



# 14 - Dispositivos de Prote o e Aterramento

## Apresenta o

Nesta aula, nós estudaremos o sistema de aterramento elétrico e suas fun es de prote o, aprendendo a diferenciar os conceitos de terra, neutro e massa, bem como veremos alguns tipos de aterramento e dispositivos usados na prote o de circuitos em instala es elétricas prediais.

### Objetivos

- Diferenciar os conceitos de terra, neutro e massa.
- Conhecer e distinguir alguns dispositivos de prote o de circuitos em instala es elétricas.
- Conhecer os diferentes sistemas de aterramento elétrico utilizados para prote o de instala es elétricas e entender a influência do valor da resistência de aterramento na eficiência desse sistema.

## Conceitos fundamentais

Quando ocorrem curtos-circuitos e fugas de corrente em instala es elétricas,   fundamental que a corrente de falha seja eliminada o mais rápido possível para minimizar os danos às instala es e às pessoas. Alguns dispositivos de prote o e os sistemas de aterramentos elétricos visam fazer isso de forma eficiente e segura.

Vimos que, quando ocorre uma falha de curto-circuito, a corrente de uma instala o elétrica "pega um atalho" por um caminho de menor resistência elétrica. Vimos também que a corrente não "pega esse atalho" impunemente, ela pode causar muita bagunça:

queimar equipamentos ou até mesmo provocar choques elétricos nas pessoas em contato com o circuito elétrico.

Assim, é desejável que, nessa situação, a corrente seja rapidamente desviada de volta para a fonte de onde veio, interrompendo o circuito o mais rápido que for possível, por meio de sistemas de aterramento e dispositivos de proteção, para tentar minimizar possíveis danos materiais e aos seres humanos.

Enquanto alguns dispositivos de proteção visam interromper a corrente que poderá causar danos a equipamentos e pessoas, um sistema de aterramento elétrico procura fornecer para a corrente de risco um caminho mais rápido “para casa”, de modo a desviar a sua passagem por dispositivos, componentes ou pessoas que possam ser danificados ou afetados por ela.

## Dispositivos de proteção

Pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e em especial pela NBR 5410, que trata das recomendações para instalações elétricas de baixa tensão, em sua seção 5.1, fica estabelecido que, em caráter geral, para que a proteção contra choques elétricos possa garantir segurança, devem existir dois tipos de proteção: a básica e a supletiva. Nesse sentido, a proteção básica visa garantir que as partes vivas perigosas não devam ser acessíveis, e a proteção supletiva visa garantir que as massas ou partes condutivas acessíveis não devam oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, em caso de alguma falha que as tornem acidentalmente vivas.

A norma apresenta ainda um terceiro tipo de proteção, a adicional, obrigatória em situações em que o perigo do choque elétrico é maior do que o normal. Em uma situação normal, as proteções básica e supletiva são suficientes para garantir a proteção contra choques elétricos. Na proteção básica, dentre as medidas citadas pela norma – como adequadas para a proteção contra choques elétricos – está, em situação de risco, o seccionamento automático da alimentação, medida esta que é normalmente atendida em instalações elétricas prediais por dispositivos fusíveis e disjuntores.

As primeiras referências ao fusível que se tem notícia datam já do século 17, no entanto, a primeira patente registrada só veio a ocorrer em 1880, feita por Thomas Edison, numa tentativa de criar um produto inicialmente pensado para proteger o filamento da lâmpada incandescente recém-descoberta.

Com o tempo, os fusíveis ganharam alto desempenho, designs modernos e tamanhos reduzidos, embora mantenham até hoje o mesmo conceito, que é o de um filamento (que se funde ao ser percorrido por uma corrente, superior a sua corrente nominal, causada por uma sobrecarga ou por um curto-circuito) emerso em um envoltório que, dependendo da aplicação, pode ser, por exemplo, cerâmico, de vidro, de papel etc., como alguns mostrados na Figura 1.



**Figura 1** - Alguns padrões/modelos de fusíveis usados na proteção de circuitos elétricos.

**Fonte:** <<https://www.google.com.br/#q=fusiveis> Acesso em: 8 jun. 2014.

Os disjuntores distinguem-se dos fusíveis por serem dispositivos que podem ser rearmados após sua atuação. Com função semelhante à dos fusíveis, os disjuntores possuem uma corrente nominal definida. Ultrapassado esse limite, após um pequeno intervalo de tempo, há o desarme automático do dispositivo, protegendo, dessa maneira, os componentes da instalação. Embora não se saiba ao certo quando o disjuntor tenha sido inventado, seu surgimento em escala industrial ocorreu entre a segunda e a terceira década do século vinte.

