

# 6

## Testes de Certificação e Ativação do Cabeamento

### Para começar

O objetivo deste capítulo é explicar os procedimentos de testes de certificação do cabeamento balanceado, bem como testes do cabeamento óptico.

Vamos estudar os principais parâmetros de testes do cabeamento metálico, os modelos de testes e os procedimentos para a realização da certificação do cabeamento.

Estudaremos os principais parâmetros de testes ópticos, como calcular a atenuação de um enlace óptico e os equipamentos de testes utilizados. Utilizaremos um exemplo real de *backbone* de *campus* para a determinação da atenuação esperada e vamos comparar os valores obtidos com as especificações das aplicações utilizadas.

### 6.1 Testes de certificação do cabeamento estruturado

#### 6.1.1 Parâmetros de testes

Nós estudamos nos capítulos anteriores todos os aspectos que se referem ao cabeamento estruturado desde os conceitos, projeto e práticas de instalação. O que falta para que o cabeamento possa ser utilizado pelo usuário ou cliente? Faltam os testes de verificação do cabeamento tanto para o cabeamento balanceado quanto óptico.

O cabeamento balanceado deve ser certificado, ou seja, deve ser testado conforme as especificações das normas técnicas e os resultados obtidos devem estar dentro dos limites estabelecidos pelas normas. Quando isso acontece, o equipamento de certificação apresenta um resultado “aprovado”, caso contrário ele apresentará uma falha e mostrará qual foi o parâmetro de teste que falhou. Quando isso acontecer, o instalador deve revisar a instalação, corrigir a falha e executar um novo teste de certificação até que o equipamento apresente um resultado “aprovado”. A certificação do cabeamento metálico deve sempre ser feita antes da entrega do cabeamento instalado. Isso é um requisito de norma e não pode ser ignorado pelo instalador.

Os testes de certificação do cabeamento devem incluir o seguinte:

- » Configuração de terminação;
- » Comprimento;
- » Atenuação (perda de inserção);
- » Paradiafonia (NEXT e PS-NEXT);
- » Relação atenuação diafonia na extremidade próxima (ACRN e PS-ACRN);
- » Relação atenuação diafonia na extremidade distante ou relação atenuação telediafonia (ACRF e PS-ACRF);
- » Perda de retorno;
- » Atraso de propagação;
- » Desvio de atraso de propagação.

A configuração de terminação dos pares dos cabos U/UTP, F/UTP (e outros tipos especificados pelas normas) nas tomadas de telecomunicações padrão RJ45 de oito vias deve obedecer às configurações previstas em normas. Conforme estudado no Capítulo 2, as duas configurações mais utilizadas são a T568A e a T568B.

De qualquer forma, a terminação (“conectorização”) dos condutores deve seguir a configuração de pinos/pares apresentada na Figura 6.1.

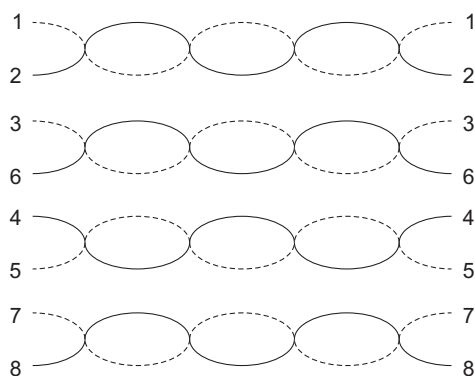


Figura 6.1 - Configuração de terminação dos pares nas tomadas de telecomunicações.

O comprimento é um parâmetro físico que deve ser verificado em campo durante os testes de certificação do cabeamento instalado.

O comprimento máximo de cada segmento de cabo permitido no subsistema de cabeamento horizontal ou de *backbone* para cabos balanceados Categoria 5e/Classe D e superiores é de 90 metros na configuração enlace permanente e 100 metros na configuração canal (estas configurações de teste serão estudadas em detalhes a seguir nesse capítulo).

A atenuação é a perda de potência de um sinal devido à sua propagação por um meio físico qualquer. Essa perda de potência de sinal em cabos de cobre ocorre, basicamente, devido às perdas resistivas dos condutores ao longo da linha.

A atenuação é expressa em dB (decibel) e representa a relação entre a potência do sinal presente na saída de um circuito (ou canal de transmissão) e o sinal da entrada, Figura 6.2.

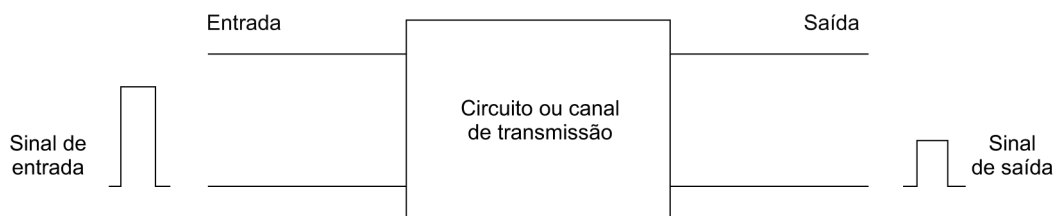


Figura 6.2 - Conceito de atenuação.

A atenuação é obtida por meio de uma função matemática e não é nosso objetivo aqui entrar nesse detalhe. No entanto, é importante que o leitor tenha uma ideia de quanto representa uma quantidade em dB. A Tabela 6.1 mostra algumas relações entre potências e seus valores em dB.

Tabela 6.1 - Relações de potência em dB

Relação de potência	dB
2 para 1	3
10 para 1	10
20 para 1	13
40 para 1	16
100 para 1	20
200 para 1	23
1000 para 1	30

Portanto, quando encontramos uma atenuação de 23 dB, por exemplo, sabemos que a potência do sinal que chegou ao receptor é 200 vezes menor que o sinal que foi enviado a ele pelo transmissor por um segmento de cabo de cobre. A atenuação, nos equipamentos de testes de certificação, é apresentada com o nome “perda de inserção”.

Um efeito importante em cabeamento estruturado balanceado é a diafonia (*crosstalk*), que é o efeito que causa a linha cruzada, e ocorre devido à interferência eletromagnética entre os sinais que se propagam por diferentes pares dentro do mesmo cabo.

Os cabos de pares trançados são projetados e construídos para oferecer um desempenho aceitável mesmo na presença da diafonia. Do ponto de vista de instalação do cabeamento para que interferências por diafonia sejam minimizadas, o instalador deve:

- » destrançar os pares do cabo balanceado o mínimo possível para sua terminação nos componentes de conexão e de acordo com especificações de normas (ver Capítulo 5 para mais detalhes);
- » utilizar cabos de pares trançados blindados em ambientes que podem estar sujeitos à interferência eletromagnética.

