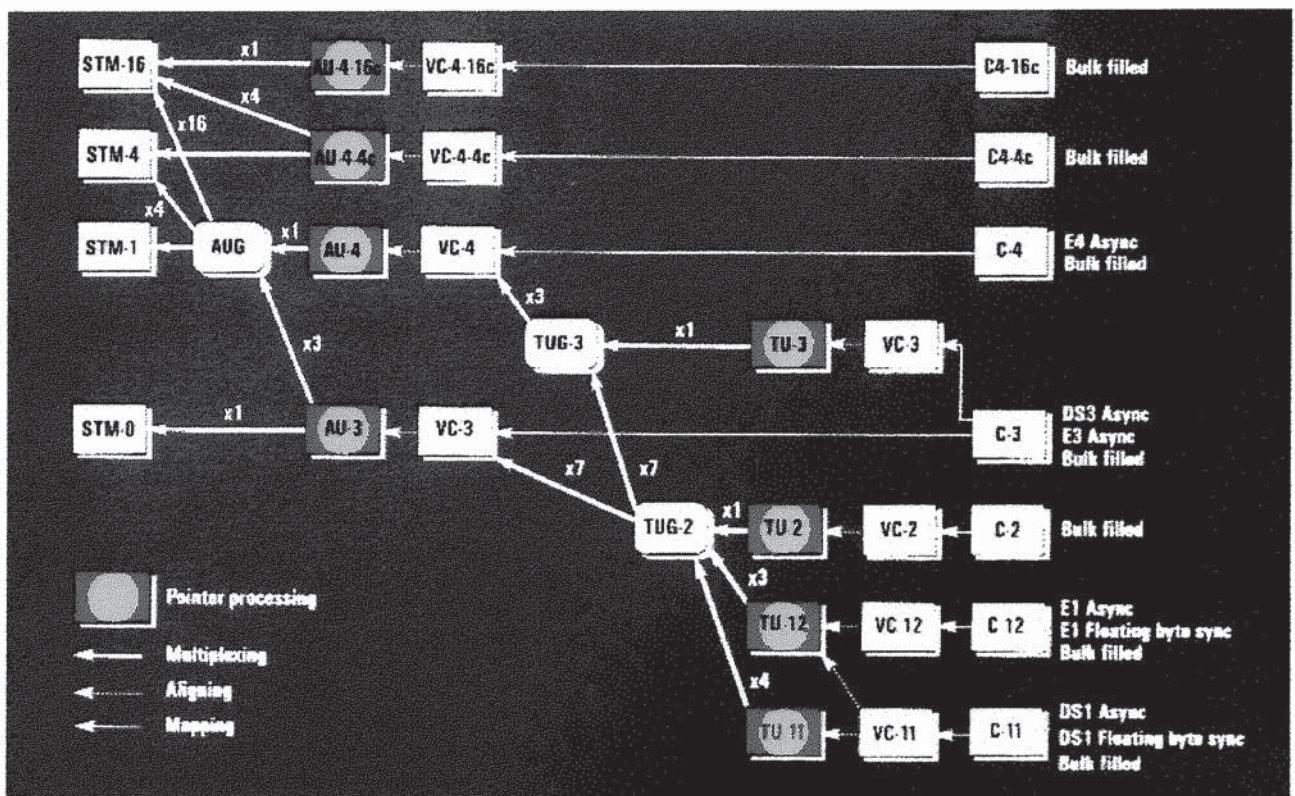


Figura 5: O caminho SDH

Os bytes no SOH permitem identificar, retirar e inserir novos VCs dentro da área útil, sem que seja necessária uma demultiplexação.

2.9 Tipos de Camada no Modelo SDH

O ITU-T subdividiu a SDH em três camadas, sendo a camada inferior cliente da camada imediatamente superior e essa é servidora da camada imediatamente inferior. Essas três camadas são [9]:

- *Camada de circuito*: fornece aos usuários serviços de telecomunicações tais como: comutação de circuitos e comutação de pacotes. As diferentes camadas de circuitos podem ser identificadas de acordo com os serviços fornecidos;
- *Camada de via*: é utilizada para dar suporte aos diferentes tipos de camadas de circuitos. Há dois tipos: a camada de via inferior e a camada de via superior;
- *Camada do meio de transmissão*: é classificada em camada de seção e camada do meio físico. A primeira se ocupa com todas as funções para a transferência de informações entre dois nós na camada de via. A segunda se ocupa com o meio de transmissão em si (fibra óptica, rádio ou par metálico). Há dois tipos de camada de seção: a camada de seção de multiplexação, responsável pela transmissão fim a fim da informação entre locais que acessem a via, e a camada de seção de regeneração, responsável pela transmissão de informação entre regeneradores e locais que acessem as vias.

2.10 Benefícios de uma Rede Síncrona

- Simplificação: um único multiplexador síncrono substitui vários mux plesiócronicos. Assim uma estação SDH é mais simples, sua manutenção é mais barata, ocupando menos espaço e consumindo menos energia.

Uma nova rota pode ser estabelecida a partir de um ponto central, através de um comando num terminal de gerência de rede, o que facilita a extração e a inserção de enlaces PCM na SDH. Portanto, a operadora pode vender serviços de banda larga mais facilmente, porque não é necessário enviar uma equipe só para rotear um novo enlace.

- Sobrevivência: todos os elementos de rede (“Network Element” – NE) SDH estão constantemente supervisionando o funcionamento de transmissão. A integridade dos dados é averiguada por software e ao ocorrer um problema este altera o roteamento dos dados sem que o usuário tome conhecimento do fato.

- Controle por software: a estrutura de quadros SDH permite que toda a rede seja controlada por software. Os sistemas de gerência de rede (NMS – “Network Management System”) podem detectar falhas, avaliar o desempenho, modificar as configurações, dispor de recursos, controlar a segurança, de modo que muitos problemas poderão ser resolvidos de uma única sala, sem que seja necessário enviar uma equipe a um “site”.

- Velocidades maiores sob encomenda: todos os assinantes conectados a uma rede síncrona podem facilmente comprar qualquer serviço disponível na rede, com velocidades maiores de transmissão.

- Padronização: como as máquinas SDH estão razoavelmente padronizadas, é possível interconectar redes de SDH de fabricantes distintos.

2.11 Os Componentes Básicos

Há quatro componentes básicos que podem montar qualquer tipo de rede síncrona: multiplexadores, comutadores digitais (“cross-connect”), rádio microondas e sistemas submarinos.

- **Multiplexadores:** multiplexadores síncronos podem realizar a função de terminais de linha. Além disso, aceitam como entrada qualquer tipo de tributário de ordem inferior (o PDH somente aceita o tributário imediatamente inferior), inclusive sinais plesiócronicos ou assíncronos.

As saídas de um mux SDH, contudo, podem ser usadas de duas formas: principal e reserva, ou leste e oeste. Isto permite montar quatro tipos de configurações de rede: ponto-a-ponto; estação de inserção e de extração; anel; e hub (centralizador).

Na configuração ponto-a-ponto, dois mux de SDH funcionam como uma rota de alta velocidade entre duas localidades. As duas interfaces ópticas de saída funcionam como principal e reserva.

Como estação de inserção e extração (estação add & drop ou ADM – “Add and Drop Multiplexer”), os mux de SDH funcionam como entrepostos, alterando o conteúdo do sinal do STM-N entre duas estações.

Na configuração anel, os mux de SDH usam as duas saídas ópticas para fazer o quadro STM-N circular numa única direção (da direita para a esquerda ou vice-versa). A cada mux de SDH o quadro é alterado, por meio de inserções e extrações de tributários. Em caso de falha na comunicação entre

dois mux, o quadro STM-N imediatamente começa a circular na direção oposta, sem que o operador ou o software de gerência precisem intervir.

Como hub, um mux de SDH pode receber, em sua entrada, tanto tributários conectados eletricamente quanto tributários ópticos, tornando desnecessário instalar conversores eletroópticos na entrada do mux.

- Comutadores digitais: a maioria das redes síncronas é capaz de estabelecer interconexões entre canais distintos, permitindo que VCs sejam enviados de um tributário para outro ou de um quadro STM-N para outro.

Embora todo mux de SDH tenha dentro de si um comutador digital, essa função pode ser feita por máquinas especializadas, chamadas de DXC ("digital cross-connect"). Em alguns casos essas máquinas deixam a rede mais flexível, rápida e segura. Contudo, em geral são bem mais caras.

- Rádio microondas: todos os fabricantes possuem mux de SDH cuja saída é rádio microondas. A maioria deles funciona a 155 Mbps, ou STM-1. Embora o ITU-T esteja trabalhando na padronização desses enlaces de rádio, por enquanto só há interfaces aéreas proprietárias - o que significa que o transmissor e o receptor precisam ser do mesmo fabricante. O propósito desses rádios de SDH é substituir os enlaces microondas de PDH a 140 Mbps.

- Sistemas submarinos: sistemas submarinos de curta distância podem usar a mesma interface óptica e a mesma estrutura de quadro dos sistemas terrestres. Contudo, a longas distâncias há um sério problema com os repetidores submarinos que não são capazes de realizar cálculos muito complexos em pouco tempo. E os quadros STM-N exigem que os repetidores façam uma grande quantidade de cálculos. Tem-se usado duas estratégias de contornar o problema: ou quadros STM-N diferentes, que exigem menos

cálculos; ou o empacotamento do quadro STM-N dentro de um quadro maior e mais simples. Todos os fabricantes possuem interfaces especiais para sistemas submarinos, sendo as soluções proprietárias.

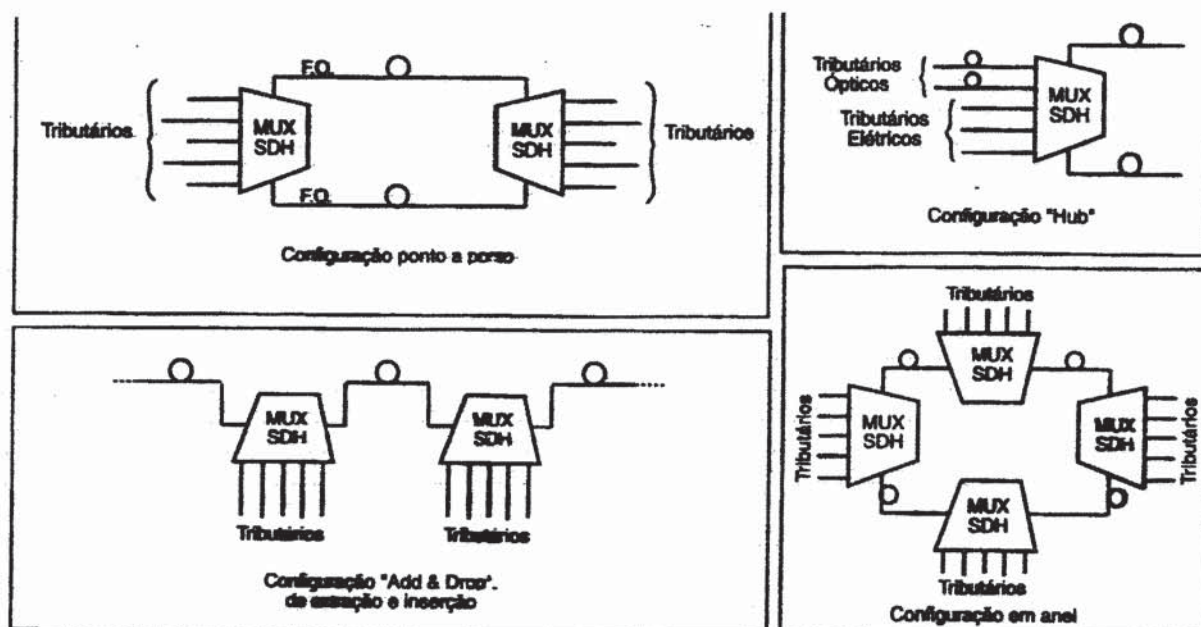


Figura 6: Os Componentes Básicos

2.12 Gerência de SDH

A gerência de uma rede SDH usa o processo de gerenciamento distribuído em camadas. Cada camada tem tarefas de gerência pré-definidas. Nesse modelo de organização, a camada inferior é constituída pelos elementos de rede da SDH. Se nas camadas do modelo de organização forem oferecidas facilidades adicionais, a estrutura das mensagens deve ser mantida.