O fusível apresenta, em geral, mais simplicidade e menor custo que o disjuntor, embora apresente o inconveniente de, após atuar, ter de ser substituído, ao passo que o disjuntor, após o seu desarme, pode ser rearmado e reutilizado.

A Figura 2 mostra dois disjuntores termomagnéticos. O primeiro para uso em instalações elétricas monofásicas (fase – neutro) e o segundo para instalações elétricas trifásicas.



**Figura 2** - Disjuntores termomagnéticos

**Fonte:** <<http://www.luzville.com.br/novo/produtos.php?pagina=29&catprod=&maxprod=18> Acesso em: 10 jul. 2014.>

## Atenção

Quando um disjuntor ou um fusível atua, o usuário não deve simplesmente rearmá-lo (caso do disjuntor) ou substituí-lo (caso do fusível) sem antes buscar a causa elétrica que provocou o desarme do disjuntor ou a queima do fusível.

## Atividade 01

1. Procure na internet sobre disjuntores termomagnéticos e descreva que fatores influenciam e como atuam na proteção de circuitos de instalações elétrica prediais.

# Diferencial-Residual (DR)

Tanto o fusível como o disjuntor podem funcionar como dispositivos de proteção contra choques elétricos, contudo, como suas sensibilidades para detectar alguma falta na corrente dos condutores são baixas, normalmente, o dispositivo – apontado pela NBR 5410 como sendo o adequado – é o Diferencial Residual, mais conhecido como DR. O funcionamento desse dispositivo consiste na verificação da soma vetorial de todas as correntes que percorrem os condutores de uma instalação elétrica. Em condições normais, o somatório será igual a zero (equipotencialidade garantida, que é mais uma das medidas apontada pela NBR 5410 a ser tomada para prevenção do choque elétrico). Caso haja alguma falta de corrente ou fuga de corrente para a terra, o DR acusa seccionando o circuito ou desligando o equipamento sob sua proteção. Atualmente, o DR pode vir adicionado a um disjuntor, conjunto conhecido por DDR – Disjuntor Diferencial Residual ou acoplado a um interruptor, conjunto conhecido por IDR – Interruptor Diferencial Residual.

## Atividade 02

1. Busque na internet mais informações sobre os DDR e IDR. Quando usar um ou outro? Qual a sensibilidade de corrente desses dispositivos? Existe alguma classificação quanto a essa sensibilidade de corrente? Se sim, qual?

## Atividade 03

1. Para alguns autores, o dispositivo DR funciona como um verdadeiro inspetor de qualidade da instalação elétrica. Por que será? Associe sua resposta às medidas de equipotencialização desejáveis em qualquer instalação elétrica.

