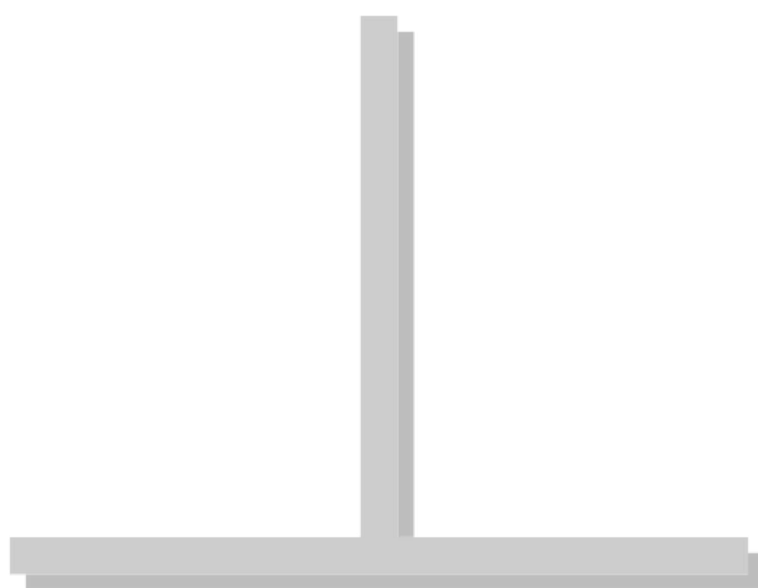


# DESMISTIFICANDO O ATERRAMENTO PREDIAL

E- B o o k



**ENG. EDSON MARTINHO**

Edição e Revisão: Meire Biudes



# Desmistificando o Aterramento Predial

E-Book

## SUMÁRIO

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| <b>A HISTÓRIA DO ATERRAMENTO .....</b> | <b>4</b>  |
| PORQUE ATERRAR? .....                  | 5         |
| TENSÃO DE TOQUE.....                   | 5         |
| TENSÃO DE CONTATO .....                | 6         |
| TENSÃO DE PASSO .....                  | 6         |
| <b>EQUIPOTENCIALIZAÇÃO .....</b>       | <b>10</b> |
| <b>NORMALIZAÇÃO .....</b>              | <b>15</b> |
| <b>ESQUEMAS DE ATERRAMENTO.....</b>    | <b>18</b> |
| SISTEMA TN.....                        | 19        |
| ESQUEMA TN-S .....                     | 20        |
| ESQUEMA TN-C .....                     | 21        |
| ESQUEMA TN-C-S.....                    | 21        |
| SISTEMA TT .....                       | 22        |
| SISTEMA IT .....                       | 23        |

**COMPONENTES DO SISTEMA DE ATERRAMENTO.....25**

BEP – BARRAMENTO DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO PRINCIPAL .....31

ELETRODOS.....32

**MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO .....37**

O QUE A 5410 FALA .....38

MAIS NORMAS SOBRE MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO ..43

RESISTIVIDADE E ESTRATIFICAÇÃO DE SOLO .....48

**TIPOS DE ATERRAMENTO .....51**

SEGURANÇA .....51

FUNCIONAL.....52

REFERÊNCIA .....53

TEMPORÁRIO .....56

**CONSIDERAÇÕES FINAIS.....57**

**ANEXO I.....58**

ATERRAMENTO EXCLUSIVO OU SEPARADO .....58

**ANEXO 2.....61**

OS ORFÃOS DOS 10 OHMS.....61

**BIBLIOGRAFIA .....63**

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1 TENSÃO DE TOQUE.....                                                                                                | 5  |
| FIGURA 2 TENSÃO DE CONTATO .....                                                                                             | 6  |
| FIGURA 3 TENSÃO DE PASSO.....                                                                                                | 7  |
| FIGURA 4 ZONA DE CORRENTE X TEMPO – PASSAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA<br>PASSANDO PELO CORPO HUMANO ENTRE MÃO DIREITA E PÉS..... | 7  |
| FIGURA 5 EFEITOS DA CORRENTE ALTERNADA ENTRE OS 15 E 100HZ.....                                                              | 8  |
| FIGURA 6 SISTEMAS COM ATERRAMENTO SEPARADOS.....                                                                             | 12 |
| FIGURA 7 SISTEMAS EQUIPOTENCIALIZADOS.....                                                                                   | 12 |
| FIGURA 8 ESQUEMA TNS.....                                                                                                    | 20 |
| FIGURA 9 ESQUEMA TN-C .....                                                                                                  | 21 |
| FIGURA 10 ESQUEMA TN-C-S .....                                                                                               | 22 |
| FIGURA 11 SISTEMA TT .....                                                                                                   | 22 |
| FIGURA 12 ESQUEMA IT .....                                                                                                   | 24 |
| FIGURA 13 COMPONENTES DO ATERRAMENTO.....                                                                                    | 25 |
| FIGURA 14 MÉTODO DE QUEDA DE POTENCIAL.....                                                                                  | 44 |
| FIGURA 15 CURVA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO .....                                                                             | 45 |
| FIGURA 16 CURVA DE RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO 2 .....                                                                        | 46 |
| FIGURA 17 REPRESENTAÇÃO DE BOBINA DE ÚNICA ESPIRA .....                                                                      | 47 |
| FIGURA 18 SOLO REAL E SOLO ESTRATIFICADO.....                                                                                | 49 |
| FIGURA 19 SISTEMA DE ATERRAMENTO DE REFERÊNCIA.....                                                                          | 55 |
| FIGURA 20 .....                                                                                                              | 55 |

## A HISTÓRIA DO ATERRAMENTO

O aterramento surgiu em 1820 com o telégrafo que precisava de dois ou mais fios para enviar suas mensagens entre um posto telegráfico e outro. Na medida em que as distâncias aumentavam entre os postos, o custo de instalação e de manutenção dos fios também aumentava. Por volta de 1836, o físico Carl August Steinheil descobriu em seus experimentos, que poderia usar a terra como um dos condutores, ou seja, a terra poderia ser um dos caminhos do sinal enviado. Foi então que ele propôs enterrar um cabo na terra em cada um dos postos e levar somente um condutor, minimizando o custo do sistema telegráfico. Essa inovação mudou totalmente o projeto de receptores telegráficos, pois tornou o fio de retorno desnecessário. O resultado foi que o custo associado às linhas de telégrafo também diminuiu.

A história mostra que em 1861 a companhia Western Union Telegraph Company (uma das mais populares entre cerca de 50 empresas de telégrafo da época), finalizou a primeira linha de telégrafo transcontinental entre Saint Joseph, Missouri e Sacramento, Califórnia, o sistema utilizou o aterramento como sistema de retorno, entretanto, a empresa teve vários problemas com a transmissão. A maior parte dos problemas estava relacionado à baixa condutividade do sistema, pois o solo era muito seco e arenoso. Para melhorar o sistema, se utilizava água nos eletrodos de aterramento.

Com a substituição do telégrafo pelo telefone, este sistema foi também substituído, mas o aterramento já era consolidado e usado em sistemas de ferrovia. Ao longo da história, o aterramento figura como conceito importante para o funcionamento, e participa de segurança, atuação de dispositivos, referência entre outros, como veremos neste e-book.

## PORQUE ATERRAR?

Antes de responder a pergunta, precisamos conhecer alguns conceitos e tipos de aterramento. Começamos com o conceito de segurança, onde o aterramento participa dos procedimentos de segurança contra choque, contra sobretensão e contra sobrecorrentes, às vezes se tornando um caminho seguro e de baixa impedância, o que facilitará a atuação dos dispositivos de proteção e em outras será a fonte de equipotencialização, minimizando a diferença de potencial. Por falar em diferença de potencial, conhecido como DDP, vamos falar de três conceitos de segurança. A tensão de toque, tensão de contato e tensão de passo:

## 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.*

Fontes: ABNT NBR 15749, 3.15, ABNT NBR 15751, 3.24 e ABNT NBR 7117, 3.10

Wikipédia: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Tens%C3%A3o\\_de\\_toque](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tens%C3%A3o_de_toque) 20/07/2017 – 16:59

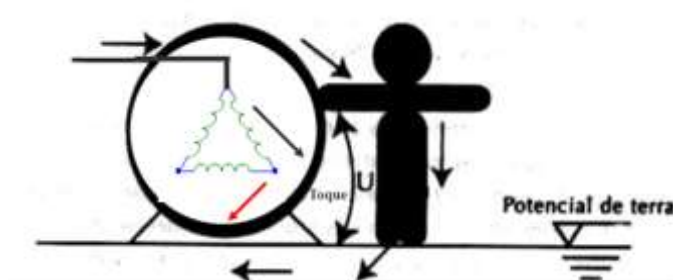


FIGURA 1 TENSÃO DE TOQUE

## TENSÃO DE CONTATO

Diferença de potencial, pode aparecer acidentalmente entre duas partes por falha de isolamento ou contato com tensão e podem simultaneamente ser acessível.

Adaptação livre do autor

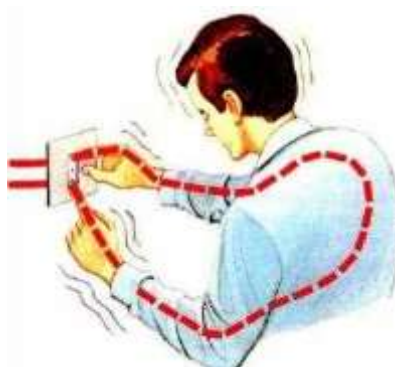


FIGURA 2 TENSÃO DE CONTATO

## 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.*

*Fontes: ABNT NBR 15749, 3.14, ABNT NBR 15751, 3.23 e ABNT NBR 7117, 3.9*

Wikipédia: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Tens%C3%A3o\\_de\\_passo](https://pt.wikipedia.org/wiki/Tens%C3%A3o_de_passo) 20/07/2017 – 17:12

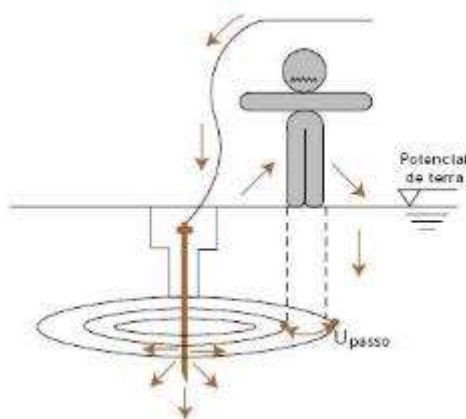


FIGURA 3 TENSÃO DE PASSO

Como imagens falam mais do que palavras, as ilustrações traduzem os conceitos de tensão de toque, contato e passo.

Conceitos apresentados, podemos afirmar que, em caso de diferença de potencial entre as partes ou os passos, haverá uma circulação de corrente entre os dois pontos. Se o condutor desta corrente for o corpo de uma pessoa ou animal, e a tensão for acima da tensão de contato limite, o choque elétrico estará estabelecido e perigoso. Caso o valor da DDP seja muito grande e a distância entre os pontos seja pequena, poderá ocorrer um arco elétrico entre as partes e dependendo do local poderá se transformar em explosão ou incêndio.

No caso do Choque elétrico, um estudo da IEC 60479-1 mostra que a partir de alguns miliamperes passando pelo coração, pode causar uma fibrilação cardíaca e então pode levar a óbito. Este estudo é traduzido em um gráfico e uma tabela apresentado abaixo:

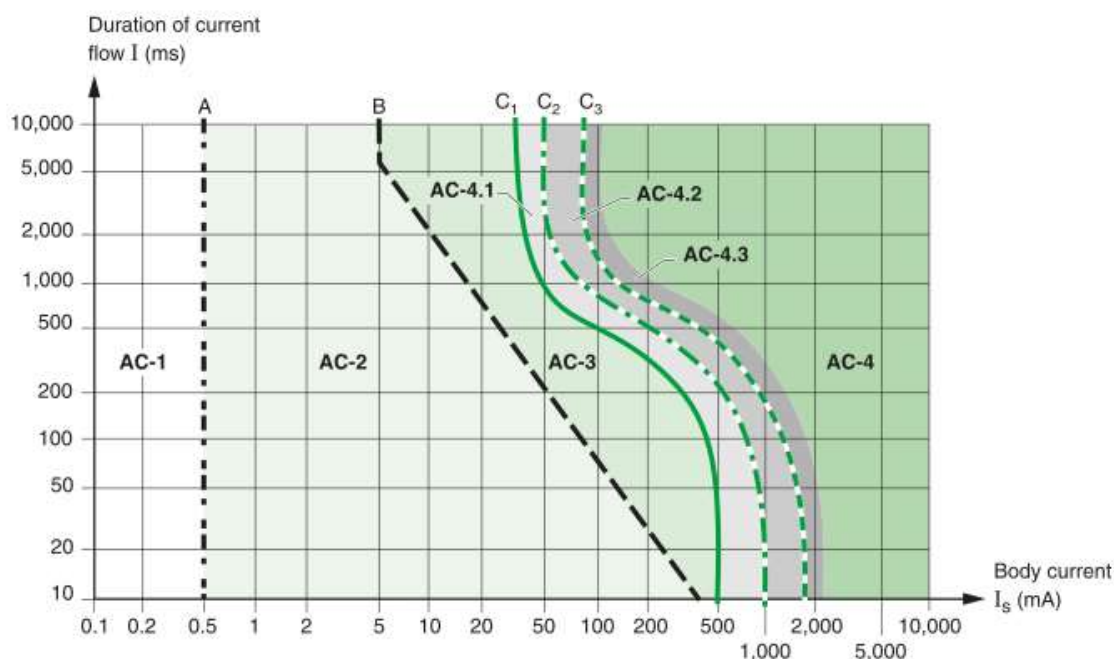


FIGURA 4 ZONA DE CORRENTE X TEMPO – PASSAGEM DA CORRENTE ELÉTRICA PASSANDO PELO CORPO HUMANO ENTRE MÃO DIREITA E PÉS.