A interferência por diafonia pode ser avaliada de duas formas, conforme mostrado na Figura 6.3.

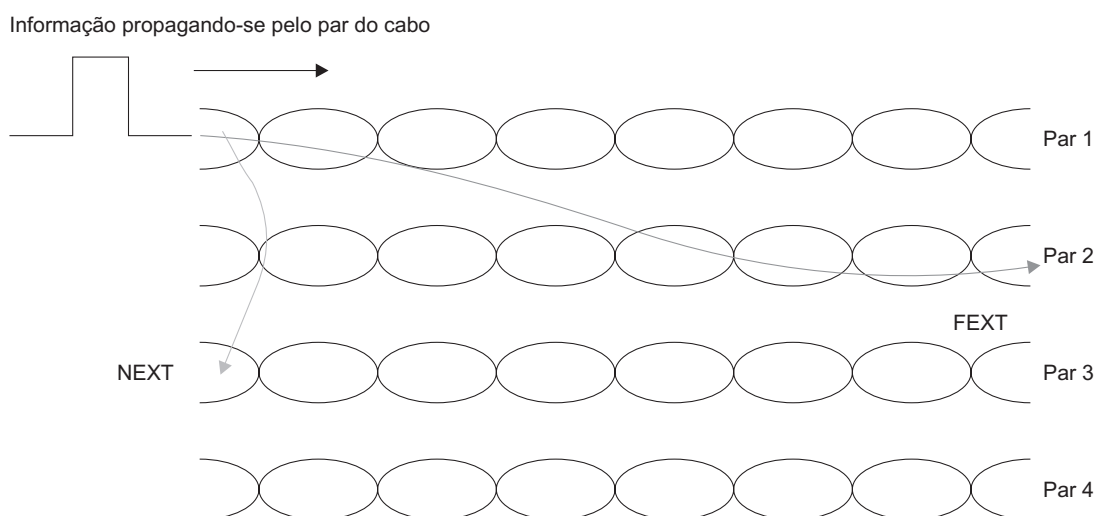
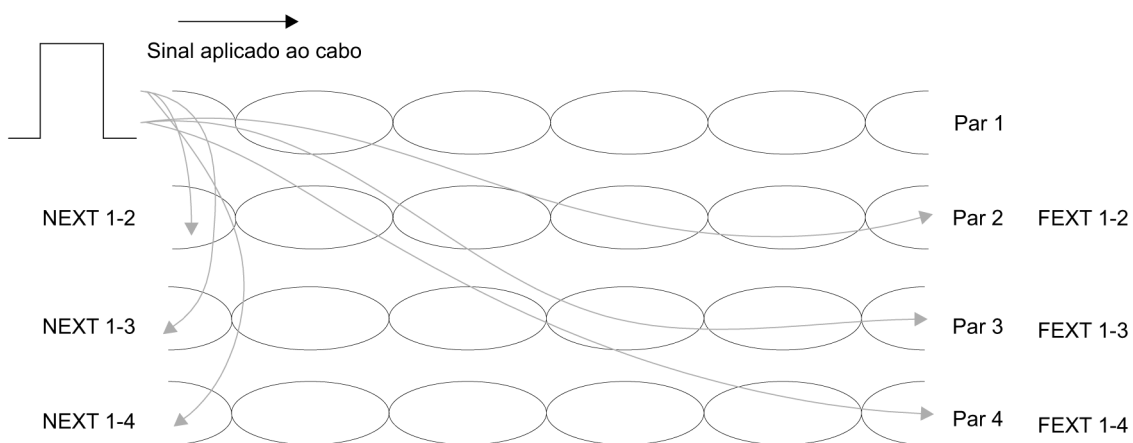


Figura 6.3 - Interferência por diafonia em cabos de pares trançados.

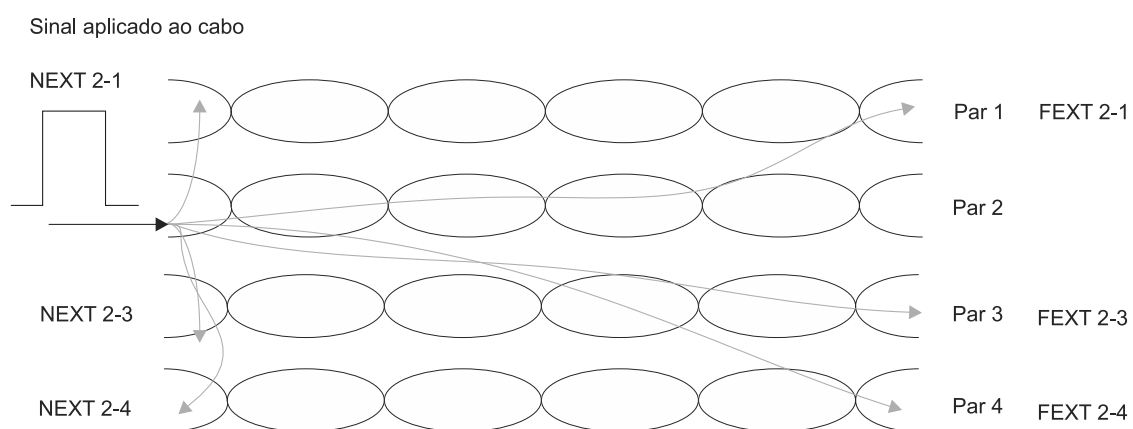
Quando a diafonia é medida na extremidade do canal na qual se encontra a fonte de ruído, ela é referida como paradiafonia (NEXT) e, quando ela é medida na extremidade do canal, oposta àquela onde se encontra a fonte de ruído ela é denominada telediafonia (FEXT).

Os prefixos *para* (próximo) e *tele* (distante), que antecedem a palavra diafonia, servem para identificar a referência para a medição da interferência por diafonia. Portanto, telediafonia é a interferência medida na extremidade mais distante daquela na qual o sinal aplicado gera o ruído e paradiafonia é a interferência medida na mesma extremidade onde é aplicado o sinal que gera ruído. As interferências por diafonia (NEXT e FEXT) fazem parte dos testes de certificação do cabeamento balanceado.