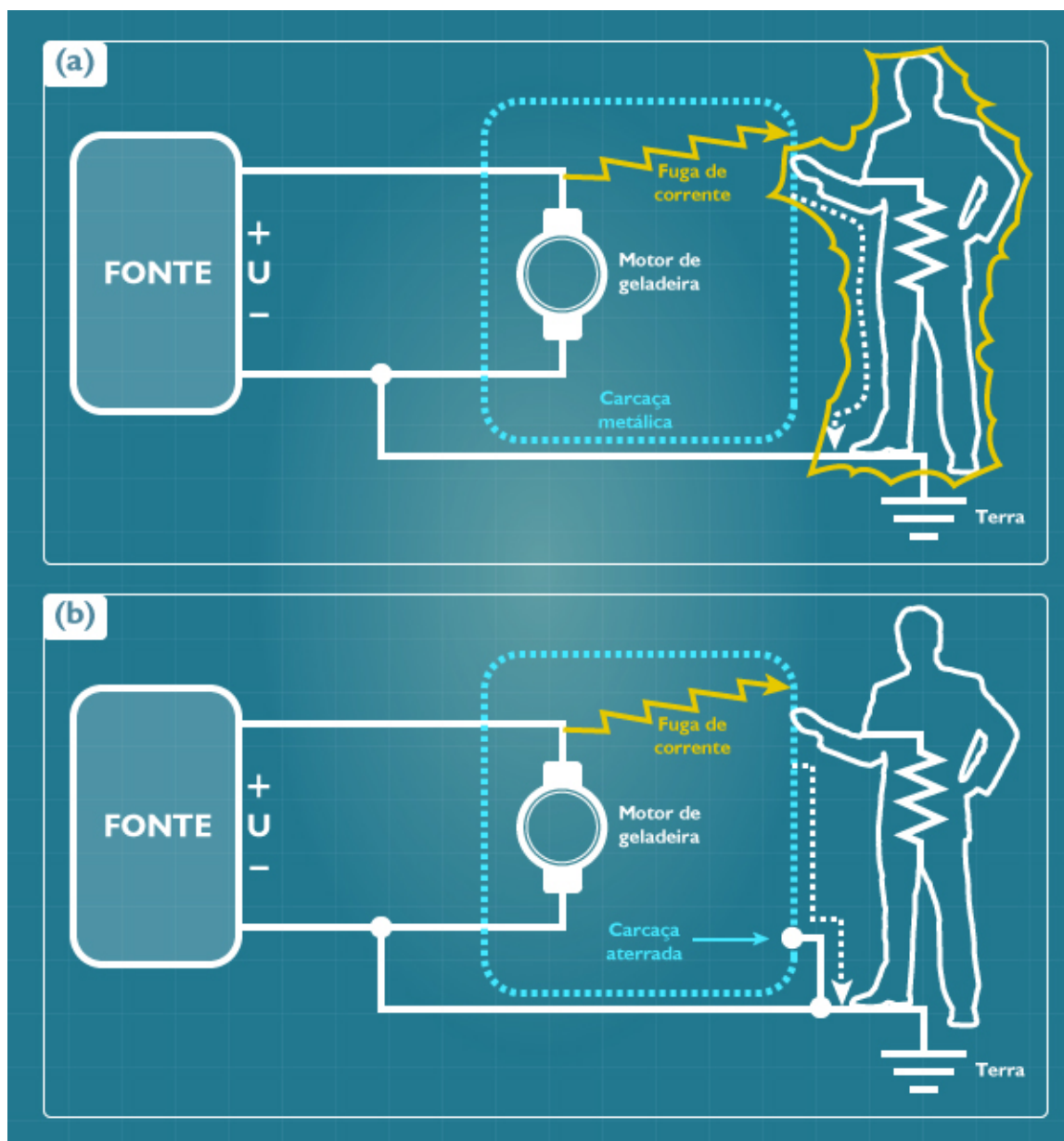
## Sistemas de aterramento

No caso dos sistemas de aterramento, a intenção é criar um caminho de resistência elétrica mínima, por onde a maior parte da corrente de fuga possa ser desviada. Como a terra pode ser considerada como um grande condutor elétrico, a ideia é desviar a corrente de fuga para ela, de modo que através dela, a corrente retorne rapidamente à fonte.

A **Figura 3** ilustra esse conceito. Na **Figura 3a**, temos um circuito alimentando um equipamento elétrico, por exemplo, uma geladeira, cuja carcaça metálica não está aterrada. Suponha que, por algum motivo, acontece um curto-circuito (por exemplo, o fio de alimentação descascado encosta na carcaça metálica da geladeira).

A fuga de corrente para a carcaça resulta na acumulação de uma carga estática nela. Na hora em que alguém for abrir a geladeira tocando na sua porta, a tendência é que a fuga de corrente para a carcaça procure o menor caminho para a terra, nesse caso, através da baixa resistência do corpo da pessoa, descendo pela sua mão, braço, corpo e perna até a terra, de modo a retornar à fonte. Aí temos um choque elétrico que pode ter graves consequências.

Se, no entanto, como mostrado na **Figura 3b**, a carcaça da geladeira estiver conectada a terra através de um condutor de baixa resistência (menor que a resistência do corpo da pessoa), a maior parte da corrente de fuga vai ser redirecionada para esse atalho, diminuindo o risco de acontecer um choque grave.



**Figura 3** - Geladeira dando choque: (a) sem aterramento: a corrente de fuga circula para a terra através do corpo da pessoa; (b) com aterramento: a maior parte da corrente de fuga é desviada para terra através do “fio terra”.

**Fonte:** Autoria própria.

Quando a carcaça é aterrada, durante um curto-circuito, a corrente de fuga passa dela para a terra. Como essa corrente geralmente é elevada, o fusível ou o disjuntor que protege a instalação atua interrompendo o circuito e evitando que pessoas possam levar choque. Se a carcaça não estiver aterrada, o desvio da corrente para a terra vai ocorrer assim que uma pessoa tocar no aparelho, ocasionando o choque.

Assim, em ordem de ocorrência, podemos destacar três funções principais para o sistema de aterramento:

- a. descarregar para a terra cargas estáticas acumuladas na carcaça de aparelhos, máquinas e equipamentos elétricos e eletrônicos;
- b. facilitar a ação de equipamentos de proteção (fusíveis e disjuntores) através do desvio da corrente para a terra;
- c. prover um caminho alternativo da corrente para a terra, protegendo o usuário.