**Zona AC-1:** Imperceptível

**Zona AC-2:** Percebível, mas não traz consequências

**Zona AC-3:** Contrações musculares, com efeito reversível

**Zona AC-4:** Contrações musculares e possibilidade de efeitos não reversíveis

**Zona AC-4-1:** Tem até 5% de probabilidade de fibrilação cardíaca

**Zona AC-4-2:** Tem até 50% de probabilidade de fibrilação cardíaca

**Zona AC-4-3:** Tem probabilidade de fibrilação cardíaca acima de 50%

**Curva A:** Limiar de percepção de corrente

**Curva B:** Limiar de reação muscular

**Curva C<sub>1</sub>:** Limiar de probabilidade de não haver fibrilação ventricular

**Curva C<sub>2</sub>:** Limiar de probabilidade de 5% de haver fibrilação ventricular

**C<sub>3</sub> curve:** Limiar de probabilidade de 50% de haver fibrilação ventricular

Em resumo:

## Efeitos da corrente alternada entre os 15 e 100Hz

IEC 60479-1

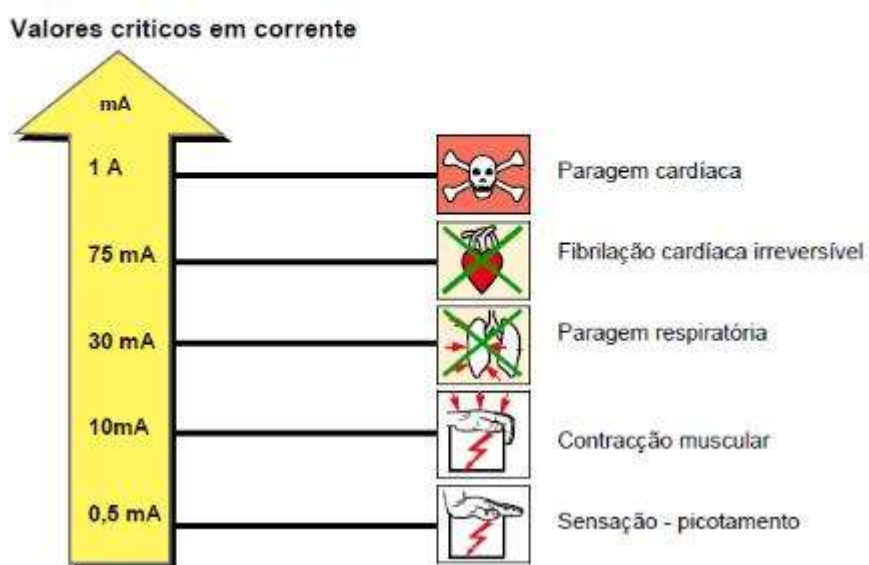


FIGURA 5 EFEITOS DA CORRENTE ALTERNADA ENTRE OS 15 E 100Hz

Diante desta probabilidade de acidentes fatais, o uso do condutor de proteção em um sistema de equipotencialização, se torna importante na proteção da vida. Mesmo porque o sistema de aterramento participa de atuação de vários dispositivos de proteção como DR, Disjuntor e DPS.

Mas o aterramento não é só para contribuir na redução do risco de acidentes de origem elétrica, o aterramento tem várias funções como:

- Redução da diferença de potência (como já visto) Equipotencialização;
- Escoamento de corrente de falta e descarga atmosférica rapidamente para o solo;
- Controle de tensões desenvolvidas no solo;
- Atuar dispositivos de proteção como DR, DPS e Disjuntores;
- Funcionamento de equipamentos eletrônicos;
- Estabilização de tensão durante eventos transitórios;
- Escoamento de cargas estáticas para o solo de forma segura;
- Referência de sinais eletrônicos;
- Melhora da qualidade da energia elétrica;
- Etc.;

Por este motivo devemos nos preocupar com o sistema de aterramento em nossas instalações elétricas.

## EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

Antes de iniciar o texto sobre equipotencialização devemos definir o conceito de aterramento, pois a partir dele é que vamos discorrer sobre o conceito de equipotencialização:

**Definição: É A LIGAÇÃO INTENCIONAL DE UM EQUIPAMENTO OU UM SISTEMA À TERRA DE MODO A CRIAR UM CAMINHO SEGURO E DE BAIXA RESISTÊNCIA.**

O termo equipotencialização pode ser também tratado como equalização de potencial, que podemos definir como:

### ***Deixar tudo no mesmo potencial***

Isto é, não permitir que haja potenciais diferentes em um mesmo ambiente para que não haja riscos já citados anteriormente.

Na prática, não é fácil eliminar a diferença de potencial então trabalhamos para *reduzir, à níveis aceitáveis, esta diferença de potencial.*

Um conceito importante que deve ser lembrado em relação à aterramento e Equipotencialização é:

*O aterramento é o que está abaixo do solo e, portanto é o ponto de conexão com o solo, e a equipotencialização é o que está acima do solo ou seja, condutores de proteção (PE) ou proteção e neutro (PEN), barras de equipotencialização principal (BEP), de equipotencialização local (BEL), entre outros sistemas fazem parte da equipotencialização.*

Em resumo quando eu ligo o condutor de proteção na minha carga, estou equipotencializando e não aterrando.

A ABNT NBR5410/2004, traz em seu item 5.1.2.2.3.2 o seguinte texto:

*Em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal reunindo os principais materiais que possam conduzir energia conforme o item 6.4.2.1.1\* da também ABNT NBR 5410/2004.*

Ainda sobre a equipotencialização na norma temos:

*5.1.2.2.3.3 – Todas as massas da instalação situadas em uma mesma edificação, devem estar vinculadas a equipotencialização principal da edificação e desta forma a um mesmo e único eletrodo de aterramento;*

e

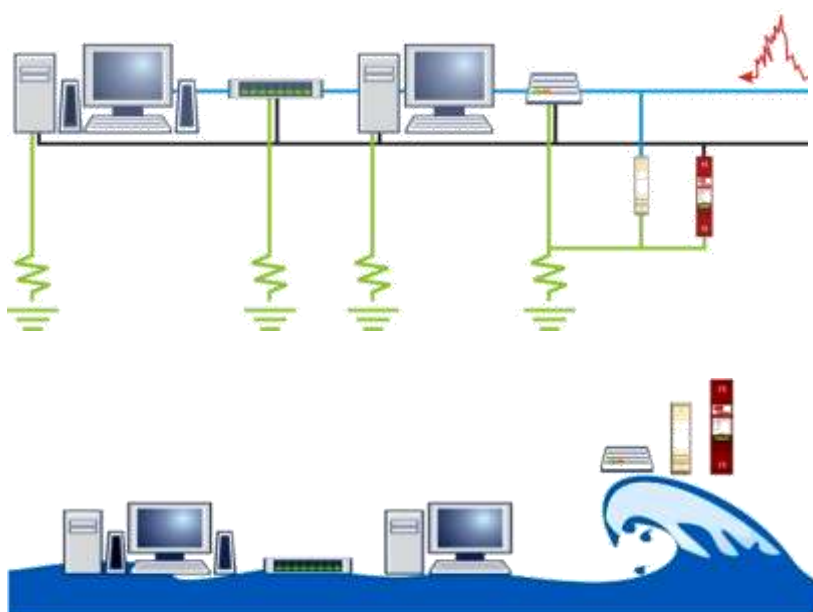
*5.1.2.2.3.4 – Massas simultaneamente acessíveis devem estar vinculadas a **um mesmo eletrodo de aterramento {grifo nosso}***

Observe que o citado acima sobre equipotencialização, é definido em norma técnica.

- **Vale um comentário neste momento da sua leitura sobre o grifo que fizemos, pois falar que as massas devem estar vinculadas à um único eletrodo não significa que temos que ter uma única haste de aterramento, aliás veremos que haste não é eletrodo de aterramento, mas vamos continuar no texto.**

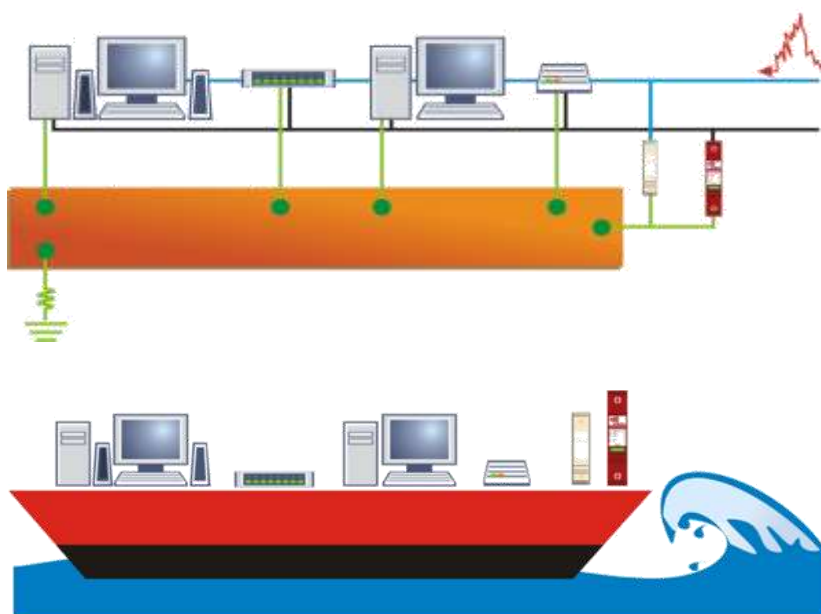
Ainda sobre equipotencialização, é comum em instalações ser solicitado o aterramento separado dos circuitos. Para tentar explicar este assunto, escrevi o artigo que pode ser lido no anexo A intitulado "Aterramento Exclusivo ou Separado".

Para ilustrar o conceito de aterramento separado e a equipotencialização veja a ilustração abaixo:



**FIGURA 6 SISTEMAS COM ATERRAMENTO SEPARADOS**

Observe que se houver uma elevação de potencial em um determinado eletrodo, pode ser que os outros não sofram a mesma elevação causando diferença de potencial.



**FIGURA 7 SISTEMAS EQUIPOTENCIALIZADOS**

Já no sistema equipotencializado, na ocorrência de uma elevação ou redução de potencial, não haverá diferença entre os pontos ligados ao sistema de equipotencialização, ou seja, o potencial será o mesmo em todos os equipamentos.

Só para deixar claro, o condutor de proteção por si só não é uma condição de garantia de segurança contra choques, pois como já citamos há a necessidade de reduzir a tensão de contato para níveis aceitáveis. Isto é explicitado no item 5.1.2.2 da ABNT NBR5410/2004 que versa sobre equipotencialização e seccionamento automático da alimentação e diz:

**5.1.2.2.1** *A condição de proteção básica deve ser assegurada por isolação das partes vivas e/ou pelo uso de barreiras ou invólucros, conforme anexo B.*

**5.1.2.2.2** *A proteção supletiva deve ser assegurada, conjuntamente, por equipotencialização, conforme 5.1.2.2.3, e pelo seccionamento automático da alimentação, conforme 5.1.2.2.4.*

#### NOTAS

*1 A equipotencialização e o seccionamento automático da alimentação se completam, **de forma indissociável**, porque quando a equipotencialidade não é o suficiente para impedir o aparecimento de tensões de contato perigosas, entra em ação o recurso do seccionamento automático, promovendo o desligamento do circuito em que se manifesta a tensão de contato perigosa. {grifo meu}.*

*2 Sobre a aplicação dessa medida de proteção (equipotencialização e seccionamento automático da alimentação), ver ainda as prescrições de 5.1.4 e a seção 9.*

**\*6.4.2.1.1 – ABNT NBR 5410/2001**

- a) as armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação;*
- b) as tubulações metálicas de água, de gás combustível, de esgoto, de sistemas de ar-condicionado, de gases industriais, de ar comprimido, de vapor etc., bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados;*
- c) os condutos metálicos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;*
- d) as blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;*
- e) os condutores de proteção das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;*
- f) os condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento porventura existentes ou previstos no entorno da edificação;*
- g) os condutores de interligação provenientes de eletrodos de aterramento de edificações vizinhas, nos casos em que essa interligação for necessária ou recomendável;*
- h) o condutor neutro da alimentação elétrica, salvo se não existente ou se a edificação tiver que ser alimentada, por qualquer motivo, em esquema TT ou IT ;*
- i) o(s) condutor(es) de proteção principal(is) da instalação elétrica (interna) da edificação.*

**NOTAS**

1 Em uma propriedade deve haver tantas equipotencializações principais quantas forem as edificações que a compõem. Admite-se que edículas ou construções adjacentes distantes não mais de 10m da edificação principal sejam consideradas como eletricamente integradas a esta, se as linhas elétricas de energia e de sinal e as linhas de utilidades a elas destinadas tiverem origem na edificação principal e se a infraestrutura de aterramento do local não se limitar à edificação principal, mas se estender também às áreas das construções anexas; ou, então, se o eletrodo de aterramento da edificação principal e o(s) das construções anexas forem interligados. Caso contrário, todas as dependências separadas da edificação principal devem também ser providas, individualmente, de uma equipotencialização principal.

2 No caso de tubulação metálica de gás, quando for requerida a inserção de luva isolante, esta deve ser provida de centelhador, como determina a ABNT NBR 5419. A luva isolante pode ser necessária para evitar problemas de corrosão ou, de todo modo, especificada pela distribuidora de gás (ver anexo G).

## NORMALIZAÇÃO

De forma a equalizar as informações, falar um pouco sobre normalizações é muito importante, pois no meu entender, existem algumas boas razões para se usar as normas como base para construir produtos ou executar serviços, com listo abaixo:

- A primeira delas é a economia, pois se todos os produtos ou serviços são realizados de acordo com uma norma, estes tendem a ser mais econômicos, porém mais do que isso: todos são de mesma qualidade o que torna a concorrência mais leal
- A segunda é com relação à comunicação, pois não é necessário citar todas as características do produto ou mesmo do serviço, muitas delas podem ser ditas dizendo que atende a norma X e já fica certo que atende determinados parâmetros.
- Uma das principais razões é com relação à segurança, pois todas as normas são sempre discutidas para garantir requisitos mínimos de **segurança**, conforto e qualidade, portanto, atendendo a norma está atendendo aos requisitos mínimos de segurança.
- Outra razão é com relação à proteção ao consumidor, pois como já citado, as normas estabelecem critérios mínimos ou máximos e, portanto todos os produtos ou serviços podem ser ensaiados ou avaliados dentro destes critérios.
- E por último, mas não menos importante está no estabelecimento de barreiras técnicas e comerciais para que produtos ou serviços que sejam comercializados no país possuam o mesmo nível de qualidade.

