

## Capítulo V

# Proteção contra choques elétricos

Por Eduardo Daniel\*

O princípio fundamental associado às medidas de proteção contra choques especificadas na norma ABNT NBR 5410:2004 pode ser descrito como:

- Partes vivas perigosas não devem ser acessíveis; e
- Massas ou partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, em caso de alguma falha que as tornem acidentalmente vivas.

Deste modo, a proteção contra choques elétricos compreende, em caráter geral, dois tipos de proteção:

- Proteção básica
- Proteção supletiva

Os conceitos e princípios da proteção contra choques elétricos adotados são aqueles já definidos na norma IEC 61140. Os conceitos de "proteção básica" e de "proteção supletiva" correspondem, respectivamente, aos conceitos de "proteção contra contatos diretos" e de "proteção contra contatos indiretos". São exemplos de proteção básica:

- Isolação básica ou separação básica;
- Uso de barreira ou invólucro;
- Limitação da tensão.

Exemplos de proteção supletiva podem ser:

- Equipotencialização e seccionamento automático da alimentação;
- Isolação suplementar;
- Separação elétrica.

A regra geral da proteção contra choques elétricos é que o princípio enunciado acima seja assegurado, no mínimo, pelo conjunto de proteção básica e de proteção supletiva, mediante combinação de meios independentes ou mediante aplicação de uma medida capaz de prover ambas as proteções, simultaneamente.

Podem ser previstas exceções que indicam, respectivamente, os casos em que se admite uma proteção apenas parcial e os casos em que se admite mesmo omitir qualquer proteção contra choques elétricos.

Os casos em que se exige proteção adicional contra choques elétricos são especificados mais abaixo e na seção 9 da ABNT NBR 5410:2004. São exemplos de proteção adicional contra choques elétricos a realização de equipotencializações suplementares e o uso de proteção diferencial residual de alta sensibilidade.

Diferentes medidas de proteção podem coexistir em uma mesma instalação. Na norma ABNT NBR 5410:2004, na expressão "medida de proteção contra choques", o termo "medida" é usado para designar

providências que atendem à regra geral da proteção contra choques, isto é, capazes de prover a proteção básica mais proteção supletiva, pelo menos. O termo "meio", na expressão "meio de proteção", é usado para qualificar um recurso enquanto proteção supletiva, ou enquanto proteção básica.

A condição de proteção básica deve ser assegurada por isolamento das partes vivas e/ou pelo uso de barreiras ou invólucros, conforme anexo B da ABNT NBR 5410:2004. A proteção supletiva deve ser assegurada, conjuntamente, por equipotencialização e pelo seccionamento automático da alimentação.

A equipotencialização e o seccionamento automático da alimentação se completam 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.

As prescrições a seguir traduzem princípios básicos da equipotencialização aplicada à proteção, contra choques elétricos, apresentados de forma individual. Em situações reais, o atendimento de algum deles pode resultar automaticamente no atendimento de outros.

Inicialmente, todas as massas de uma instalação devem estar ligadas a condutores de proteção. As partes condutivas acessíveis

de componentes que sejam objeto de outra medida de proteção contra choques elétricos, diferentes da equipotencialização e seccionamento automático, não devem ser ligadas a condutores de proteção, salvo se seu aterramento ou equipotencialização for previsto por razões funcionais e isso não comprometer a segurança proporcionada pela medida de proteção associada. São exemplos de partes condutivas acessíveis não aterráveis, como regra geral: invólucros metálicos de componentes classe II, massas de equipamentos objeto de separação elétrica individual e massas de equipamentos classe III (alimentados por fonte SELV). A classificação dos componentes da instalação quanto à proteção contra choques elétricos (classes I, II e III) estão definidas na norma IEC 61140.

Em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal, nas condições especificadas e tantas equipotencializações suplementares quantas forem necessárias. Todas as massas da instalação situadas

em uma mesma edificação devem estar vinculadas à equipotencialização principal da edificação e, dessa forma, a um mesmo e único eletrodo de aterramento, independentemente de equipotencializações adicionais que se façam necessárias, para fins de proteção contra choques e/ou de compatibilidade eletromagnética.

As massas simultaneamente acessíveis devem estar vinculadas a um mesmo eletrodo de aterramento, também independente de equipotencializações adicionais que se façam necessárias, para fins de proteção contra choques e/ou de compatibilidade eletromagnética. Massas protegidas contra choques elétricos por um mesmo dispositivo, dentro das regras da proteção por seccionamento automático da alimentação, devem estar vinculadas a um mesmo eletrodo de aterramento, sem prejuízo de equipotencializações adicionais, para fins de proteção contra choques e/ou de compatibilidade eletromagnética. A "vinculação" referida não deve ser

interpretada com o sentido restrito de ligação direta ao eletrodo de aterramento. Na maioria dos casos práticos, essa ligação é indireta, via condutores de proteção: graças à estrutura ramificada constituída pelos condutores de proteção, cria-se uma interligação natural entre o eletrodo de aterramento e as massas, por mais distantes que se situem.

Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão. Um condutor de proteção pode ser comum a mais de um circuito e admite-se que alguns elementos sejam excluídos das equipotencializações:

- Suportes metálicos de isoladores de linhas aéreas fixados à edificação que estiverem fora da zona de alcance normal;
- Postes de concreto armado em que a armadura não é acessível;
- Massas que, por suas reduzidas dimensões (até aproximadamente 50 mm x 50 mm) ou por sua disposição, não possam

ser agarradas ou estabelecer contato significativo com parte do corpo humano, desde que a ligação a um condutor de proteção seja difícil ou pouco confiável. Isso se aplica, por exemplo, a parafusos, pinos, placas de identificação e grampos de fixação de condutores.

O princípio do seccionamento automático da alimentação, sua relação com os diferentes esquemas de aterramento e aspectos gerais referentes à sua aplicação e as condições em que se torna necessária proteção adicional são descritos a seguir:

**a) Princípio do seccionamento automático** — Um dispositivo de proteção deve seccionar

automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento por ele protegido sempre que uma falta (entre parte viva e massa ou entre parte viva e condutor de proteção) no circuito ou equipamento der origem a uma tensão de contato superior ao valor pertinente da tensão de contato limite UL. As tensões de contato limite para diferentes situações, em função das influências externas dominantes, são dadas no anexo C da norma ABNT NBR 5410:2004. No caso particular dos esquemas IT, em geral não é desejável nem imperioso o seccionamento automático quando da ocorrência de uma primeira falta;

**b) Seccionamento automático e esquemas de aterramento** — As condições a serem observadas no seccionamento automático da alimentação, incluindo o tempo máximo admissível para atuação do dispositivo de proteção, são aquelas estabelecidas nos respectivos itens da norma ABNT NBR 5410:2004, em 5.1.2.2.4.2, para o esquema de aterramento TN, em 5.1.2.2.4.3, para o esquema de aterramento TT e, em 5.1.2.2.4.4, para o esquema de aterramento IT;

**c) Tempos de seccionamento maiores (I)** — Independentemente do esquema

de aterramento, admite-se um tempo de seccionamento maior que os tratados na alínea b acima, mas não superior a 5s para circuitos de distribuição, bem como para circuitos terminais que alimentem unicamente equipamentos fixos, desde que uma falta no circuito de distribuição, circuito terminal ou equipamento fixo (para os quais esteja sendo considerado o tempo de seccionamento de até 5s) não propague para equipamentos portáteis ou equipamentos móveis deslocados manualmente em funcionamento ligados a outros circuitos terminais da instalação, uma tensão de contato superior ao valor pertinente de limite;

**d) Tempos de seccionamento maiores (II)** — Da mesma forma, admitem-se tempos de seccionamento maiores que os máximos impostos por uma determinada situação de influência externa, se forem adotadas providências compensatórias;

**e) Proteção adicional** — Se, na aplicação do seccionamento automático da alimentação, não for possível atender, conforme o caso, aos tempos de seccionamento máximos de que tratam as alíneas b), c) ou d), deve-se realizar uma equipotencialização suplementar conforme 5.1.3.1 da ABNT NBR 5410:2004.

## ESQUEMA TN

Para o esquema TN, devem ser obedecidas as prescrições descritas a seguir:

- A equipotencialização via condutores de proteção deve ser única e geral, envolvendo todas as massas da instalação e deve ser interligada com o ponto da alimentação aterrado, geralmente o ponto neutro;
- Recomenda-se o aterramento dos condutores de proteção em tantos pontos quanto possível. Em construções de porte, tais como edifícios de grande altura, a realização de equipotencializações locais, entre condutores de proteção e elementos condutivos da edificação, cumpre o papel

de aterramento múltiplo do condutor de proteção;

- O uso de um mesmo e único condutor para as funções de condutor de proteção e de condutor neutro (condutor PEN) está sujeito às condições exigidas nos itens da ABNT NBR 5410:2004 5.4.3.6, às prescrições de 6.4.6.2 e só é admitido em instalações fixas.

As características do dispositivo de proteção e a impedância do circuito devem ser tais que, ocorrendo em qualquer ponto uma falta de impedância desprezível entre um condutor de fase e o condutor de proteção ou uma massa, o seccionamento automático se efetue em um tempo no máximo igual ao especificado na tabela 25 da ABNT NBR 5410:2004.

No esquema TN, o seccionamento automático, visando proteção contra choques elétricos, pode ser usado os seguintes dispositivos de proteção:

- Dispositivos de proteção a sobrecorrente;
- Dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR).

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.

Para tornar possível o uso do dispositivo DR, o esquema TN-C deve ser convertido, imediatamente, à 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.

Admite-se também que, na separação entre neutro e PE descrito acima, o condutor responsável pela função PE não seja ligado ao PEN, do lado fonte do dispositivo DR, mas a um eletrodo de aterramento qualquer, cuja resistência seja compatível com a

corrente de atuação do dispositivo. Neste caso, porém, o circuito assim protegido deve ser então considerado como conforme o esquema TT, aplicando-se as prescrições de 5.1.2.2.4.3.