As interfaces para gerência devem ser padronizadas para que se possa garantir a compatibilidade de equipamentos de fabricantes distintos. As

funções de gerência são definidas pelo aspecto funcional de um NE (“Network Element” - elemento de rede), determinando os serviços de gerência ao sistema de gerência e ao operador local. As funções de gerência relevantes para um NE na SDH são [9]:

- *Gerência de Falha*: é responsável pela detecção, localização e correção de condições anormais de operação da rede, que incluem falhas relacionadas à rede propriamente dita e falhas específicas dos equipamentos;
- *Gerência de Desempenho*: coleta os dados estatísticos com a finalidade de prover informações que permitam avaliar o desempenho dos elementos de rede e a qualidade dos serviços oferecidos pela rede;
- *Gerência de Configuração*: provê funções que atuam sobre a identificação e o estado dos equipamentos e serviços da rede, incluindo as funções de planejamento e instalação de equipamentos e serviços. Compreende funções de provisionamento, status e controle, e funções de instalação;
- *Gerência de Segurança*: apresenta os requisitos gerais que a rede de gerência da SDH deve cumprir, referentes às facilidades oferecidas a cada operador e à segurança da operação, impedindo a degeneração do sistema.
- *Gerência de Tarifação*: dependerá do provedor.

2.13 Conclusão

As redes de telecomunicações estão expandindo cada vez mais seus serviços como: enlaces privados para empresas; serviço de comunicações pessoais; RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados); e serviços de comutação rápida de pacotes, como o ATM (Modo de Transferência Assíncrono), vão permitir requisitar banda larga só quando for necessário. Deste modo, só redes inteligentes controladas por software e equipadas com um sistema de sinalização muito complexo, podem suportar esses serviços. Assim sendo, os sistemas de transmissão de SDH figuram como a base ideal para essas redes.

No entanto, a maior expectativa com relação ao futuro da rede de SDH é a tecnologia ATM para comutação rápida de pequenos pacotes de dados. No ATM, a informação do usuário (voz, dados ou imagens) é dividida em pacotes de 53 bytes, conhecidos como célula. Cada célula possui um cabeçalho indicando de onde vem, para onde vai e que tipo de informação carrega. O usuário não ocupa recursos do sistema se não tiver pacotes a transmitir.

Os comutadores ATM, podem ter embutido, um mux de SDH com STM-1 (155 Mbps). Além disso, as máquinas de SDH sabem identificar, remanejar, inserir e extrair pacotes ATM, pois há padrões internacionais para a criação, a partir de células ATM, de VCs dentro do quadro STM-N. A tecnologia da SDH servirá como infra-estrutura para os serviços baseados em comutadores ATM.

As operadoras telefônicas tem grandes expectativas com relação a tecnologia ATM, uma vez que a mesma máquina servirá para vender diversos serviços diferentes (espera-se que se possa vender, pela mesma máquina,

todos os serviços oferecidos disponíveis). Contudo, sem uma rede de SDH como base, as redes ATM ficariam muito caras.

A tecnologia SDH está sendo impulsionada, agora, por duas novas tecnologias. A primeira, é a tecnologia de amplificadores ópticos baseados em fibras ópticas dopadas com íons de érbio, permitindo distâncias maiores de transmissão, sem usar repetidores. No Brasil, alguns sistemas submarinos já utilizam essa tecnologia, como o que a Pirelli instalou para a Embratel (Embratel 5 Giga, rota Rio-Natal).

A outra tecnologia é a dos multiplexadores por comprimento de onda (WDM - "Wavelength Division Multiplexing"). Esses multiplexadores colocam um sinal em cada comprimento de onda de luz, e todos os sinais são transmitidos pela mesma fibra óptica. Já existem WDM que reúnem 32 sinais STM-16, totalizando 80 Gbps numa única fibra.

Neste trabalho não houve efetiva participação na instalação de sistemas SDH, isto porque nos projetos onde houve participação este sistema foi fornecido por outras empresas fabricantes, e portanto, coube a essas empresas a instalação dos equipamentos SDH. Contudo, após a aceitação por parte do cliente do projeto, deve-se realizar um treinamento à respeito do sistema, seu funcionamento e sua gerência. Neste projeto de fim de curso, teve-se a oportunidade de produzir o material de treinamento, para o projeto Eletronorte rota Rurópolis-Santarém, dos seguintes softwares: o sistema eEM (eci Element Manager) e o eNM (eci Network Manager).

Capítulo III

3. WDM

3.1 Introdução

Em um sistema de transmissão à longa distância existe uma redução da potência do sinal transmitido ao crescer da distância, com uma distorção progressiva do sinal. Portanto, torna-se necessário inserir na linha, em distâncias apropriadas, dispositivos regeneradores do sinal que compensam as perdas e reestabelecem a forma original do pulso óptico.

Na tecnologia convencional, estes regeneradores são dispositivos optoeletrônicos compostos de um par receptor/transmissor. O receptor apresenta um conversor óptico-elétrico na entrada, que converte o sinal óptico em elétrico, o qual é então processado eletronicamente. Posteriormente é enviado ao transmissor que consiste de um conversor eletro-óptico, cujo emissor envia o sinal óptico ao próximo lance da fibra óptica.

Deste modo, um regenerador convencional consiste de um sistema híbrido bastante complexo, apresentando algumas características desfavoráveis, tais como:

- necessita de uma dupla conversão óptica-eletro-óptica;

- contém uma eletrônica muito complexa, cuja confiabilidade deve atender severas especificações, com conseqüente aumento de custo do equipamento e implantação;
- o circuito eletrônico do regenerador é projetado para uma determinada velocidade de transmissão, que não pode ser variada depois da instalação na linha.

Portanto, a utilização de um dispositivo que permita a amplificação do sinal óptico, sem a necessidade da dupla conversão óptica-eletró-óptica e que seja independente da velocidade de transmissão e tipo de modulação, é extremamente interessante, ou seja, a amplificação direta do sinal luminoso é muito vantajosa.

Este capítulo trata dos amplificadores ópticos e o sistema T-31 da Pirelli. Este sistema é composto de módulos baseando-se na tecnologia dos amplificadores a fibra dopada com érbio (EDFA - Erbium Doped Fibre Amplifier) e na tecnologia de multiplexação por comprimento de onda (WDM).

Primeiramente será explicado o princípio de funcionamento dos amplificadores ópticos que tornará evidente o interrelacionamento entre as tecnologias EDFA e WDM. Em seguida será feita uma descrição de cada módulo do sistema T-31, a solução WDM da Pirelli Cabos S/A.

3.2 Amplificadores Ópticos

O princípio de funcionamento do amplificador óptico EDFA baseia-se na utilização de uma fibra monomodo, cujo núcleo foi dopado com uma pequena quantidade de íons de érbio (Er^{3+}), entre 10 a 10.000 ppm - partes por milhão

em peso. O érbio é um elemento químico da família de terras-raras de número atômico 66.

Quando íons de érbio são iluminados com uma luz de comprimento de onda apropriado, denominada luz de bombeamento, eles absorvem uma quantidade bem determinada de energia, passando de um estado atômico fundamental a um nível excitado, no qual podem permanecer por um tempo bastante longo.

A diferença de energia entre estes dois níveis corresponde a energia do fóton da luz de bombeamento. Entretanto os íons de érbio apresentam um estado intermediário de energia denominado nível metaestável, cuja diferença de energia com o nível fundamental está associada a um comprimento de onda da ordem de 1535 nm.

Portanto, o laser de bombeamento tem a função de excitar os íons de érbio a um nível metaestável e produzir uma inversão de população neste nível. Através da mecânica quântica sabe-se que quando um fóton de energia correspondente a este nível metaestável atravessar o material nestas condições, ocorrerá uma emissão estimulada de um fóton com a mesma energia e direção, que se somando ao primeiro criará um sucessivo processo de amplificação do sinal. Figura 7. A chegada de um sinal de fóton de um comprimento de onda correspondente a diferença de energia entre os estados, estimula um elétron no estado metastável a cair para o estado fundamental. O elétron então libera sua energia na forma de um fóton de mesmo comprimento de onda e fase que o fóton sinal. Esta ação é conhecida como efeito laser [8].

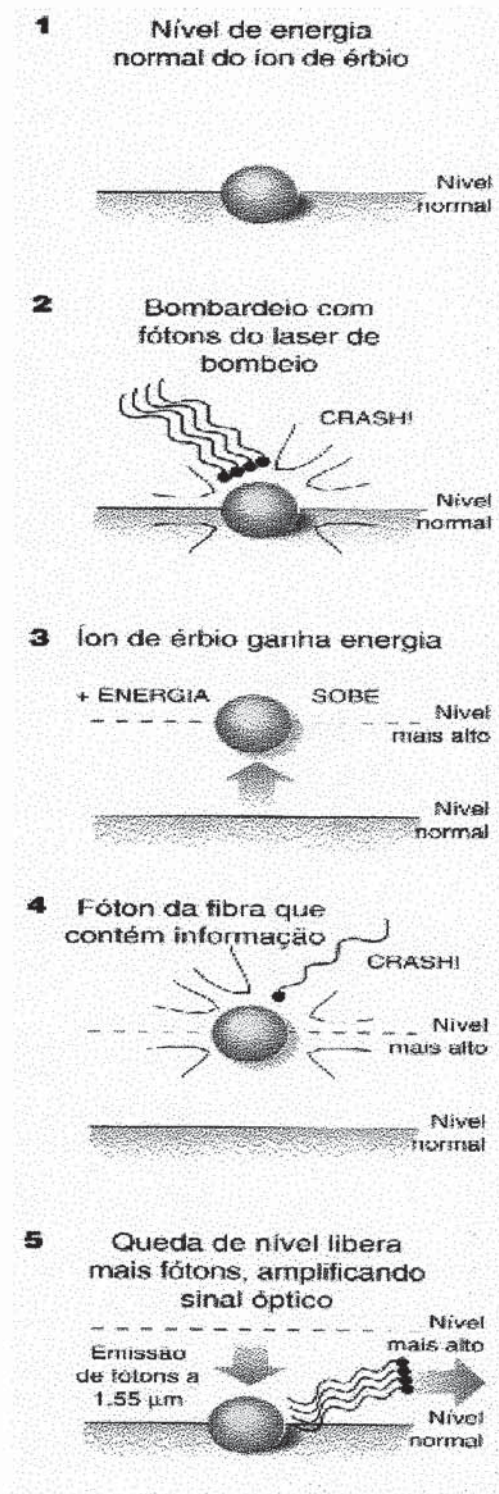


Figura 7: Princípio de Funcionamento da EDFA

A configuração básica de um amplificador óptico a fibra dopada está representada na Figura 8. Compõe-se de um laser semiconductor de potência, de um acoplador WDM, cuja função é combinar a potência óptica do laser de

bombeio com o sinal óptico a ser amplificado na fibra dopada, e alguns metros de fibra óptica dopada com íons de érbio.

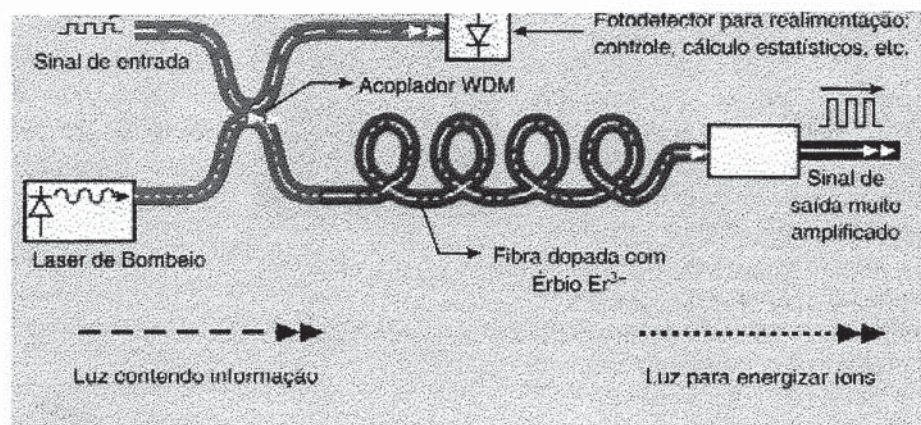


Figura 8: O Amplificador Óptico

Deste modo, a energia contínua da onda óptica, gerada por um em laser de bombeio, é convertida pela fibra ativa em energia (fóton) de mesmo comprimento de onda e fase do sinal de entrada. O efeito de rede é a saída de energia (fóton) mais elevada que é uma versão amplificada e não distorcida do sinal de entrada.

