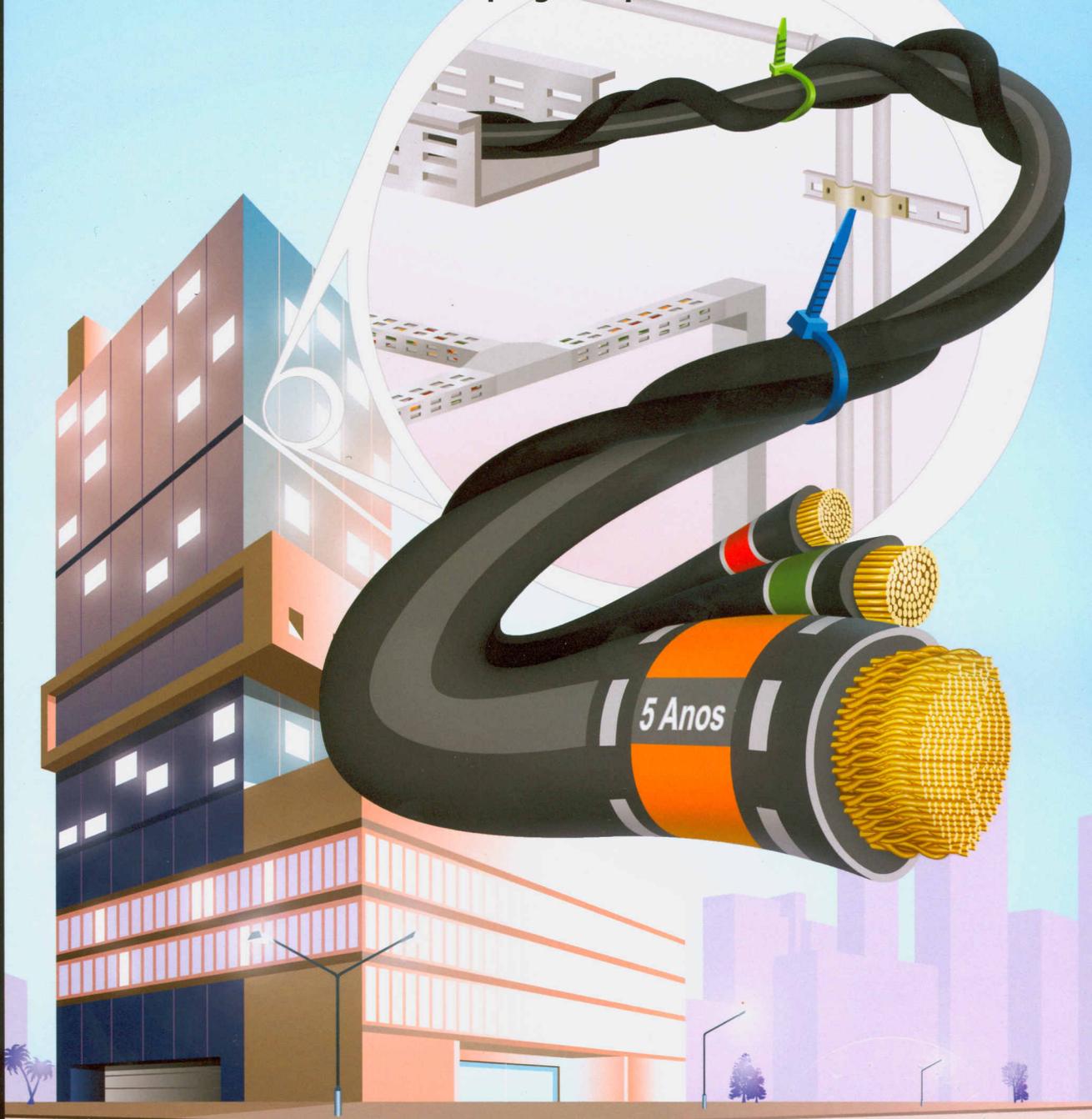


# Fios, cabos e acessórios: quais são os produtos mais usados no mercado?

Pesquisa mostra o que mudou no mercado de fios, cabos e acessórios em um ano e revela quais são os tipos de materiais mais comercializados e empregados por seus consumidores



**Como projetar data centers eficientes e ecológicos**  
**Impacto de motores de alta potência em uma indústria conectada à rede**  
**Novos fascículos:**

- Aterramentos elétricos
- Condicionamento de energia
- Instalações MT



## Capítulo I

# Aterramento elétrico

Jobson Modena e Hélio Sueta \*

Esta série de fascículos sobre aterramento elétrico tem o objetivo de levar ao conhecimento do leitor, da forma mais simples possível, os assuntos que foram ou estão sendo tratados pela CE (Comissão de Estudos) – 102.01 do Cobei (Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações), com a finalidade de normalizá-los.