Em equipamentos eletrônicos com componentes e circuitos integrados muito sensíveis (PCs, equipamentos médicos, equipamentos científicos etc.), a acumulação de uma carga elétrica estática na sua carcaça pode induzir correntes elétricas que resultem na queima dos seus circuitos eletrônicos, de forma que um bom aterramento elétrico é indispensável. Na hora de dimensionar um bom aterramento é que entra o técnico e o engenheiro eletricitista.

## Atividade 04

1. Procure tabelas que mostrem níveis de corrente aceitáveis e que não causem danos físicos às pessoas.

Sabemos que a tensão elétrica é a medida da diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um circuito. Quando dizemos que a tensão sobre um resistor é de 10 V, estamos dizendo que a diferença de potencial elétrico entre eles é 10 V. Isto é, o potencial do terminal por onde a corrente “entra” é 10 V em relação ao terminal por onde a corrente “sai”, e vice-versa. O potencial do terminal por onde a corrente “sai” do resistor é -10 V em relação àquele por onde a corrente “entra”.

Assim, para medir potenciais elétricos, precisamos de um ponto de referência, ao qual atribuímos arbitrariamente o potencial zero, ou **potencial de referência**. Como o planeta Terra tem a capacidade de absorver uma quantidade imensa de carga elétrica, seja positiva, seja negativa, ele pode ser considerado como um imenso condutor de cargas elétricas.

Por essa razão, costumamos medir potenciais em relação à Terra, convencionando o seu potencial como zero volts, ou seja, convencionamos que a terra está no **potencial de referência** ou **potencial terra**. No entanto, não necessariamente o potencial de referência precisa ser a Terra. Por exemplo, em um dispositivo eletrônico alimentado por baterias, como um telefone celular, não existe nenhuma conexão elétrica com a Terra. Nesses casos, costumamos arbitrar o potencial de referência (zero volts) ao polo negativo da bateria, que, por vício de linguagem, chamamos também de **terra do circuito**, embora não tenha nenhuma conexão com a terra propriamente dita.

## Atividade 05

1. Ao tocar um condutor de neutro de uma instalação elétrica o que poderá ocorrer? Considere em sua resposta situações de equipotencialidade e de não equipotencialidade da instalação elétrica do fio de neutro tocado.

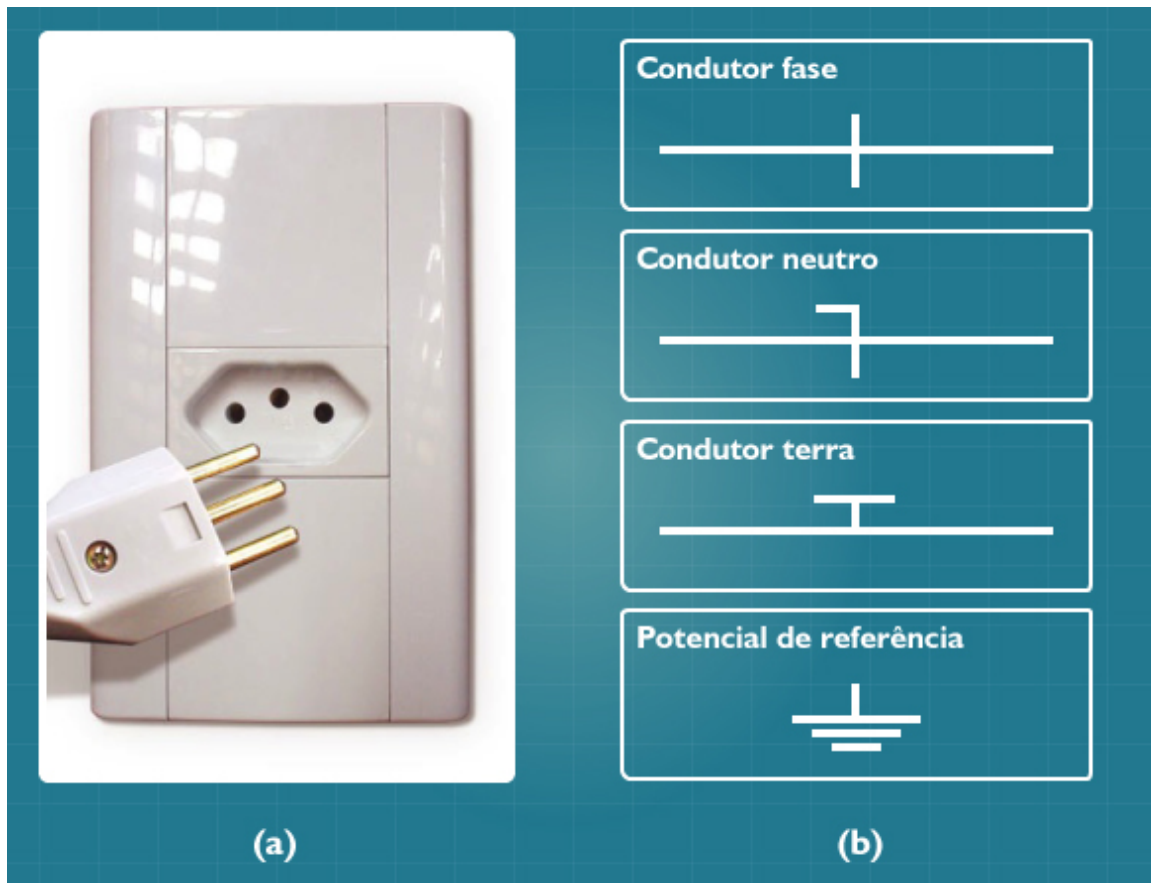
Podemos fazer uma analogia entre o circuito elétrico e um sistema hidráulico. Se tivermos, por exemplo, uma caixa d'água no teto de uma casa ligada por um cano a uma piscina no seu quintal, a pressão da água da caixa em relação ao chão da piscina é maior do que a pressão da água na superfície da piscina em relação ao seu chão.

