

Publicada a nova norma brasileira para cabeamento estruturado: ensaio do cabeamento óptico – ABNT NBR 16869-2:2021

Paulo S. Marin

Doutor em EMI/EMC, especialista em infraestrutura de TI

Coordenador da CE 003:046.005 ABNT/Cobei

A nova norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) do conjunto de normas brasileiras de cabeamento estruturado, a ABNT NBR 16869-2:2021 (Cabeamento estruturado – Parte 2: Ensaio do cabeamento óptico) foi publicada recentemente. Esta norma se aplica à medição de atenuação do cabeamento de fibra óptica instalado usando fibras monomodo e multimodo e se aplica também a uma variedade de ambientes: comercial, data centers, residencial, industrial, assim como outros ambientes de planta externa. Este artigo apresenta um resumo dessa norma e seus pontos mais importantes. A NBR 16869-2, assim como todas as normas da ABNT, estão disponíveis para compra no *web site* da associação e podem ser adquiridas em formato digital ou impresso.

Embora comumente referido na prática como certificação do cabeamento óptico, é importante enfatizar que o termo “certificação” somente se aplica aos testes de desempenho de transmissão do cabeamento estruturado metálico, em cobre. Esse termo é utilizado porque no caso do cabeamento em cobre, os limites para os parâmetros de transmissão que devem ser medidos em campo são estabelecidos por normas. Portanto, a certificação visa a garantir que os valores encontrados nos testes de campo estejam em conformidade com esses limites. No caso do cabeamento óptico, isso não ocorre. Nesse caso, os limites são determinados pelo operador do teste com base nas características específicas do enlace óptico sob teste.

Como de costume, antes de entrarmos nos detalhes da norma, começo explicando um pouco como funciona o sistema brasileiro de normalização. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é o foro nacional de normalização, ou seja, uma norma brasileira deve, necessariamente, ser homologada e publicada pela ABNT para receber o *status* de norma brasileira. Os conteúdos das normas brasileiras são de responsabilidade dos comitês brasileiros (ABNT/CB) e são elaboradas normalmente por comissões de estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização. A propósito, eu publiquei um vídeo em meu canal no YouTube explicando esse processo (<https://youtu.be/bMVS32AGNQY>).

Portanto, a CE 003:046.005 é uma comissão de estudo que pertence ao CB-3 da ABNT, que é o COBEI (Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações). As normas brasileiras de cabeamento estruturado são desenvolvidas por esta CE.

Ainda, tratando do tema normalização no Brasil, é importante explicar como nasce uma norma ABNT NBR. Há basicamente dois caminhos para o desenvolvimento de uma norma brasileira, ela pode ser elaborada a partir de:

- uma necessidade local e sem relação com outras normas internacionais (ISO, IEC, ISO/IEC);
- uma norma internacional similar publicada.

Quando uma norma brasileira é baseada em uma norma internacional, há ainda dois outros caminhos possíveis, ela pode:

- ser uma tradução exata e integral da norma ISO, IEC ou ISO/IEC utilizada como referência, gerando uma norma ABNT NBR ISO, ABNT NBR IEC ou ABNT NBR ISO/IEC mantendo o código da norma original;
- utilizar partes traduzidas e/ou adaptadas da norma internacional utilizada como referência juntamente com conteúdo novo gerado dentro de uma comissão de estudo dando origem a uma norma nova ABNT NBR, com um código novo designado pela ABNT.

Aproveito para observar que a maioria das nossas normas é baseada em normas ISO/IEC com adaptações e inclusões de conteúdos locais.

É importante enfatizar que, devido ao fato de a ABNT ser membro fundador da ISO (*International Organization for Standardization*), apenas normas ISO, IEC ou ISO/IEC podem ser utilizadas como referências para a geração de normas ABNT NBR. Normas desenvolvidas por outras associações locais ou regionais de outros países (TIA, BICSI, CSA, CENELEC, etc.) não podem ser utilizadas como referências para a geração de normas brasileiras ABNT NBR.