### HISTÓRICO

A CE-102.01 foi formada em setembro de 2004 com um escopo de trabalho bastante amplo que, na ocasião, gerou a criação de cinco GTs (Grupos de Trabalho), a saber:

**GT1** – Materiais utilizados em sistemas de aterramento;

**GT2** – Medição da resistência de aterramento e dos potenciais na superfície do solo. O trabalho deste grupo está temporariamente encerrado desde setembro de 2009, data da publicação da ABNT NBR 15749 – Medição da resistência de aterramento e dos potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;

**GT3** – Projeto para aterramento de sistemas de distribuição – Procedimento;

**GT4** – Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo – Procedimento. Este assunto foi incorporado à revisão da ABNT NBR-7117:1981 – Medição da resistividade de solo pelo método dos quatro pontos (Wenner). Estima-se que o texto deste projeto de norma revisado deverá entrar em consulta pública nacional antes do carnaval. Vale a pena ficar atento e dar sua contribuição: <http://www.abntonline.com.br/consultanacional/default.aspx>;

**GT5** – Sistemas de aterramento de subestações –

Crerios e procedimentos. O trabalho deste grupo está temporariamente encerrado desde setembro de 2009, data da publicação da ABNT NBR 15751 – Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos.

Com o andamento dos trabalhos de confecção/revisão dos textos normativos, a CE sentiu a necessidade da criação de novos grupos:

**GT6** – Grupo destinado a aglutinar assuntos correlatos e apresentar à CE subsídios que justifiquem sua normalização;

**GT7** – Ligação entre eletrodos de aterramento;

**GT8** – Aterramento temporário.

Com exceção dos GTs 2 e 5, e quase o 4 (já que o projeto de norma em questão está em poder da ABNT para ser colocado em votação pública), os outros grupos continuam seu trabalho para que os assuntos mencionados possuam textos normalizados o mais breve possível.

Considerando o dinamismo com que as diretrizes de um texto podem ser alteradas quando ele está sendo revisado, solicitamos à CE 102.01 que, sempre que necessário, nos auxiliasse neste trabalho, então desde já agradecemos ao coordenador, ao secretário e a todos os membros que serão devidamente identificados quando participarem.

### PLANO DE TRABALHO

Nosso plano inicial é tratar de assuntos distintos a cada fascículo, portanto, não há que se esperar um tratado sobre eles, mas sim um guia básico, sempre alinhado com a norma ou com o projeto de norma correspondente, que proporcione ao leitor interessado embasamento para

aprofundar seu conhecimento. Nessa linha de raciocínio, os assuntos inicialmente em foco para desenvolvimento, não necessariamente na ordem apresentada, serão:

- Histórico da normalização dos aterramentos elétricos (abordado neste fascículo);
- Principais termos e definições utilizadas nas normas de aterramento elétrico (abordado neste fascículo);
- Projeto de aterramento de malhas de subestações elétricas: geometria básica, cálculos preliminares e dimensionamento do condutor da malha;
- Projeto de aterramento de malhas de subestações elétricas: cálculos de tensões permissíveis, correntes de choque, tensões de passo e toque;
- Projeto de aterramento de malhas de subestações elétricas: cálculo da corrente de malha;
- Projeto de aterramento de malhas de subestações elétricas: recomendações gerais e aterramento de equipamentos da subestação;
- Métodos normalizados para medição de resistência de aterramento;
- Medição de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- Equipamentos para medição de resistência de aterramento;
- Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo;
- Materiais utilizados em sistemas de aterramento;
- Projeto de aterramento em sistemas de distribuição de energia;
- Sistemas de aterramento temporário.