A isotropia do vidro e simetria circular da estrutura da fibra, assegura a estes amplificadores ópticos, uma insensibilidade ao estado de polarização da luz incidente, isto constitui uma grande vantagem em relação aos amplificadores semicondutores, que são dependentes da polarização. Com isto justifica-se a utilização dos EDFA nas linhas de longas distâncias, nas quais a polarização do sinal, apesar de variar lentamente, varia de forma aleatória em função das condições ambientais [8].

Cabe ainda lembrar que o processo de amplificação ocorre a nível óptico e não é influenciado pela velocidade de transmissão da informação de entrada.

3.3 Módulos do sistema T-31

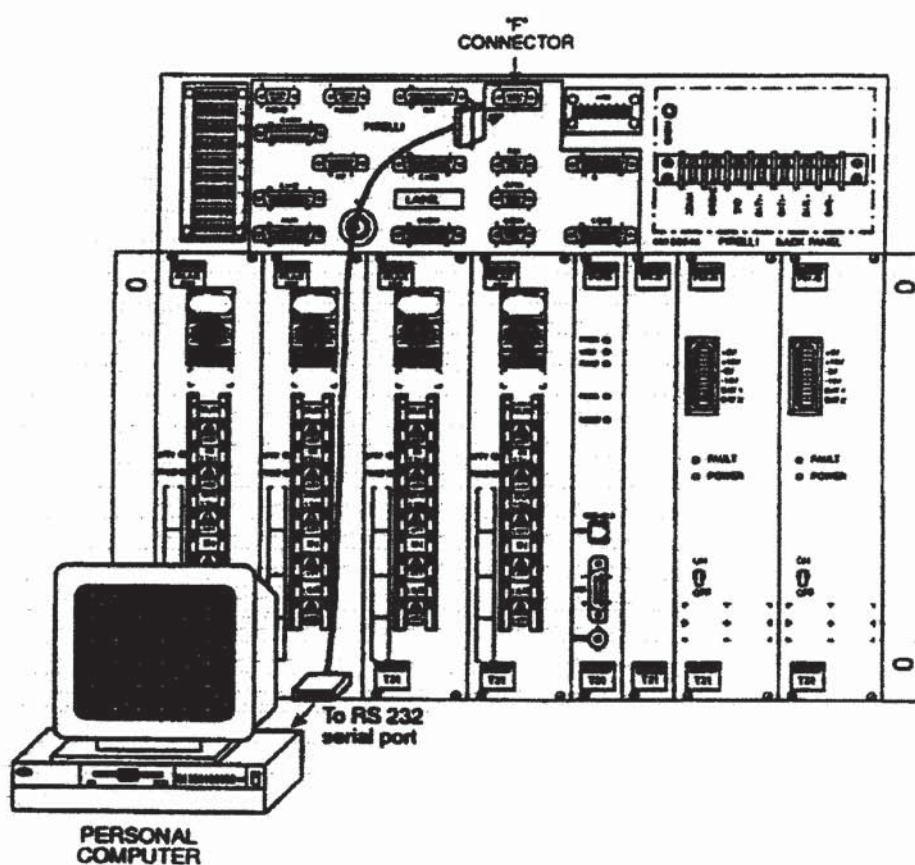


Figura 9: O Sistema T-31 da Pirelli

3.3.1 PDC/B DC/DC Power Supply Module

O sistema T-31 é alimentado por um conversor DC/DC, o PDC/B. Este conversor oferece a possibilidade de operar em uma configuração paralela com um módulo idêntico de modo a alcançar uma arquitetura redundante, isto é, tolerante a falta. Assim, em caso de falha de um dos conversores, o sistema ainda se mantém operacional através do conversor remanescente [1].

Este módulo fornece as seguintes voltagens (Vdc) estabilizadas: +5, -5, +15 e -15. Sendo sua energia proveniente de uma bateria, ou duas em paralelo (redundantes), com voltagem nominal de -48 ou -60 Vdc \pm 20%.

3.3.2 TSP/B Supervisory Unit with Q-interface

A unidade TSP/B é responsável pela supervisão do sistema. Ela é formada por duas seções: a primeira seção é composta por um computador que dialoga, via interface RS 485, com o módulo de interface entrada/saída, o IOC/B I/O (input/output); a segunda seção inclui o circuito para Q-interface Ethernet [1].

Os dois módulos TSP/B e IOC/B constituem o sistema supervisor que possibilita a monitoração do estado (“status”) do alarme global para toda linha óptica, por meio da troca de informações com:

- alarmes de subunidades relevantes a cada amplificador óptico de potência (TPA/E-MW optical power amplifier);
- alarmes de subunidades relevantes a cada amplificador óptico de linha (OLA/E-MW optical line amplifier);
- alarmes de subunidades relevantes a cada pré-amplificador (RPA/E-MW receive preamplifier);

- alarmes de subunidades relevantes a cada transponder de transmissão (TXT/EM-xxx transmit transponder);
- alarmes de subunidades relevantes a cada receptor demultiplexador por comprimento de onda (RWD/B receive wavelength demultiplexer);
- alarmes de subunidades relevantes a cada modem óptico de serviço de linha (LSM/B-MW line service modem);
- manutenção técnica via PC.

Através da primeira seção do TSP/B tem-se a coleta de informação de todos os alarmes (relevantes a comparações com valores limites, "trhesholds"). A segunda seção do TSP/B comporta o gerência remota pela Q-interface. Esta interface é usada para Sistemas de Gerência de Rede. Via Ethernet, ela fornece alarmes e comandos relevantes a toda ligação óptica ("optical link") até o Sistema de Gerenciamento de Rede. Através da rede X.25 por uma interface Ethernet, cada informação de alarme está disponível em formato serial, sendo possível mandar estas informações para um agente supervisorio (TL-1).

Assim sendo, por meio de um PC é possível saber exatamente, a qualquer hora, a corrente absorvida por um laser particular, sua energia de saída, etc.; mais ainda, em caso de falha, o mal funcionamento é mostrado por meio de LED dedicado no painel frontal do módulo IOC/B.

3.3.3 IOC/B I/O (Input/Output) Interface

Este módulo dialoga, via interface RS 485, com a unidade computador (TSP/B ou LSP/B - Supervisory Unit) e com os módulos abrigados nos "slots"

(encaixes de placas) de 1 à 8 do bastidor (“subrack”) OSR/B. O par de módulos conjugados IOC/B-TSP/B ou IOC/B-LSP/B realiza o sistema supervisorio descrito na parte sobre TSP/B [1].

O principal propósito do IOC/B I/O Interface é de fornecer como saída, critérios de alarme do sistema T-31, tornando-os disponíveis a conectores de interface da estação (“station interface connectors”) ARX, RM, B, CEN1 E CEN2, encaixados na seção superior do bastidor OSR/B.

3.3.4 LSP/B Supervisory Unit

A unidade LSP/B é composta por um computador que dialoga, via interface RS 485, com o IOC/B I/O Interface. Este par, tal qual o par IOC/B-TSP/B, realiza o sistema supervisorio que possibilita a monitoração do sistema, mas não possibilita o gerenciamento como o outro par (IOC/B-TSP/B).

3.3.5 SIO/B Interface Extender

Este é um módulo completamente passivo. Ele é um módulo econômico que permite economizar custos se usado num bastidor OSR/B “slave” (escravo) a um bastidor OSR/B mestre; no bastidor escravo o módulo é inserido no mesmo “slot” que abriga o módulo IOC/B no bastidor mestre.

Sua função principal é estender o critério de sinalização do alarme (“alarme signalling criteria”) vindo do PDC/B abrigado no bastidor escravo até o IOC/B do bastidor mestre.

3.3.6 SSP/B Supervision Extender

O SSP/B, assim como o SIO/B, é um módulo completamente passivo que permite economizar custos se usado num bastidor OSR/B escravizado; no bastidor escravo o SSP/B é inserido no mesmo encaixe que abriga o TSP/B (ou LSP/B) no bastidor mestre.

Sua principal função é estender o barramento de comunicação RS 485 até o TSP/B (ou LSP/B) abrigado no bastidor mestre.

3.3.7 TPA/E-MW Multi-Wavelength Optical Power Amplifier Module

O TPA/E-MW, amplificador óptico de potência de multi-comprimento de onda, foi projetado para operar com equipamento terminal de linhas ópticas padrão (OLTE - "optical line terminal equipment") em sistemas empregando cabos de fibra óptica monomodo padrão ou de dispersão deslocada (recomendação CCITT G.653). O bastidor OSR/B é capaz de comportar até quatro módulos TPA/E-MW [1].

Este amplificador óptico oferece vantagens significativas no projeto de sistemas de transmissão óptico. Ele permite distâncias maiores em ligações ("links") ponto-a-ponto sem pontos intermediários de regeneração. Ele é capaz de amplificar a potência de um sinal óptico de até 4×2.5 Gbit/s e de os transmitir por fibra monomodo padrão.

As principais características do TPA/E-MW são:

- adaptabilidade à todos os “bit rate” (taxa de transmissão de bits por segundo);
- longas (“haul”) ligações ponto-a-ponto;
- independência de códigos de linha OLTE;
- larga faixa de operação de comprimento de onda;
- construído num sistema de proteção óptica;
- não interferência com funções de proteção OLTE;
- facilidade para proteção controlada externamente;
- alarme embutido (“self-contained”) e sistema supervisorio;
- interface para supervisão remota.

Apesar de ser aplicado em sistemas de transmissão digital, este dispositivo é analógico e se auto-ajusta para efeitos de saturação. Além disso, ele automaticamente limita o ganho quando o sinal de entrada é muito elevado.

Descrição

O circuito básico do amplificador óptico pode prover amplificação em ambos sentidos e portanto pode ser gerado co-direcionalmente com o sinal ou contra-direcionalmente. Co-direcionalmente maximiza-se as características de desempenho de ruído, e contra-direcionalmente maximiza-se a potência de saída. Portanto o amplificador TPA/E-MW é de configuração contra-direcional.

Isoladores ópticos são acoplados na entrada e na saída do amplificador para posterior melhora de desempenho pela redução de ruído e distúrbio

causado pela reflexão de sinais. Assim sendo, os amplificadores são na prática somente unidirecionais.

O TPA/E-MW é provido com quatro conectores ópticos no seu painel frontal, permitindo:

- entrada do sinal óptico a ser amplificado (“optical link input”);
- entrada do sinal óptico de 1300 nm da linha de serviço (“orderwire”-LSM/B-MW line service modem);
- saída do sinal óptico amplificado (“optical link output”);
- monitoração do sinal óptico amplificado de saída.

O TPA/E-MW é composto de duas seções:

a seção de amplificação: opera com ambos os sinais, analógico e digital; o último pode ser caracterizado com qualquer bit rate entre 34 Mbit/s e 10 Gbit/s; o comprimento de onda do sinal a ser amplificado deve estar entre 1530 e 1560 nm;

a seção de alarme: que monitora a seção de amplificação via barramento de dados que se comunicando com a unidade supervisora.

3.3.8 OLA/E-MW Multi-wavelength Optical Line Amplifier Module

O OLA/E-MW, amplificador de linha, assim como o TPA/E-MW, é projetado para operar com o OLTE padrão em sistemas cabeados empregando fibra óptica monomodo padrão ou de dispersão deslocada (recomendação CCITT G.653). O bastidor OSR/B comporta até quatro módulos OLA/E-MW. Ainda como o TPA/E-MW, oferece vantagens no projeto de sistemas de

transmissão óptica por permitir maiores distâncias em ligações ponto-a-ponto, sem pontos intermediários de regeneração [1].