Existem vários tipos de normas, mas podemos citar como principais as:

- **NORMAS REGULAMENTADORAS OU REGULAMENTOS** - que atualmente são elaboradas e emitidas por órgãos governamentais. As mais conhecidas no nosso meio são as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, conhecidas como NR's em que a mais conhecida por nós é a NR-10, que versa sobre as

regras para estabelecer os serviços realizados com energia elétrica para que sejam executados com segurança. Este tipo de regulamento ou norma reguladora são, normalmente, de uso obrigatório, principalmente em ambientes de trabalho, como é o caso da NR-10.

- **NORMAS DE CONCESSIONÁRIAS** – São documentos emitidos por concessionárias ou permissionárias de serviço público que servem para estabelecer regras em sua área de concessão. Na área de eletricidade, podemos falar das normas das concessionárias e distribuidoras de energia elétrica. O uso destas normas está restrito à sua área de concessão.
- **NORMAS TÉCNICAS** – Normas emitidas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, que tem a prerrogativa de ser o único fórum nacional reconhecido para esta natureza e que discute, revisa e elabora normas técnicas no Brasil. Seu uso em princípio é voluntário, entretanto, por dispositivos legais, como o Código de Defesa do Consumidor, a NR-10 e outros, acabam transformando algumas normas em obrigatórios, como é o entendimento legal da maioria.
- **NORMAS INTERNACIONAIS** – que são elaboradas por representantes dos países que fazem parte da comissão e se presta a elaborar normas que possam ser aplicadas ou usadas como base para elaboração das normas locais, ou dos países membros da comissão. A IEC – Comissão Internacional de Eletrotécnica e a ISO – Organização de padronização internacional, são dois exemplos em que o Brasil é membro participante. Por ser participante tem a obrigação de usar as normas, quando existente, destas entidades como base.
- **NORMAS DE EMPRESAS** – Assim como as normas de concessionárias, as empresas podem elaborar suas normas internas e podem exigi-las dentro de seus limites, entretanto, as normas podem ser mais rígidas do que as normas técnicas ou regulamentadoras, ou seja, pode exigir que os parâmetros sejam mais apertados, mas nunca podem ser abaixo dos requisitos mínimos estabelecidos em normas técnicas ou regulamentadoras.

- **NORMAS DE ASSOCIAÇÕES OU ENTIDADES** – Entidades ou associações, podem emitir documentos como normas, que podem ser usadas como uma espécie de guia de boas práticas e acaba sendo adotadas pela sociedade, com o é por exemplo as normas da NFPA – *National Fire Protection Association* ou IEEE – Instituto de Engenheiros Eletrônicos e Eletrotécnicos nos Estados Unidos, que acabam sendo usados como documentos de consulta oficial.

No Brasil, e dentro da área de aterramento, a norma técnica ABNT NBR 5410 é uma das mais antigas sendo, a publicação da sua primeira edição em 1941, logo após a criação da ABNT. Publicada ainda como NB-3, tinha como base o código de eletrotécnica dos Estados Unidos – NEC. Após duas revisões, em 1990 a versão publicada passou a ser baseada na norma IEC 60364 e é assim até hoje (época da publicação deste livro). A 5410 como é conhecida, traz requisitos para elaboração de projeto, execução, avaliação, verificação e manutenção de instalações elétricas em baixa tensão compreendido para tensões abaixo de 1000 Vac ou 1500Vdc. Naturalmente é nesta norma que iremos nos basear para elaborar e realizar o projeto, executar e avaliar os sistemas de aterramentos, objeto deste livro.

Para circuitos em média tensão (entre 1KV e 34,6KV) usamos a norma ABNT NBR 14039, que engloba, entre outros itens, o aterramento de subestações e redes de distribuição de energia.

Outras normas técnicas serão usadas como base neste livro e são citadas abaixo:

- ABNT NBR 5419 – Proteção contra descargas atmosféricas;
- ABNT NBR 15749 – Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- ABNT NBR 15751 – Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos
- ABNT NBR 7117 – Medição de resistividade e determinação da estratificação do solo

A medida que formos caminhando neste assunto vamos trabalhando com as normas e detalhando o necessário.

## ESQUEMAS DE ATERRAMENTO

O aterramento tem várias funções. Entre elas podemos citar:

- ***Função Proteção***

*SPDA*

*Aterramento de segurança em circuitos de MT e BT*

*Contra choques ( TT, IT, TN)*

*Contra sobretensões (DPS)*

- ***Funcional***

*Estabiliza o neutro*

*Limita sobretensões*

*Cria caminho para retorno do curto circuito*

- ***Lógico (equipamentos eletrônicos)***

*Flutuante (não usado)*

*Isolado (não usado)*

*Ponto único*

*Malha de referência de sinal*

Em todas as funções do aterramento para circuitos ligados em baixa tensão há a necessidade de interligar o sistema à terra e equipotencializá-lo, por este motivo a norma ABNT NBR 5410/2004 traz os esquemas de aterramentos permitidos. Apesar da norma trazer uma sequência que apresenta o esquema IT, depois o TT e por último o TN, neste livro vou inverter, pois em circuitos prediais, o mais comum de se usar é o esquema TN e suas variações. Na verdade o mais usado é o esquema TN-S que veremos à seguir, mas antes um mnemônico para entender as relações das letras com suas funções:

Como já citado há três esquemas de aterramento permitido na norma 5410 que são TN, TT e IT, cada letra expressa a forma como é ligado o sistema.

**Primeira letra:** A situação da alimentação em relação ao terra.

- T → Aterrado
- I → Isolado ou com impedância

**Segunda letra:** Situação das massas em relação ao terra.

- T → Aterrado independente do aterramento da fonte
- N → Aterrado no mesmo ponto da fonte

Terceira letra: Indica o regime de neutro (função do condutor).

- S – Neutro e condutor de proteção separados
- C – Neutro e condutor de proteção combinados (PEN)
- C – S – Um híbrido entre os dois sistemas, ou seja, parte combinado e parte separado

## SISTEMA TN

Vamos agora a cada um dos sistemas começando pelo sistema TN que tem três variações, TN-S, TN-C e TN-C-S

A NBR 5410/2004 diz:

### 4.2.2.2.1 Esquema TN

*O esquema TN possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção. São consideradas três variantes de esquema TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, a saber:*

- a) *esquema TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos (figura 1);*

- b) esquema *TN-C-S*, em parte do qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor (figura 3);
- c) esquema *TN-C*, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, na totalidade do esquema (figura 2).

Nota: Nos esquemas TN, o percurso da corrente de falta fase-massa ( $I_d$ ) é constituído exclusivamente por elementos condutores, sendo, portanto, um percurso de baixa impedância.

### ESQUEMA TN-S

O esquema TN-S é o mais usado em sistemas de aterramento predial, pois o neutro e condutor de proteção são separados na origem da instalação elétrica, normalmente no primeiro quadro de energia, e seguem assim por toda a instalação. Em circuito prediais inclusive, este é o único sistema admitido.

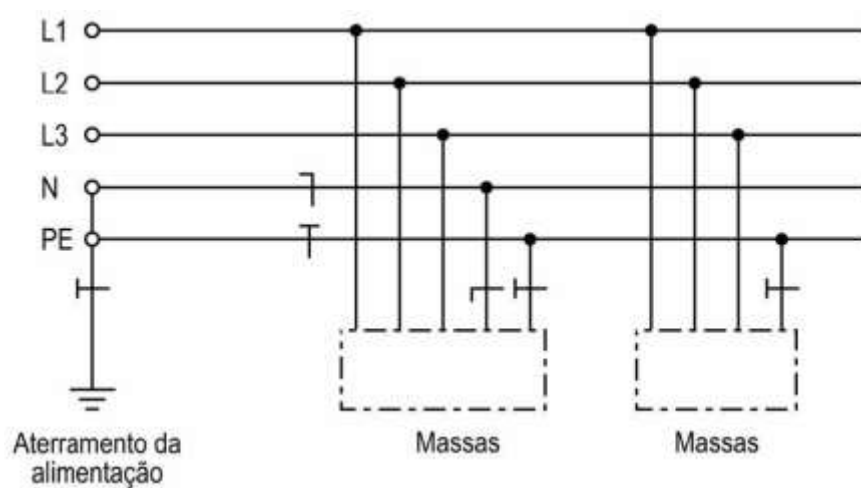


FIGURA 8 ESQUEMA TNS

## ESQUEMA TN-C

A variação TN-C, combina os condutores, neutro e proteção em um único condutor (este condutor é chamado de PEN – combinação entre PE – Protection Earth e Neutro) é muito usado na transmissão de energia pelas distribuidoras que usa o neutro aterrado.

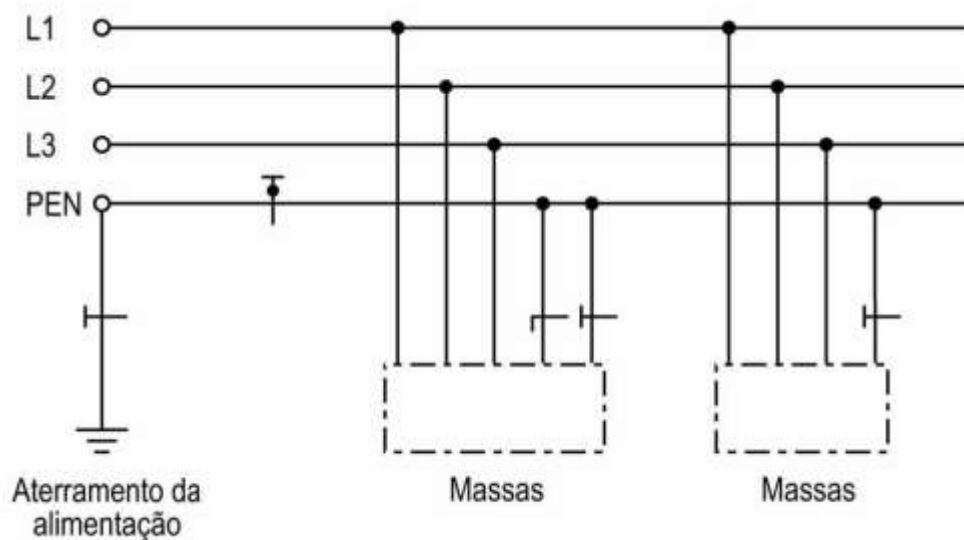
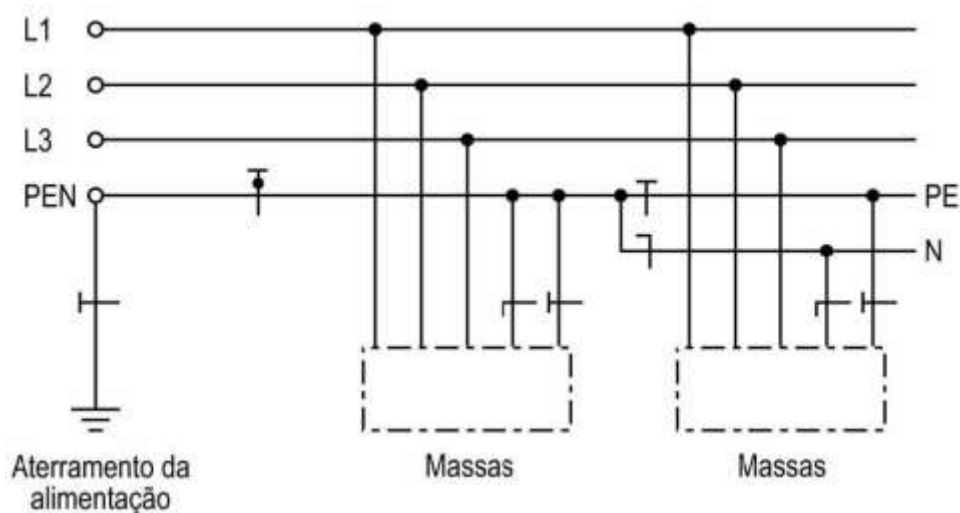


FIGURA 9 ESQUEMA TN-C

Observa-se que não há dois condutores distintos e o condutor neutro acumula as funções do condutor de proteção. Em sistemas prediais este circuito tem uma série de restrições não sendo recomendado, assim como em sistemas residenciais.

## ESQUEMA TN-C-S

Este esquema faz um híbrido entre os esquemas TN-S e TN-C, sendo que parte dele usa o condutor de neutro combinado com o de proteção e parte separa os condutores em Neutro e Proteção.

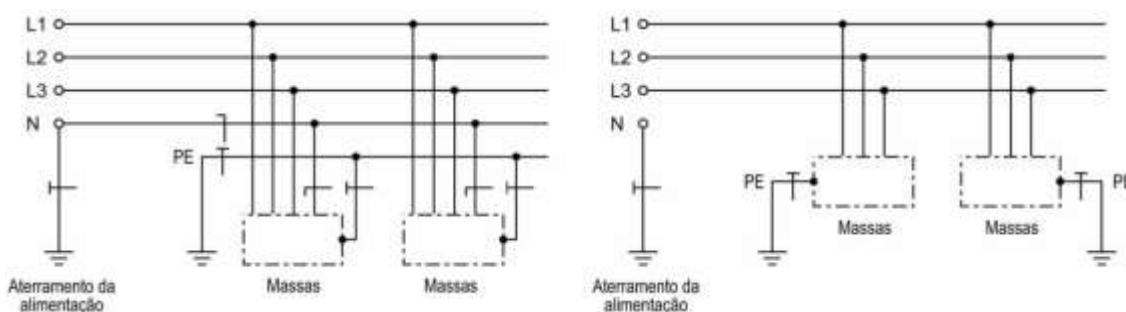


**FIGURA 10 ESQUEMA TN-C-S**

Nesta variação o condutor PEN é usado em parte do circuito e separado em PE e Neutro em outra parte. Uma regra principal da 5410/2004 é que ao separar os condutores PE e Neutro, não é permitido que estes sejam unidos novamente.