### PRINCIPAIS TERMOS E DEFINIÇÕES

Os termos e suas definições que utilizaremos durante todo o trabalho, relacionados a seguir, têm fonte em uma ou mais normas da ABNT. O número da norma e seu respectivo item aparecem antes de cada termo apresentado em “itálico”. A alguns termos será adicionado um comentário complementar sempre que julgarmos condizente com o objetivo deste trabalho.

**[ABNT NBR 5410, 3.3.1] equipotencialização:** Procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando a obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados. Por extensão, a própria rede de elementos interligados resultante.

*NOTA: A equipotencialização é um recurso usado na proteção contra choques elétricos e na proteção contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas. Uma determinada equipotencialização pode ser satisfatória para a proteção contra choques elétricos, mas insuficiente sob o ponto de vista da proteção contra perturbações eletromagnéticas.*

**COMENTÁRIO COMPLEMENTAR:** *A equipotencialização deverá ser sempre encarada do ponto de vista técnico (como um conjunto de medidas a serem implementadas para minimizar diferenças de tensão entre pontos da instalação). Para os fins que se apresenta a etimologia da palavra não deve ser considerada.*

**[ABNT NBR 5410, 3.3.2] barramento de equipotencialização principal (BEP):**

Barramento destinado a servir de via de interligação de todos os elementos que podem ser incluídos na equipotencialização principal (ver 6.4.2.1).

NOTA: A designação “barramento” está associada ao papel de via de interligação e não a qualquer configuração particular do elemento. Portanto, em princípio, o BEP pode ser uma barra, uma chapa, um cabo, etc.

[ABNT NBR-5410, 3.3.3] **barramento de equipotencialização suplementar ou barramento de equipotencialização local (BEL):** Barramento destinado a servir de via de interligação de todos os elementos que podem ser incluídos em uma equipotencialização suplementar ou equipotencialização local.

**COMENTÁRIO COMPLEMENTAR:** A principal característica que diferencia o BEL de uma equipotencialização suplementar é que, guardados certos cuidados com a execução da instalação (evitando laços), o BEL necessariamente deverá ter uma ligação direta local com o eletrodo de aterramento, independentemente daquela já realizada via BEP.

[ABNT NBR 5419, 3.11] **subsistema de aterramento:** Parte do SPDA destinada a conduzir e a dispersar a corrente de descarga atmosférica na terra. NOTA: Em solos de alta resistividade, as instalações de aterramento podem interceptar correntes fluindo pelo solo, provenientes de descargas atmosféricas ocorridas nas proximidades.

[ABNT NBR 5419, 3.12, ABNT NBR 15749, 3.4, ABNT NBR 15751, 3.9 e ABNT NBR 7117, 3.2] **eletrodo de aterramento:** Elemento ou conjunto de elementos do subsistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica na terra.

**COMENTÁRIO COMPLEMENTAR:** É a parte enterrada do sistema de aterramento.

[ABNT NBR 5419, 3.13] **eletrodo de aterramento em anel:** Eletrodo de aterramento formando um anel fechado em volta da estrutura.

[ABNT NBR 5419, 3.14] **eletrodo de aterramento de fundação:** Eletrodo de aterramento embutido nas fundações da estrutura.

[ABNT NBR 5419, 3.15, ABNT NBR 15749, 3.9 e ABNT NBR 15751, 3.15] **resistência de aterramento de um eletrodo:** Relação entre a tensão medida entre o eletrodo, o terra remoto e a corrente injetada no eletrodo.

[ABNT NBR 5419, 3.16] **tensão de eletrodo de aterramento:** Diferença de potencial entre o eletrodo de aterramento considerado e o terra de referência.

[ABNT NBR 5419, 3.17, ABNT NBR-15751, 3.26 e ABNT NBR-7117, 3.1] **terra de referência (de um eletrodo de aterramento):** Região na terra suficientemente afastada do eletrodo considerado, na qual a diferença de potencial entre dois pontos quaisquer, causada pela corrente nesse eletrodo, é desprezível.

[ABNT NBR 5419, 3.20] **massa (de um equipamento ou instalação):** Conjunto das partes metálicas não destinadas a conduzir corrente, eletricamente interligadas, e isoladas das partes vivas, tais como invólucros de equipamentos elétricos.