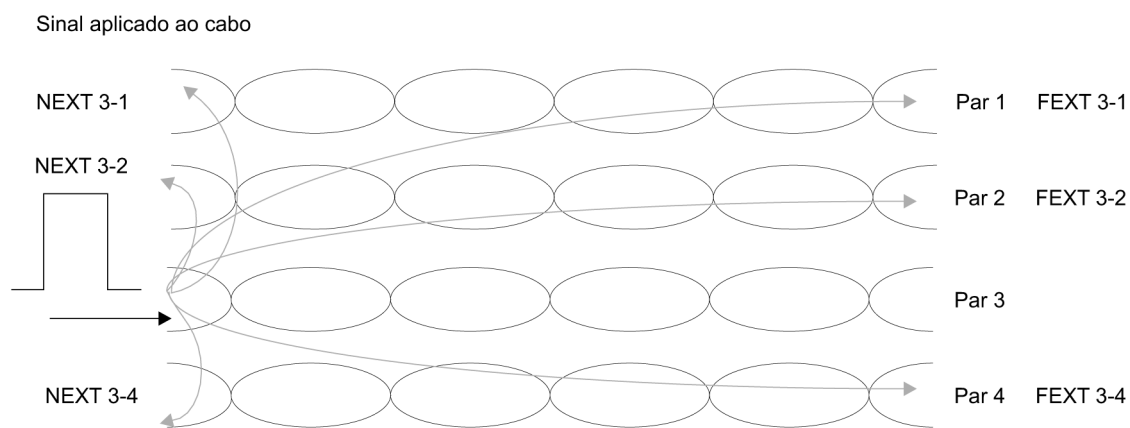
Há duas metodologias para os testes de diafonia: *par a par* e *powersum*. Os testes de NEXT e FEXT *par a par*, como o próprio nome sugere, são feitos entre pares individualmente. Por exemplo, um sinal de teste é aplicado ao par 1 do cabo e a interferência causada por ele é medida em cada par ocioso (que não tem sinal aplicado). No ciclo seguinte, o sinal de teste é aplicado ao par 2 e a interferência causada por ele é medida em cada um dos pares ociosos. Na sequência, o sinal de teste é aplicado ao par 3 e a interferência causada por ele é medida em cada um dos pares ociosos e assim por diante, conforme mostrado na Figura 6.4.



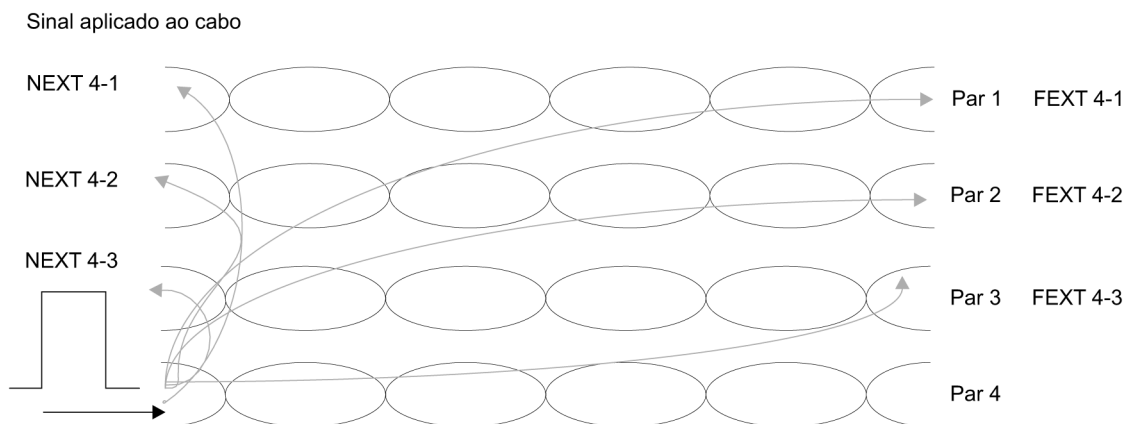
(a) Sinal de teste aplicado ao par 1, interferência medida nos outros pares.



(b) Sinal de teste aplicado do par 2, interferência medida nos outros pares.



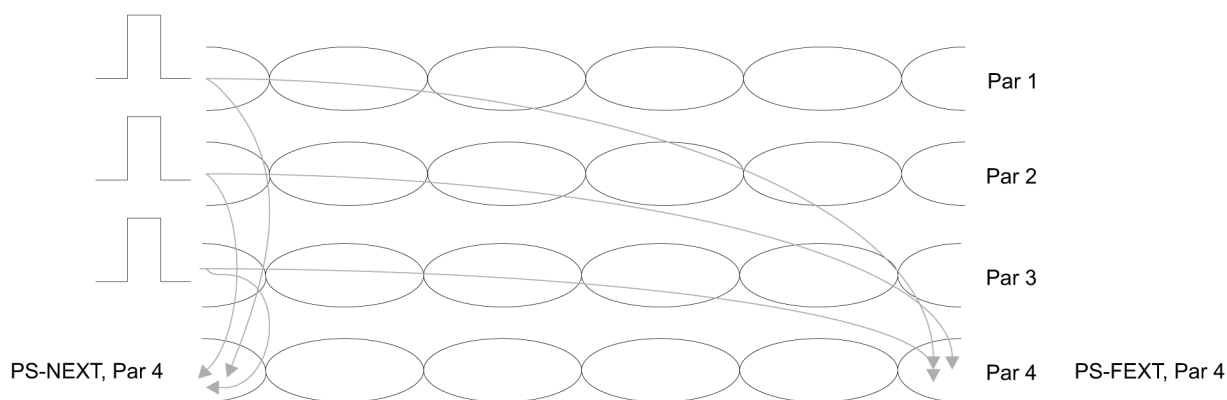
(c) Sinal de teste aplicado ao par 3, interferência medida nos outros pares.



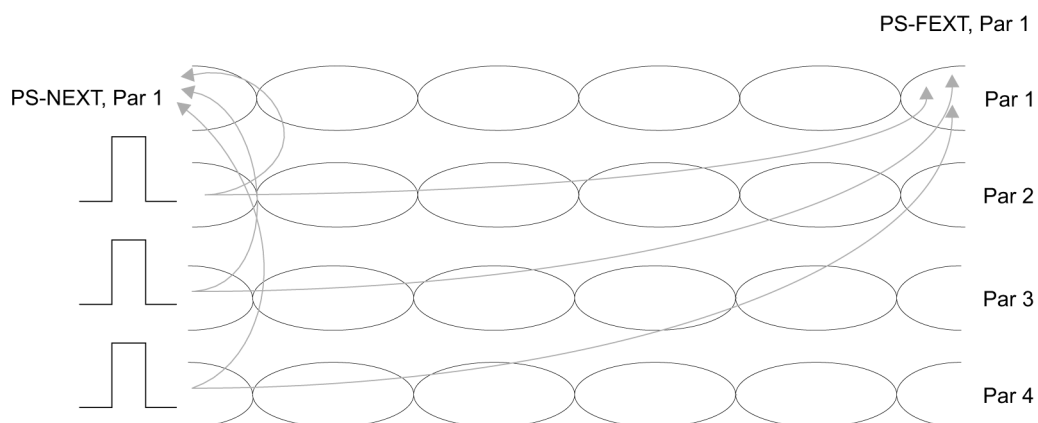
(d) Sinal de teste aplicado ao par 4, interferência medida nos outros pares.