## SISTEMA TT

O esquema TT tem os sistemas aterrados em eletrodos distintos, ou seja, o ponto de alimentação está ligado a um eletrodo de aterramento e as massas ligados em outro eletrodo distinto, física e eletricamente distintos.



**FIGURA 11 SISTEMA TT**

Uma observação nestes circuitos, principalmente com relação ao desenho da esquerda, é que as massas que estão em uma mesma edificação não podem estar ligados a eletrodos distintos.

Esta configuração pode ser usado em edificações distantes umas das outras. Isto também se aplica ao próprio esquema, que precisa que os eletrodos estejam distantes, por este motivo, na prática, este esquema é praticamente impossível em áreas urbanas.

Entretanto, mesmo que houver superposição nas zonas de influência dos eletrodos da alimentação e das massas, o esquema é considerado TT, para efeito de aplicação das medidas de proteção contra contatos indiretos (uso do DR). Outra informação importante é com relação ao percurso da corrente de falta.

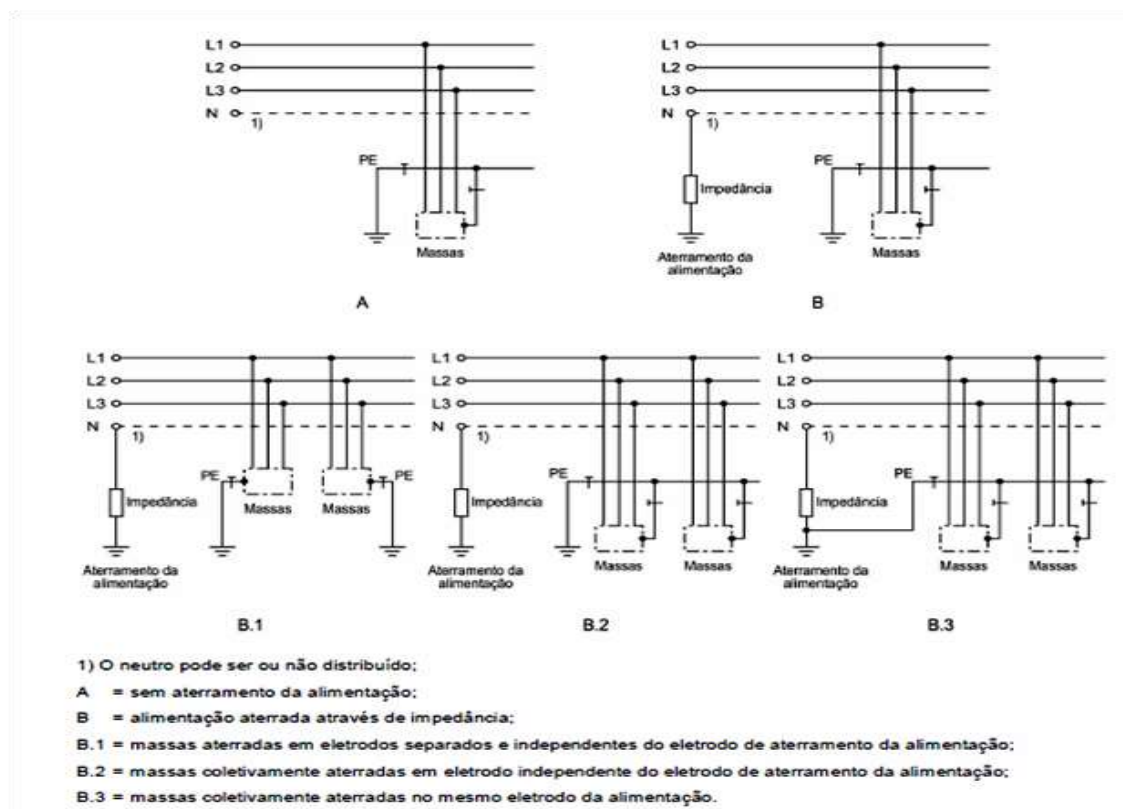
No esquema TT, o percurso da corrente de falta fase-massa inclui a terra. É, portanto, um percurso de impedância elevada. As massas podem ser aterradas individualmente, por grupos ou coletivamente aterradas.

## SISTEMA IT

No esquema IT todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância (fig 5).

As massas da instalação são aterradas, verificando-se as seguintes possibilidades:

- Massas aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação, se existente;
- e
- Massas aterradas em eletrodo(s) de aterramento próprio(s), seja porque não há eletrodo de aterramento da alimentação, seja porque o eletrodo de aterramento das massas é independente do eletrodo de aterramento da alimentação.



**FIGURA 12 ESQUEMA IT**

Observe que há uma variação dos pontos de ligação entre massa ou alimentação e a terra, mas como já foi citado, ou a conexão é feita através de uma impedância ou não é instalada.

Esta configuração ou este esquema é usado em situações particulares, onde uma falta não pode desligar o sistema, e tampouco colocar em risco as pessoas ou animais. É muito usado em sistemas de hospitais como salas de cirurgia, UTIs, CTIs e processos de fabricação específicos.

## COMPONENTES DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

Um sistema de aterramento é composto basicamente por 5 componentes:

- Ponto de conexão com o equipamento (tomada, por exemplo),
- Terminal de aterramento – BEL – barramento de equipotencialização local,
- Condutor de proteção (fio terra),
- Barramento de equipotencialização principal
- Eletrodo de aterramento.

A confirmação da integridade de cada um dos componentes é a garantia de um sistema de aterramento adequado.

O esquema abaixo mostra cada um destes componentes que vamos discorrer um pouco:

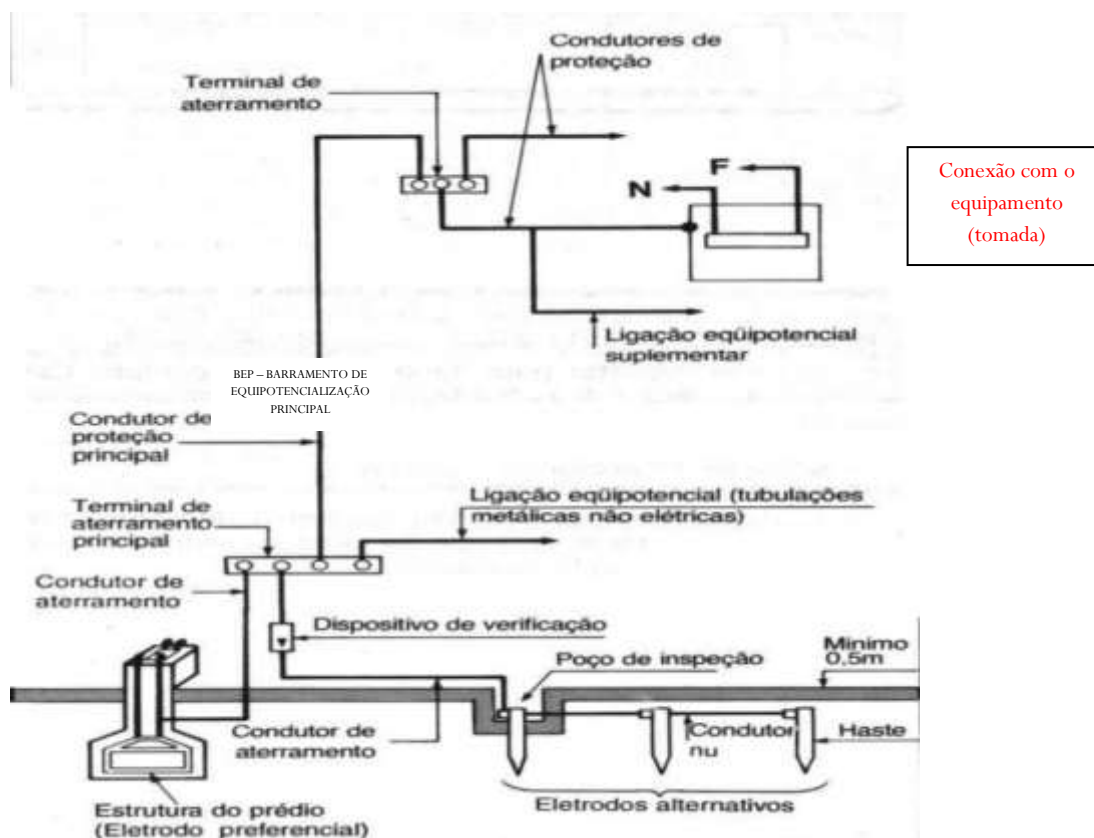


FIGURA 13 COMPONENTES DO ATERRAMENTO

Podemos observar que há vários componentes e que estes devem estar interligados corretamente para que tenham um resultado de equipotencialização. Vamos discorrer um pouco sobre o que diz a ABNT NBR 5410/2004 para cada um destes componentes:

O primeiro item que quero destacar é com relação à conexão com o equipamento.

### **6.5.3 Tomadas de corrente e extensões**

*6.5.3.1 Todas as tomadas de corrente fixas das instalações devem ser do tipo com contato de aterramento.*

*Este item foi escrito antes do padrão de tomadas ser estabelecidos e já citava a obrigatoriedade da tomada ser de 3 polos.*

*O condutor de proteção é citado em vários itens da norma, abaixo descrevo alguns importantes para definição:*

*6.1.5.3.2 – Qualquer condutor isolado usado como condutor de proteção (fio terra) deve ser identificado pelas cores verde / amarela, ou simplesmente verde*

*6.4.3.1.5 - Um condutor de proteção pode ser comum a dois ou mais circuitos, desde que seja instalado no mesmo conduto que os respectivos condutores fase e que sua seção seja dimensionada conforme a tabela 58.*

*6.4.3.3 – Continuidade elétrica dos condutores de proteção*

*6.4.3.3.1 - Os condutores devem ser protegidos contra danos mecânicos e deterioração química ou eletroquímica, bem como esforços eletrodinâmicos ou termodinâmicos.*

*6.4.3.3.2 - As conexões devem ser acessíveis para verificações e ensaios, exceto com emendas moldadas (solda exotérmica)*

*6.4.3.3.3 – É vedado a inserção de dispositivo de manobra ou comando nos condutores de proteção. Admite-se interrupção somente para fins de ensaio, junções desconectáveis por meio de ferramenta.*

*6.4.3.3.5 – Não se admite o uso da massa de um equipamento como condutor de proteção ou parte dele.*

Para começar vamos às cores, se você usar o código de cor para identificação dos condutores só pode usar com as cores verde amarela ou verde. A preferência é por verde amarelo, mas o mercado acabou adotando a cor verde com a maioria das instalações.

Outro item importante é o 6.4.3.3 que versa sobre a continuidade e integridade do condutor de proteção e seu subitem 6.4.3.3.1. É muito importante em qualquer inspeção ou verificação ter atenção a esta integridade do sistema. Da mesma forma, o item 6.4.3.3.3 versa sobre a proibição do uso de massa como parte do aterramento, ou seja, usar as massas de equipamento como condutor de proteção não é permitido.

O item 6.4.3.1.5 versa sobre a possibilidade de usar um único condutor de proteção para dois ou mais circuitos, mas é importante verificarmos que esta condição tem restrições ou melhor tem regras, pois o uso do condutor de proteção atendendo a mais de um circuito só pode ser efetuado se os condutores fase dos circuitos estiverem no mesmo condutor, ou seja, no mesmo caminho, seja ele por eletroduto, eletrocalha ou outro meio físico, e também cita que a seção deve ser dimensionada de acordo com a tabela 58 que reproduzo abaixo:

| <i>Seção dos condutores de fase S<br/>mm<sup>2</sup></i> | <i>Seção mínima do condutor de<br/>proteção correspondente mm<sup>2</sup></i> |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| $S \leq 16$                                              | S                                                                             |
| $16 < S < 35$                                            | 16                                                                            |
| $S > 35$                                                 | S/2                                                                           |

Se o condutor de proteção for combinado com o Neutro, ou seja, PEN, algumas regras também são atribuídas a ele. Veja abaixo alguns itens que versam sobre o condutor PEN:

*6.1.5.3.2 – Qualquer condutor isolado usado como condutor PEN deve ser identificado pela cor azul clara com anilhas verde/amarela nos pontos visíveis*

*6.4.3.4.1 – O uso do condutor PEN só é admitido em instalações fixas, desde que sua seção não seja inferior a 10mm<sup>2</sup>.*

*6.4.3.4.3 – Se o condutor PEN for transformado em um condutor de proteção e outro Neutro, não se admite que sejam unidos novamente.*

O primeiro comentário é com relação à cor. Por ser o condutor Neutro com função de Proteção, ele deve ter a cor Azul Claro que é a cor destinada ao condutor Neutro, e para identificar que é PEN, ele usa anilhas na cor verde e amarela (cor do condutor de proteção) em todos os pontos visíveis. O item 6.4.3.4.3 tem uma informação importante, pois diz que se houver separação do condutor PEN em condutores Neutro e de proteção (terra), estes não devem ser unidos novamente, ou seja, uma vez que o circuito TN-C for transformado em TN-S não pode retornar à condição TN-C.

