Introdução

As fibras ópticas produzidas atualmente permitem a transmissão de taxas de transmissão da ordem de Terabits/s. Porém, para que os sistemas de transmissão ópticos possam utilizar altas taxas por canal nos sistemas de multiplexação por divisão em comprimento de onda (WDM), os projetistas destes sistemas necessitam estimar o coeficiente de PMD dos enlaces de fibra visando calcular a correspondente penalidade de potência.

O conhecimento prévio das margens de potência, devido a atenuação ou a PMD, é necessário para que o sistema WDM projetado possa suportar futuros aumentos no número de canais e também absorver no longo prazo as perdas de potência devido as mudanças e deteriorações pelas quais a rede e o sistema passarão. Especificamente com relação a PMD, por esta estar diretamente relacionada a taxa de transmissão utilizada por canal, altos valores de PMD nos enlaces de fibra inviabilizariam a utilização de sistemas WDM com taxas mais altas.

Os enlaces ópticos são constituídos através da concatenação de um número seqüencial de cabos formando um enlace de fibra. Cada cabo contendo fibras com valores aleatórios de PMD. Por ser a PMD um valor estocástico, metodologias estatísticas devem ser usados para esta estimação, assim os valores esperados do coeficiente de PMD do enlace também serão distribuídos aleatoriamente sobre vários enlaces.

A distribuição concatenada real será, contudo, menos variável do que a distribuição estatística dos cabos individuais devido a média entre o número de seções de cabos ópticos utilizados para formar cada enlace.

Outra forma possível para a determinação da PMD do enlace de fibra é através do cálculo da concatenação pela média quadrática. Para a utilização desta metodologia determinística é necessário saber a PMD de cada fibra cabeada que comporá o enlace. Para tal, o fabricante do cabo óptico deverá medir em fábrica todas as fibras dos cabos ópticos que serão utilizados em um determinado enlace/backbone e repassá-las à operadora. Este cálculo requer também o conhecimento do sequenciamento de instalação dos cabos ópticos em campo. Estas duas variáveis: mensuração da PMD em fábrica de todas as fibras e o conhecimento prévio da alocação da instalação dos cabos ópticos em campo

torna a determinação da PMD através da concatenação pela média quadrática um método extremamente trabalhoso e dispendioso.

O valor da PMD encontrado pela concatenação pela média quadrática é válido somente para àquele determinado enlace de fibra, isto é, para cada enlace de fibra deverá ser feito individualmente o cálculo da concatenação pela média quadrática. Todos os valores da PMD das fibras ópticas que compõe este enlace deverão ser conhecidos. Considerando estas dificuldades para se determinar a PMD do enlace de fibra deterministicamente e a aleatoriedade da PMD, as metodologias estatísticas para a determinação da PMD do enlace de fibra são as mais adequadas e rápidas.

Uma característica essencial destas metodologias estatísticas é a medida de coeficiente de PMD das seções de cabos individuais, que são usualmente providas como uma amostragem sobre o total de cabos fornecidos ou por uma medida de um universo total de cabos fornecidos. Por ser a PMD uma quantidade estatística, a medida do coeficiente de PMD de uma seção de cabo é intrinsicamente imprecisa e a reprodutibilidade depende do próprio valor da PMD.

Devido a qualidade da fibra óptica estar continuamente em evolução, os coeficientes de PMD das fibras recentes estão extremamente baixos, rendendo à imprecisão uma característica ainda mais importante. Além disto, as seções de cabos são relativamente pequenas, de modo que na maioria dos casos a PMD pode se encontrar perto ou mesmo abaixo da resolução dos equipamentos comercialmente disponíveis.

Conforme recomendação da TIA/EIA, o coeficiente de PMD medido dos cabos ópticos pode ser usado para prever o desempenho de um enlace óptico ou para demonstrar a concordância com o projeto do cabo.

Esta dissertação contém um estudo sistemático da estimação prévia do coeficiente de PMD de enlaces ópticos de dois backbones através da utilização de metodologias estatísticas, propostas principalmente pela TIA/EIA e também pela IEC.

Uma segunda análise teórica consistiu na avaliação destes enlaces de fibra através dos valores obtidos com a concatenação pela média quadrática das fibras cabeadas usadas respectivamente nestes enlaces.

Os resultados obtidos com a determinação estatística e determinística do coeficiente de PMD dos enlaces destes dois backbones foram posteriormente comparados com as medidas realizadas em campo.

O capítulo I aborda a teoria referente a PMD em fibras ópticas, sua origem e conseqüências para os sistemas ópticos.

No Capítulo II são apresentadas as duas técnicas de medida de PMD usadas na medição da PMD: técnica de Interferometria e de análise fixa (wavelength scanning).

No Capítulo III é apresentada a teoria integral da metodologia estatística para a estimação do coeficiente de PMD do enlace, PMD_Q , em enlaces ópticos através de três técnicas estatísticas: Técnica de Monte Carlo, Modelo Gama e Teoria do Limite Central Generalizado, propostas pela TIA/EIA.

No Capítulo IV contém o estudo realizado onde se comparam os valores estimados pelas técnicas estatísticas, pela concatenação pela média quadrática e os valores medidos em campo. Primeiramente descreve-se a avaliação comparativa realizada entre as técnicas estatísticas para a determinação prévia do valor de PMD do enlace encontradas para os enlaces/seções de dois backbones e os respectivos valores medidos em campo. Uma ênfase maior é dada à Técnica de Monte Carlo. Em uma seção seguinte é traçada a comparação entre os resultados obtidos através da concatenação pela média quadrática das seções destes dois backbones e os valores medidos.