Sua capacidade de transmissão está na faixa de 1530 à 1560 nm em qualquer velocidade de transmissão entre 140 Mbit/s à 2.5 Gbit/s, para subsequente transmissão sobre fibra monomodo padrão .

Seu princípio de funcionamento é o mesmo do TPA/E-MW e suas características também, além disso é composto pelas mesmas seções com funcionamento idêntico. Sua operação é análoga ao TPA/E-MW, porém o amplificador de linha (OLA/E-MW) usa dois estágios de amplificação por dois semicondutores laser de 980 nm. No primeiro estágio ele é co-direcional para melhor desempenho de ruído, e no segundo estágio é contra-direcional para amplificar a potência de saída. Pelas mesmas razões do TPA/E-MW, possui isoladores de entrada e de saída.

O OLA/E-MW é constituído de cinco conectores ópticos no seu painel frontal, permitindo o seguinte:

- entrada do sinal óptico a ser amplificado;
- saída do sinal óptico amplificado;
- entrada do sinal óptico de 1300 nm da linha de serviço;
- saída do sinal óptico de 1300 nm da linha de serviço;
- monitoração do sinal óptico amplificado de saída.

3.3.9 RPA/E-MW Multi-wavelength Optical Pre-amplifier Module

O RPA/E, pré-amplificador óptico, tal como o TPA/E-ME e o OLA/E-ME, é projetado para operar com OLTE padrão em sistemas de cabeamento

empregando fibra monomodo padrão ou de dispersão deslocada. Também pode ter quatro módulos num bastidor OSR/B [1].

O pré-amplificador óptico oferece vantagens no projeto de sistemas de transmissão óptica, permitindo melhor sensibilidade e redução de ruído no receptor, isto também permite maiores distâncias ponto-a-ponto, sem pontos intermediários de regeneração.

O RPA/E-MW é capaz de amplificar até quatro sinais ópticos de comprimento de onda na faixa de 1530 à 1560 nm em qualquer velocidade entre 140 Mbit/s à 2.5 Gbit/s, para subsequente multiplexação e detecção pelo OLTE compatível SDH/SONET.

Seu princípio de funcionamento é o mesmos dos outros amplificadores. Suas características são idênticas só que com uma resposta espectral nivelada. Seu princípio de operação é anaálogo, mas com um estágio de amplificação co-direcional por um semiconductor laser de 980 nm. Também possui isoladores de entrada e de saída, e as mesmas seções dos outros amplificadores, com igual funcionamento.

3.3.10 TXT/EM-xxx (350,430,500,575) Transmit Transponder

O sistema T-31 é capaz de aceitar quatro canais ópticos de 2.5 Gbit/s cada, e os multiplexar opticamente para transmissão em fibra óptica monomodo padrão ou de dispersão deslocada. Cada canal consiste de um módulo Transponder de transmissão TXT/EM-xxx no lado de transmissão, e um módulo demultiplexador no lado receptor [1].

O transponder TXT/EM-xxx tem a função de aceitar o sinal óptico vindo do OLTE padrão como entrada e o converter no comprimento de onda exato requerido pelo T-31. Ele é um conversor opto-eletróptico que provê uma fonte de comprimento de onda muito estável, de elevada coerência, para sistemas multi-comprimento de onda. Neste sistema até quatro transponders de transmissão de comprimentos de ondas diferentes são usados, dependendo do número de canais transmitidos. O uso de modulação externa provoca efeitos de dispersão cromática em elevados bit rate em fibras ópticas monomodo padrão (recomendação CCITT G.652).

Princípio de Funcionamento

Um fotodetector de larga sensibilidade de comprimento de onda, entre 1275 à 1575 nm, converte o sinal óptico de entrada na forma elétrica. O sinal elétrico é amplificado por um amplificador de energia HF (high frequency) para o nível adequado ao modulador óptico. O modulador óptico externo recebe uma energia óptica contínua do laser, e dependendo do sinal elétrico de entrada, como saída tem-se o sinal óptico correspondente (1535.0, 1543.0, 1550.0 ou 1557.5 nm).

3.3.11 RWD/B Wavelength Demultiplexer

O RWD/B demultiplexa cada sinal óptico do pré-amplificador para subsequente recepção do OLTE. Ele consiste de um filtro de perda Fabry-

Perot, de baixa inserção, que automaticamente se fixa no comprimento de onda pré-determinado e o rastreia através da recepção do correspondente tom piloto lançado pelo transponder de transmissão. A seleção do tom apropriado para cada comprimento de onda diferente pode ser fixado diretamente pelo usuário através dos dip-switches frontais [1].

3.3.12 4WM/B Four Way Multiplexer

O 4WM/B consiste de um acoplador passivo em árvore e é usado para combinar até quatro sinais de tráfego em um canal óptico. Portanto ele permita combinar até quatro comprimentos de onda diferentes numa única fibra formando único fluxo de dados de até 4×2.5 Gbit/s. Cada entrada é prevista para operar num bit rate de 140 Mbit/s até 2.5 Gbit/s [1].

Além desse multiplexador de quatro comprimentos de onda, existem outros com um número maior de entradas. Contudo, a descrição e o funcionamento desses outros multiplexadores é a mesma do 4WM/B.

3.3.13 4WS/B-1 Four Way Splitter

O 4WS/B-1 consiste de uma unidade passiva que é usado na recepção, para dividir um sinal combinado em quatro caminhos de igual potência. Portanto o 4WS/B-1 permite o fluxo de 4×2.5 Gbit/s ser dividido em quatro fibras ópticas formando quatro canais ópticos. O conector de entrada opera

num máximo de 4×2.5 Gbit/s e cada saída é prevista para operar entre 140 Mbit/s e 2.5 Gbit/s [1].

Além desse “splitter” de quatro saídas, existem outros com um número maior de saídas. Contudo, a descrição e o funcionamento desses outros “splitter” é a mesma do 4WS/B. Já existem também dispositivos que são “splitter” e demultiplexador ao mesmo tempo, entretanto não são descritos aqui porque seu funcionamento e descrição são idênticos ao funcionamento e descrição de um “splitter” acoplado a um demultiplexador.

3.3.14 LSM/B-MW Line Service Modem at 1300 nm

O LSM/B-MW fornece uma linha auxiliar de 1300 nm à ser sobreposta a fibra principal de transmissão carregando o tráfego na banda de 1503 à 1560 nm. Esta linha auxiliar é usada como linha de serviço para supervisão e comunicação entre terminais finais e locais (“sites”) intermediários [1].

A arquitetura geral do sistema consiste do seguinte:

- um multiplexador óptico passivo de comprimento de onda na saída do amplificador de potência óptica permitindo a inserção do sinal de linha de serviço (Tx);
- um demultiplexador óptico passivo de comprimento de onda na entrada do pré-amplificador óptico permitindo a extração do sinal da linha de serviço (Rx);
- em cada amplificador óptico de linha no local (“in site”) um mux WDM e um demux WDM permite a retirada/inserção (“drop/insert”) da linha de serviço para ambas direções de transmissão.

Cada linha de serviço fornece três canais síncronos bi-direcionais na rede com bit rate de 64 kbps (kbit/s) cada, como especificado a seguir:

- canal #1: linha de serviço (“orderwire”) - Order Wire Unit (TOW/LOW);
- canal #2: telemetria (“telemetry”) - Supervisory Unit (TSP/LSP);
- canal #3: dados do usuário (“user data”) - User DTTE through 25-pin conector.

O LSM/B-MW pode ser configurado como:

- modem de linha de serviço (LSM - “line service modem”) para locais (“sites”) de regeneração em estações intermediárias;
- modem terminal de serviço (TSM - “terminal service modem”) para estações terminais.

3.3.15 OSR/B Subrack for T-31 System

O OSR/B é um bastidor de 453mm de altura, 533 mm de largura e 245 mm de comprimento. Ele é capaz de abrigar qualquer módulo do sistema T-31.

O espaço superior é usado para as conexões elétricas, de ventilação, de interfaces de supervisão, saída de alarmes e circuitos de “cut-off” (interrupção) do laser, enquanto o espaço inferior é usado para abrigar os módulos do sistema.

3.4 T-31: 8 - Channel Multi-Wavelength Optical Amplifier System. Um Exemplo do Funcionamento do Sistema T-31.

3.4.1 Introdução

Este sistema é utilizado para amplificar até oito canais ópticos com bit rate de até 2.5 gbit/s em sistemas de transmissão por fibra óptica monomodo padrão. Ele vem substituir os regeneradores digitais convencionais, com alcances maiores. A amplificação do sistema é através de fibras ópticas dopadas com érbio (EDFA - erbium doped fiber amplifier).

O EDFA usa ondas de 980 nm que, em termos de amplificação, permite elevada potência de saída na transmissão, elevado ganho de sinal óptico nos locais ("sites") de repetição, elevada sensibilidade óptica de entrada e baixa característica de ruído na recepção.

3.4.2 Descrição do Sistema

O diagrama que descreve o sistema é o seguinte:

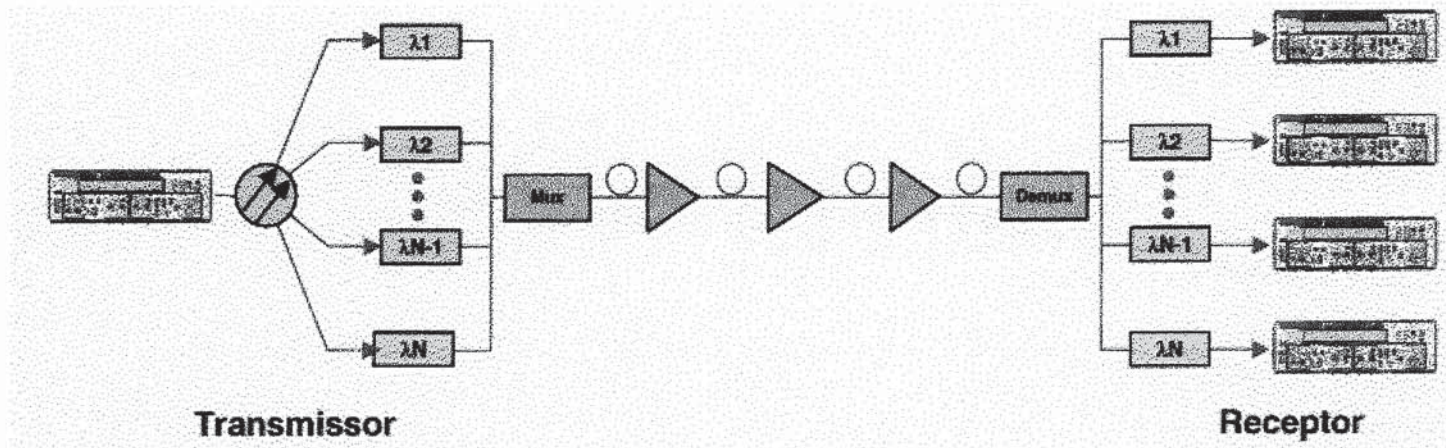


Figura 10: Os Componentes Básicos do Sistema WDM

Os transponders de transmissão (TXT/EM-xxx) recebem o sinal de saída do equipamento terminal de linha óptica (OLTE - optical line terminal equipment) e os convertem no comprimento de onda exato requerido pelo multiplexador por divisão de frequência óptica (WDM - wavelength division multiplexing). O uso da modulação externa do laser em transponders garante que a transmissão de 8×2.5 gbit/s é alcançada em rotas de até 500 km em fibra óptica monomodo padrão [2].

As saídas dos transponders alimentam o multiplexador de oito vias (Eight Way Multiplexer) que combina até oito sinais de diferentes comprimentos de onda em um único caminho óptico.

Antes da transmissão sobre o cabo de fibra óptica, a potência do sinal óptico combinado é amplificada por um EDFA. Um dispositivo passivo de WDM é alocado na saída do amplificador para a inserção de um canal de serviço de

1300 nm de comprimento de onda, sobre a fibra que carrega o tráfego. A saída do amplificador de potência é conectada, direta ou indiretamente via um quadro de distribuição de fibra óptica (OFDF - optical fiber distribution frame), ao cabo de fibra óptica para transmissão até o primeiro amplificador de linha, chegando até aproximadamente 100 km de distância.