Ainda sobre o condutor PEN, há itens que mostram as suas restrições de uso, que além de não poder ser inferior a 10mm<sup>2</sup> tem restrições com o uso de DR, como podemos ver abaixo:

No item 5.1.2.2.4.2 – Esquema TN. O anexo F traz o seguinte texto:

*Não se admite, na variante TN-C do esquema TN, que a função de seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos seja atribuída aos dispositivos DR.*

NOTAS

*1 Para tornar possível o uso do dispositivo DR, o esquema TN-C deve ser convertido, imediatamente a montante do ponto de instalação do dispositivo, em esquema TN-C-S. Isto é: o condutor PEN deve ser desmembrado em dois condutores distintos para as funções de neutro e de PE, sendo esta separação feita do lado fonte do dispositivo DR, passando então o condutor neutro internamente e o condutor PE externamente ao dispositivo.*

**5.4.3.6** *Em toda edificação alimentada por linha elétrica em esquema TN-C, **o condutor PEN deve ser separado**, a partir do ponto de entrada da linha na edificação, ou a partir do quadro de distribuição principal, em condutores distintos para as funções de neutro e de condutor de proteção. A alimentação elétrica, até aí TN-C, passa então a um esquema TN-S (globalmente, o esquema é TN-C-S). {grifo nosso}*

Com estes textos fica claro que circuitos TN-C não são admitidos em instalações prediais e, portanto, temos a necessidade de ter os condutores PE e Neutro, separados. Porém uma nota da ABNT NBR 5410/2004 traz uma exceção ao descrito acima:

*1 Excetuam-se dessa regra as edificações cuja destinação permita seguramente descartar o uso, imediato ou futuro, de equipamentos eletrônicos interligados por ou compartilhando linhas de sinal (em particular, linhas de sinal baseadas em cabos metálicos).*

Nesta nota podemos ver que se não houver a possibilidade de interligação entre equipamentos eletrônicos por linhas metálicas de sinal, então podemos aceitar o sistema TN-C. Na prática, em reformas de prédios antigos, que não possuam o condutor de proteção distribuído (em muitos prédios com mais de 30 anos é assim), e que por algum motivo é impossibilitado de se passar novos condutores, poderá ser aplicado a situação

TN-C. Entretanto, vale lembrar que esta situação acarretará à necessidade de estudo de impacto e provavelmente assumir riscos de queima de equipamentos.

Outra restrição está no uso do PEN em locais BE2\*

**5.2.2.3.13** *Os condutores PEN não são admitidos nos locais BE2, exceto para circuitos que apenas atravessem o local.*

\*BE2 - Riscos de incêndio - Presença de substâncias combustíveis, como fibras e líquidos com alto ponto de fulgor Locais de processamento ou armazenagem de papel, feno, palha, aparas ou gravetos de madeira, fibras de algodão ou lã, hidrocarbonetos, plásticos granulados

E para completar a nota 2 do item 5.4.3.6 diz:

*O condutor PEN da linha de energia que chega a uma edificação deve ser incluído na equipotencialização principal, conforme exigido em 6.4.2.1.1, e, portanto, conectado ao BEP, direta ou indiretamente (ver 6.4.2.1 e anexo G).*

\*Se refere ao anexo G da norma ABNT NBR5410/2004

Isto significa que o sistema de aterramento, que a distribuidora de energia elétrica solicita instalar no padrão de entrada para aterrar o neutro que ela distribui, que na maioria dos casos é o PEN, deve ser interligado ao sistema de aterramento da edificação. Em linguagem prática é: a haste de terra que liga o neutro da concessionária no padrão NÃO É o sistema de aterramento predial, mas deve fazer parte do sistema de aterramento predial. Sendo interligado ao BEP.

## BEP – Barramento de Equipotencialização Principal

Por definição a ABNT NBR 5410/2004 traz o BEP como sendo:

### **3.3.2 Barramento de equipotencialização principal (BEP):**

*Barramento destinado a servir de via de interligação de todos os elementos incluíveis 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.*

O BEP deve estar localizado junto do ponto de entrada ou o mais próximo do ponto de entrada em uma edificação, ou seja, deve estar o mais próximo do ponto em quem as linhas elétricas penetram a edificação.

- Em circuitos prediais residenciais, o BEP é considerado o barramento do quadro de distribuição principal.

Outro ponto importante é com relação à sua configuração que pode ser uma barra uma chapa ou mesmo uma conexão entre os condutores de proteção e de equipotencialização.

Quando o barramento é usado para interligar elementos em um determinado local para depois ser levado para o barramento principal, é chamado de BEL ou Barramento de Equipotencialização local, como pode ser visto no item 3.3.3 da ABNT NBR 5410/2004 - Definição - abaixo:

### **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 incluíveis numa equipotencialização suplementar ou equipotencialização local.*

*As armaduras de concreto devem ser incluídas no BEL*

## ELETRODOS

O ponto de conexão com a terra é importante, mas em muitos casos usado de forma relativamente errada, pois se acostumou com o aterramento por hastes e em muitos casos é assim que se usa. Muitas vezes, a dúvida é se usamos uma, duas ou três hastes em triângulo, ou em linha, mas a verdade é que a norma 5410/2004 traz a haste com a função de complementação do eletrodo, como podemos ver abaixo:

*6.4.1.1.1 - Toda a edificação deve dispor de infra estrutura de aterramento, denominada eletrodo de aterramento sendo admitidas as seguintes opções:*

- a) Preferencialmente, uso das próprias armaduras do concreto das fundações ou,*
- b) Uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, imersos no concreto das fundações, ou,*
- c) Uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementada, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (pé de galinha), ou,*
- d) no mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação e complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (pé de galinha).*

*NOTA Outras soluções de aterramento são admitidas em instalações temporárias; em instalações em áreas descobertas, como em pátios e jardins; em locais de acampamento, marinas e instalações análogas; e na reforma de instalações de edificações existentes, quando a adoção de qualquer das opções indicadas em 6.4.1.1.1 for impraticável.*

Porém quero destacar um item, que já conhecemos na prática, mas vale reforçar:

**6.4.1.1.4** *Não se admite o uso de canalizações metálicas de água nem de outras utilidades como eletrodo de aterramento, o que não exclui as medidas de equipotencialização prescritas em 6.4.2.*

Observe que a preferência está em usar as ferragens das estruturas das fundações ou mesmo estruturas metálicas imersas no concreto no nível das fundações e, portanto, este é um grande desafio, pois o Brasil não tem o hábito de pensar na instalação elétrica antes de começar a construir a edificação. Neste caso, se não for pensado anteriormente, acaba ficando difícil o uso das ferragens. Da mesma forma, o uso de malha no nível da fundação, vem como opção e neste caso, além do item definido como mínimo (anel) a haste aparece como complementar.

Mas como o eletrodo é o ponto de conexão entre o sistema de aterramento e a terra, é muito importante esta avaliação. Porém lembre-se que a equipotencialização é um dos principais motivos do aterramento e quando esta for a função do aterramento, valerá muito mais o sistema todo interligado e equipotencializado do que a conexão com a terra. Por outro lado, no caso de dispersão de energia para a terra, a condição passa a ser muito importante.

Veja o que diz a 5410/2004:

**6.4.1.1.2** *A infraestrutura de aterramento prevista em 6.4.1.1.1 deve ser concebida de modo que:*

- a) *seja confiável e satisfaça os requisitos de segurança das pessoas;*

- b) possa conduzir correntes de falta à terra sem risco de danos térmicos, termomecânicos e eletromecânicos, ou de choques elétricos causados por essas correntes;
- c) quando aplicável, atenda também aos requisitos funcionais da instalação.

Uma questão muito comum em cursos e palestras é sobre a interligação do sistema de aterramento previsto na Norma de Proteção contra Descarga Atmosférica e com o sistema predial. Esta questão é respondida no item 6.4.1.1.3 da 5410/2004 abaixo:

**6.4.1.1.3** *Como as opções de eletrodos de aterramento indicadas em 6.4.1.1.1 são também reconhecidas pela ABNT NBR 5419, elas podem e devem ser usadas conjuntamente pelo sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) da edificação, nas condições especificadas naquela norma.*

- *NOTA Mastros de antenas devem ser incorporados ao SPDA, conforme ABNT NBR 5419.*

Sobre a interligação entre o condutor de proteção e o eletrodo de aterramento devemos ter o seguinte cuidado:

**6.4.1.1.5** *A infraestrutura de aterramento requerida em 6.4.1.1.1 deve ser acessível no mínimo junto a cada ponto de entrada de condutores e utilidades e em outros pontos que forem necessários à equipotencialização de que trata 6.4.2.*

Os materiais a serem usados como eletrodo de aterramento devem atender a requisitos mínimos de qualidade, resistência mecânica e durabilidade (resistência a corrosão), além da característica elétrica é claro, a 5410 traz a tabela 51 reproduzida abaixo:

**Tabela 51 — Materiais comumente utilizáveis em eletrodos de aterramento**  
– Dimensões mínimas do ponto de vista da corrosão e da resistência mecânica, quando os eletrodos forem diretamente enterrados

| Material | Superfície                                                    | Forma                                 | Dimensões mínimas |              |                                |                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
|          |                                                               |                                       | Diâmetro<br>mm    | Seção<br>mm² | Espessura<br>do material<br>mm | Espessura<br>média do<br>revestimento<br>µm |
| Aço      | Zincada a quente <sup>1)</sup><br>ou inoxidável <sup>1)</sup> | Fita <sup>2)</sup>                    |                   | 100          | 3                              | 70                                          |
|          |                                                               | Perfil                                |                   | 120          | 3                              | 70                                          |
|          |                                                               | Haste de seção circular <sup>3)</sup> | 15                |              |                                | 70                                          |
|          |                                                               | Cabo de seção circular                |                   | 95           |                                | 50                                          |
|          |                                                               | Tubo                                  | 25                |              | 2                              | 55                                          |
|          | Capa de cobre                                                 | Haste de seção circular <sup>3)</sup> | 15                |              |                                | 2 000                                       |
|          | Revestida de cobre por eletrodeposição                        | Haste de seção circular <sup>3)</sup> | 15                |              |                                | 254                                         |

|       |                  |                        |                 |    |   |    |
|-------|------------------|------------------------|-----------------|----|---|----|
| Cobre | Nu <sup>1)</sup> | Fita                   |                 | 50 | 2 |    |
|       |                  | Cabo de seção circular |                 | 50 |   |    |
|       |                  | Cordoalha              | 1,8 (cada veio) | 50 |   |    |
|       |                  | Tubo                   | 20              |    | 2 |    |
|       | Zincada          | Fita <sup>2)</sup>     |                 | 50 | 2 | 40 |

<sup>1)</sup> Pode ser utilizado para embutir no concreto.

<sup>2)</sup> Fita com cantos arredondados.

<sup>3)</sup> Para eletrodo de profundidade.

Uma precaução que devemos ter é com relação a interligação entre metais diferentes, como, por exemplo, o cabo de cobre do sistema de aterramento e as ferragens da estrutura das fundações. Por estarem em lados opostos na tabela de eletronegatividade, podem causar corrosão galvânica como se fosse uma pilha, danificando o metal menos nobre, no exemplo, o ferro. Para esta situação devem ser usadas emendas moldadas (solda exotérmica, por exemplo) ou conexões por compressão com tratamento anticorrosão.

Para complementar as informações de eletrodo, trago mais dois itens da NBR 5410/2004:

**6.4.1.1.9** *Nos casos em que a infraestrutura de aterramento da edificação for constituída pelas próprias armaduras embutidas no concreto das fundações (armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e vigas baldrame), pode-se considerar que as interligações naturalmente existentes entre estes elementos são suficientes para se obter um eletrodo de aterramento com características elétricas adequadas, sendo dispensável qualquer medida suplementar.*

**6.4.1.1.10** *Nas fundações em alvenaria, a infraestrutura de aterramento pode ser constituída por fita, barra ou cabo de aço galvanizado imerso no concreto das fundações, formando um anel em todo o perímetro da edificação. A fita, barra ou cabo deve ser envolvido por uma camada de concreto de no mínimo 5 cm de espessura, a uma profundidade de no mínimo 0,5 m. As seções mínimas da fita, barra ou cabo são aquelas indicadas na tabela 51.*

– *NOTA Se utilizada fita de aço, ela deve ser imersa no concreto na posição vertical.*

Veja que os eletrodos mais recomendados são as ferragens da estrutura, pois além de normalmente estarem interligados e imersos no solo, possuem características de múltiplas descidas, mas é importante ressaltar e reforçar a informação que **este eletrodo é a parte das ferragens imersas no solo, ou seja, das fundações e como já vimos, não pode ser usado estrutura das ferragens acima do solo.**

## MEDIÇÃO DE ATERRAMENTO

Neste capítulo, vamos discorrer de forma sucinta sobre a medição de aterramento, mas antes vamos falar um pouco sobre a necessidade de medir ou se podemos calcular.

Vamos começar com um artigo que escrevi há algum tempo, mas creio que tira algumas dúvidas sobre o tema:

### QUANDO E COMO MEDIR ATERRAMENTO

Em minha opinião, o aterramento é um dos temas mais polêmicos dentro da eletricidade, pois quando se fala de aterramento pensamos em várias formas de executá-lo e, consequentemente, várias dúvidas vêm a nossa mente. O pior de tudo é que quanto mais se aprofunda no estudo mais dúvidas vão surgindo. Por um lado entendo que quanto mais dúvidas temos sobre um tema, mais este tema nos instiga a entendê-lo por completo, por outro é muito ruim ainda não existir um consenso sobre o que é certo e o que é errado em uma determinada área. Pior ainda quando o tema é o aterramento, que participa dos sistemas de segurança de uma instalação elétrica, e outras tantas demandas.

Uma das dúvidas que pouco ouço nas conversas e palestras, mas tenho certeza que muitos não sabem responder é: **Por que devemos medir a resistência de aterramento? Você sabe a resposta?**

A pergunta correta que se deve fazer é: **O que devo medir em um aterramento e como devo medir?**

A partir destas perguntas, outras vão surgindo, como por exemplo: **Devo usar um terrômetro, 3 fios, 4 fios, alicate, qual é o melhor?** Qual o valor ideal de resistência que devo usar como parâmetro para definir se o aterramento está bom ou não?

Bom, vamos tentar responder algumas das perguntas acima.

A primeira delas é: O que devo medir e como devo medir a resistência de aterramento? Primeiramente, você não vai medir a resistência de aterramento, você vai medir um valor que representa a relação da corrente injetada num ponto distante o suficiente para que não exista influência deste eletrodo, e a média da tensão medida ao longo do percurso que a corrente faz para retornar ao eletrodo, isto considerando um método (3 fios), ou então você vai estratificar o solo, elaborando matematicamente um modelo que represente a

resistividade do solo média modelada em camadas e, assim terá um dos parâmetros para calcular a resistência ôhmica do eletrodo.