Figura 6.4 - Metodologia de teste de NEXT e FEXT par a par.

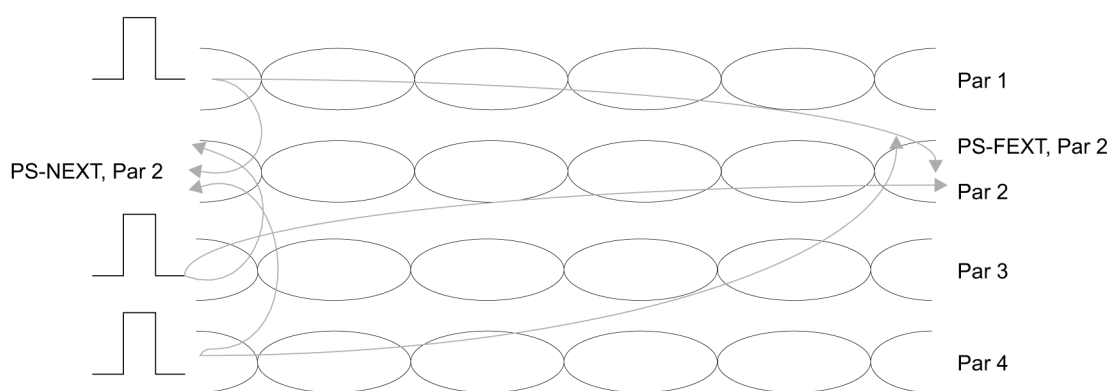
O teste de *powersum* (PS), ou soma de potências de ruído, é feito de outra forma. Nessa metodologia, sinais de testes são aplicados em três pares do cabo, e a soma das interferências é medida no par ocioso, como mostra a Figura 6.5.



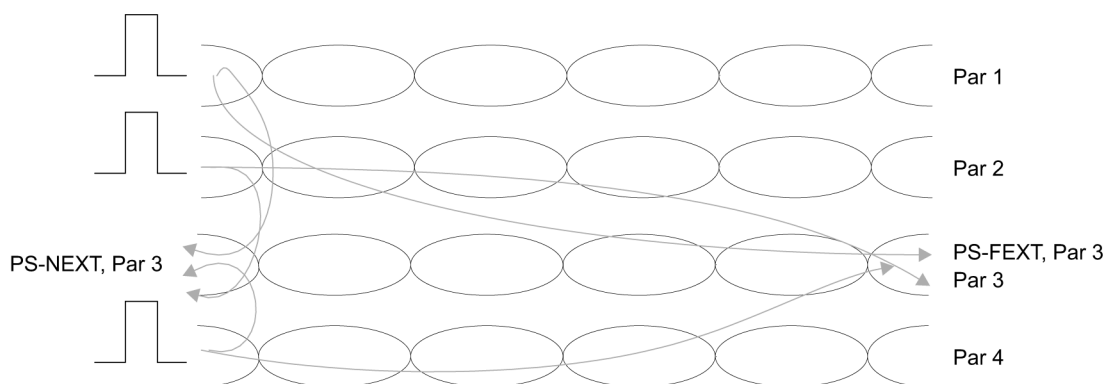
(a) Sinais de testes nos pares 1,2 e 3; soma de interferências medida no par 4



(b) Sinais de testes nos pares 2,3 e 4; soma de interferências medida no par 1



(c) Sinais de testes nos pares 1,3 e 4; soma de interferências medida no par 2



(d) Sinais de testes nos pares 1,2 e 4; soma de interferências medida no par 3

Figura 6.5 - Metodologia de teste de *powersum* (PS) para NEXT e FEXT.

Os testes de diafonia (NEXT e FEXT), independentemente da metodologia empregada têm como objetivo verificar os níveis de interferências entre os pares dentro dos cabos balanceados. O equipamento de teste de certificação executa todas as medições especificadas pela norma utilizada como referência para a certificação do cabeamento instalado. Assim, não é responsabilidade do técnico a determinação dos testes que serão realizados.

#### Fique de olho!

Quando vários segmentos de cabos estão muito próximos, o que ocorre na distribuição do cabeamento pelas eletrocalhas no edifício, um sinal que é transmitido por um par de um cabo pode causar uma interferência sobre um sinal transmitido por um par de outro cabo vizinho. Este tipo de interferência é conhecido como *alien crosstalk* e é um efeito importante em sistemas de cabeamento sem blindagem para aplicações 10 Gigabit Ethernet.

Para uma avaliação mais eficiente do cabeamento estruturado instalado, os parâmetros relação atenuação diafonia na extremidade próxima (ACRN) e relação atenuação diafonia na extremidade distante (ACRF) são também verificados na certificação do cabeamento. Não vamos entrar em

detalhes sobre estes parâmetros, mas é importante entender que se tratam de testes que avaliam o desempenho do cabeamento levando em consideração a atenuação do cabo e sua relação com os efeitos de interferência por diafonia. De forma simples, sabemos que tanto a atenuação quanto a diafonia, pioram as condições do cabeamento para a transmissão de sinais. Assim, a medição do ACRN e ACRF serve para garantir que mesmo sob condições que degradam a qualidade do canal, ele atende às especificações das normas técnicas.

O parâmetro perda de retorno, que também é verificado nos testes de certificação do cabeamento, mede as reflexões de sinais que se propagam pelos pares do cabo balanceado.

Quando fazemos as terminações dos cabos nos *patch panels* e nas tomadas, nós causamos uma descontinuidade no canal, ou seja, o canal que era formado por condutores “puros”, agora tem conectores e tomadas conectadas a ele. Tecnicamente, isso se chama descasamento de impedâncias e acontece em todas as conexões.

Então, o que significa o descasamento de impedâncias na prática e o que isso tem a ver com a perda de retorno? De forma simples, podemos entender o descasamento de impedâncias como uma lombada na rua. Sem a lombada, os veículos passam pela rua sem qualquer obstáculo que os obrigue a reduzir a velocidade, isso seria um segmento de cabo sem conectores. Na presença da lombada, os veículos são obrigados a reduzir a velocidade e, portanto, têm uma perda de desempenho em seu deslocamento pela rua; isso é o descasamento de impedâncias. Este descasamento de impedâncias gera reflexões de sinais de volta para o transmissor e a consequente perda de potência do sinal que continua se propagando pelo cabo até o receptor. A Figura 6.6 mostra o efeito da perda de retorno.

A perda de retorno também é medida em um teste de certificação do cabeamento instalado, conforme especificado pelas normas.

O atraso de propagação, que é o tempo que o sinal leva para percorrer o cabo entre um transmissor e um receptor, também é um parâmetro que faz parte dos testes de certificação do cabeamento.