Passemos então ao estudo da nova norma brasileira de testes em cabeamento óptico: a ABNT NBR 16869-2:2021. Embora ensaio seja o termo técnico padronizado pela ISO e ABNT para se referir à verificação de parâmetros físicos e de transmissão, nesse caso de cabos ópticos, vou utilizar ao longo do texto o termo teste, por se tratar daquele utilizado em nosso jargão técnico. Eventualmente, utilizo ambos os termos como sinônimos.

O escopo da NBR 16869-2:2021 é a medição de atenuação do cabeamento de fibra óptica instalado usando fibra óptica monomodo e multimodo, incluindo conectores, acopladores, emendas e outros dispositivos passivos e se aplica a instalações em edifícios comerciais (em conformidade com a NBR 14565), *data centers* (em conformidade com a NBR 16665), residências (em conformidade com a NBR 16264), indústrias (em conformidade com a NBR 16521) e ambientes de planta externa. A ABNT NBR 16869-2:2021 especifica sistemas e métodos para a inspeção do cabeamento óptico e o equipamento de ensaio, que tem uma interface para conector com uma única fibra óptica ou com duas fibras.

A NBR 16869-2 está organizada em onze seções e oito anexos, conforme mostrado a seguir:

1. Escopo
 2. Referências normativas
 3. Termos, definições, abreviaturas e símbolos
 4. Conformidade
 5. Requisitos gerais
 6. Equipamentos de ensaio
 7. Ensaio do cabeamento
 8. Ensaio dos componentes no cabeamento
 9. Equipamento de inspeção
 10. Inspeção do cabeamento e componentes do cabeamento
 11. Precauções
- Anexo A: Método de um cordão de ensaio
 - Anexo B: Método de três cordões de ensaio
 - Anexo C: Método de dois cordões de ensaio
 - Anexo D: Método do cordão do equipamento
 - Anexo E: Reflectômetro óptico no domínio do tempo
 - Anexo F: Reflectometria óptica no domínio do tempo
 - Anexo G: Inspeção e ensaio nos cordões de ensaio e substituição
 - Anexo H: Exemplos de cálculos e limites para a determinação do balanço de perda de potência óptica
 - Bibliografia

Não é meu objetivo neste artigo entrar em detalhes sobre cada seção e anexo desta norma.

As seções compõem o texto-base da norma, ou seja, o núcleo do documento com todas as especificações e recomendações que se aplicam ao objeto da norma. Os anexos são complementares ao texto-base e divididos em dois tipos: informativo e normativo. Um anexo informativo é para conhecimento e tem a função de recomendação. Um anexo normativo, por outro lado, tem a função de especificar uma prática, técnica ou metodologia. A NBR 16869-2 traz cinco anexos normativos e três informativos.

É importante entender que uma norma tem sempre duas abordagens: especificar e recomendar aspectos relacionados ao seu objeto. Portanto, quando uma determinada norma for adotada como referência, todas as suas especificações devem ser cumpridas. As recomendações, por outro lado, são sugestões e podem (ou não) ser levadas em consideração.

Portanto, a norma especifica os sistemas de testes do cabeamento óptico, traz referências para calibração, requisitos de limpeza do *hardware* de conexão, requisitos da fonte de luz, do *power meter*, do OTDR, define os métodos de testes e seus componentes, os ensaios dos componentes no cabeamento, especifica parâmetros de transmissão, equipamentos de

inspeção, precauções para a execução das medições, entre outras especificações e recomendações relevantes para a avaliação efetiva de enlaces ópticos instalados.

De forma prática, a ABNT NBR 16869-2 especifica um sistema de teste em sua seção 5, que trata de requisitos gerais. A Figura 1 mostra um sistema de teste conforme definido na norma.