Você pode também medir a resistência (impedância) de um circuito fechado pela terra usando o terrômetro alicate. Cada medição tem uma função específica dentro do aterramento, portanto a escolha de um ou outro método vai depender do que você está buscando. Portanto, não há melhor ou pior, mas sim adequado ou não.

Quando a pergunta é **Qual o valor de resistência adequado?** a resposta é: depende da sua aplicação, fundamentalmente, quando se trata de eletrodo de aterramento, este valor servirá para cálculo das tensões superficiais (toque e passo). As normas definem a resistência devendo ser a menor possível em quase todos os casos, pois quanto menor for a resistência, menor serão as tensões de toque e passo, incluindo a proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) regida pela ABNT NBR 5419/2015, que na versão atual da norma adotou o mesmo texto, ou seja, **retirou da norma a recomendação do valor de 10 Ohms** que estava há anos, porém com a mesma finalidade! Demais valores como 5 Ohms para circuitos de telecomunicações, ou, como também já vi, 1,5 Ohms para circuitos de TI são baseados normalmente em manuais de fabricantes que buscam um valor pequeno para referenciar seus circuitos eletrônicos. Os valores de resistência ou resistividade do solo são muito importantes, porém para efeito de segurança de pessoas, uma boa equipotencialização é muito mais importante do que uma baixa resistividade.

## O QUE A 5410 FALA

Pois bem, já sabemos que existem os valores de resistividade e resistência do solo, e que podemos medi-los com equipamentos de 3 ou 4 fios ou ainda alicate terrômetro, mas também é importante saber que podemos calcular alguns destes parâmetros.

Vamos falar das medições e como a 5410 trata este tema. O anexo "L" começa fornecendo os detalhes da medição da resistência do condutor de proteção (fio terra). Vejamos:

*Medição da resistência dos condutores de proteção*

*L.1 A medição da resistência dos condutores de proteção pode ser utilizada, em lugar da medição da impedância do percurso da corrente de falta, para*

*verificar se a proteção por seccionamento automático da alimentação provida a um circuito preenche as condições pertinentes especificadas em 5.1.2.2. O método, que consiste em medir a resistência  $R$  entre uma massa qualquer e o ponto de equipotencialização geral mais próximo, no sentido a montante, é válido nas seguintes condições:*

- a) o condutor de proteção se encontra incorporado à mesma linha que contém os condutores de fase, sem interposição de elementos ferromagnéticos (o que permite desconsiderar a reatância), ou é o próprio conduto metálico que acomoda os condutores; e*
- b) a seção dos condutores PE não é superior a 95 mm<sup>2</sup>, em cobre.*

*L.2 Recomenda-se que as medições sejam realizadas com fonte cuja tensão em vazio se situe entre 4 V e 24 V, em corrente alternada ou contínua, e que forneça uma corrente de ensaio de no mínimo 0,2 A.*

Se observarmos o contexto, deste item, veremos que por esta medição podemos até confirmar a continuidade do condutor de proteção, um dos itens que temos para garantir a integridade do sistema.

### **J.1.2 Método 2**

**J.1.2.1** *Neste método também são utilizados dois eletrodos auxiliares, mas sem nenhuma necessidade de alinhamento. A corrente injetada deve ser compatível com uma tensão de ensaio máxima de 50V.*

**J.1.2.2** *Injeta-se corrente entre os dois eletrodos auxiliares, T1 e T2. Medem-se a corrente injetada e a tensão aplicada e calcula-se então a soma das resistências de T1 e de T2, dividindo-se a tensão aplicada pela corrente injetada:*

$$R_1 + R_2 = \frac{U_{1-2}}{I}$$

**J.1.2.3** Em seguida, injeta-se corrente entre o eletrodo sob ensaio, T0 , e o eletrodo auxiliar T1. Usando-se o outro eletrodo auxiliar (T2) como referência, medem-se então a tensões entre T0 e T2 e entre T1 e T2. Com os valores medidos da corrente e das tensões, calculam-se as resistências de aterramento de T0 e de T1:

$$R_0 = \frac{U_{0-2}}{I} \quad \text{e} \quad R'_1 = \frac{U_{1-2}}{I}$$

**J.1.2.4** Usando agora T1 como referência, injeta-se corrente entre T0 e T2 e medem-se as tensões entre T0 e T1 e entre T2 e T1. Com a corrente e as tensões medidas, calculam-se as resistências de aterramento de T0 e T2:

$$R'_0 = \frac{U_{0-1}}{I} \quad \text{e} \quad R'_2 = \frac{U_{2-1}}{I}$$

**J.1.2.5** Comparam-se os dois valores de resistência obtidos para o eletrodo sob ensaio T0, isto é, R0, bem como a soma das resistências de T1 e de T2 inicialmente obtida (R1 + R2) com a soma das resistências calculadas individualmente para T1 e T2 (isto é, R1 + R2). Se essa comparação revelar semelhança entre os valores, eles são considerados válidos. Caso contrário, devem ser realizadas novas medições, com um espaçamento maior entre os eletrodos.

**J.2** Se o ensaio for realizado à frequência industrial, a fonte utilizada para o ensaio deve ser isolada do sistema de distribuição (por exemplo, pelo uso de

transformador de enrolamentos separados) e a impedância interna do voltímetro utilizado deve ser de no mínimo 200 W / V.

**L.3** A resistência  $R$  medida deve satisfazer as seguintes condições:

$$R \leq 0,8 \times \frac{m}{m+1} \times \frac{U_o}{I_a} \quad \text{em esquema TN}$$

$$R \leq 0,8 \times \frac{m}{m+1} \times \frac{U}{2 I_a} \quad \text{em esquema IT sem neutro distribuído}$$

$$R \leq 0,8 \times \frac{m}{m+1} \times \frac{U_o}{2 I_a} \quad \text{em esquema IT com neutro distribuído}$$

onde:

$U_o$  é a tensão nominal entre fase e neutro, em volts;

$U$  é a tensão nominal entre fases, em volts;

$I_a$  é a corrente que garante a atuação do dispositivo de proteção:

— no tempo de seccionamento máximo admissível dado pela tabela 25, no caso de esquemas TN; ou

— no tempo de seccionamento máximo admissível dado pela tabela 26, no caso de esquemas IT; ou

— no máximo em 5 s, nas condições definidas em 5.1.2.2.4.1-c);

$m$  é a relação entre  $R$  e  $R_\phi$ , isto é:

$$m = \frac{R}{R_\phi}$$

onde:

$R_\phi$  é a resistência do condutor de fase; e

$R$  é a resistência do condutor de proteção entre uma massa qualquer e o ponto de equipotencialização geral mais próximo, a montante.

**NOTA** O fator 0,8 é um valor convencional usado para refletir a relação entre a impedância do circuito protegido e a impedância total do percurso da corrente de falta. A experiência tem demonstrado que o fator 0,8 é válido na maioria dos casos. Quando a impedância da fonte puder ser desprezada, o fator é igual a 1 e, nos demais casos, quando o valor real da relação entre impedância do circuito protegido e impedância do percurso da corrente de falta for conhecido, o fator 0,8 deve ser substituído por esse valor real.

### 7.3.5.2 Esquemas TT

A conformidade com os requisitos de 5.1.2.2.4.3-b) deve ser verificada por:

a) medição da resistência de aterramento das massas da instalação (ver 7.3.5.4); e

b) inspeção visual e ensaio dos dispositivos DR.

**NOTA** Ver anexo H para exemplos de ensaios em dispositivos DR.

### **7.3.5.3 Esquemas IT**

*Nos esquemas IT, a verificação da proteção por equipotencialização e seccionamento automático da alimentação deve abranger:*

- a) a corrente de primeira falta, conforme 7.3.5.3.1; e*
- b) o atendimento às prescrições referentes à situação de dupla falta, conforme 7.3.5.3.2.*

#### **7.3.5.3.1 A verificação da corrente de primeira falta deve ser por cálculo ou medição.**

##### **NOTAS**

*1 Essa verificação não é necessária se todas as massas da instalação estiverem ligadas ao eletrodo de aterramento da alimentação (o que pressupõe alimentação aterrada por meio de impedância).*

*2 A medição, em particular, torna-se necessária apenas quando não for possível o cálculo, devido ao desconhecimento dos parâmetros envolvidos. Na realização da medição, devem ser tomadas precauções para evitar os perigos decorrentes de uma dupla falta.*

#### **7.3.5.3.2 A verificação das condições de proteção em caso de dupla falta comporta duas possibilidades:**

- a) quando a situação do aterramento das massas for tal que a ocorrência de uma segunda falta resulte em situação análoga à do esquema TN, as verificações a serem efetuadas são aquelas descritas nas alíneas a) e b) de 7.3.5.1, devendo o resultado ser conforme 5.1.2.2.4.4-e);*

*b) quando a situação do aterramento das massas for tal que a ocorrência de uma segunda falta resulte em situação análoga à do esquema TT, as verificações a serem efetuadas são aquelas descritas em 7.3.5.2.*

#### NOTAS

*1 As condições do aterramento das massas de um esquema IT, que o tornam, conforme o caso, análogo a um TN ou a um TT em situação de dupla falta, encontram-se descritas em 5.1.2.2.4.4-e).*

*2 A medição da impedância do percurso da corrente de falta, num esquema IT, requer o curto-circuitamento temporário do ponto neutro da alimentação com o condutor de proteção.*

Podemos observar que estes itens trazem as formas de medir e calcular os sistemas de aterramento para todos os esquemas permitidos.

### MAIS NORMAS SOBRE MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

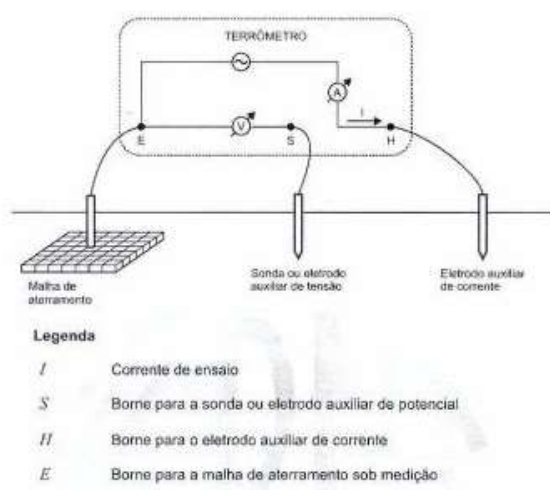
A norma ABNT NBR 15749 trata da “Medição da resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento” e traz os requisitos para esta ação.

Vejamos algumas diretrizes sobre o tema:

O primeiro item a ser considerado é com relação à segurança, que recomenda que antes de se realizar as medições devemos avaliar as condições e não realizar tais ensaios com condições atmosféricas adversas, ou seja, em locais com possibilidade de tempestades com descargas atmosféricas, para evitar o surgimento de potenciais perigosos. Recomenda-se, também, utilizar luvas e calçados isolantes compatíveis com o nível de tensão que será utilizado no sistema de ensaio. Outra recomendação é também com relação à presença de pessoas e animais na área de ensaio, só deve estar presente nos locais os profissionais envolvidos no ensaio e na medição.

O primeiro método de ensaio a ser apresentado é o método à três fios usando um terrômetro.

Neste método, fazemos circular uma corrente entre a malha de aterramento que queremos ensaiar usando um eletrodo auxiliar de corrente, medindo a queda de tensão entre a malha e o terra de referência (eletrodo auxiliar de corrente), usando um terceiro eletrodo ou sonda de potencial ou ainda sonda auxiliar de tensão como mostrado na figura abaixo extraído da norma citada.

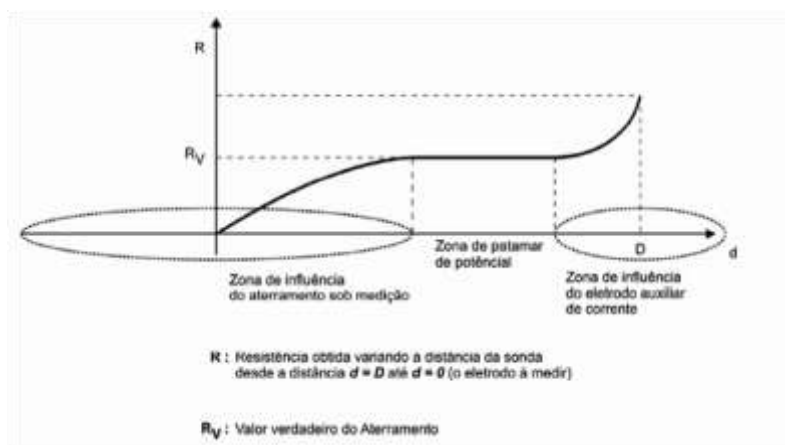


**FIGURA 14 MÉTODO DE QUEDA DE POTENCIAL**

Neste caso, faremos circular uma corrente entre a malha de aterramento a ser ensaiada e o eletrodo auxiliar de corrente que ficará a uma distância considerada fora da zona de influência (considera-se pelo menos 3 x o tamanho da haste da malha de aterramento, algo em torno de 7 metros devendo ser menor do que 10 metros). Esta corrente causará uma queda de tensão na área compreendida pela terra que será medida usando o eletrodo auxiliar de tensão.