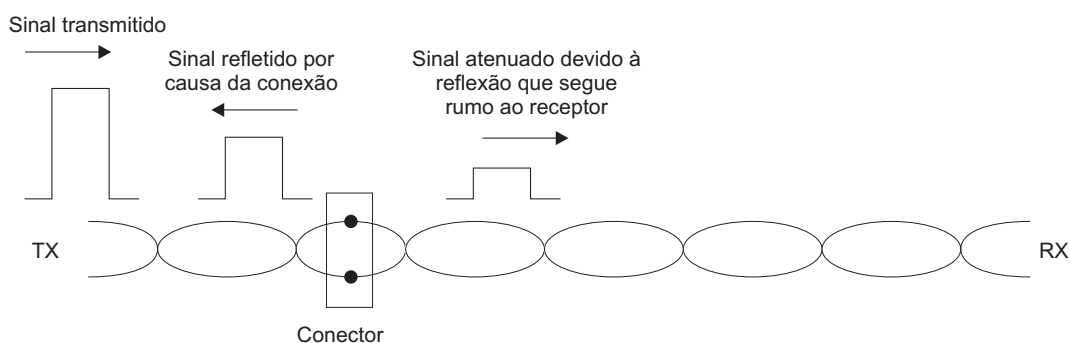


Figura 6.6 - Perda de retorno.

Além do atraso de propagação, o desvio de atraso de propagação também deve ser medido. Este desvio expressa a diferença em tempo entre os atrasos de propagação dos pares mais rápido e mais lento em um cabo balanceado de quatro pares, conforme mostrado na Figura 6.7.



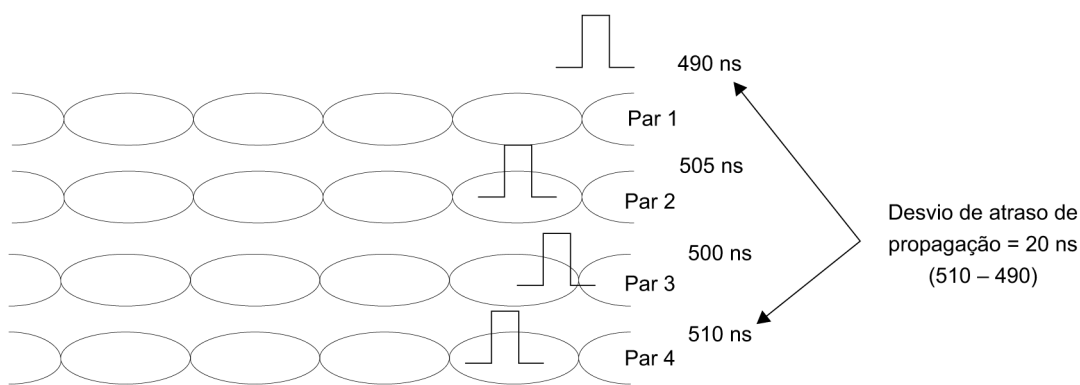


Figura 6.7 - Atraso de propagação e desvio de atraso de propagação.

A avaliação do desvio de atraso de propagação em sistemas de cabeamento estruturado é importante devido às aplicações *full-duplex* que utilizam os quatro pares dos cabos balanceados para transmitir e receber informações. Neste caso, as informações são divididas em quatro “pacotes” diferentes que precisam ser recebidos dentro de um intervalo de tempo predeterminado (conhecido como *time out*) pela interface do equipamento ativo e pelo protocolo da aplicação.

### 6.1.2 Testes de campo

As normas de cabeamento definem duas configurações para os testes de certificação que são enlace permanente e canal. O enlace permanente considera as partes fixas (permanentes) do cabeamento.

Em um subsistema de cabeamento horizontal, o enlace permanente é considerado entre o *patch panel* do distribuidor de piso e a tomada de telecomunicações da área de trabalho, conforme mostra a Figura 6.8.

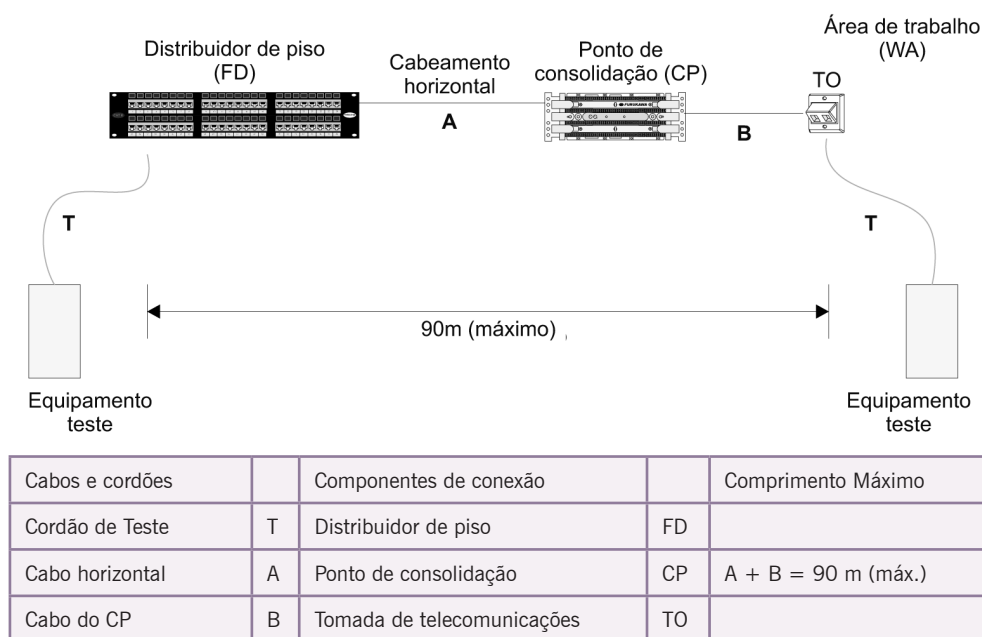


Figura 6.8 - Modelo de teste de enlace permanente.

O enlace permanente, que tem um comprimento máximo permitido de 90 m, não inclui os cordões dos equipamentos de testes. Na configuração enlace permanente pode existir um ponto de consolidação (CP) entre o distribuidor de piso e a tomada de telecomunicações da área de trabalho.

A configuração de canal, mostrada na Figura 6.9, leva em consideração todos os cordões presentes no cabeamento.

