

**Dr. Paulo S. Marin, EE/BSc, MSc.**  
 Engenheiro Eletricista  
 Doutor em Interferência Eletromagnética  
 Mestre em Propagação de Sinais  
 Coordenador Normalização ABNT e ANSI (Brasil e USA)  
[www.paulomarin.com](http://www.paulomarin.com)

## ***Entenda os parâmetros TCL (perda de conversão transversal) e TCTL (perda de transferência de conversão transversal)***

***Por Dr. Paulo Marin, Eng<sup>o</sup>.***

Há vários parâmetros elétricos de transmissão para cabo metálico que têm relação com seu grau de balanceamento, entre eles a TCL (perda de conversão transversal) e a TCTL (perda de transferência de conversão transversal). Antes de discutirmos estes parâmetros, suas relações com o grau de balanceamento do cabo e suas especificações de testes vejamos o significado de balanceamento. Em uma transmissão balanceada, uma tensão de mesma amplitude e fase oposta é aplicada a ambos os condutores de um par conforme ilustrado na figura 1.

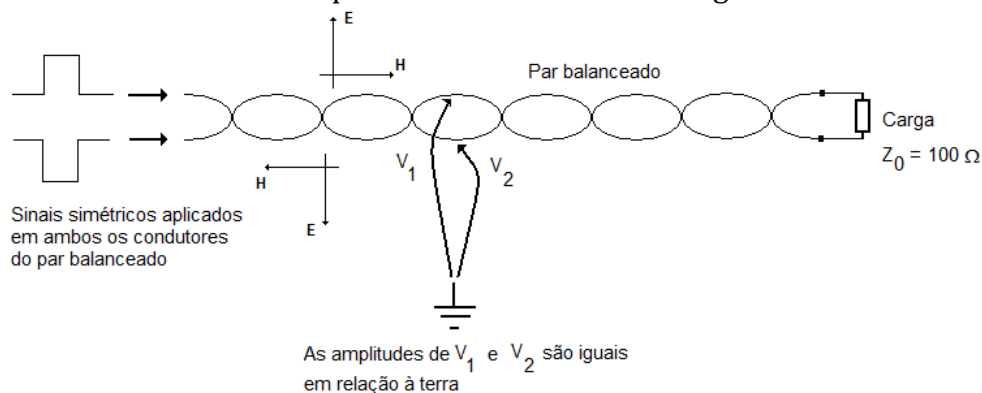


Figura 1 - Conceito de balanceamento elétrico para um cabo de pares trançados

Os campos elétrico e magnético criados por um dos condutores cancelam os mesmos campos criados pelo outro condutor do par, levando o sistema balanceado a um nível de irradiação muito baixo. Um ruído gerado por uma fonte externa, como aquele proveniente de uma antena de um transmissor de rádio, gera uma tensão de mesma amplitude e fase, ou uma tensão de ruído de modo comum, em cada condutor do par. A diferença entre as tensões nos dois condutores de um par proveniente deste ruído acoplado, denomina-se tensão diferencial, que será, neste caso, efetivamente nula. Uma vez que o sinal desejado no par é um sinal diferencial, a interferência resultante (que será praticamente nula em circuitos com balanceamento eficiente) não afetará a transmissão. O grau de balanceamento elétrico pode ser determinado pela relação entre a tensão diferencial e a tensão de ruído de modo comum, expressa em dB. De fato, os parâmetros de balanceamento de um cabo são sempre especificados com base em relações entre tensões elétricas (em dB).