Mas, para saber o valor correto, devemos fazer várias medidas variando sempre o eletrodo de tensão. Esta medida deve começar com uma distância de 5% da distância entre a malha e o eletrodo de corrente, mas devemos realizar várias medições variando sempre a distância em 5%, então o teremos uma medição em 5% uma em 10%, outra em 15% e assim por diante até chegarmos a 95% da distância entre a malha e o

eletrodo de corrente. Estes valores serão anotados e deverão formar um gráfico semelhante ao apresentado na figura abaixo:



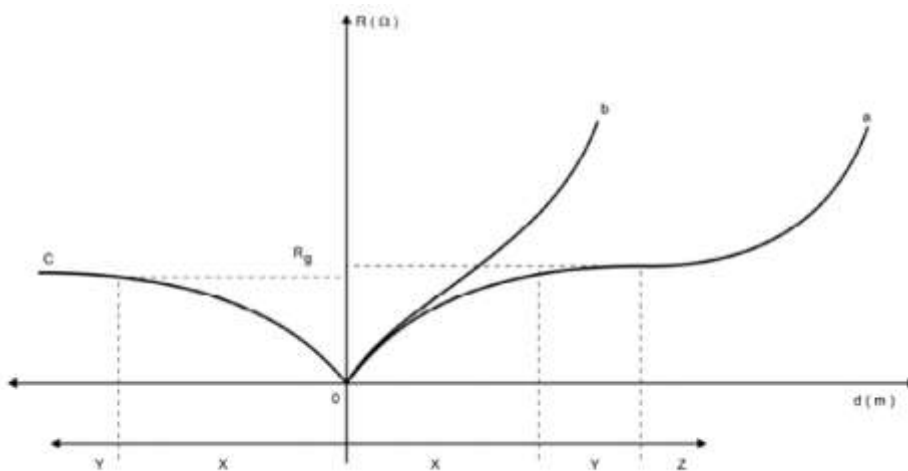
**FIGURA 15 CURVA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO**

Esta figura, também extraída da norma, mostra três setores. O da direita que é chamado de “Zona de influência do aterramento sob medição”; o setor central que é chamado de “zona de patamar de potencial” e a terceira, à esquerda, chamada de “zona de influência do eletrodo auxiliar de corrente”.

Veja que o gráfico traz uma marcação chamada de  $R_v$  que coincide com a estabilização chamada de zona patamar de potencial. Este valor é considerado o **valor de resistência de aterramento**.

Mas e se nas medições não conseguirmos obter este patamar?

Se isto ocorrer, significa que há influência dos eletrodos de aterramento e de corrente no eletrodo de potencial. Neste caso, devemos mudar a direção do ensaio (veja figura abaixo) e tentar novamente até conseguir o patamar.



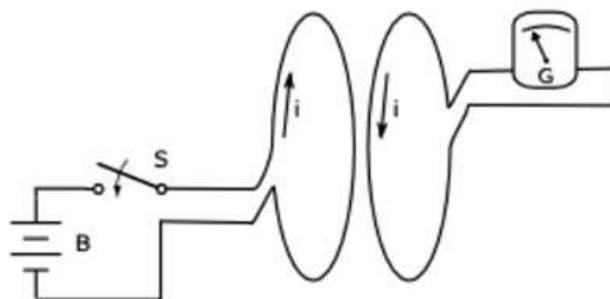
**FIGURA 16 CURVA DE RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO 2**

Mas a norma apresenta algumas limitações para o ensaio usando o método de queda de potencial, e são listadas abaixo:

- Instalações urbanas em regiões densamente povoadas:
  - Em regiões densamente povoadas, frequentemente é impossível lançar os circuitos de corrente e potencial nas distâncias necessárias para se realizar medições confiáveis
- Sistemas de aterramento de grandes dimensões:
  - Neste caso, os circuitos de potencial e corrente estarão a distância quilométricas inviabilizando a medição. Outro detalhe é que como estes sistemas apresentam valores muito pequenos, da ordem de 0,1 Ohm, podem sofrer várias influências como: acoplamentos, impedâncias de circuitos de ensaio, entre outros problemas e que vão contribuir para a incerteza da medida.

Há também o método usando o terrômetro alicate, que é baseado no princípio do transformador C.A, ou seja, um gerador de corrente alternada aplica uma tensão em uma bobina com número de espiras conhecido gerando assim um campo eletromagnético

que induz uma tensão no circuito fechado, que é considerado uma bobina de única espira como podemos ver na representação abaixo:



**FIGURA 17 REPRESENTAÇÃO DE BOBINA DE ÚNICA ESPIRA**

Nesta indução circulará uma corrente pelo circuito a ser ensaiado, que ao circular gera uma queda de tensão devido à impedância do circuito. Pela lei de Ohm é calculada a resistência do circuito. Desprezando a resistência do condutor de interligação (que é muito baixa) e conhecendo as resistências dos eletrodos, temos a resistência do solo, que é o nosso objetivo. Veja a representação abaixo nos desenhos:

$$R_{Medido} = R_x + R_C$$

\* Desprezar a resistência do cabo

Assim como o método 3 fios, este método tem restrições que são listadas abaixo:

- Este método só pode ser aplicado em sistemas que apresentem circuitos fechados (um laço) e o resultado apresentado é a resistência entre os eletrodos que compõem o laço;
- A resistência do sistema de aterramento que fecha o laço deve ser muito menor que a resistência do aterramento sob medição;
- A distância entre o aterramento sob medição e o mais próximo dos aterramentos que fecham o laço deve ser suficientemente grande para que as respectivas zonas de influência não apresentem sobreposição. No caso de aterramentos de múltiplos

eletrodos (por exemplo, uma malha de aterramento), não é válida a medição de cada eletrodo separada entendendo como a resistência do conjunto.

- A resistência do sistema sob medição deve ser percorrida pela totalidade da corrente injetada no terreno. No caso de um edifício com múltiplas descidas do SPDA, não se pode aplicar o método para determinar a resistência de aterramento do conjunto. Se o conjunto estiver interconectado em anel, pode-se incorrer no erro de estar medindo a resistência do laço fechado quando se envolve a descida do SPDA.

## RESISTIVIDADE E ESTRATIFICAÇÃO DE SOLO

A estratificação do solo é importante para conhecer a média de resistividade do solo e então projetar os diversos sistemas de aterramento que compõe uma edificação. Isto porque o solo, em função da sua composição e outros componentes, pode ter uma variação relativamente grande de resistividade e pode influenciar na decisão de alguns itens no projeto elétrico. Para se ter uma ideia, a resistividade de um solo pode variar pelas seguintes características:

- Local para local;
- Tipo do solo (argila, calcário, areia, granito);
- Nível de umidade (seco, molhado);
- Profundidade das camadas;
- Idade de formação geológica;
- Compactação do solo;
- Temperatura;
- Salinidade;
- Contaminação;
- Etc.

Um exemplo desta variação é apresentado na tabela abaixo:

O que se faz na estratificação do solo é encontrar as médias de resistividade em cada camada do solo, ou seja, adotar que a profundidade compreendida entre superfície e um determinado valor, a resistividade média é X, e na segunda camada Y e assim por diante. Veja a representação no desenho abaixo:

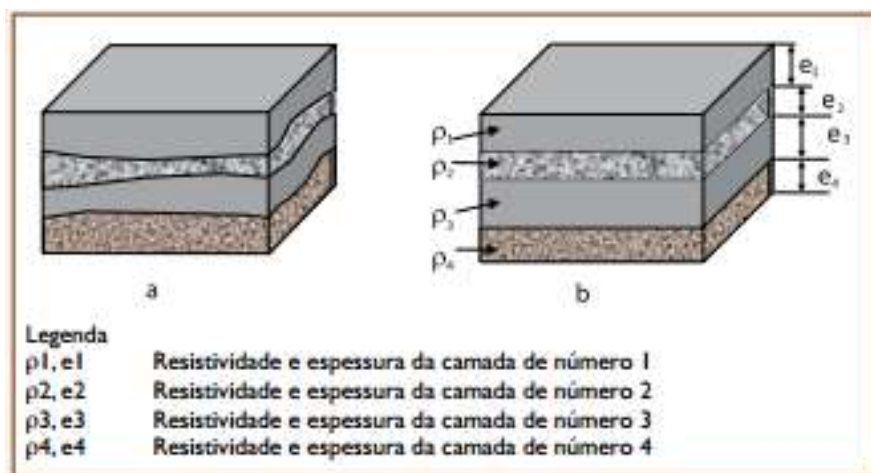


FIGURA 18 SOLO REAL E SOLO ESTRATIFICADO

O bloco da esquerda representa os valores medidos e o bloco da direita a adoção dos valores médios após a estratificação. O resultado desta estratificação vai influenciar no projeto do tipo de eletrodo a ser usado no sistema de aterramento da edificação, que como já vimos, pode ser malha, hastes, estrutura etc.

A norma que apresenta as formas e os métodos de estratificação do solo é a **ABNT NBR7117 – Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo**, que apresenta vários métodos permitidos para esta estratificação, podendo ser os métodos listados abaixo. Observe que alguns deles já foram citados neste material.

- Amostragem física do solo
- Método de variação de profundidade (3 pontos)
- Método de dois pontos (amperômetro)
- Método de quatro eletrodos (Werner) pode usar vários arranjos
  - Arranjo de eletrodo central
  - Arranjo de Lee

- Arranjo de Werner
- Arranjo Schlumberger - Palmer

Este assunto é tão extenso e complexo que deverá ser tratado em outras oportunidades, mas o importante é você saber que existe, onde deve ser consultado e o porquê?

Além disso, e como eu já citei anteriormente, este material não pretende esgotar o assunto, mas sim chamar a atenção para o tema e oferecer algumas orientação para a capacitação profissional no assunto Aterramento Predial.

## TIPOS DE ATERRAMENTO

Já citamos no início deste e-book, que há várias funções do sistema de aterramento. As mais conhecidas e usadas são as funções de:

- SEGURANÇA
- FUNCIONAL
- REFERÊNCIA
- TEMPORÁRIO

Vamos tentar discorrer um pouco sobre cada uma destas funções e a relação delas na norma ABNT NBR 5410/2004

### SEGURANÇA

A primeira delas é com relação à segurança que tem as seguintes funções:

- Equipotencializa o sistema para minimizar a diferença de potencial.
- Provê caminho para escoamento das correntes de falta para a terra.
- Potencializa o funcionamento do DR em circuitos protegidos por este dispositivo.

Imagino que ao longo deste e-book, já falamos destes temas, mas sempre é bom relembrar que o sistema de aterramento ajuda, e muito, na segurança e também na atuação de dispositivos de proteção, como o caso do DR. Lembrando da definição simples de um aterramento, temos que a *função do aterramento é criar um caminho seguro e de baixa resistência para a terra*, então é neste ponto que queremos focar a segurança. O sistema de aterramento na concepção de segurança cria a condição de equipotencialização, o que vai minimizar os efeitos da diferença de potencial, que como já vimos, causa os famosos choques elétricos, mas também podem ser responsáveis por arcos elétricos que podem iniciar um incêndio ou mesmo causar acidente com pessoas e animais.

## FUNCIONAL

Com o princípio de garantir o bom funcionamento de equipamentos, principalmente os equipamentos eletrônicos de sinal, surge a função de EQUIPOTENCIALIZAÇÃO FUNCIONAL, que visa criar referências “limpas ou quietas” como normalmente se diz, para os sistemas eletrônicos. Isto não significa que há a necessidade de criar um sistema de aterramento separado, aliás esta é uma prática que não deve ser feita. Não é permitido que haja sistemas de aterramento distintos em uma mesma edificação. Vejamos o que diz a norma 5410 sobre o tema:

### *Equipotencialização funcional*

*A equipotencialização funcional tem a função de caracterizar o aterramento e a equipotencialização destinados **a garantir o bom funcionamento dos circuitos de sinal e a compatibilidade eletromagnética.***

**6.4.5.1** *O barramento de equipotencialização principal (BEP) da edificação pode ser utilizado para fins de aterramento funcional e, para tanto, ele pode ser prolongado, por meio de um condutor de baixa impedância. No caso de edificações com uso extensivo de equipamentos de tecnologia da informação (ETI), esse barramento de equipotencialização funcional deve constituir preferencialmente um anel fechado, internamente ao perímetro da edificação.*

*NOTA A prescrição refere-se, mais exatamente, à possibilidade de utilização direta do BEP para fins de aterramento funcional. **Portanto, ela não significa, em absoluto, que se admite aterramento funcional separado, independente. {grifo meu}***

*Qualquer elemento que vier a servir de via comum para aterramento ou equipotencialização funcional deve ser interligado, direta ou indiretamente, ao BEP.*

Observe que o texto da norma diz que pode ser usado o BEP para fins de equipotencialização funcional e que ele pode ser prolongado por meio de um condutor de baixa impedância. Também cita que para circuitos de TI, é preferência usar um anel circundando internamente ao perímetro da edificação.

## REFERÊNCIA

### **O Aterramento funcional também é conhecido como aterramento referência:**

O sistema de aterramento funcional, como citado, é usado como referência em circuitos eletrônicos, ou seja, ele passa a ser o "zero" ou o "negativo" dos circuitos eletrônicos, sejam analógicos ou digitais. Isto faz com que o sistema de aterramento possua uma referência "quieta" ou "limpa", ou seja, seja mantida estável próximo de zero volts. Via de regra isso é comum, mas dependendo do sistema que o prédio utiliza e do tipo de carga que temos, às vezes estes valores podem variar alguns volts e esta pequena variação pode causar um problema grande para sistemas que utilizam valores de 5V, por exemplo.

Uma referência de 1V acima do zero, pode confundir todo o sistema e este apresentar mal funcionamento. Por este motivo, o sistema de aterramento para circuitos eletrônicos deve ser exclusivo. Observe que exclusivo não significa separado (veja meu artigo sobre o tema no anexo deste e-book). O que se pretende é criar uma interligação de referência entre os equipamentos, que seja o mais perto possível deles, e também não sofram influências de outros equipamentos que por ventura possam afetá-los.