Cada amplificador de linha óptico compensa a atenuação da linha de transmissão. Isto ocorre pela simultânea amplificação de toda a banda de transporte de tráfego, 1534 à 1561 nm, e do aumento da potência do sinal óptico combinado ao seu nível original com uma mínima degradação na razão sinal/ruído (SNR - "signal to noise ratio"). Dispositivos passivos de WDM na entrada e saída do amplificador de linha permite a retirada/inserção ("drop/insert") do canal de serviço de 1300 nm em cada estação intermediária. Além disso, podem ser cascadeados até 4 amplificadores de linha, com espaçamento de até 100 km.

A última seção de cabo num sistema de transmissão de multi-comprimento de onda é opticamente pré-amplificado antes da demultiplexação do sinal combinado e da subsequente conexão nos receptores ("receivers") de OLTE. Um dispositivo passivo de WDM na entrada do pré-amplificador permite extrair o canal de serviço de 1300 nm antes da amplificação do sinal combinado de tráfego.

O sinal combinado de tráfego alimenta um "splitter" (divisor/separador) de oito vias ("Eight Way Splitter") que realiza uma filtragem passiva dos diferentes canais, dividindo o sinal em caminhos separados. Em cada saída desta unidade, há um carregador de um único comprimento de onda com

negligenciável emissão espontânea amplificada, que alimenta o receptor OLTE.

A transmissão no sentido inverso é conseguida com as unidades descritas acima num senso reverso. Todas as unidades são co-aloçadas em bastidores na mesma estação. Além dos elementos de transmissão descritos aqui, cada bastidor contém unidades de fonte de energia duplicadas e devem ter uma unidade de supervisão. Em estações terminais, um modem óptico de 1300 nm dá meios de transmissão e recepção do canal de serviço; esta unidade está eletricamente conectada à uma unidade externa de linha de serviço ("orderwire") e à uma unidade de supervisão, além de ser equipado também com um canal adicional de 64 Kbps para aplicações do usuário. Em estações intermediárias, há modems ópticos de transmissão e recepção em ambas as direções.

O sistema de multi-comprimento de onda T-31 à 8 canais, dá a possibilidade de retirar e reinserir opticamente um dos canais numa estação intermediária, sem introduzir nenhuma penalidade à quantidade de energia ("power budget") disponível. Para tanto, deve-se usar uma estação ativa A/D ("add/drop") no local ("site") escolhido ao longo da linha.

A estação ativa de retirada e re-inserção é composta por uma unidade ativa A/D de 1535 nm, que consiste de um WDM de três portas, sendo elas usadas para extrair o canal para sucessiva recepção OLTE e para o adicionar de novo por transponder de transmissão. A saída da unidade alimenta então um amplificador de linha especial para operação de A/D para sucessiva transmissão.

A unidade ativa A/D de 1535 nm também contém dois filtros de interferência de comprimento de onda, usados na transmissão para extrair o sinal do canal de serviço de 1300 nm. A re-inserção do canal de serviço é feita através do amplificador de linha para operação A/D.

Com o transponder de transmissão TXT/EM-xxx (350, 390, 430, 462, 500, 534, 575, 605) tem-se a possibilidade de transmissão em oito comprimentos de onda diferentes, dependendo do número de canais transmitidos. Ele é configurado e totalmente testado para operação entre 565 Mbit/s e 2.5 Gbit/s com a linha de código NRZ (non-return to zero).

3.5 Conclusão

Atualmente, o melhor meio de transmissão de sinais que são as fibras ópticas, dadas as seguintes razões:

- Pequenas dimensões e baixo peso;
- Grande capacidade de transmissão e baixa atenuação;
- Imunidade à interferência. Por serem feitas de material dielétrico, as fibras são totalmente imunes a ruídos em geral e interferências eletromagnéticas, como as causadas por descargas elétricas e instalações de alta tensão;
- Ausência de diafonia (linha cruzada): as fibras ópticas não causam interferência entre si.

Além disso, com a tecnologia de amplificadores ópticos, é possível uma transmissão interurbana com até centenas de quilômetros de distância sem

estações intermediárias, aumentando a confiabilidade do sistema, diminuindo o investimento inicial e as despesas de manutenção. E com o uso da tecnologia WDM, há um maior aproveitamento da fibra óptica, uma vez que se utiliza mais canais de transmissão (comprimentos de onda), ou seja, pode-se transmitir uma maior quantidade de dados pelo mesmo meio físico.

Desta forma, para sistemas de telecomunicações à longas distâncias com grande quantidade de dados os sistemas WDM com EDFA são a melhor opção disponível no mercado e neste sentido, a Pirelli Cabos S/A oferece uma excelente solução, que é o seu sistema T-31.

Este trabalho participou do projeto Embratel rota São Paulo - Rio de Janeiro via Santos, sendo este realizado com o sistema T-31 da Pirelli de 8 canais.

Capítulo IV

4. PROJETO DE INSTALAÇÃO EM TELECOMUNICAÇÕES

4.1 Introdução

Na **Pirelli Cabos S/A** os projetos de instalações de comunicações ópticas são, normalmente, divididos em duas partes: a instalação dos cabos e a instalação dos equipamentos. A responsabilidade como um todo é do departamento de Instalações, e em particular da Engenharia/Telecom.

Para um perfeito entendimento deste capítulo temos a seguir algumas definições:

- **Projeto básico:** projeto preliminar, composto basicamente do desenho de rota e eventuais detalhes previamente acordados com os clientes e cuja finalidade é a de fornecer elementos para o orçamento e/ou tomada de decisões;
- **Projeto detalhado:** projeto construtivo, composto de desenhos de conjunto, desenhos de detalhes, especificações técnicas, instruções e todos os demais documentos necessários e suficientes para a efetiva concretização do objeto do projeto;
- **“As built”:** revisão e atualização final do projeto, após a sua execução, com o objetivo de contemplar as reais condições cuja

previsão não foi possível fazer ou face à ocorrências durante a execução da obra.

Este capítulo trata primeiramente das etapas de projeto, em seguida aborda as atividades de instalação de redes de telecomunicações, e por fim, a descrição dos equipamentos para a instalação do sistema de comunicações ópticas.

4.2 As Etapas do Projeto em Telecomunicações

As principais etapas e atividades a serem desenvolvidas nos projeto de telecomunicações com suas respectivas responsabilidades de implementação são [5]:

- “Survey”¹ / demanda quando necessário: projetista;
- Análise crítica do “survey”: engenharia;
- Aprovação do cliente: cliente;
- Elaboração do projeto básico: projetista;
- Análise crítica do projeto básico: engenharia;
- Aprovação do cliente: cliente;
- Elaboração do projeto detalhado: projetista;
- Análise crítica do projeto detalhado: engenharia;
- Aprovação do cliente: cliente;
- Execução do projeto: engenharia ou fornecedor;
- “As built”: projetista mais desenhista;
- Análise crítica final: engenharia;

- Aprovação do cliente: cliente.

No caso de projetos desenvolvidos por terceiros, a área de Engenharia deve definir claramente com o fornecedor quais as etapas serão contratadas, e as acompanhar, averiguando o atendimento exato das especificações.

4.2.1 Interfaces entre as Áreas Técnicas e Organizacionais

Em função do grau de complexidade, pode ser necessário o envolvimento de outras áreas da organização, ou até mesmo externas, para a elaboração do projeto. A seguir mostra-se quais são as interfaces que podem ser necessárias durante o desenvolvimento de um projeto, e os principais assuntos que devem ser tratados:

- Cliente externo: esclarecimento de dados, acordos técnicos e aprovação de etapas do projeto;
- Comerciais: consultas, projeto básico, elementos de ofertas e suporte técnico em geral;
- Produtos e acessórios: desenvolvimento e/ou especificações dos componentes;
- Engenharia fábrica: desenvolvimento e/ou especificações dos cabos;
- Laboratórios: ensaios e avaliações de materiais, produtos e métodos;
- Fábricas: tabelas de lances e formas produtivas para atendimento ao projeto;
- Logística: lista e especificação de materiais e definição de equipamentos;

¹ O que é “survey” será explicado na próxima seção

- Planejamento: cronograma das diversas etapas do desenvolvimento do projeto;
- Garantia da qualidade: documentação necessária e aplicável para atendimento de requisitos da qualidade;
- Infra-estrutura: obras-civis, montagens e equipamentos complementares;
- Instalação: estrutura de trabalho e qualificações necessárias para a execução do projeto;
- Projetos/Coordenação: projeto detalhado.

4.2.2 Dados de Entradas do Projeto

⇒ “Survey”

Os dados de entrada para um projeto de instalação em telecomunicações são expressos em Editais de Licitação ou Concorrências. Face a amplitude destes projetos, poderá haver necessidade de levantamento de dados físicos suplementares ou maiores esclarecimentos daqueles constantes nos editais ou concorrências (“Survey”), incluindo requisitos estatutários e regulamentos aplicáveis. Nestes casos uma das etapas previstas para o projeto é o “Survey”.

Os dados levantados durante o “Survey” devem ser registrados na forma mais apropriada para o projeto, respeitando sua complexidade. Podem ser utilizados os seguintes tipos de registros:

- relatórios descritivos;

- planilhas;
- desenhos detalhados;
- croquis esquemáticos;
- fotografias;
- filmes;
- combinações dos anteriores.

O resultado do "Survey" portanto, é um processo onde devem estar registrados todos os dados para a entrada do projeto, que se somarão aos já existentes nos editais ou concorrências.

⇒ Complementos Técnicos

Face a complexidade de determinados empreendimentos, os editais ou concorrências, nem sempre fornecem dados suficientes para a execução do projeto, mesmo com a realização do "Survey". Nestes casos, faz-se necessário a solicitação de documentação técnica tais como, cadastro de linhas, memórias de cálculos, plantas básicas, etc.

Todos os dados conflitantes devem ser resolvidos, acordados e formalizados, revisões e aprovações de documentos ou atas de reuniões aos canais competetes.

4.2.3 Dados Resultantes do Projeto

Após a conclusão do projeto ou de cada etapa do projeto (fica à critério da engenharia em função do próprio projeto), deve ser feita uma análise dos dados resultantes, os quais devem:

- atender os requisitos de entrada;
- conter ou referenciar os critérios de aceitação;
- identificar características críticas essenciais à segurança e funcionamento apropriado do sistema;
- identificar requisitos de construção , instalação e manutenção aplicáveis ao projeto;
- conter especificações adequadas de todos os materiais, equipamentos e dispositivos integrados ao projeto como um todo;
- referenciar documentos operacionais (instruções de montagens, instruções de testes, etc.), a ausência destes pode vir a comprometer a qualidade;

Os dados de saída do projeto devem ser registrados nos conjuntos de desenhos, listas de materiais e especificações aplicáveis ao projeto.

4.2.4 Análise Crítica das Etapas do Projeto

Em fases apropriadas, previamente indicadas no planejamento do projeto, devem ser feitas análises críticas formais do projeto, reunindo representantes das áreas relacionadas com o projeto ou a etapa específica do mesmo

As conclusões destas análises devem ser documentadas em atas de reuniões, relatórios ou comprovadas a partir de aprovações dos documentos originados (desenhos, listas de materiais e especificações).

4.2.5 Verificação e Validação do Projeto

O cliente final (externo) possui uma participação direta aprovando as fases e/ou o projeto final. Face as características específicas dos projetos de instalação em telecomunicações, a verificação e validação do projeto ocorrem ao final da fase "As built" com o completo ajuste em toda a documentação e a devida aprovação do cliente.

4.2.6 Funcionamento dos Projetos de Telecomunicações

No início, através dos editais ou concorrências, tem-se uma análise das necessidades do cliente. Em seguida, tem-se a interpretação e ajustes dos dados resultando num pré-projeto e uma composição do custo variável. Com o pré-projeto, a composição do custo variável e outras informações padronizadas que são particulares da Pirelli Cabos S/A, monta-se a oferta do projeto para o cliente. Caso a oferta não vença, então é o fim do projeto, caso contrário, passa-se para a etapa seguinte.

Após vencer a concorrência, faz-se uma análise crítica do contrato. O passo seguinte são as demais etapas e atividades do projeto, tanto de âmbito interno quanto externo.