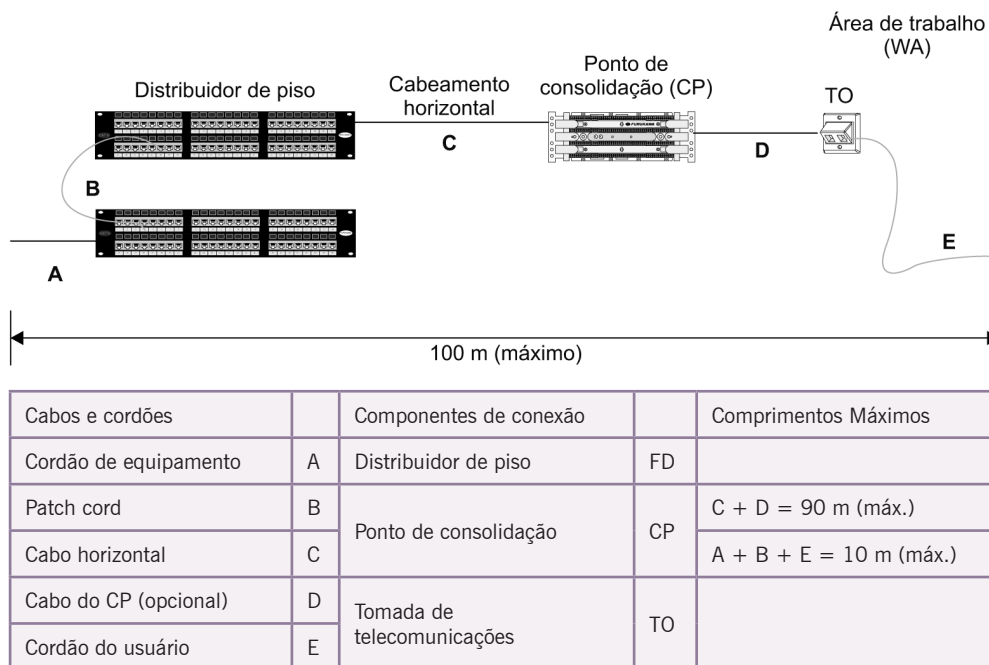


Figura 6.9 - Modelo de teste de canal.

No exemplo da Figura 6.9 vemos que um canal completo pode ter no máximo quatro conexões: uma em cada *patch panel* do distribuidor de piso, uma no ponto de consolidação e uma na tomada de telecomunicações. Note que a conexão cruzada pode fazer parte do modelo canal, o que na prática é pouco comum.

O comprimento máximo do canal é de 100 m (incluindo todos os *patch cords* presentes) e tanto a conexão cruzada no distribuidor de piso, quanto o ponto de consolidação são opcionais neste modelo de teste do cabeamento.

A Figura 6.10 mostra exemplos de equipamentos de testes de certificação do cabeamento balanceado disponíveis no mercado.



Figura 6.10 - Exemplos de equipamentos de testes de certificação de campo disponíveis no mercado.

É importante que o técnico siga os seguintes procedimentos de testes para a certificação do cabeamento instalado:

a) Verificação do *software* do equipamento de teste.

Os equipamentos de testes de campo devem ter a última versão do *firmware* e do *software* de biblioteca de normas e configurações de testes instalada. Assim é possível fornecer parâmetros e valores de testes mais precisos e atuais de acordo com normas aplicáveis e usadas para a realização dos testes.

b) Uso adequado

Os requisitos, bem como as recomendações para precauções e procedimentos relacionados a conexões, configurações de teste e medição especificadas nos manuais dos fornecedores dos equipamentos de testes de campo, devem ser observados.

c) Calibração de fábrica

Recomenda-se que os equipamentos de testes de campo sejam calibrados pelo fabricante de acordo com suas especificações e uma vez por ano.

d) Opções de testes

As configurações de testes selecionadas a partir das opções disponíveis nos equipamentos de testes de campo devem ser compatíveis com o cabeamento instalado sob teste. Por exemplo, se o teste incluir os *patch cords*, a opção a ser usada é a de modelo de canal.

e) Cordões e adaptadores

Os cordões de testes de pares trançados utilizados para a certificação do modelo de enlace permanente devem ser fornecidos pelo fabricante do equipamento de teste. Os cordões de testes utilizados na certificação de um canal devem ser iguais aos que serão usados na instalação.

## 6.2 Testes de verificação do cabeamento óptico

Os enlaces ópticos devem ser testados para verificação de que a instalação está de acordo com as especificações do projeto.

Os testes que fazemos nos enlaces ópticos não são chamados de certificação, como no caso do cabeamento balanceado. Nós vimos que o termo certificação se refere à comparação dos resultados obtidos nos testes com um padrão predeterminado por uma norma técnica.

No caso dos enlaces ópticos, o que fazemos é a determinação da atenuação esperada com base nas características da instalação, tipo de fibra utilizada, quantidade de emendas e acopladores.

Os testes de instalações com fibras ópticas em sistemas de cabeamento estruturado são bastante simples. Apenas dois parâmetros devem ser verificados: comprimento e atenuação.

O comprimento de um enlace óptico é um parâmetro físico e importante, pois disso depende o desempenho de uma aplicação.

Portanto, o comprimento de um enlace óptico é um parâmetro que deve ser verificado durante o teste de campo e pode ser medido ou calculado. A medição é feita normalmente por um equipamento conhecido como OTDR que injeta um sinal luminoso de teste no núcleo da fibra e mede seu comprimento por meio da reflexão desse sinal de volta ao OTDR; este é o princípio da reflectometria no domínio do tempo, neste caso, reflectometria óptica.

A reflectometria no domínio do tempo é a mesma técnica usada para a medição do comprimento de um segmento de cabo metálico empregada pelos certificadores de campo para cabeamento em cobre. Os OTDRs são em geral equipamentos de alto custo e sofisticados. Normalmente, não são necessários para testes de campo do cabeamento instalado em sistemas de cabeamento estruturado em que os segmentos de cabos ópticos são relativamente curtos (dezenas ou centenas de metros). Na verdade, para a medição da atenuação de um enlace óptico, esses equipamentos não são muito úteis. Quando se necessita localizar um ponto de falha em um enlace óptico longo, os OTDRs são de grande utilidade e eficiência. Por isso são largamente utilizados em instalações e reparos de enlaces ópticos metropolitanos, com dezenas de quilômetros de comprimento.

Há alguns equipamentos de testes mais simples disponíveis no mercado, capazes de medir o comprimento de enlaces ópticos, porém não são muito comuns. O instalador pode reportar o comprimento de um enlace óptico por meio das marcas sequenciais presentes nas capas dos cabos, normalmente em intervalos de um metro. Por meio da subtração das marcas sequenciais de ambas as extremidades de um enlace óptico, o instalador pode determinar de forma simples e barata o comprimento total do enlace. Recomenda-se, nestes casos, que ambas as marcas de cada extremidade do cabo sejam anotadas no relatório de teste de campo.

Para a medição da atenuação óptica, o método mais comum é o que emprega um *jumper* de referência. Esse método é reconhecido pela série de normas ANSI/TIA-568-C e é especificado pela norma ANSI/TIA-526-14A, método B. É o método mais simples e bem eficiente para a medição da atenuação de enlaces ópticos em campo.