Então, na prática, podemos usar na sala onde os equipamentos estão uma malha ou mesmo uma chapa para que esta referência seja o mais perto e limpa possível, mas seja lá o que for usado nesta equipotencialização, haverá a necessidade de se interligar ao sistema de aterramento principal da edificação. Veja o que a 5410 recomenda ligar ao barramento de equipotencialização funcional:

**6.4.5.2** *Ao barramento de equipotencialização funcional podem ser ligados:*

- a) quaisquer dos elementos que devam ser ligados ao BEP da edificação (ver 6.4.2.1);*
- b) condutores de aterramento de dispositivos de proteção contra sobretensão;*
- c) condutores de aterramento de antenas de radiocomunicação;*
- d) condutor de aterramento do polo aterrado de fontes de corrente contínua para os ETI;*
- e) condutores de aterramento funcional;*
- f) condutores de equipotencialização suplementares.*

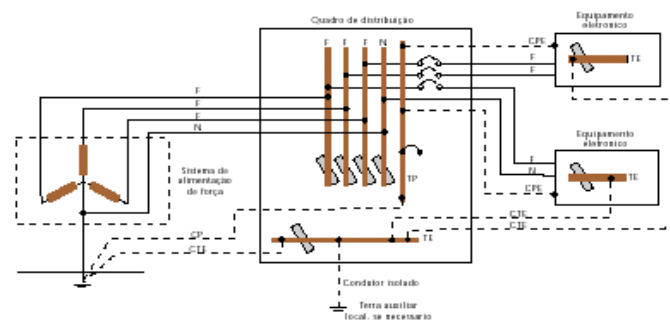
*NOTA: É recomendável incluir as armaduras do concreto da edificação na equipotencialização funcional, mediante solda elétrica ou conectores de pressão adequados.*

Mais dois itens complementam as recomendações para aterramento funcional:

**6.4.5.3** *O barramento de equipotencialização funcional, de preferência em cobre, pode ser nu ou isolado e deve ser acessível em toda a sua extensão por exemplo, sobre superfícies ou em eletrocalha ou canaleta. Condutores nus devem ser isolados nos suportes e na travessia de paredes, para evitar corrosão.*

**6.4.5.4** *A seção do barramento de equipotencialização funcional deve ser dimensionada como um condutor de equipotencialização principal, de acordo com 6.4.4.1.1.*

Vejamos dois exemplos extraídos do livro de aterramento editado pelo Procobre que apresentam os sistemas de aterramento de referência:

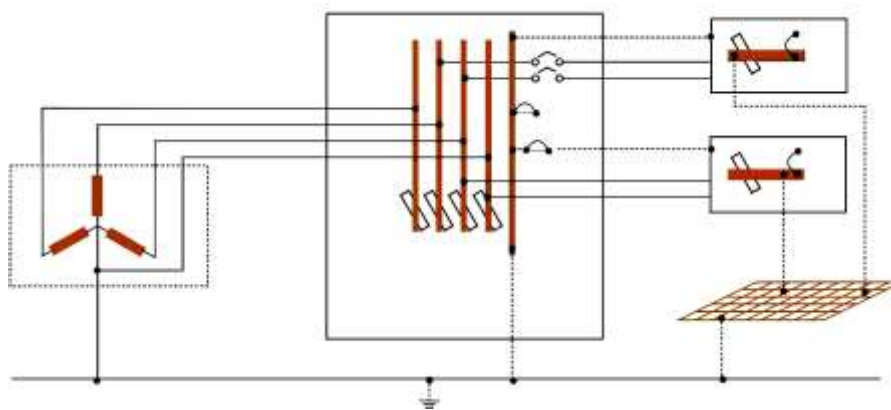


#### Legenda

|                                                                                                |                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| F - Fase                                                                                       | C.P.E. - Condutor isolado de proteção dos quadros de equipamentos eletrônicos. |
| N - Neutro                                                                                     | C.T.E. - Condutor isolado de aterramento das T.E.                              |
| T.P. - Barra de aterramento que recebe o condutor de proteção (retorno de defeito fase-terra). | C.T. - Condutor isolado de aterramento da T.E. do quadro de distribuição.      |
| T.E. - Barra de terra de referência para equipamentos eletrônicos - isolada do quadro.         | C.P. - Condutor de aterramento da T.E. do quadro de distribuição.              |

**FIGURA 19 SISTEMA DE ATERRAMENTO DE REFERÊNCIA**

Observe que neste caso o aterramento de referência do sistema eletrônico é interligado a um eletrodo de aterramento exclusivo, como foi citado anteriormente. Mas, observe também, que este sistema exclusivo é equipotencializado no sistema de aterramento do prédio.



**FIGURA 20**

Neste sistema de Malha de Terra de Referência - MTR, a interligação do ponto de referência dos equipamentos eletrônicos são interligados a uma malha que pode ser instalada sobre um piso falso, por exemplo, e esta malha é equipotencializada ao sistema de aterramento predial.

## TEMPORÁRIO

O sistema de aterramento temporário, como o nome diz, tem a função temporária de garantir a equipotencialização em sistemas que possam ser energizados por um acidente e devem garantir que os profissionais não sofram com o potencial, seja seccionando dispositivos de proteção ou garantindo tensões abaixo da tensão limite.

O aterramento temporário aparece na NR-10 como um dos itens da desenergização e, como tal, deve ser instalado de acordo com o procedimento de trabalho seguro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este e-book não tem a pretensão de esgotar o assunto e tampouco ser fonte única de consulta, até porque o assunto aterramento é relativamente complexo, mas, mais do que isso, é um assunto que tem várias verdades, pois depende além de vários fatores, o segmento que você está estudando.

Neste e-book, eu me referenciei ao aterramento predial, aquele feito nas residências e comércios de pequeno e médio porte. A base para a construção deste material foi a norma técnica em vigor enquanto eu escrevia, ABNT NBR 5410/2004.

***Durante a elaboração deste e-book tal norma estava sendo revisada, portanto se encontrar divergências no texto lido e as normas, peço que me informe.***

O e-book tentou abordar os conceitos de aterramento e equipotencialização, e principalmente, tentou responder as perguntas mais frequentes elaboradas durante os anos de palestra para profissionais que venho realizando desde 2001 pelo Brasil. Espero ter sanado, ou melhor, aumentado sua dúvida. Se isso ocorreu (aumento de dúvidas), significa que você está no caminho certo. Quanto mais se aprende, mais temos dúvidas.

Já diz uma propaganda em TV aberta: não são as respostas que movem o mundo, mas sim, as perguntas.

## ANEXO I

### ATERRAMENTO EXCLUSIVO OU SEPARADO

O sistema de aterramento é um conjunto de medidas que tem por objetivo várias funções, como por exemplo, desligamento automático de dispositivos de proteção, como DR e disjuntores, controle de tensões, estabilização do sistema de energia frente à transitórios, escoamento de cargas estáticas, segurança de pessoas e animais, na equipotencialização do sistema, além de fornecer planos de referência para equipamentos eletrônicos. É com relação a este último item, referência para circuitos eletrônicos que quero desenvolver este artigo. Isto não significa que não tenha relação com os demais itens em que o aterramento participa.

Antes, uma breve explanação sobre a necessidade do aterramento em circuitos eletrônicos. A maioria dos circuitos eletrônicos atuais usa o aterramento como referência para a tensão de alimentação em DC. Apesar dos transformadores, o aterramento do circuito é importante para manter a referência “zero” para os circuitos. Se esta referência varia, os sistemas, sejam eles digitais ou analógicos, poderão interpretar o sinal errado e, com isto, funcionarem erroneamente.

Voltando ao aterramento, ao longo da história, o aterramento sofreu várias modificações. Começamos com o uso do próprio sistema de **aterramento dos sistemas de força** para aterrar equipamentos sensíveis, porém devido a vários problemas como circulação de correntes de várias fontes, induções eletromagnéticas, correntes de neutro, descargas atmosféricas esta referência deixa de ser “quieta”, causando problemas para o circuito sensível. O segundo passo foi criar **sistemas isolados**, ou seja, criar um sistema independente do sistema de força para que este fosse a referência para os equipamentos eletrônicos. A ideia foi interessante, mas esbarrou em 3 problemas. O primeiro foi com relação aos acoplamentos resistivos e capacitivos, pois criar um sistema de aterramento separado exigiria distâncias grandes e, assim poderia haver problemas tanto de

localização como criação de loops e problemas para equalizar altas frequências. Mas o principal deles foi com relação à segurança, uma vez que circuitos com aterramento isolado, que usam a carcaça metálica como referência, não estariam equipotencializados com o sistema de força, podendo causar riscos para as pessoas, ou do contrário, equalizando o potencial dos invólucros, mas não dos sistemas poderia criar um potencial diferente e causar danos aos circuitos. Partiu-se então para criação do **sistema de ponto único**, que cria um sistema exclusivo para aterramento dos equipamentos sensíveis, porém este sistema exclusivo não é isolado, pois é equalizado com os demais sistemas de aterramento existentes na edificação. Veja abaixo uma representação deste sistema.

Podemos observar que as referências dos circuitos eletrônicos são interligadas em uma barra de aterramento diferente do sistema de aterramento da carcaça, mas esta barra do aterramento dos circuitos eletrônicos é equipotencializada com os demais sistemas de aterramento, formando um único eletrodo. O último passo da evolução do sistema de aterramento foi a criação da **Malha de Terra de Referência (MTR)** ou *Signal Reference Grid* (SRG), que resolveu o problema principal dos demais sistemas que é a equalização para altas frequências. Com o mesmo princípio do sistema de ponto único, o objetivo é reunir todos os pontos de aterramento eletrônico em um ponto, que neste caso é uma malha que pode estar instalada abaixo do piso elevado de salas. Veja a representação abaixo:

Da mesma forma que o sistema de ponto único, a malha de referência de sinal deve ser interligada ao sistema de aterramento da edificação para garantir a equipotencialização dos aterramentos, garantindo assim a segurança de todos e o bom funcionamento dos sistemas de proteção.

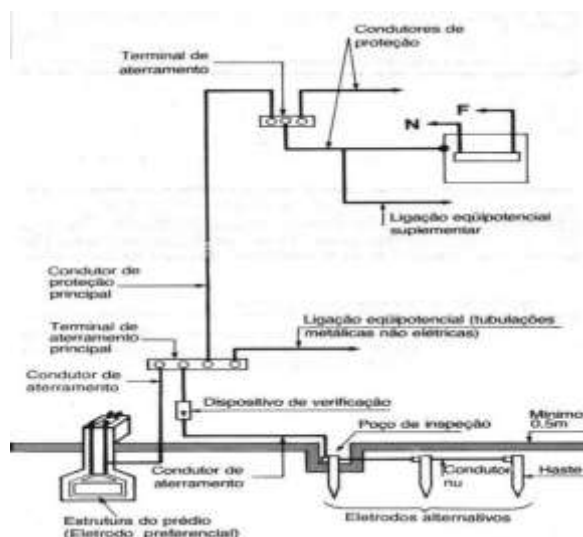
O objetivo deste artigo foi tentar esclarecer um dos grandes mitos que acontecem diariamente, principalmente nas indústrias, o mito do "ATERRAMENTO SEPARADO PARA

MEU EQUIPAMENTO”, pois já tive oportunidade de me deparar com este problema, em que o fabricante do equipamento ou o responsável por ele, informa que se o sistema não for separado você perderá a garantia do equipamento e outras tantas coisas. Neste caso, o que se deseja é um sistema de aterramento **EXCLUSIVO** e não separado.

## ANEXO 2

### OS ORFÃOS DOS 10 OHMS

Desde que a norma ABNT NBR 5419/2015 foi publicada em junho de 2015, temos encontrado muitos profissionais preocupados com seus relatórios, pois nesta versão da norma o valor, que era recomendado e não obrigatório, de resistências abaixo de 10 Ohms, foi removida. Da mesma forma, a ABNT NBR 5410/2004 traz o texto – A menor resistência possível – sem definir valores. Sim, parece interessante, mas muitos profissionais se baseavam no valor encontrado no terrômetro para definir se um sistema de aterramento ou mesmo SPDA estava “bom ou não” se podia ser “aprovado ou não”. É fato que quanto menor a resistência do sistema de eletrodo à terra, melhor para o sistema como um todo; mas basear-se somente em um valor é um problema grande, pois o sistema de aterramento em uma instalação elétrica é constituído de eletrodo, barramento de equipotencialização principal – BEP, barramento de aterramento local – BEL, condutores de aterramento ou proteção – fio terra e a conexão com o equipamento (veja ilustração abaixo). No caso de SPDA, o sistema é composto por captação, descida e sistema de aterramento, então basear todo o sistema em um único valor de aterramento é mais ou menos como basear o diagnóstico do motor de um carro pela rotação, não é mesmo?



O intuito deste artigo é mostrar que o valor de resistência é importante, mas não é o único parâmetro que devemos nos basear para ter a confirmação de um bom sistema de aterramento. A integridade dos eletrodos, a certeza das conexões entre o sistema de aterramento e os equipamentos, e também a avaliação de que estas conexões estão bem feitas, a equipotencialização do sistema e, principalmente, a avaliação do sistema como um todo devem fazer parte da confirmação para afirmar que o sistema de aterramento está OK.

Em relação aos 10 Ohms, sempre me perguntei: “Após medir a resistência e encontrar valores acima de 10 Ohms, era e ainda é uma prática realizar ações para reduzir o valor, como gel, tratamento de solo, carvão etc. Será que após este tratamento de solo, você retorna para verificar o valor, digamos na semana seguinte? No mês seguinte? Depois de três meses?” É bem provável que não. Então o processo todo dos 10 Ohms tem um objetivo maior, que é a SUA CONSCIÊNCIA e não o sistema de aterramento.

Pense nisso!

\* ABNT NBR 5410/2004 – Norma para instalações elétricas em baixa tensão

\*\* ABNT NBR 5419/2015 – Norma para sistemas de proteção contra descargas atmosféricas – SPDA

*Edson Martinho – Engenheiro Eletricista, Pós graduado em Marketing e Docência do Ensino Superior, autor do livro – Distúrbios da Energia Elétrica, E-book – Qualidade da Energia – da informação à Mitigação, Diretor Técnico do portal Universo Lambda e Diretor Executivo da ABRACOPEL e instrutor da Lambda Cursos.*

## BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR 5410/2004

ABNT NBR 5419/2015

ABNT NBR 15749/2009 - medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento

ABNT NBR 7117/2012 – Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo

Aterramento Elétrico – Manual de aterramento do Procobre – Hilton Moreno e Roberto Mena Barreto

NR-10

<http://sistemadeaterramento.blogspot.com.br/>

Universo Lambda – universolambda.com.br

Wikipédia (ver no texto duas referencias)