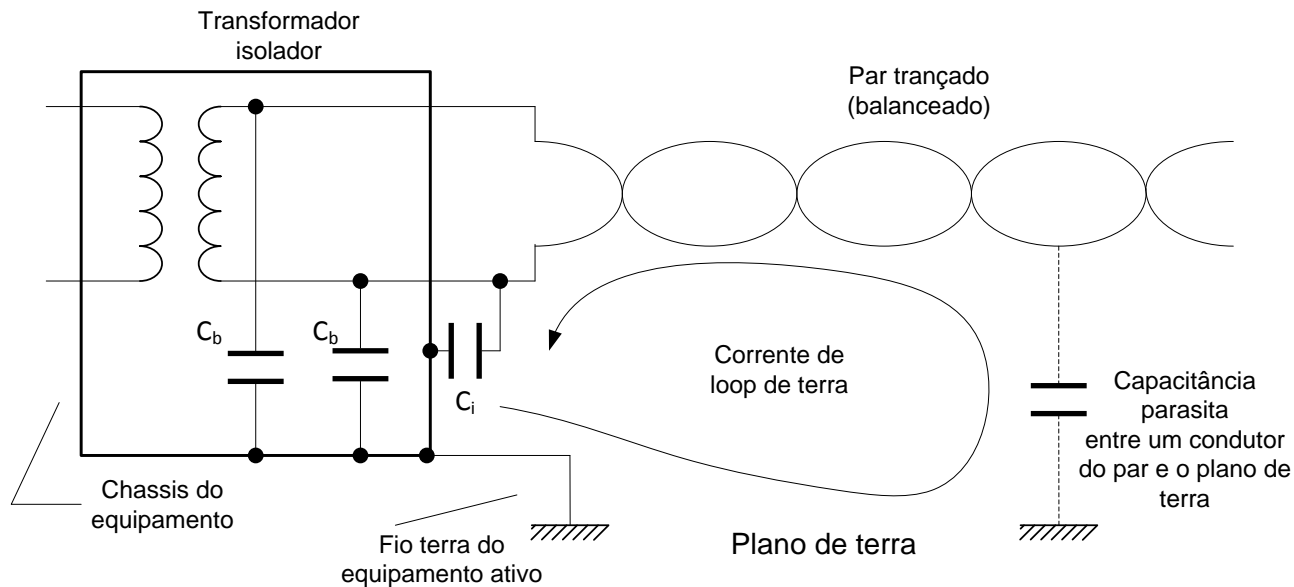
**Dr. Paulo S. Marin, EE/BSc, MSc.**  
Engenheiro Eletricista  
Doutor em Interferência Eletromagnética  
Mestre em Propagação de Sinais  
Coordenador Normalização ABNT e ANSI (Brasil e USA)  
[www.paulomarin.com](http://www.paulomarin.com)

O balanceamento de modo comum aplica-se a sistemas de transmissão diferencial (que não utilizam o plano de terra como condutor). O balanceamento de modo comum é a relação entre as amplitudes do sinal de modo comum e do sinal de modo diferencial dentro de um sistema. Um sistema puramente diferencial sem um componente de modo comum é considerado perfeitamente balanceado (os sinais em cada um dos condutores estão em fase oposta, conforme mostrado na figura 1).

Qualquer elemento de um circuito não balanceado dentro de um canal de transmissão balanceado gera uma região de acoplamento parcial entre os modos comum e diferencial de transmissão. Este acoplamento pode converter parte de um sinal diferencial em um sinal de modo comum ou vice-versa.

Problemas de conversão de modo diferencial em modo comum normalmente ocorrem nas placas de rede e adaptadores para conexões de equipamentos ativos em redes locais (LAN). Os cabos de pares trançados sem blindagem não têm qualquer conexão à terra e portanto, em teoria, não acoplam ruídos de modo comum ao sistema. No entanto, devido a capacitâncias entre os polos do transformador isolador utilizado na placa de rede (ou porta do switch) e o chassi do equipamento, e também a uma capacitância parasita entre um condutor do par e o plano de terra (ao qual o chassi do equipamento está conectado), uma corrente de *loop* de terra fechará o circuito e algum ruído de modo comum (tensão de ruído) será acoplado no sistema de comunicação. A figura 2 apresenta este mecanismo.