Como a caixa está mais alta que a superfície da piscina em relação ao seu fundo, a diferença de pressão entre ambas faz com que a água corra pelo cano da caixa para a piscina. Assim, podemos imaginar a pressão da água como sendo análoga ao potencial elétrico. A diferença de pressão entre a caixa e a piscina é análoga à diferença de potencial elétrico (tensão) entre os terminais do resistor.

O fluxo de água através do cano é análogo à corrente elétrica que circula no resistor. Indo mais longe com a nossa analogia, imaginemos dois lagos situados em diferentes altitudes e ligados por um rio. A pressão da água irá fazer com que esta corra pelo rio do lago mais alto para o lago mais baixo. No planeta Terra, a maioria da água nos continentes vai correndo de lagos mais altos para lagos mais baixos por meio de rios, indo finalmente desaguar no mar.

Lembram-se da música Riacho do navio, de Luiz Gonzaga e Zé Dantas? "Riacho do navio corre pro Pajeú, o Rio Pajeú vai despejar no São Francisco, o Rio São Francisco vai bater no meio do mar [...]." Pois bem, é disso mesmo que estamos falando. Assim como convencionamos medir a altitude dos lagos em relação ao nível do mar, de forma análoga, convencionamos atribuir à Terra o potencial de referência (zero volts), em relação ao qual medimos o potencial elétrico de todos os outros pontos de um circuito elétrico.

Você já deve ter visto uma tomada elétrica. De acordo com o novo padrão brasileiro de tomadas elétricas, cada plugue possui três pinos: fase, neutro e terra. A **Figura 4** mostra a disposição deles em uma tomada e a simbologia adotada para os condutores elétricos associados. O condutor de fase pode ser da cor vermelha, preta ou branca; o condutor neutro é da cor azul clara e o condutor terra é verde-amarelo ou verde. Na Figura 4b é mostrada como esses condutores e o potencial de referência de terra são representados em projetos e esquemas de instalações elétricas.