[ABNT NBR 15749, 3.1, ABNT NBR 15751, 3.1 e ABNT NBR 7117, 3.5] **aterramento:** ligação intencional de parte eletricamente condutiva à terra, por um condutor elétrico.

[ABNT NBR 15749, 3.2, ABNT NBR 15751, 3.3 e ABNT NBR 7117, 3.3] **condutor de aterramento:** Condutor ou elemento metálico que, não estando em contato com o solo, faz a ligação elétrica entre uma parte de uma instalação que deve ser aterrada e o eletrodo de aterramento.

[ABNT NBR 15749, 3.3, ABNT NBR 15751, 3.5 e ABNT NBR 7117, 3.16] **corrente de interferência:** (no processo de medição de resistência de aterramento e de resistividade do solo) qualquer corrente estranha ao processo de medição capaz de influenciar seus resultados.

[ABNT NBR 15749, 3.4 e ABNT NBR 15751, 3.9] **eletrodo de aterramento:** Elemento ou conjunto de elementos do sistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de defeito, de retorno ou de descarga atmosférica na terra.

**COMENTÁRIO COMPLEMENTAR:** O termo foi repetido em função de a definição apresentada ser mais abrangente.

[ABNT NBR 15749, 3.5 e ABNT NBR 7117, 3.6] **eletrodo natural de aterramento:** Elemento condutor ligado diretamente à terra cuja finalidade original não é de aterramento, mas que se comporta naturalmente como eletrodo de aterramento.

[ABNT NBR 15749, 3.6, ABNT NBR 15751, 3.12 e ABNT NBR 7117, 3.7] **malha de aterramento:** conjunto de condutores nus, interligados e enterrados no solo.

[ABNT NBR 15749, 3.7, ABNT NBR 15751, 3.13 e ABNT NBR 7117, 3.8] **potenciais perigosos:** Potenciais que podem provocar danos quando aplicados ao elemento tomado como referência.

[ABNT NBR 15749, 3.8 e ABNT NBR 15751, 3.14] **potencial transferido:** Valor do potencial transferido para um ponto remoto de um dado sistema de aterramento.

[ABNT NBR 15749, 3.10, ABNT NBR 15751, 3.17 e ABNT NBR 7117, 3.14] **resistividade aparente do solo:** Resistividade vista por um sistema de aterramento qualquer, em um solo com característica de resistividade homogênea ou estratificado em camada, cujo valor é utilizado para o cálculo da resistência de aterramento desse sistema.

[ABNT NBR 15749, 3.11 e ABNT NBR 7117, 3.13] **resistividade elétrica do solo ou resistividade do solo:** Resistência entre faces opostas do volume de solo, consistindo em um cubo homogêneo e isotrópico cuja aresta mede uma unidade de comprimento.

[ABNT NBR 15749, 3.12 e ABNT NBR 7117, 3.15] **resistividade média do solo a uma dada profundidade:** Valor de resistividade resultante da avaliação das condições locais e do tratamento estatístico dos resultados

de diversas medições de resistividade do solo para aquela profundidade, efetuadas em uma determinada área ou local, e que possa ser considerado representativo das características elétricas do solo.

[ABNT NBR 15749, 3.13, ABNT NBR 15751, 3.20 e ABNT NBR 7117, 3.4] **sistema de aterramento:** Conjunto de todos os eletrodos e condutores de aterramento, interligados ou não entre si, assim como partes metálicas que atuam direta ou indiretamente com a função de aterramento, tais como: torres e pórticos, armaduras de edificações, capas metálicas de cabos, tubulações e similares.

[ABNT NBR 15749, 3.14, ABNT NBR 15751, 3.23 e ABNT NBR 7117, 3.9] **tensão de passo:** Diferença de potencial entre dois pontos da superfície do solo separados pela distância de um passo de uma pessoa, considerada igual a 1,0 m.

[ABNT NBR 15749, 3.15, ABNT NBR 15751, 3.24 e ABNT NBR 7117, 3.10] **tensão de toque:** Diferença de potencial entre uma estrutura metálica aterrada e um ponto da superfície do solo separado por uma distância horizontal equivalente ao alcance normal do braço de uma pessoa. Por definição considera-se esta distância igual a 1,0 m.