**Dr. Paulo S. Marin, EE/BSc, MSc.**  
 Engenheiro Eletricista  
 Doutor em Interferência Eletromagnética  
 Mestre em Propagação de Sinais  
 Coordenador Normalização ABNT e ANSI (Brasil e USA)  
[www.paulomarin.com](http://www.paulomarin.com)



$C_b$  são elementos balanceados do sistema (modo diferencial)  
 $C_i$  é o elemento não balanceado do sistema (modo comum)

Figura 2 - Corrente de loop de terra em função de elementos não balanceados de um sistema transmissão balanceado

A perda de conversão transversal (TCL) é a relação (expressa em dB) entre a tensão do sinal balanceado (transversal) e a tensão longitudinal de modo comum (proveniente do desbalanceamento) medida na extremidade local do canal de transmissão (considerada aquela na qual o gerador é colocado). A extremidade oposta (remota) deve ser terminada para a realização do teste. Assim, esta medição mostra quanto de ruído de modo comum foi acoplado no sistema a partir de uma dada localidade. O grau de balanceamento do sistema será melhor quanto menor a tensão de ruído acoplada no canal. Em outras palavras, quanto maior a figura de TCL em dB, melhor o grau de balanceamento do canal. A figura 3 apresenta um arranjo simplificado da relação entre as tensões transversal e longitudinal para um canal balanceado.

**Dr. Paulo S. Marin, EE/BSc, MSc.**  
 Engenheiro Eletricista  
 Doutor em Interferência Eletromagnética  
 Mestre em Propagação de Sinais  
 Coordenador Normalização ABNT e ANSI (Brasil e USA)  
[www.paulomarin.com](http://www.paulomarin.com)

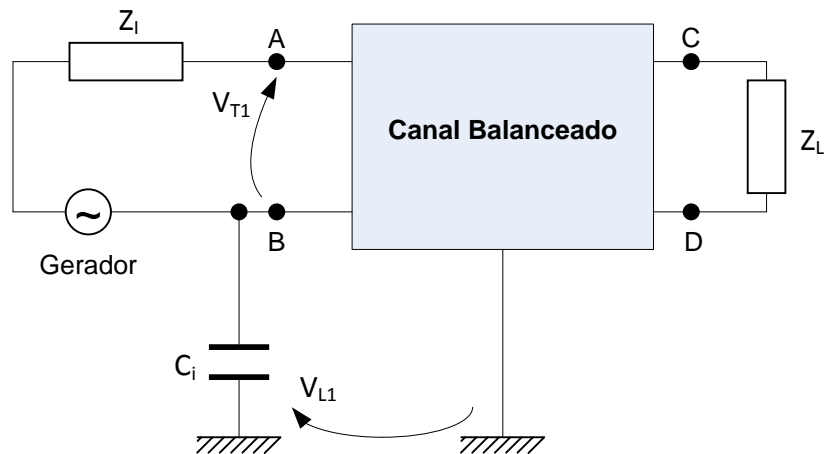


Figura 3 - Modelo simplificado para a avaliação de TCL

A partir do modelo apresentado na figura 3, a TCL pode ser determinada com base na expressão abaixo:

$$TCL = 20 \log \left| \frac{V_{T1}}{V_{L1}} \right| (dB) \quad (1)$$

Na expressão (1),  $V_{T1}$  é a tensão de modo diferencial local (transversal) e  $V_{L1}$  é a tensão longitudinal local (de modo comum). Vale salientar que a medição de TCL serve para verificar o grau de balanceamento do canal passivo, sem qualquer relação com os equipamentos ativos.

A perda de transferência de conversão transversal (TCTL) é a relação (expressa em dB) de uma tensão longitudinal produzida na saída (ou extremidade remota) do canal e a tensão de modo diferencial (transversal) na entrada do canal (extremidade local). Em outras palavras, a TCTL pode ser entendida como a tensão longitudinal produzida na extremidade remota do canal a partir de uma fonte colocada em sua entrada. A figura 4 apresenta um arranjo simplificado da relação entre as tensões diferencial e de modo comum para a medição da TCTL.