Externamente, faz-se uma concorrência entre os fornecedores. Com os vencedores da concorrência são feitos contratos de serviços e fornecimentos. Depois disso, tem-se a elaboração do projeto com os terceiros, a execução e seu término com o recebimento do projeto pela Pirelli.

Internamente, tem-se primeiramente o "Survey" e sua análise crítica. Após a análise crítica, busca-se a aprovação do cliente. Se este não o aprovar então se faz uma análise das não conformidades com a subsequente volta a etapa do "Survey", caso contrário, com a aprovação é feito o projeto básico.

A etapa seguinte a elaboração do projeto básico é a análise crítica do mesmo. Em seguida, busca-se novamente a aprovação do cliente. Se não for aprovado então é feita uma análise de não conformidades e se volta para a etapa de elaboração do projeto básico. Caso contrário, com a aprovação, dá-se sequência ao projeto.

Neste momento, com a aprovação do projeto básico, parte-se para a elaboração do projeto detalhado, sua análise crítica e sua aprovação pelo cliente. Se não for aprovado, novamente há uma análise das não conformidades e se reinicia o processo pela elaboração do projeto detalhado. Se for aprovado, a etapa seguinte é a execução do projeto.

Com o fim da execução do projeto, faz-se o "As built", a análise crítica do mesmo com a subsequente busca da aprovação pelo cliente. Se este não aprovar o "As built" então se tem a análise das não conformidades e se recomeça pela etapa do "As built". Se o "As built" é aprovado então é o fim do projeto.

4.3 Macros Processos na Instalação de Redes de Telecomunicações

Na instalação de redes de telecomunicações, são identificados os seguintes macros processos com suas respectivas atividades, onde os mesmos devem ser executados sob condições controladas [6]:

- Canalização: construção de valas e construção de dutos;
- Lançamento de cabos: lançamento em dutos, lançamento em subduto, lançamento do cabo espinado, lançamento do cabo auto-sustentado e lançamento de cabos ópticos;
- Emendas dos cabos: emendas ópticas em caixas subterrâneas, emendas em túneis ou galerias, luva de chumbo, transição e emendas ventiladas;
- Aterramento da rede: sistema de aterramento das centrais, sistema de aterramento e instalação da haste de terra;
- Distribuição dos blocos: instalação dos equipamentos necessários na estação para a completa instalação e implementação do sistema de comunicações ópticas.

4.4 Descrição dos Equipamentos

Nesta seção trata-se dos componentes dos sistemas ópticos, isto é, os equipamentos utilizados nas estações, além do T-31 [7].

4.4.1 Multiplexador Óptico de 1ª. Ordem (30 canais)

Este equipamento é um multiplexador temporal digital (STM-1), por modulação de código de pulso (PCM), para 30 canais telefônicos, versão 8 fios, e/ou dados a 64 Kbit/s, conforme Prática Telebrás nº 225-100-706 e recomendações CCITT - série G - Livro Vermelho. A alimentação é feita em corrente contínua e tensão nominal de entrada de $-48 \text{ Vcc} \pm 25\%$ (terminal positivo aterrado).

O sub-bastidor multiplex é composto das seguintes unidades:

- um sistema de controle de transmissão (CTX);
- um sistema de interface de sinalização (ISO);
- um sistema de controle de recepção (CRX);
- um sistema de interface de linha (IDL);
- um sistema de alarme (ALA);
- até dois sistemas conversores cc/cc (CVT);
- até trinta sistemas de canal de voz (UCA)⁽²⁾;
- até trinta sistemas de canal de dados (DAD)⁽²⁾;
- até trinta sistemas de canal de dados com interfaces de entrada e saída para o feixe digital e para sinais de relógio de 64 kHz (VOB)⁽²⁾;

Sugere-se como composição básica: 1 CTX, 1 ISO, 1 CRX, 1 IDL, 1 ALA, 2 CVT⁽³⁾, 28 UCA, 2 VOB.

Os demais multiplexadores de ordem superior apresentam uma descrição muito semelhante com algumas pequenas diferenças oriundas do fato de terem como entradas quatro tributários, que se constituem de feixes já multiplexados previamente.

² Sistemas alternáveis

4.4.2 Interfaces Eletro-Ópticas de 2 Mbit/s e 8 Mbit/s (ELO-2/8)

Estes equipamentos constituem-se de sub-bastidores ópticos (SBO) 220mm de altura, a serem montados em colunas de mecânica vertical padrão Telebrás.

Destina-se a transmissão de um feixe de 2Mbit/s e 8 Mbit/s oriundos de equipamentos multiplex de 1^a. e 2^a. hierarquia PCM respectivamente.

4.4.3 Equipamento Derivador de Canais (DD2)

Com este equipamento (inteiramente digital) é possível derivar ou inserir no feixe de 2 Mbit/s de 1^a. hierarquia. Portanto, qualquer canal de voz pode ser destinado a uma estação de passagem através de se equipar o canal desejado ou passar adiante através, como é obvio, de não equipar o multiplexador com tal canal.

Ao derivar um canal, proveniente de uma estação mestre, numa estação de passagem, o intervalo de tempo que ele ocupa fica vazio, podendo ser reutilizado para inserir novas informações. Este equipamento tem capacidade de derivar até 29 canais em uma dada direção.

4.4.4 Distribuidor Intermidiário Digital - DID (30/120/480)

³ Para garantir maior confiabilidade do sistema propõe-se o sistema de proteção de sobre-tensão e sobre-corrente (SCC) em duplicata em regime de redundância

Este equipamento é essencialmente uma armação mecânica, um banco de conectores coaxiais que permite a máxima flexibilidade na conexão dos equipamentos PCM.

4.4.5 Distribuidor Intermediário Óptico - DIO

É um dispositivo de composição essencialmente mecânica. Constitui-se de um bastidor de mecânica vertical padrão Telebrás. Compõe-se de bancos de conectores ópticos a fim de dar maior flexibilidade ao sistema.

A grande desvantagem deste equipamento são as perdas por inserção de conectores na linha óptica. A presença de cada DIO acarreta uma atenuação de 1dB. Assim sendo sugere-se que seja evitada a presença deste equipamento nos enlaces que esta atenuação adicional provoque limitações nas distâncias a serem vencidas.

4.4.6 Bastidor Terminal Misto

É fornecido por alguns fabricantes nacionais um bastidor terminal nas mesmas dimensões dos demais bastidores, mas que admite receber vários tipos de sub-bastidores (PCM-120, ELO-2/8, DD2 e sub-bastidores de alarmes). Assim otimizando o espaço físico ocupado na sala de telecomunicações.

4.5 Técnica de Instalação de Equipamentos

No ato da instalação dos equipamentos multiplexadores as operações devem se resumir ao ato de fixação mecânica e de conexão de terminais, não devendo haver necessidade de ajustes, com exceção de níveis de canais e da tensão de alimentação.

4.5.1 Condições Ambientais da Sala de Telecomunicações

A instalação dos equipamentos necessários ao sistema de comunicações ópticas devem estar operando em salas com controle de umidade relativa do ar e de temperatura rígidos, segundo os seguintes valores (segundo Práticas Telebrás nºs 225-540-759/225-110-706/225-100-709).

- Faixa de variação de temperatura permissível: +5° C a +45° C.
Devendo-se manter na sala uma temperatura constante de +22° C, para o ótimo desempenho dos equipamentos.
- Umidade relativa do ar: < 90%.
- Gradiente climático máximo
 - * Temperatura: 20° C/hora.
 - * Umidade relativa do ar: 90% (constante).
- Altitude máxima: 3000m acima do nível do mar.

4.6 Arquiteturas de Sistemas de Comunicações Ópticas

Os equipamentos para sistemas de comunicações ópticas apresentam arquitetura modular, subdivididos em hierarquias. Por exemplo:

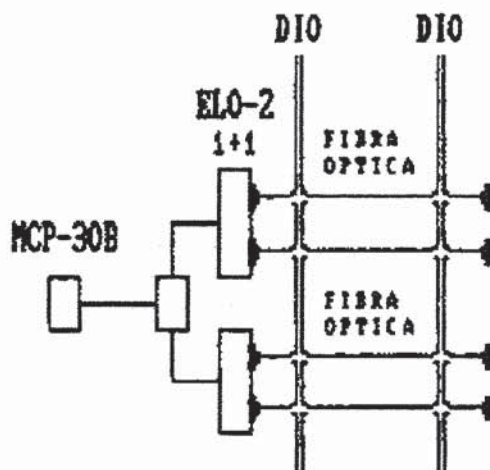


Figura 11: Arquitetura de 1a. Hierarquia

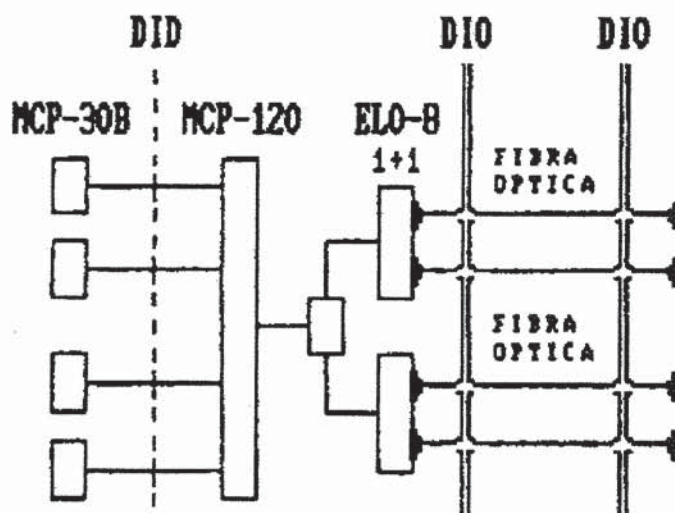


Figura 12: Arquitetura de 2a. Hierarquia

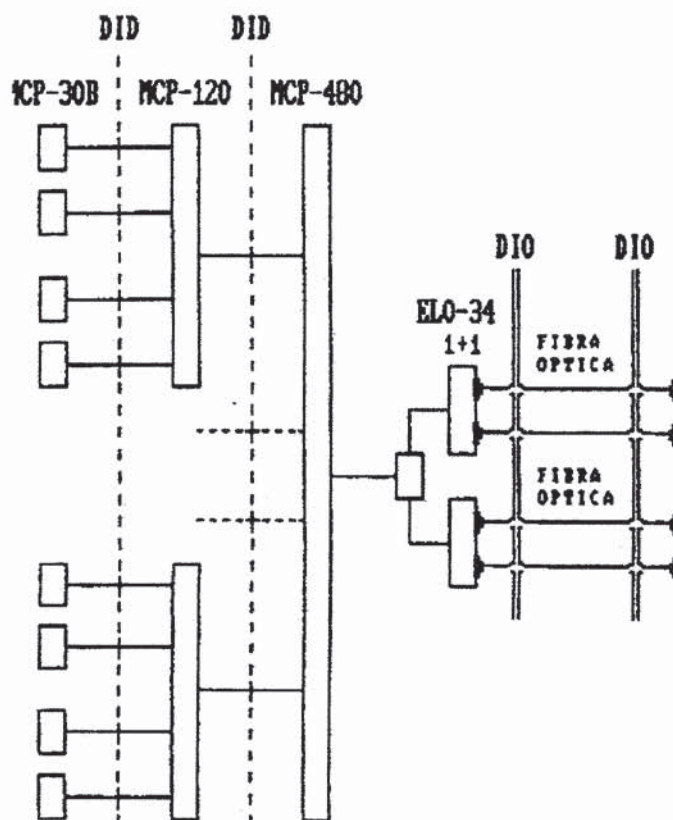


Figura 13: Arquitetura de 3a. Hierarquia

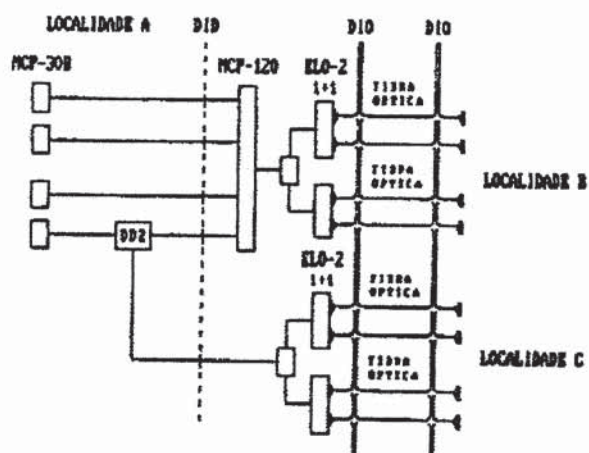


Figura 14: Arquitetura PCM com Utilização de DD2

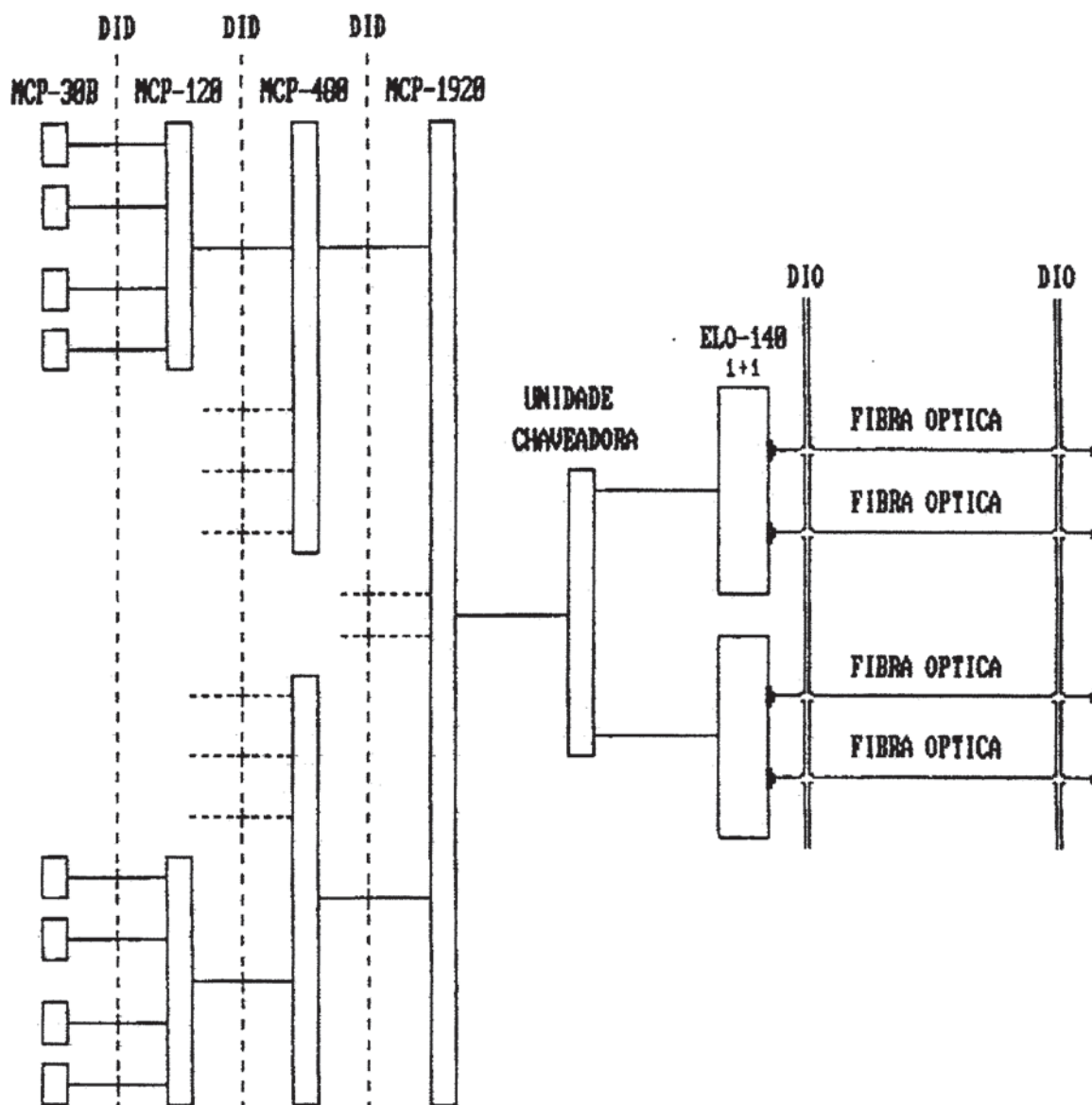


Figura 15: Arquitetura de 4a. Hierarquia

4.7 Conclusão

O controle dos processos durante a instalação de redes de telecomunicações, deve estar diretamente relacionado com o controle e monitoração de todos os recursos necessários para a realização do empreendimento, de modo a garantir que estes sejam aplicados sob condições controladas. Para tanto, contribui para um perfeito controle dos processos de instalação, as perfeitas condições dos recursos materiais e pessoais, toda a capacitação e orientação técnica necessária e um adequado planejamento.

Este projeto de fim de curso teve contato com as diferentes etapas de projetos de instalação em telecomunicações, entretanto nem todo tipo de informação a respeito pode ser divulgado, uma vez que essas informações são confidenciais fazendo parte vital do modo de operação da Pirelli. Por exemplo, este projeto teve participação em propostas de licitação na montagem de custos, onde é evidente a necessidade de sigilo devido à concorrência.

Além disso, durante o projeto de instalação de telecomunicações, deve-se ter profissionais preparados para lidar com as contingências. Por exemplo, no projeto 5 Giga Embratel rota Rio de Janeiro - Natal, este projeto participou do projeto e da fabricação de 16 placas, uma para cada estação, para realizar a interface entre os sinais de comando das estações Embratel e o sistema de alarmes externos do T-31.

Capítulo V

5. INSTRUMENTAÇÃO DE MEDIÇÃO E MANUTENÇÃO

5.1 Introdução

A manutenção de sistemas de telecomunicações é de extrema importância, uma vez que o contínuo funcionamento do mesmo é fundamental para o atendimento dos serviços oferecidos. Por exemplo, a operadora britânica British Telecom assina contratos em que admite que a transmissão pode falhar 30 segundos por ano, somando tudo.

Além disso, para realizar a devida manutenção desses sistemas não basta um corpo técnico altamente qualificado, é preciso também a instrumentação de medição adequada.

Portanto, este capítulo trata primeiramente da instrumentação de medição utilizada nos sistemas de comunicações ópticos, para em seguida abordar a questão da sua manutenção, tanto preventiva quanto corretiva.

5.2 Instrumentos de Medição Ópticos

Os instrumentos de comunicação óptica enfatizam o desempenho e a funcionalidade. Os tipos de instrumentos normalmente tratam de [4]:

- **Comunicação por fibra óptica e comprimento de onda** - usualmente os comprimentos de onda variam de 760 até 1200 nm e acima de 1300nm;
- **Fontes de luz estabilizadas** - há três tipos de fontes de luz usadas em sistemas de comunicação óptica: (1) fontes de luz estabilizadas, (2) fontes de luz estabilizadas que podem ser moduladas por um sinal, e (3) fontes de luz visível. Ao medir perdas em fibras ópticas, perdas em emendas, ou perdas em inserção de componentes ópticos, são indispensáveis uma fonte de luz estabilizada e um medidor de potência óptica. Tanto os diodos laser quanto os LEDs, são usados em fontes de luz estabilizadas. Com os diodos laser a saída é estabilizada via realimentação negativa; para os LEDs, usa-se um esquema de compensação de temperatura para estabilizar a saída;
- **Medição de potência óptica** - o sensor de potência óptica realiza uma conversão opto-elétrica dos sinais de luz de um diodo laser ou LED. O indicador mostra a potência do sinal convertido. Mais ainda, o sensor de potência óptica poder ser usado em medições empregando retorno de luz modulada ("returning modulated light" - MOD), frequentemente utilizado em medições de perdas em fibra óptica;
- **Medição de perdas ópticas** - as duas principais técnicas usadas são: a técnica de dois pontos e a técnica de retro-dispersão ("backscattering"). Na primeira, mede-se pela comparação entre a potência de entrada e a potência de saída. Como esta técnica depende apenas da estabilidade da fonte de luz e do medidor de

potência, pode-se fazer medições extremamente precisas. Na segunda, usa-se um reflectômetro no domínio do tempo pela coleta da luz retro-dispersada na fibra, permitindo fazer as medições em apenas uma das extremidades;

- **Localizando falhas em fibras ópticas** - instrumentos para localização de falhas nos cabos de fibras ópticas são indispensáveis em sistemas de comunicação óptica. Em cabos convencionais de cobre, quando há uma falha, sempre se produz pulsos refletidos, as falhas então podem ser localizadas observando os pulsos refletidos. Isto não ocorre em fibras ópticas, já que há inúmeros casos de falha (dependendo da natureza do dano) em que não há pulso refletido. Entretanto, as fibras ópticas têm micro-variações no índice refrativo devido a heterogeneidade dos materiais e densidade em tamanhos menores que o comprimento de onda da luz. Estas variações causam uma dispersão óptica conhecida como dispersão de Rayleigh. Uma porção da luz dispersada é orientada ao longo do eixo da fibra, entra no modo guia de onda da fibra e retorna ao fim da fibra onde o pulso foi injetado. Pela medição desta luz fraca e refletida (retro-dispersão) a falha pode ser localizada. O nível de retro-dispersão depende do tempo de propagação e cai exponencialmente. As perdas ópticas por unidade de comprimento na fibra podem ser encontradas pela variação no nível de retro-dispersão; as falhas podem ser localizadas porque elas eliminam a ulterior retro-dispersão. O reflectômetro óptico no domínio do tempo (OTDR) tem o funcionamento básico baseado no envio de um pulso com valores de duração temporal e

amplitude conhecidos. Este pulso ao alcançar uma falha ou ponto de atenuação é parcialmente refletido e retroespelhado sendo detectado no aparelho. Com este equipamento pode-se localizar pontos de ruptura, medidas de distância e atenuação;

- **Testando a continuidade dos cabos de fibra óptica** - a continuidade pode ser checada a olho nú ou por uma simples medição de perda;
- **Medições de espectro** - as características do espectro de emissão e as características do comprimento de onda do diodo laser e do LED (perdas e ganhos), em comunicações ópticas e outros sistemas usando tecnologia óptica, afetam muito o desempenho do sistema e são cruciais no projeto do mesmo. Um analisador de espectro óptico mede tais parâmetros. Para medir características de perda de comprimento de onda, utiliza-se um analisador de espectro óptico com uma fonte de luz branca;
- **Medições de comprimento de onda** - em comunicações ópticas, e particularmente em comunicações multiplexadas por comprimento de onda, as medições requerem uma elevada precisão. Contadores de frequência de comprimento de onda produzem medições de comprimento de onda (ou frequência) adequadas e altamente precisas.

5.3 Instrumentos de Medição de Transmissão Digital

Em transmissões analógicas, a qualidade da transmissão é influenciada por características tais como perda, ganho, deslocamento de fase, ruído e distorção. Em transmissão PCM ("Pulse Code Modulation" - modulação por associação de códigos a pulsos), a qualidade depende somente na presença ou ausência do pulso. Mais ainda, se códigos são deformados por distorção e interferência, então há repetição regenerativa, que reproduz os códigos originais pela eliminação da distorção e interferência da sequência de forma de onda, possibilitando transmissões a longas distâncias com qualidade dificilmente deteriorada. Os tipos de instrumentos normalmente são [4]:

- **Equipamento de medição de taxa de erro ("error-rate")** - durante a transmissão de pulsos, pulsos podem desaparecer ou pulsos indesejados podem surgir como consequência de ruído, linha cruzada ("crosstalk"), instabilidade/tremulação ("jitter"), variação de nível, etc. Se tais distorções ocorrerem, a informação é recebida deformada, que causa deterioração na qualidade da transmissão. A qualidade em transmissões digitais pode ser avaliada em termos de grau de variação dos pulsos ("error rate"). Para uma medição precisa de "error rate", compara-se o padrão enviado e o recebido fazendo-se o seguinte calculo: $\text{Bit error rate} = \frac{\text{número de bits errados}}{\text{total de bits enviados}}$;
- **Equipamento de medição SDH/SONET** - verificação da especificação do formato dos quadros que serão multiplexados. Isto para a hierarquia convencional (PDH - "Plesiochronous Digital Hierarchy"), para a hierarquia nova (SDH - "Synchronous Digital

Hierarchy”; conhecida nos EUA como SONET - “Synchronous Optical Network”) e a estrutura japonesa;

- **Testador de multiplexador PCM** - para testar os multiplexadores PCM deve-se checar os seguintes itens: (1) características de codificação/decodificação de voz; (2) alinhamento de quadro, teste de alarme; (3) código, quadro, código de erros; (4) instabilidade/tremulação (“jitter”); e (5) sinalização. Entre esses itens o principal é a característica de codificação/decodificação de voz, pois esta determina a qualidade de transmissão de voz. Portanto, como essas características são divididas em partes tais como ganho, frequência (atenuação e distorção), nível (ganho, razão de quantificação de distorção, ruído de estado inativo/ocioso), elas devem ser medidas.