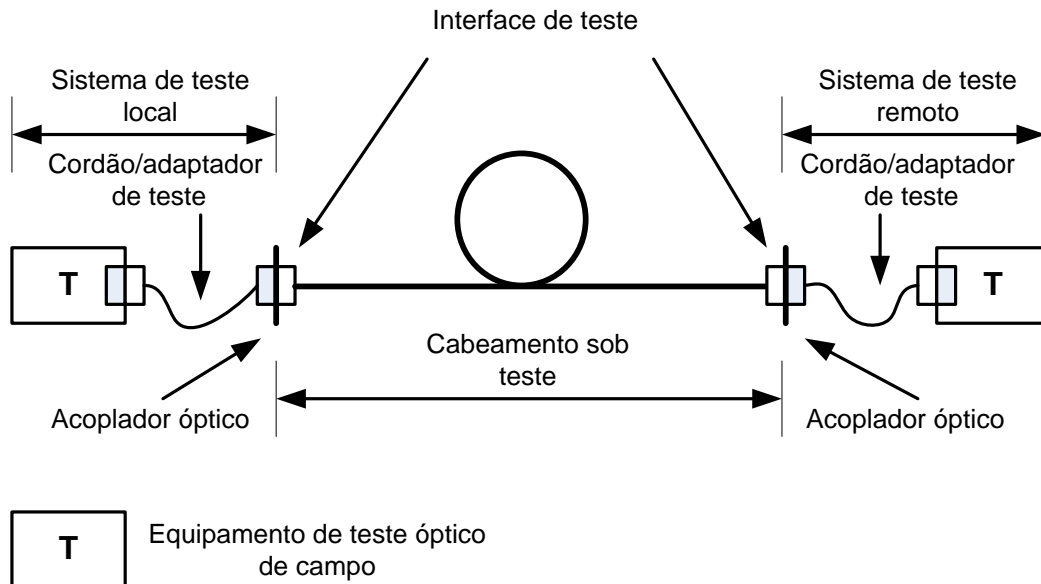


Figura 1 – Sistema de teste do cabeamento óptico instalado

Embora a Figura 1 apresente sistemas de testes local e remoto, este último pode não estar presente se o teste for feito com um OTDR. Quando os testes são executados com *power meter* e fonte de luz, referidos na norma como testes com arranjos LSPM (*light source and power meter*), ambos os sistemas devem estar presentes.

O leitor pode estar se perguntando onde entra o OTDR, uma vez que o escopo da norma, conforme mencionado no início deste artigo, é a medição de atenuação do cabeamento de fibra óptica instalado e um OTDR não tem, exatamente, essa finalidade. OTDRs são utilizados para apresentar a caracterização de um enlace óptico e se trata, essencialmente, de uma ferramenta de diagnóstico do cabeamento para serviços de manutenção e avaliação de parâmetros de transmissão e identificação de falhas no canal, uma vez que o cabeamento é mapeado por meio de traços característicos na tela do OTDR que podem ser analisados para destacar qualquer alteração no cabeamento sob teste. Voltarei a esse tema mais tarde.

Portanto, a NBR 16869-2 especifica cinco métodos de testes:

- método de um cordão de teste, utilizado para incluir a atenuação associada aos conectores de ambas as extremidades do enlace óptico;
- método de três cordões de teste, utilizado para excluir a atenuação das conexões dos

plugues nas extremidades do enlace óptico;

- método de dois cordões de teste, utilizado para incluir a atenuação da conexão casada em apenas uma extremidade do enlace óptico;
- método do cordão de equipamento, utilizado para excluir a atenuação das conexões dos plugues nas extremidades do enlace óptico;
- método de ensaio com OTDR.

Os primeiros quatro métodos são executados com arranjos LSPM e têm como finalidade medir a atenuação do enlace óptico sob teste. A principal diferença entre esses métodos é a forma como a referência da medição de atenuação é obtida e, portanto, a inclusão ou exclusão da atenuação associada a conexões nas extremidades do cabeamento.