[ABNT NBR 15749, 3.16, ABNT NBR 15751, 3.25 e ABNT NBR 7117, 3.11] **tensão máxima do sistema de aterramento:** Tensão máxima que um sistema de aterramento pode atingir relativamente à terra de referência, quando houver ocorrência de injeção de corrente de defeito, de retorno ou de descarga atmosférica para o solo.

[ABNT NBR 15749, 3.17, ABNT NBR 15751, 3.20 e ABNT NBR 7117, 3.12] **terra de referência para um eletrodo de aterramento (ou ponto remoto):** Região do solo suficientemente afastada da zona de influência de um eletrodo ou sistema de aterramento tal que a diferença de potencial entre dois de seus pontos quaisquer, devido à corrente que circula pelo eletrodo para a terra, seja desprezível. É uma superfície praticamente equipotencial que se considera como zero para referência de tensões elétricas.

**COMENTÁRIO COMPLEMENTAR:** O termo foi repetido em função da definição apresentada ser mais abrangente.

[ABNT NBR 15751, 3.2] **circuito terra:** Circuito elétrico formado pelos componentes responsáveis pelo escoamento da corrente de falta fase-terra (ou de uma fração dela) para o solo.

[ABNT NBR 15751, 3.4] **corrente de falta:** Corrente que flui de um condutor para outro e/ou para a terra, no caso de uma falta e no local desta. No texto, a corrente de falta é a corrente de curto-circuito assimétrica fase-terra.

[ABNT NBR 15751, 3.6] **corrente de malha de longa duração lmd:** Corrente que percorre a malha de terra por um tempo superior a 3 s, podendo causar tensões de passo e toque perigosos aos seres vivos que circulem na região da malha e arredores. Esta corrente em geral é

devida ao sistema MRT (Monofásico com Retorno pela Terra), redes de distribuição trifásicas com cargas monofásicas entre fase e neutro, transformadores com primário em estrela aterrada e outras configurações.

[ABNT NBR 15751, 3.7] **corrente de malha:** Parcela da corrente de falta dissipada pela malha de aterramento para o solo.

[ABNT NBR 15751, 3.10] **falta (elétrica):** Contato ou arco acidental entre partes sob potenciais diferentes e/ou de uma ou mais dessas partes para a terra, em um sistema ou equipamento elétrico energizado.

[ABNT NBR 15751, 3.11] **haste de aterramento:** Eletrodo de aterramento constituído por uma haste rígida cravada no solo.

[ABNT NBR 15751, 3.16] **resistividade aparente do solo para um dado espaçamento:** Valor da resistividade resultante da avaliação das condições locais e do tratamento estatístico dos resultados de diversas medições de resistividade do solo para aquele espaçamento, efetuadas em uma determinada área ou local, e que possa ser considerado como representativo das características elétricas do solo.

[ABNT NBR 15751, 3.19] **sistema aterrado:** Sistema ou parte de um sistema elétrico cujo neutro é permanentemente ligado à terra.

[ABNT NBR 15751, 3.21] **sistema diretamente aterrado:** Sistema aterrado sem interposição intencional de uma impedância.

[ABNT NBR 15751, 3.22] **subestação:** Parte de um sistema de potência, concentrada em um dado local, com os respectivos dispositivos de manobra, controle e proteção, incluindo as obras civis e estruturas de montagem, podendo incluir também transformadores, equipamentos conversores e/ou outros equipamentos.

[ABNT NBR 15751, 3.27] **terra:** Massa condutora de terra; sistema de aterramento ao qual são ligadas as partes metálicas do equipamento ou da instalação que, normalmente, não ficam sob tensão.

Outros termos e definições surgirão ao longo do trabalho e certamente serão apresentados para complementar este fascículo, que temos certeza será de muita valia para o acompanhamento dos seguintes.

*Jobson Modena é engenheiro eletricista, membro do Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei), CB-3 da ABNT, em que participa atualmente como coordenador da comissão revisora da norma de proteção contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419). É diretor da Guismo Engenharia.*

*Hélio Sueta é engenheiro eletricista, professor do IEE/USP, secretário da comissão de estudos que revisa a ABNT NBR 5419:2005 e coordenador do Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei)*

**Continua na próxima edição**  
Confira todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)  
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)