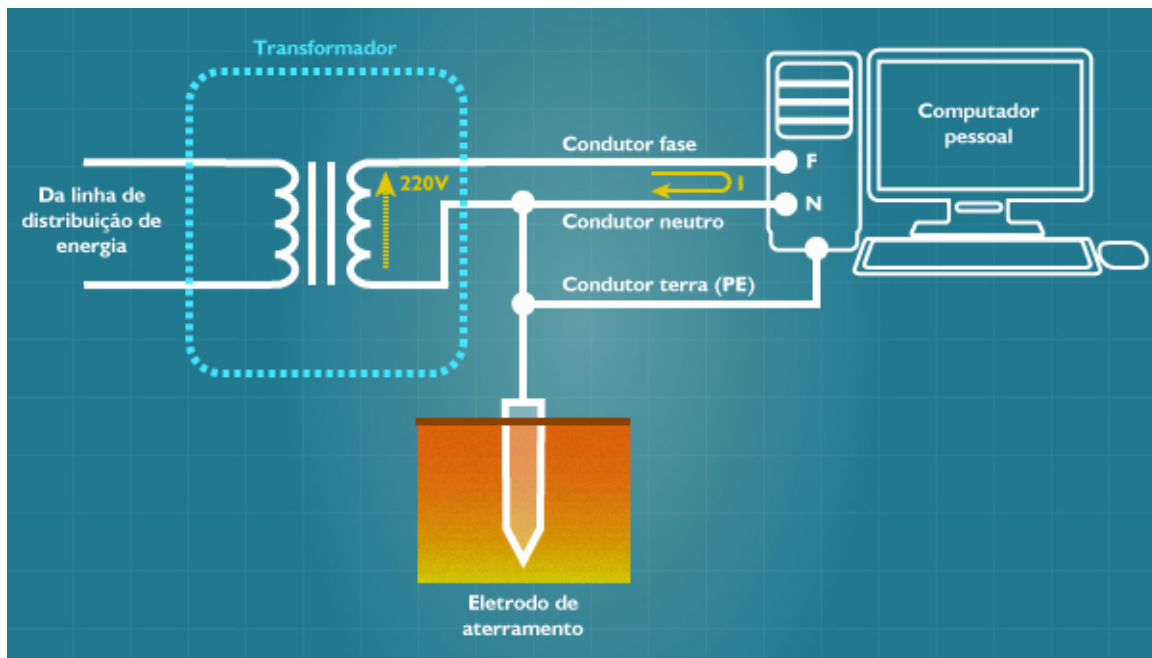


**Figura 4** - Neutro, terra e fase: (a) novo padrão de tomadas elétricas; (b) simbologia

**Fonte:** (a) Adaptada de: <<http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EDG78045-6010,00-AS+NOVAS+TOMADAS.html>>; (b) Autoria própria. Acesso em: 16 out. 2011.

Antes de continuar o nosso estudo, vamos diferenciar quatro conceitos fundamentais em circuitos e instalações elétricas que por vezes são confundidos: terra, neutro, massa e potencial de referência. Para ilustrar esses conceitos, analisemos a **Figura 5**, que mostra a ligação típica de um computador pessoal à rede elétrica de 220 V.

Na **Figura 5**, podemos perceber que a alimentação de 220 V que vem do transformador da concessionária de energia elétrica, na forma de um condutor fase e um condutor neutro, quando desce do poste para a caixa de entrada na casa do usuário, necessita de um eletrodo de aterramento (haste padrão) conectado ao condutor neutro, dentro da residência. O condutor neutro também é aterrado no transformador de distribuição da concessionária.



**Figura 5** - Instalação elétrica residencial típica  
**Fonte:** Autoria própria.

Assim, teoricamente, o neutro deveria estar no potencial de terra (zero volts). Acontece que as concessionárias geralmente transmitem e distribuem a energia elétrica no sistema trifásico. Se você já reparou nos fios de energia nos postes da rede de distribuição, deve ter constatado que geralmente vemos quatro fios. Desses quatro fios, três são condutores de fase e o quarto é o neutro. As três fases transmitem, como já vimos, correntes alternadas “defasadas” no tempo, ou seja, que atingem seus valores máximos e mínimos em instantes diferentes.

Em uma vizinhança, uma fase (mais o neutro) fornece energia a um grupo de consumidores, enquanto as outras fases alimentam outros grupos de consumidores. Se acontecer de duas fases alimentarem consumidores com características de consumo muito diferentes (por exemplo, uma fase alimenta residências, enquanto outra alimenta uma indústria), pode ocorrer um **desbalanceamento de fases**. Nessa situação, essa diferença pode fazer com que o potencial do neutro flutue e assumam valores diferentes do potencial de terra.

Voltando à nossa análise da **Figura 5**, podemos perceber que o computador está conectado aos condutores de fase e neutro (que vêm da rede elétrica), cuja diferença de potencial é 220 V. O neutro está ligado a terra por meio de um eletrodo de aterramento (haste de aterramento), justamente para evitar que o seu potencial flutue em relação a terra.

Assim, a corrente que alimenta o computador vem pelo condutor de fase e retorna à rede pelo neutro. Já a carcaça metálica do computador, a qual também chamamos de **massa**, também está conectada por um condutor, denominado de **condutor terra**, ao

eletrodo de aterramento. Assim, **neutro** (identificado pela letra N) é o condutor procedente da linha de distribuição de energia elétrica pelo qual se dá o retorno de corrente à rede elétrica, enquanto **terra** (identificado pelas letras PE – **Proteção Elétrica**) é o condutor que liga a carcaça metálica (massa) do aparelho ou equipamento elétrico à haste de aterramento.

Enquanto normalmente a corrente circula pelo neutro, pelo condutor terra só deve circular corrente transitoriamente em situações de falha; por exemplo, quando ocorrer uma fuga de corrente para a carcaça, desviando-a para o eletrodo de terra.