Tabela 1 – Métodos de testes com arranjos LSPM

Método de teste	Características	Atenuação das conexões casadas incluídas nas extremidades do cabeamento
Um cordão de teste (A)	Acopladores conectados aos plugues em ambas as extremidades do cabeamento	Duas
Três cordões de teste (B)	Plugues terminados em ambas as extremidades do cabeamento	Nenhuma
Dois cordões de teste (C)	Uma extremidade do cabeamento é terminada com acoplador e a outra com plugue	Uma (normalmente terminada em um distribuidor óptico)
Cordão de equipamento (D)	Plugues em ambas as extremidades utilizando cordões de equipamento	Nenhuma

As variações no método de teste utilizado para medir a atenuação do cabeamento óptico dependem da configuração do enlace óptico sob teste.

Uma configuração comum é aquela na qual há acopladores ópticos em ambas as extremidades do enlace para a conexão ao equipamento ativo da rede por meio dos cordões dos equipamentos. Isso corresponde a configuração A. Nesse caso, o método de ensaio com um cordão de teste é utilizado para incluir a atenuação associada a ambas as conexões casadas em ambas as extremidades do enlace óptico.

Um outro exemplo de configuração do cabeamento é aquela na qual *pigtails* são emendados em ambas as extremidades do cabo óptico e então conectados diretamente aos equipamentos ativos da rede. Isso corresponde a configuração B. Nesse caso, o método de ensaio com três cordões de teste é utilizado para excluir a atenuação das conexões dos plugues.

Um outro exemplo é a configuração de cabeamento na qual os cordões de equipamentos são instalados em ambas as extremidades do cabeamento para posterior conexão ao equipamento ativo da rede. Isso corresponde a configuração D. Nesse caso, o método de ensaio do cordão de equipamento é utilizado para excluir a atenuação das conexões aos plugues. Em situações nas quais isso não for prático, o método de ensaio de três cordões de teste é recomendado.

Em uma configuração mista de cabeamento (configuração C), ou seja, aquela em que há, por exemplo, um plugue terminado em uma extremidade do enlace óptico (ou um *pigtail* emendado) que será conectado diretamente ao equipamento ativo da rede e um acoplador óptico na outra, sendo a conexão ao equipamento ativo (nesta extremidade) feita por meio de um cordão de equipamento, o método de ensaio com dois cordões de teste é o mais recomendado.

Podemos notar da Tabela 1, adaptada da ABNT NBR 16869-2, que ambos os métodos, com três cordões de teste e com o cordão de equipamento não incluem atenuações de conexões casadas nas extremidades do enlace óptico. Qual a diferença então entre esses métodos de teste?

As diferenças estão, basicamente, na forma da tomada de referência para o teste. No entanto, o método de ensaio com o cordão de equipamento é utilizado apenas se ambos os cordões de equipamento estiverem presentes durante o ensaio e não serão substituídos na operação. Esta é a principal diferença entre ambos os métodos citados.

É importante mencionar que, qualquer que seja o método utilizado, as atenuações das conexões dos cordões de testes (ou de equipamento) ao equipamento de teste, não contribuem para a atenuação medida do enlace óptico sob teste.

O modelo de um cordão de teste de referência é o mais utilizado na maioria dos testes de atenuação em cabeamento óptico e, por esse motivo, vou apresentá-lo aqui em mais detalhes. Nessa configuração, a referência (P_1) é determinada com um cordão de teste, conforme mostrado na Figura 2.

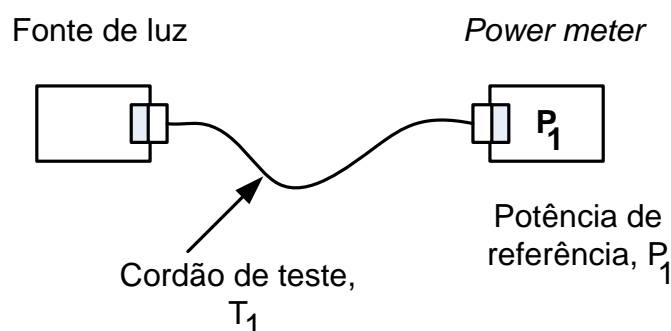


Figura 2 – Determinação da referência para o teste de atenuação com o modelo de um cordão de teste de referência

Uma vez determinada a referência, o arranjo LSPM é conectado ao enlace óptico sob teste,

www.paulomarin.com

conforme mostrado na Figura 3.