Vamos considerar o enlace óptico sob teste conforme mostrado na Figura 6.11.

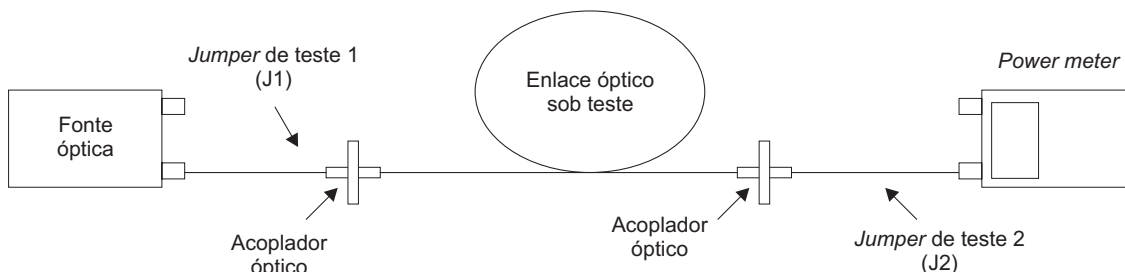


Figura 6.11 - Modelo de teste para a medição de atenuação óptica.

Para a realização do teste de atenuação usando o método de um *jumper* de referência, o *jumper* de teste 1 (J1) deve ser conectado entre a fonte de luz e o *power meter*. Exemplos de *power meter* e fonte de luz são mostrados na Figura 6.12.



Figura 6.12 - Exemplos de *power meter* e fonte de luz utilizados para a medição de atenuação em fibras ópticas.

Ambos os dispositivos devem ser ligados e o comprimento de onda apropriado deve também ser igualmente selecionado em ambos os equipamentos (850 nm ou 1300 nm). O valor lido no *display* do *power meter* é a referência de teste, Figura 6.13.

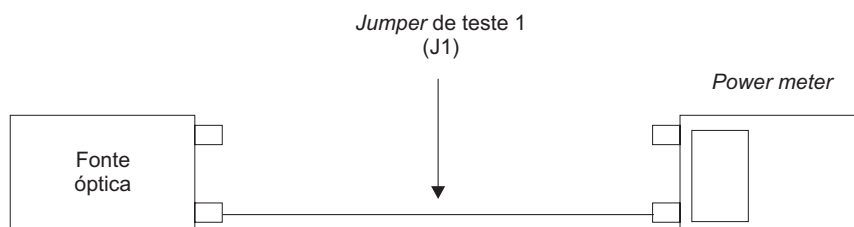


Figura 6.13 - Arranjo de teste para determinar a referência para o teste de atenuação de um enlace óptico.

Com a referência determinada, o *jumper* de teste 1 pode ser desconectado dos equipamentos de testes e conectado a uma das extremidades do enlace a ser testado; o *jumper* de teste 2, apesar de não ser utilizado para a obtenção da referência de teste, deve ser conectado à outra extremidade do enlace e a potência medida deve ser anotada e guardada.

A atenuação do enlace é obtida pela subtração do valor de referência do valor da potência lida no *display* do *power meter*. Por exemplo, se a referência é -20,6 dBm e o valor medido para o enlace em teste é -24,2 dBm, a atenuação do enlace será 3,6 dBm. A atenuação obtida por este método representa a atenuação total do enlace em teste, ou seja, o cabo de distribuição e os acopladores ópticos em ambas as extremidades do enlace.

O teste de atenuação óptica com base no método B da norma ANSI/TIA-526-14A se aplica a enlaces ópticos com fibras multimodo, o tipo de fibra óptica mais comum em sistemas de cabeamento estruturado.

Como devemos proceder para fazer um teste de enlace óptico?

Antes de fazermos a medição da atenuação de um enlace óptico, precisamos saber qual é a atenuação esperada, para então realizarmos os testes e confirmarmos se o enlace está de acordo com as especificações do projeto. Para isso, fazemos o “balanço de perda de potência óptica”, conforme descrito abaixo:

$$A_{\text{TOTAL}} = A_{\text{emendas}} + A_{\text{acopladores}} + A_{\text{cabo}} \text{ (dB)} \quad [1]$$

Em que:

$A_{\text{emenda}}$  é a atenuação das emendas presentes no enlace, em dB;

$A_{\text{acopladores}}$  é atenuação dos acopladores ópticos presentes no enlace, em dB;

$A_{\text{cabo}}$  é a atenuação do segmento de cabo presente no enlace, em dB.

As normas trazem valores de referência para emendas e acopladores ópticos, conforme mostrado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Valores de referência de atenuação para emendas e acopladores ópticos

Componente/elemento	Atenuação (dB)
Emenda óptica	0,3 dB máxima
Acoplador óptico	0,75 dB máxima

É importante explicar que as normas especificam os valores máximos permitidos para emendas e acopladores em um enlace óptico. No entanto, estes valores são bem inferiores na prática para a maioria dos componentes. No exemplo que vamos ver a seguir utilizaremos dados de componentes reais.

A atenuação dos cabos deve ser determinada com base no que chamamos de coeficiente de atenuação, conforme mostrado na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Coeficientes de atenuação para cabos ópticos multimodo

Tipo de cabo óptico	Comprimento de onda (nm)	Coeficiente de atenuação (dB/km)
50/125µm multimodo	850	3,5
	1300	1,5
62,5/125µm multimodo	850	3,5
	1300	1,5

O coeficiente de atenuação nos informa qual é a atenuação de uma fibra óptica para um comprimento de 1 km.

#### Fique de olho!

As fibras ópticas monomodo apresentam atenuações inferiores que as fibras multimodo. As fibras monomodo permitem que distâncias maiores sejam atingidas e os cabos ópticos de uso externo têm atenuação menor que os de uso interno.

Assim como os cabos balanceados são especificados em termos da largura de banda (100 MHz, 250 MHz, 500 MHz etc.), os cabos ópticos multimodo são especificados com base no comprimento de onda que será utilizado para a transmissão. Estes cabos operam em dois comprimentos de onda: 850 nm e 1300 nm (nanômetros). O comprimento de onda que será utilizado tem relação com a aplicação a ser implementada no enlace óptico.

Há duas informações importantes que o técnico deve observar:

- » a atenuação dos cabos ópticos é dada em dB/km, portanto, a atenuação de um enlace óptico será em geral baixa;
- » a atenuação varia de acordo com o comprimento de onda utilizado para a transmissão, o que implica a realização de testes de atenuação nos dois comprimentos de onda, 850 e 1300 nm.

Para aprender a projetar e como calcular a atenuação de um enlace óptico, vamos ver um exemplo?