## Atividade 06

1. Conceitue condutor terra e condutor neutro, destacando as diferenças entre eles.

## Tipos de aterramento

Existem diversas formas de se configurar um sistema de aterramento. O condutor neutro sempre deve ser aterrado na entrada da instalação do consumidor. Dependendo da aplicação, um tipo de aterramento pode ser mais adequado do que outros. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma NBR 5410, padroniza as especificações dos possíveis tipos de aterramento. Antes de apresentar os mais utilizados, vamos detalhar a nomenclatura estabelecida pela ABNT para sistemas de aterramento. O aterramento é executado com o emprego de:

- **Condutor de proteção:** liga as massas e condutores que não fazem parte da instalação entre si e/ou a um terminal de aterramento principal. É denotado pelas letras **PE** (Proteção Elétrica). Quando o condutor combina as funções de proteção e neutro, é designado pelas letras **PEN**.
- **Eletrodo de aterramento:** condutor ou conjunto de condutores em contato direto com a terra, ligados ao terminal de aterramento. Quando constituído por uma barra metálica rígida, é denominado **haste de aterramento**. Quando constituído por um conjunto de condutores interligados, é denominado **malha de aterramento**.

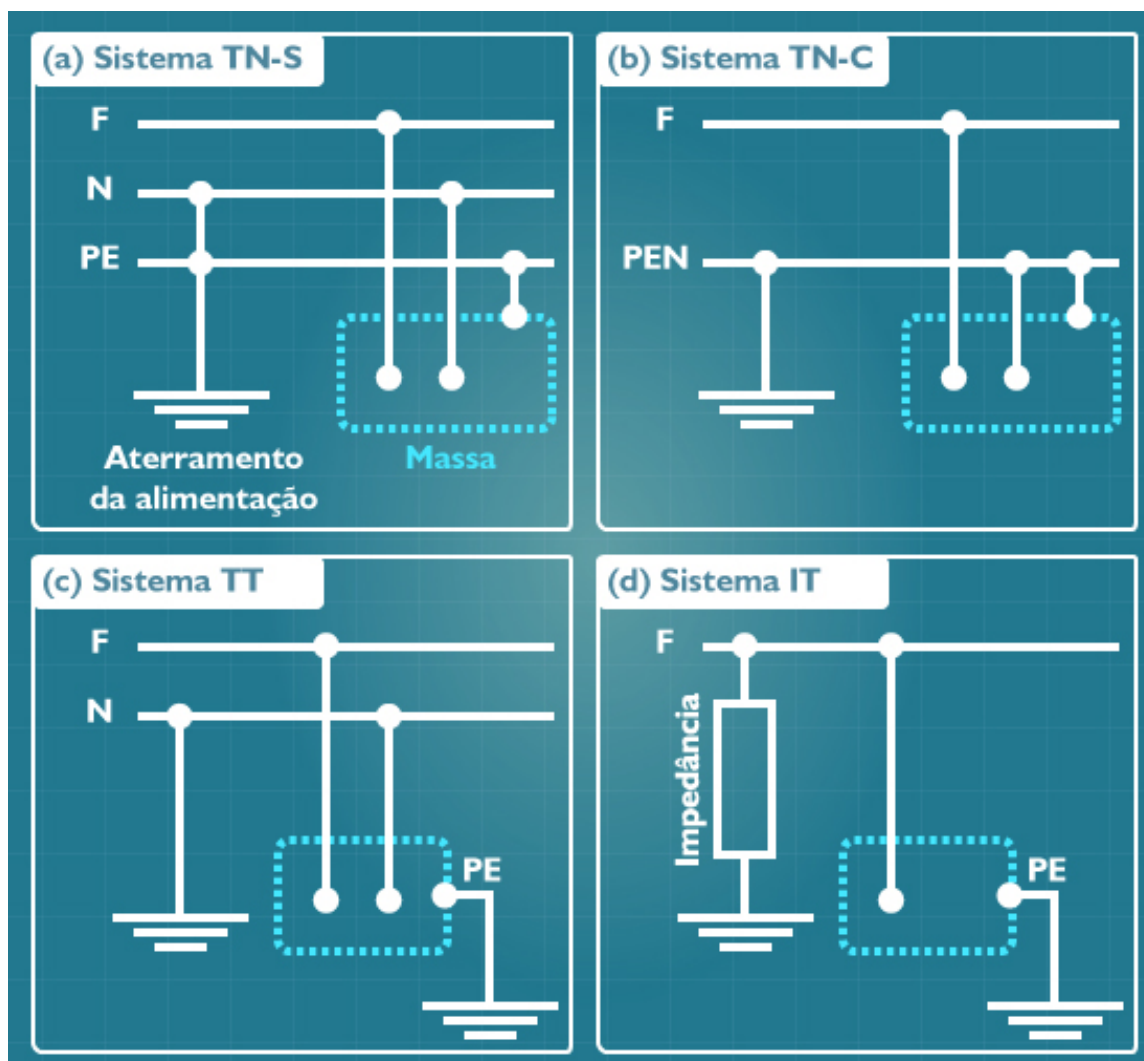
Os principais sistemas de aterramento são descritos a seguir, conforme ilustrados na **Figura 6**.