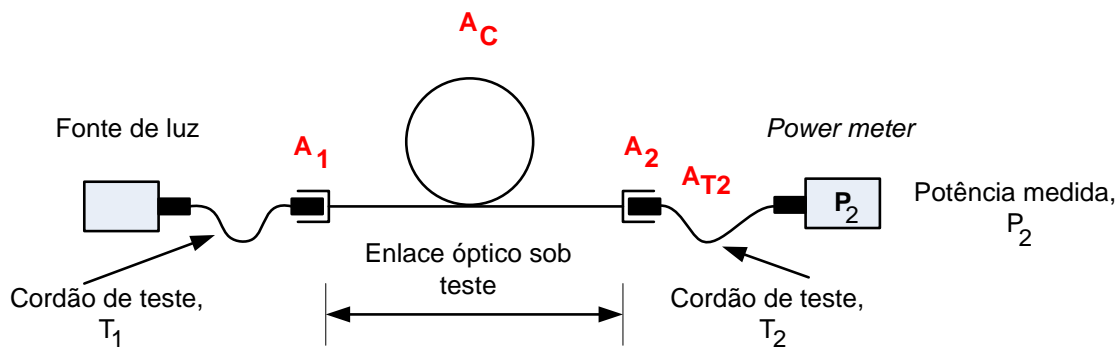


Figura 3 – Teste do enlace óptico com o método de um cordão de teste de referência

A perda de potência (atenuação) do enlace óptico sob teste será a diferença entre as potências P_2 e P_1 :

$$\text{Atenuação}_{\text{enlace}} = P_2 - P_1 \text{ (dBm)} \quad [1]$$

Portanto, a atenuação do enlace sob teste será a soma das seguintes perdas:

$$\text{Atenuação}_{\text{enlace}} = A_1 + A_C + A_2 + A_{T2} \text{ (dBm)} \quad [2]$$

Da equação 2, concluímos que, quando utilizado o método de um cordão de teste de referência, ambas as conexões casadas presentes nas extremidades do enlace óptico (A_1 e A_2) são incluídas na atenuação obtida.

Aproveito para explicar que a equação utilizada para determinar a perda de potência óptica (equação 2) de um enlace óptico é denominada “balanço de perda de potência óptica”, conforme definido na NBR 16869-2.