#### Exemplo

Considere o enlace óptico mostrado na Figura 6.14:

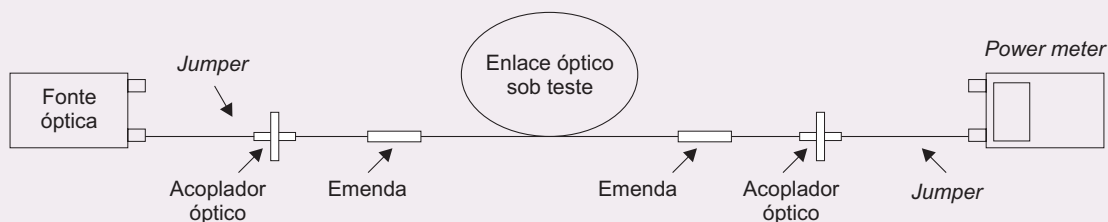


Figura 6.14 - Exemplo de um enlace óptico em teste.



## Exemplo

Sabemos que esse enlace é para um *backbone* de *campus* que deverá conectar dois edifícios e o comprimento de cabo entre eles é de 260 m. O cliente quer usar inicialmente a aplicação Gigabit Ethernet (1000 BASE-LX) com capacidade para chegar a 10 Gigabit Ethernet (10 GBASE-S), no futuro.

O primeiro passo é conhecermos as especificações das aplicações para as quais precisamos projetar o enlace óptico. A Tabela 6.4 traz estas informações.

Tabela 6.4 - Especificações técnicas das aplicações do nosso exemplo

Aplicação	Comprimento de onda (nm)	Tipo de fibra óptica	Comprimento máximo do enlace (m)	Atenuação máxima (dB)
1000 BASE-LX	1300	Multimodo OM3	500	2,6
10 GBASE-S	850	Multimodo OM3	300	2,15

Agora que temos as especificações técnicas das aplicações do *backbone* de *campus* e sabemos que o comprimento é de 260 m, precisamos conhecer as especificações dos componentes.

Nesse projeto, será utilizado o padrão de conexão LC (ver Figura 2.21 no Capítulo 2), cujos acoplamentos têm uma atenuação de 0,25 dB, bem inferior aos 0,75 dB<sub>máx</sub>, especificado pelas normas.

Como em nosso projeto a emenda óptica será feita pelo método de fusão, vamos considerar uma atenuação de 0,05 dB por emenda. Note que na prática, esse valor costuma ser bem inferior (da ordem de 0,01 dB) e o valor máximo especificado pelas normas é de 0,3 dB por emenda (extremamente alto e fora da realidade).

A atenuação do cabo deve ser calculada com base em seu coeficiente de atenuação (Tabela 6.3) para ambos os comprimentos de onda, 850 nm e 1300 nm. Assim, a atenuação de 260 m de cabo óptico multimodo em 850 nm será:

$$A_{\text{Cabo}_{850 \text{ nm}}} = 260 \cdot (3,5 / 1000) = 0,91 \text{ dB} \quad [2]$$

A atenuação de 260 m de cabo óptico multimodo em 1300 nm será:

$$A_{\text{Cabo}_{1300 \text{ nm}}} = 260 \cdot (1,5 / 1000) = 0,39 \text{ dB} \quad [3]$$

A fibra óptica que vamos usar é do tipo multimodo otimizada para transmissão *laser* (OM3).

Agora temos as características do enlace óptico do nosso projeto, conforme mostrado na Figura 6.15.



Figura 6.15 - Enlace óptico com componentes e atenuações.





## Exemplo

Com todas as informações em mãos, podemos agora determinar a atenuação esperada do nosso *backbone* óptico. Assim, teremos os seguintes valores:

$$\begin{aligned}\text{Em 850 nm:} \quad A_{\text{enlace}} &= A_{\text{emendas}} + A_{\text{acopladores}} + A_{\text{cabo}} \\ A_{\text{enlace}} &= 2 \cdot (0,05) + 2 \cdot (0,25) + 0,91 \\ A_{\text{enlace}} &= 0,1 + 0,5 + 0,91 \\ A_{\text{enlace}} &= 1,51 \text{ dB} \quad [4]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Em 1300 nm:} \quad A_{\text{enlace}} &= A_{\text{emendas}} + A_{\text{acopladores}} + A_{\text{cabo}} \\ A_{\text{enlace}} &= 2 \cdot (0,05) + 2 \cdot (0,25) + 0,39 \\ A_{\text{enlace}} &= 0,1 + 0,5 + 0,39 \\ A_{\text{enlace}} &= 0,99 \text{ dB} \quad [5]\end{aligned}$$

Agora que conhecemos os valores de atenuação esperados, podemos fazer o teste com um *power meter* e fonte de luz para confirmar que o enlace atende aos requisitos de projeto para o *backbone* óptico do nosso exemplo.

Os valores de atenuação que encontramos em nossos cálculos estão abaixo dos valores especificados pelas aplicações que serão implementadas no enlace óptico (Tabela 6.4).

## Vamos recapitular?

Neste capítulo foram estudados os parâmetros de testes do cabeamento balanceado e óptico. Aprendemos que os testes do cabeamento balanceado são chamados de “testes de certificação” e há dois modelos de testes que podemos utilizar: enlace permanente e canal. Os testes ópticos devem ser feitos com base no balanço de perda de potência óptica, que deve ser determinado pelo instalador com base nas especificações do enlace a ser medido.

No próximo capítulo vamos estudar questões associadas a interferência eletromagnética em cabeamento estruturado, blindagem e aterramento.



## Agora é com você!

- 1) Qual é a técnica empregada pelos equipamentos de certificação de cabeamento balanceado para a medição do comprimento do enlace ou canal? Explique.
- 2) O que é o *alien crosstalk* e por que é um parâmetro crítico em cabeamento estruturado com cabos balanceados? Explique.
- 3) Quais são os modelos de testes do cabeamento metálico? Quais são as configurações possíveis de teste de canal de um *backbone*?
- 4) Sabemos que o método B (de um *jumper* de referência) da ANSI/TIA-526-14A é o mais recomendado para testes de enlaces ópticos com *power meter* e fonte de luz em cabeamento estruturado. Explique quais são os métodos A e C e por que o método B é o preferido?
- 5) Qual é a norma utilizada como referência para testes de enlaces ópticos monomodo? Que método se aplica ao cabeamento estruturado?
- 6) Considere um enlace óptico de *backbone* de *campus* com as seguintes características:
  - a) Comprimento total = 350 m.
  - b) Aplicação a ser implementada: 1000 BASE-SX, que opera em 850 nm e tem um alcance máximo de 500 m com atenuação máxima de 4,0 dB.
  - c) O enlace tem duas emendas por fusão e dois acopladores tipo SC.

Determine a atenuação máxima do enlace óptico e os limites de atenuação com base no balanço de perda de potência óptica.