5.4 Manutenção Preventiva

Este tipo de procedimento visa checar periodicamente o estado de funcionamento de todos os componentes do sistema de comunicações ópticas tanto cabos ópticos como equipamentos terminais [7].

Este tipo de manutenção não evita a ocorrência de falhas no sistema, porém as minimiza, assim melhorando significativamente a qualidade de serviço prestado.

5.4.1 Instrumental Necessário

Neste tipo de manutenção são necessários os seguintes equipamentos:

- Reflectômetro óptico no domínio do tempo (OTDR);
- Medidor de potência óptica: é utilizado para monitorar a potência óptica emitida pelo elemento transmissor na interface eletro-óptica;
- Fonte de luz;
- Medidor de taxa de erro.

5.4.2 Testes

Na manutenção preventiva dos cabos ópticos são executados os seguintes testes:

- Atenuação em função do comprimento: neste método de análise emprega-se o OTDR. O equipamento detecta, através do acoplamento óptico, a luz que retorna devido ao retroespelhamento, que acontece em todos os pontos da fibra. Na proporção que estes pontos se distanciam da fonte luminosa, menor é a potência detectada;
- Medida de atenuação total po enlace: este método consiste na avaliação da atenuação luminosa quando um sinal com potência óptica conhecida é enviado ao longo de uma linha óptica;
- Avaliação de degradação em emendas: através do OTDR verifica-se a intensidade da atenuação provocada por cada emenda. É interessante registrar os valores medidos em cada época a fim de se ter um histórico desta degradação que será um importante subsídio para futuras avaliações do sistema;

Na manutenção preventiva dos equipamentos terminais são executados os seguintes testes:

- Medida de taxa de erro;
- Testes da corrente de polarização do diodo laser: sendo o diodo laser de altíssima importância para o sistema de comunicações ópticas, tornando-se necessário a monitoração de sua degradação desde o período de aceitação;
- Teste de alimentação: monitorar os diversos pontos de alimentação devendo tais valores estarem dentro dos valores especificados pelo fabricante.
- Teste do circuito de alarme: devem ser testados todos os tipos de alarmes e suas transferências disponíveis no equipamento.

5.5 Manutenção Corretiva

É o tipo de manutenção executada somente quando houver alguma anormalidade detectada, ou quando um nível pré-determinado de degradação do sistema ocorrer [7].

5.5.1 Instrumental Necessário

Neste tipo de manutenção são necessários os seguintes equipamentos:

- Reflectômetro óptico no Domínio do Tempo (OTDR);
- Clivador de fibras: dispositivo de corte de fibras ópticas;

- **Máquina de emenda à fusão:** equipamento destinado à confecção de emendas através de fusão produzida or arco-voltáico;
- **Equipamento de acabamento de emendas:** executa o acabamento das fibras ópticas emendadas revestindo-as com um bastão de aço inoxidável e revestimento plástico. O bastão visa garantir a integridade das fibras ópticas em relação a curvaturas e tensões mecânicas;
- **Instrumental de lançamento de cabos ópticos:** quando for necessário substituir lances de cabos ópticos;
- **Alicate removedor de revestimento:** utilizado para remover o revestimento primário da fibra óptica com segurança;
- **Sobressalentes de cabos.**

5.5.2 Detecção e Remoção de Falhas

Para detectar onde ocorreu a anormalidade deve-se fazer os seguintes procedimentos:

- **Verificar no sub-bastidor de alarmes se há alguma indicação de falha,** caso haja indicação proceder conforme manual de operação do equipamento;
- **Se há indicação de ausência de feixe, verificar se há sinal na saída da fibra com auxílio de detector de potência, nunca visualmente pois a radiação é na região do infravermelho (invisível aos olhos humanos), podendo lesar a retina.**

Estando o sistema interrompido pode-se realizar um “loop” na entrada do terminal óptico (loop elétrico) ou na sua saída (loop óptico). Torna-se importante ressaltar a necessidade de “loops” sequenciais a partir do equipamento multiplexador de 1^a. Hierarquia PCM, quando somente parte dos sistemas afetados ao mesmo terminal óptico estiverem em alarme. Assim se identifica se o problema está nos equipamentos terminais.

Caso o procedimento de “loops” não detecte anormalidade, passa-se a verificação do cabo óptico.

A verificação do cabo óptico é feita utilizando-se OTDR, onde se detectará pontos de alta atenuação. Se o pnto de falha se deu por quebra de fibra no ponto de emenda, reestabele-se através de nova fusão das fibras. Se o ponto de falha é proveniente do rompimento total do cabo, o qual está instalado em duto, deve-se repuxar aproximadamente um metro de cabo de ambos os lados a partir do ponto de falha, pois em cada caixa subterrânea há de sobra de 1 e $\frac{3}{4}$ de voltas de cabo, e em seguida, faz-se a emenda. Se o rompimento for parcial efetua-se o repuxamento de 50cm de cabo de ambos os lados, abre-se a capa e procede-se com a emenda à fusão.

5.6 Manutenção do T-31 da Pirelli

Para uma efetiva manutenção consideram-se os seguintes critérios [1]:

- tipo e quantidade de equipamentos;
- distribuição geográfica do equipamento;
- tipos e quantidades de equipamentos reservas para reposição;

- número e locação do pessoal de manutenção;
- nível técnico do pessoal de manutenção;
- organização ótima para reduzir o tempo de viagem ao local/lugar (“site”).

Classifica-se a manutenção em:

- manutenção de rotina (preventiva): é uma verificação periódica que averigua se todas as partes do sistema estão funcionando adequadamente;
- manutenção corretiva (trouble-shooting): é realizada no local por uma equipe de manutenção respondendo a uma falha no equipamento do sistema.

A resposta adequada a uma condição de falta depende primeiro da nível da falta, se principal (“major”) ou secundário (“minor”), e então na severidade e no número de alarmes presentes no sistema.

Se o alarme é principal então o sistema está experimentando um problema que pode prejudicar a integridade do tráfego que está chegando. Caso contrário, o problema não afeta a integridade do tráfego que está chegando e o alarme é secundário.

Em casos de alarme principal, se o sistema não tiver ainda redirecionado o tráfego que está chegando para um sistema protegido, então este tráfego deve ser manualmente redirecionado se possível e imediatamente tomar ações corretivas para isolar e remediar o problema.

5.7 Conclusão

A importância da manutenção nos sistemas de comunicações ópticos é evidente, assim como a imprescindibilidade da instrumentação de medição envolvida.

Contudo, esse mesmo instrumental não é utilizado apenas para a manutenção. Antes mesmo do sistema ser entregue ao cliente, essa instrumentação é essencial para instalação e implantação do sistema.

Deste modo, ao falar sobre projetos de instalação de sistemas de comunicações ópticas, não se pode omitir a sua manutenção e a instrumentação de medição correspondente.

Além disso, a manutenção corretiva de um modo geral nos sistemas de comunicações ópticas, procede da seguinte forma: com a ocorrência de uma falha no sistema, primeiro se localiza o defeito, se for um problema com cabos faz-se a emenda, se for um problema de hardware substitui-se o módulo ou placa defeituosa. Portanto, para uma manutenção corretiva eficiente, tem-se sempre equipamentos sobressalentes estrategicamente localizados num centro de reparos. Normalmente, a quantidade de equipamentos sobressalentes é definida no início do projeto com a aprovação do cliente. Depois de realizar a manutenção corretiva de hardware a placa é enviada para o fabricante para reparo.

Capítulo VI

6. CONCLUSÃO

Este trabalho abordou os projetos de instalação de comunicações ópticas, principalmente a parte de equipamentos, mais especificamente o T-31. Participou-se das diferentes etapas não apenas no aspecto técnico das mesmas, mas também nos processos administrativos externos e internos da **Pirelli Cabos**. Além disso, teve-se contato com clientes e fornecedores externos, ora desempenhando o papel de prestador de serviços ora como cliente.

Com relação as melhorias e aperfeiçoamentos possíveis aos projetos de instalação na **Pirelli Cabos**, as sugestões concentram-se na área administrativa dos projetos e principalmente na parte burocrática interna da empresa não sendo este o melhor local para tanto.

Entretanto, parece que o próximo passo na área de telecomunicações, de acordo com especialistas, é a tecnologia ATM. Em vista disso, sugere-se que a **Pirelli Cabos** esteja preparada para isso, através de treinamentos e cursos para o pessoal de instalação.

Além disso, este trabalho está em sintonia com o mercado. Isto porque, trata de tecnologias de ponta que estão sendo implantadas não apenas no Brasil, mas também no resto de mundo, como uma das melhores soluções disponíveis para transmissão de grandes quantidades de dados à longas

distâncias, sendo o que há de mais atual nos sistemas de comunicações ópticas.

Devido as rápidas mudanças tecnológicas a sociedade mudou e com ela as relações trabalhistas. Acompanhando a dinâmica das inovações tecnológicas, o mercado de trabalho passou a exigir profissionais mais dinâmicos, capazes de estar em contínuo aprendizado, lidando, por ventura, com áreas e assuntos que não são especificamente de sua formação.

A área de telecomunicações, como dito anteriormente, está em crescimento, ávida por profissionais competentes, diligentes e dispostos ao constante aprendizado, demonstrando-se assim, campo fértil para o engenheiro de controle e automação.

Em vista disso, o curso de Engenharia de Controle e Automação Industrial da Universidade Federal de Santa Catarina, se propõe a formar engenheiros que sejam capazes de se adaptar rapidamente a novas condições, não apenas dispostos, mas também habituados a aprender novos conceitos, paradigmas e tecnologias, estando mesmo, confortáveis neste tipo de situação.

Deste modo, este trabalho vem demonstrar isso, que conforme o avanço das tecnologias maior é a penetração dos sistemas computacionais na sociedade, ou seja, maior é a utilização do computador nos sistemas de um modo geral. Portanto, maior é a necessidade mercadológica do engenheiro de controle e automação, interfaceando o sistema principal propriamente dito, e o sistema computacional utilizado para automatizar e controlar o primeiro.

Além disso, cabe ao engenheiro de controle e automação buscar novos campos de aplicação de seus conhecimentos. Assim exercendo o seu papel

7. Bibliografia

[1] "T-31 Multiwavelength Optical Amplifier System - Technical Manual Vol.II", document: 202-305-xxx.

[2] "T-31 8-Channel Multiwavelength Optical Amplifier System Technical Specifications", document: 1004 - Issue 1 - December 1997 (from 201-305-006 - Issue 2).

[3] "Revista Nacional de Telecomunicações", RNT Ano 19 - número 213 A - maio/97, ISSN 0102-3446.

[4] "Electronic Measuring Instruments", catálogo Anritsu 1998.

[5] "P/090 - Controle dos Projetos de Engenharia", Procedimento da Pirelli Cabos S/A, vigência 25/11/96.

[6] "P/095 - Controle dos Processos de Instalação", Procedimento da Pirelli Cabos S/A, vigência 17/02/97.

[7] L. F. Lorenzoni de Oliveira, "Palestra de Sistemas de Comunicações Ópticas".

[8] "Fibras e Cabos Ópticos", treinamento Pirelli - Divisão Telecomunicações e Energia - parte 1

[9] M. S. de Alencar, "Telefonia Digital", Érica, 1998.