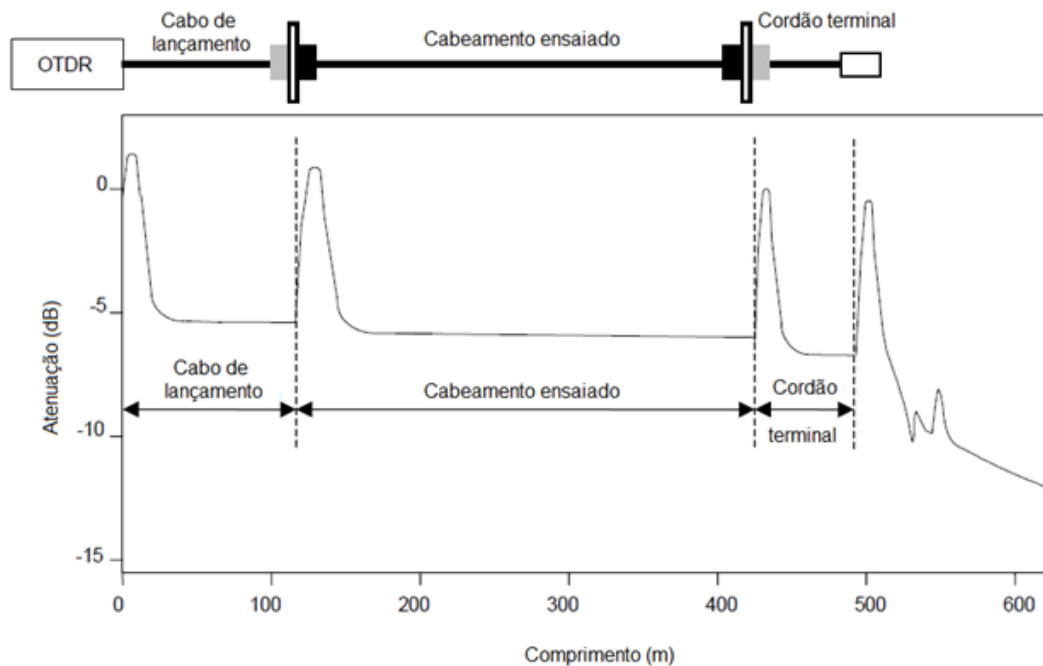
A norma especifica que testes de fibras multimodo devem ser feitos nos comprimentos de onda de 850 nm e 1300 nm. Para enlaces ópticos com fibras monomodo, fontes de luz que operam nos comprimentos de onda de 1310 nm e 1550 nm devem ser utilizadas. A NBR 16869-2 reconhece testes unidirecional e bidirecional do enlace óptico com arranjos LSPM. Testes bidirecionais devem ser executados nos casos em que o enlace óptico possuir uma implementação mais complexa, ou quando existir o risco de componentes no cabeamento ensaiado causarem diferenças na atenuação, dependendo do sentido da transmissão.

Para finalizar a discussão sobre a cobertura da ABNT NBR 16869-2 no que diz respeito a testes executados com fonte de luz e *power meter* (arranjo LSPM), recomendo fortemente ao projetista do cabeamento óptico e ao profissional responsável pelos testes de campo a leitura atenta e completa dessa norma. Há várias especificações importantes que devem ser consideradas nos testes do enlace óptico como incerteza da medição, tratamento dos resultados, distribuição modal, limpeza das faces dos conectores e equipamentos de

inspeção, entre outros aspectos de suma importância para o bom desempenho do cabeamento instalado.

Conforme mencionando anteriormente neste artigo, a NBR 16869-2 também reconhece a avaliação do enlace óptico com OTDR e se aplica tanto a fibras ópticas multimodo quanto monomodo. Os comprimentos de ondas nos quais o OTDR deve operar são os mesmos que aqueles especificados para arranjos LSPM.

O ensaio com OTDR deve ser feito com uma fibra de lançamento na extremidade onde se encontra o equipamento, e com um cordão terminal, na extremidade oposta, conforme mostrado na Figura 4.



**Figura 4 – Caracterização do enlace óptico com OTDR usando cabo de lançamento e cordão terminal
(Fonte: ABNT NBR 16869-2:2021)**

A Figura 4 mostra também a caracterização do enlace óptico no *display* de um OTDR. O traço que caracteriza o enlace mostra o cabo de lançamento, o cabeamento sob teste e o cordão terminal.

Para o ensaio, a fonte de luz do OTDR deve ser configurada para o tipo de fibra e comprimento de onda adequados.

Antes de prosseguir com alguns exemplos de aplicação do OTDR para a análise de enlaces ópticos e mais informações sobre a cobertura da NBR 16869-2, vou dedicar as próximas breves linhas para uma revisão sobre o princípio de funcionamento de um OTDR.