**Dr. Paulo S. Marin, EE/BSc, MSc.**  
 Engenheiro Eletricista  
 Doutor em Interferência Eletromagnética  
 Mestre em Propagação de Sinais  
 Coordenador Normalização ABNT e ANSI (Brasil e USA)  
[www.paulomarin.com](http://www.paulomarin.com)

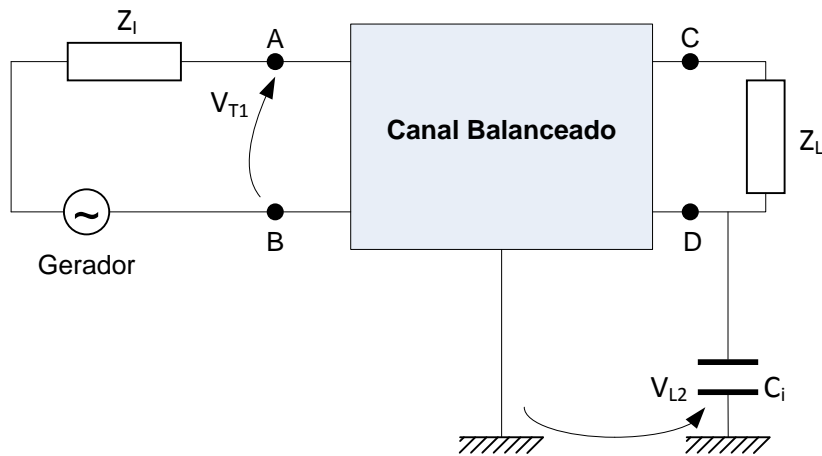


Figura 4 - Modelo simplificado para a avaliação de TCTL

A partir do modelo apresentado na figura 4, a TCTL pode ser determinada com base na expressão abaixo:

$$TCL = 20 \log \left| \frac{V_{T1}}{V_{L2}} \right| (dB) \quad (2)$$

Na expressão (1),  $V_{T1}$  é a tensão de modo diferencial local (transversal) e  $V_{L2}$  é a tensão longitudinal na extremidade remota (de modo comum). Vale salientar que, da mesma forma que a TCL, a medição de TCTL serve para verificar o grau de balanceamento do canal passivo, sem qualquer relação com os equipamentos ativos.

Os parâmetros TCL e TCTL são de extrema importância para a avaliação do grau de balanceamento de cabos de pares trançados. Há algumas normas que especificam métodos de medição de TCL e TCTL, bem como limites para aceitação/rejeição. A mais importante é a IEC 61156-1 cujo título é "Cabos com núcleos múltiplos em pares ou quadras para comunicações digitais - Parte 1: Especificação genérica" (*Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications - Part 1: Generic specification*).

A norma NBR 14565:2012 (Cabeamento estruturado para edifícios comerciais e data centers) especifica requisitos de desempenho para TCL para canais balanceados e especifica sua medição para canais classes A, B, C, D, E,  $E_A$  e F. Esta norma também especifica requisitos de desempenho para TCTL para canais balanceados classes D, E,  $E_A$  e F. Os valores especificados devem ser obtidos por meio do projeto e construção do cabo, bem como dos componentes de conexão.

Estes parâmetros não devem ser verificados em campo nos testes de certificação do cabeamento. No entanto, eles devem ser verificados em laboratório pelos fabricantes. Quanto à manutenção do desempenho do cabo para TCL e TCTL, cabe

**Dr. Paulo S. Marin, EE/BSc, MSc.**  
Engenheiro Eletricista  
Doutor em Interferência Eletromagnética  
Mestre em Propagação de Sinais  
Coordenador Normalização ABNT e ANSI (Brasil e USA)  
[www.paulomarin.com](http://www.paulomarin.com)

ao instalador seguir as práticas de instalação recomendadas por normas técnicas, bem como as instruções dos fabricantes dos cabos e sistemas de cabeamento.

### ***Conheça meus livros!***



Cabeamento Estruturado  
Desvendando cada passo: do projeto à instalação  
4ª Edição, 2013  
Paulo Sérgio Marin  
Editora Érica, São Paulo/SP



Data Centers  
Desvendando cada passo: conceitos, projeto,  
infraestrutura física e eficiência energética  
1ª Edição, 2011  
Paulo Sérgio Marin  
Editora Érica, São Paulo/SP