### Sistema TN-S

Nesse sistema, o neutro (N) é aterrado na entrada e o condutor de proteção (PE), também ligado ao eletrodo de aterramento, é usado como fio terra, sendo ligado diretamente à massa do equipamento.

### Sistema TN-C

Nesse sistema, o neutro e o fio terra são combinados em um único condutor (PEN), sendo aterrado logo na entrada. No equipamento, é ligado ao terminal de neutro da tomada e à massa. Pelo fato de combinar neutro e terra em um mesmo condutor, esse sistema não é muito aconselhável.



**Figura 6** - Principais sistemas de aterramento.

**Fonte:** Autoria própria

### Sistema TT

Nesse sistema de aterramento, o neutro é aterrado na entrada da alimentação e é conectado de forma independente ao terminal de neutro da tomada do equipamento. Por sua vez, a massa é aterrada através de uma haste independente da haste do neutro. Por

usar aterramentos separados para neutro e massa, esse sistema é mais eficiente que os anteriores.

## Sistema IT

Nesse sistema, a alimentação é aterrada por meio de uma impedância. As massas são aterradas sem passar por ela, de preferência com uma haste de aterramento independente para cada uma delas. A impedância tem a função de limitar a corrente de curto-circuito, evitando que aconteçam sobretensões severas no equipamento.

Dentre os sistemas descritos, em instalações residenciais deve-se preferir, sempre que possível, o sistema TT. Caso este não seja possível por razões de operação ou por razões estruturais, dar preferência à instalação do sistema TN-S. Optar pelo sistema TN-C somente se for de fato impossível implantar qualquer um desses dois sistemas. O sistema de aterramento IT é utilizado em instalações especiais, por exemplo, instalações industriais ou hospitalares, em que sobretensões excessivas nos equipamentos não são toleradas e em que se deve minimizar a interrupção de funcionamento dos equipamentos.

Vamos dar uma trégua e retornar com a complementação sobre aterramento na próxima aula, na qual o associaremos com os problemas que podem advir de descargas atmosféricas, trovões e, usando uma expressão popular, “raios que os partam”. Como piada, usa-se dizer que: “Em dia de tempestades e trovoadas, o local mais seguro é perto da sogra, pois não há raio que a parta”.

## Resumo

Nesta aula, você teve informações sobre um sistema de aterramento elétrico e suas funções de proteção. Aprendeu a diferenciar os conceitos de terra, neutro e massa, bem como viu alguns tipos de aterramento e dispositivos usados na proteção de circuitos de instalações elétricas prediais. Nesse contexto, deve ter compreendido e tomado consciência sobre a necessidade de um bom aterramento para garantir a proteção das instalações elétricas, dos equipamentos e das pessoas.

## Autoavaliação

1. Conceitue potencial de referência, terra, neutro e massa.
2. Qual é a importância do aterramento para a proteção das pessoas e equipamentos elétricos?

3. Descreva os principais sistemas de aterramento elétrico.
4. Conceitue resistência de aterramento. Por que a resistência de aterramento deve ser a menor possível?
5. Quais os tipos possíveis de aterramentos usados em instalações elétricas residenciais? Qual o mais aconselhável? Por quê?

## Referências

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 15. ed. São Paulo: LTC, 2007.

LIMA, Flávia. Frutos da necessidade. **Coleção Elétrica**, São Paulo, v. 3, p. 12-17, [20--?]. Disponível em: <[http://www.instalacoeselétricas.com/download/colecao\\_eletrica3.pdf](http://www.instalacoeselétricas.com/download/colecao_eletrica3.pdf)>. Acesso em: 8 jun. 2014.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. São Paulo: LTC, 2010.

MORENO, H. **Instalações elétricas residenciais**. [S.l.]: Elektro/Pirelli, 2003.

NEGRISOLI, M. E. M. **Instalações elétricas: projetos prediais em baixa tensão**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

NISKIER, J.; MACINTYRE, J. A. **Instalações elétricas**. São Paulo: LTC, 1992.