Um OTDR caracteriza um enlace óptico por meio da transmissão de pulsos de luz através

do núcleo da fibra sob teste e a avaliação das reflexões. Esse processo é repetido várias vezes e o resultado apresentado no *display* do equipamento de teste é a média de todas as reflexões observadas. Portanto, para uma caracterização efetiva do enlace sob teste, parâmetros fundamentais como a escala dinâmica, tempo de amostragem e largura de pulso de teste definem a capacidade operacional do equipamento. Estes parâmetros definem a capacidade de um OTDR para mostrar uma grande atenuação do cabeamento, o número de enlaces de fibra que pode ser caracterizado em um dado período de tempo e a distância mínima entre dois eventos caracterizados na fibra, respectivamente.

A escala dinâmica é a quantidade de fibra que leva o sinal refletido (devido ao retroespalhamento) a se igualar ao nível de ruído e aumenta com o aumento da potência do pulso do *laser* e com o aumento da largura efetiva do pulso.

A largura de pulso de um OTDR define, em conjunto com a potência de pico, o nível de energia colocada na fibra. Conforme discutido acima, quanto maior o pulso, maior a escala dinâmica. Entretanto, todas as reflexões (no conector de entrada, na extremidade da fibra e em quaisquer outros conectores) escondem o retroespalhamento do sinal e têm pelo menos a mesma duração da largura do pulso. A largura de pulso limita a resolução porque não é possível separar dois eventos em um pulso refletido.

Portanto, a NBR 16869-2 recomenda que a seleção da largura de pulso seja o valor mínimo que oferece acesso ao enlace de forma geral.

Enfim, um OTDR pode ser utilizado para fazer diagnósticos diversos em um enlace óptico. Entre eles, podemos citar os seguintes:

- ensaios dos componentes no enlace óptico;
- identificação de uma emenda no enlace e sua atenuação;
- teste de perda de retorno;
- teste de atenuação do cabeamento instalado;
- teste de atenuação de conexões casadas no cabeamento;
- determinação do comprimento do enlace;
- medição do atraso de propagação;
- identificação de um rompimento da fibra e sua localização no enlace;
- caracterização de macrocurvaturas no enlace, etc.

Quando utilizado um OTDR para a medição da atenuação do cabeamento instalado, uma opção de configuração é apresentada na Figura 5.

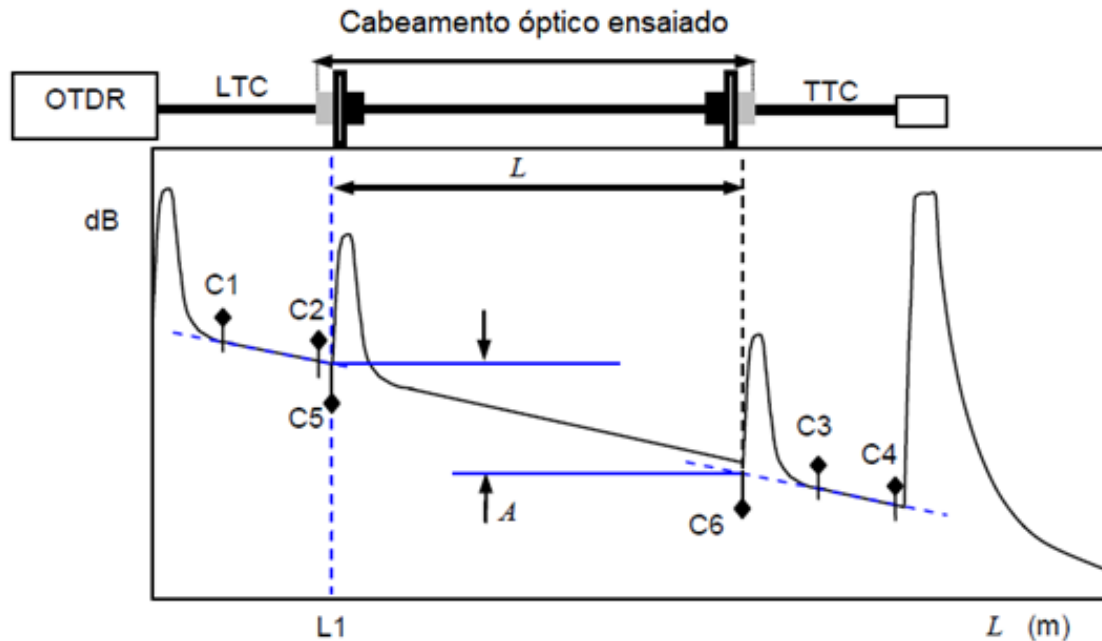


Figura 5 – Medição de atenuação do cabeamento instalado com OTDR
(Fonte: ABNT NBR 16869-2:2021)

Nessa figura, o elemento identificado como LTC se refere a fibra de lançamento e aquele identificado como TTC, ao cordão terminal. Ela mostra também os pontos nos quais se encontram os cursores C5 e C6, utilizados para a determinação da atenuação do cabeamento instalado. Nesse caso, a atenuação (A) será a diferença (em dB) entre os valores associados a esses cursores.

Quando a medição incluir cordões de equipamentos em ambas as extremidades do enlace óptico, esses cordões não podem ser muito curtos ou a zona morta do OTDR não pode ser muito longa, pois esses fatores podem reduzir a precisão da medição. Portanto, é importante levar em conta que:

- não é possível realizar a medição de atenuação com exatidão em um canal contendo várias conexões onde dois eventos reflexivos estão próximos;
- se os cordões do equipamento forem muito curtos ou a zona morta do OTDR for longa, pode não ser possível medir a atenuação do enlace óptico.

Enfim, no que diz respeito ao uso do OTDR para a avaliação de enlaces ópticos, a NBR 16869-2 traz um conteúdo bastante relevante e completo. Em suas seções, exemplos de aplicação do OTDR são apresentados para a medição de atenuação (do cabeamento óptico, de conexões casadas, de emendas, etc.), da perda de retorno, para a identificação de emendas, rupturas e macrocurvaturas no enlace, etc.

O Anexo E (Reflectômetro Óptico no Domínio do Tempo) cobre a aplicabilidade do método de ensaio com OTDR, discute zona morta de atenuação, largura de pulso, especificação de perda de retorno, etc. Ele traz recomendações sobre a preparação dos cordões de ensaio,

procedimentos de ensaio, cálculo de atenuação, localização da conexão, definição dos níveis de potência e incertezas do OTDR.

O Anexo F (Reflectometria Óptica no Domínio do Tempo) discute essa técnica propriamente dita. Ele traz definições como capacidade operacional, escala dinâmica, largura de pulso, integração de amostra, etc. Descreve as limitações da capacidade do OTDR como comprimentos mínimos de operação e a zona morta de atenuação.

O efeito fantasma, que é a presença de vários picos na caracterização do OTDR devido a reflexões harmônicas repetidas, é explicado. Esse efeito é um fator restritivo quando enlaces contendo várias interfaces são medidos.

Quando a configuração do cabeamento sob teste for muito complexa, a quantidade de efeitos fantasmas acaba se tornando excessiva e a interpretação dos traços impossível. Técnicas práticas de remoção de efeitos fantasmas são discutidos. A Anexo F especifica ainda o índice de refração de grupo efetivo e o coeficiente de retroespalhamento.

Outro anexo muito importante e de aplicação prática da NBR 16869-2 é o Anexo H, que traz exemplos de cálculos de limites para a determinação do balanço de perda de potência óptica. Esses exemplos consideram aplicações como a 1000BASE-LX, a 10GBASE-LX4, etc. e são elaborados com base em situações reais, assim como parâmetros técnicos realistas.

Para finalizar este artigo, a ABNT NBR 16869-2:2021 é uma norma bastante completa, com 65 páginas, em fase com a normalização internacional do setor, com teor técnico sofisticado e apresentado de forma acessível ao profissional técnico de testes do cabeamento óptico. Acima de tudo, trata-se de uma norma de aplicação prática.

Enfim, espero que essa breve apresentação da norma e de alguns poucos exemplos de sua ampla cobertura sejam úteis a você.