### ESQUEMA TT

Devem ser obedecidas às prescrições descritas a seguir:

- No esquema TT, no seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos, devem ser usados dispositivos a corrente diferencial-residual (dispositivos DR);
- As tensões de contato limite para diferentes situações, em função das influências externas dominantes, são dadas no anexo C da ABNT NBR 5410:2004. Quando, em uma mesma instalação, houver massas em situações distintas (por exemplo, algumas massas sob influências externas caracterizáveis como situação 1 e outras massas na situação 2) e vinculadas ao mesmo eletrodo de aterramento, deve ser adotado o menor valor de tensão limite.

### ESQUEMA IT

Para o esquema IT devem ser obedecidas as prescrições descritas a seguir:

- No esquema IT, a alimentação é isolada da terra ou aterrada por meio de uma impedância de valor suficientemente elevado. Neste caso, o ponto aterrado é o ponto neutro da alimentação ou um ponto neutro artificial. Na hipótese de ponto neutro artificial, pode-se ligá-lo diretamente à terra se sua impedância de sequência zero for alta o suficiente;
- A necessidade de reduzir sobretensões e amortecer as oscilações de tensão pode conduzir a uma instalação IT com aterramento via impedância ou pontos neutros artificiais. As características desse aterramento devem ser compatíveis com as da instalação.
- Em uma instalação IT, a corrente de falta, no caso de uma única falta à massa ou à

terra, é de pequena intensidade, não sendo imperativo o seccionamento automático da alimentação. Entretanto, devem ser tomadas providências para evitar o risco de tensões de contato perigosas no caso da ocorrência de uma segunda falta, envolvendo outro condutor vivo.

Considerando as razões que normalmente motivam a adoção do esquema IT, a opção por esse esquema na prática perde sentido, se a primeira falta não for localizada e eliminada o quanto antes. Para que não seja obrigatório o seccionamento automático quando de uma primeira falta à terra ou à massa, as tensões de contato limite para diferentes situações, em função das influências externas dominantes, são dadas no anexo C da ABNT NBR 5410:2004.

Quando, em uma mesma instalação, houver massas em situações distintas (por exemplo, algumas massas sob influências externas caracterizáveis como situação 1 e outras massas na situação 2) e ligadas ao mesmo eletrodo de aterramento, deve ser adotado o menor valor de tensão limite.

Deve ser previsto um dispositivo supervisor de isolamento (DSI) para indicar a ocorrência de uma primeira falta à massa ou à terra. Esse dispositivo deve acionar um sinal sonoro e/ou visual, que deve perdurar enquanto a falta persistir. Caso existam as duas sinalizações, sonora e visual, admite-se que o sinal sonoro possa ser cancelado, mas não o visual, que deve perdurar até que a falta seja eliminada. A primeira falta deve

ser localizada e eliminada o mais rápido possível. Por essa razão, recomenda-se o uso de sistemas supervisórios de localização de faltas.

O seccionamento automático da alimentação visando proteção contra choques elétricos, na ocorrência de uma segunda falta, deve ser equacionado seguindo-se as regras definidas para o esquema TN ou TT, dependendo de como as massas estão aterradas:

- Quando a proteção envolver massas ou grupos de massas vinculadas a eletrodos de aterramento distintos, as condições aplicáveis são aquelas prescritas para o esquema TT;
- Quando a proteção envolver massas ou grupos de massas que estejam todas interligadas por condutor de proteção (vinculadas todas ao mesmo eletrodo de aterramento), as considerações aplicáveis são aquelas do esquema TN, devendo ser atendidas as condições adicionais de controle definidas na mesma seção da ABNT NBR 5410:2004;
- No esquema IT, no seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos na ocorrência de uma segunda falta, podem ser usados os seguintes dispositivos de proteção:
  - dispositivos de proteção a sobrecorrente;
  - dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR).

Os tempos de seccionamento máximos no esquema IT (segunda falta) estão definidos na Tabela 26 da ABNT NBR 5410:2004, transcrita na Tabela 1.

**TABELA 1 – TEMPOS DE SECCIONAMENTO MÁXIMOS NO ESQUEMA IT**

TENSÃO NOMINAL DO circuito		TEMPO DE SECCIONAMENTOS (s)			
U (V)	U <sub>0</sub> (V)	NEUTRO NÃO DISTRIBUÍDO		NEUTRO DISTRIBUÍDO	
		Situação 1	Situação 2	Situação 1	Situação 2
208, 220, 230	115, 120, 127	0,8	0,4	5	1
380, 400	220, 230	0,4	0,2	0,8	0,5
440, 480	254, 277	0,4	0,2	0,8	0,5
690	400	0,2	0,06	0,4	0,2

#### NOTAS

- 1 - U é a tensão nominal entre fases, valor eficaz em corrente alternada.
- 2 - U<sub>0</sub> é a tensão nominal entre fase e neutro, valor eficaz em corrente alternada.
- 3 - Para valores intermediários de tensão deve ser adotado o valor da tabela.

## ISOLAÇÃO DUPLA OU REFORÇADA

A isolação dupla ou reforçada é uma medida em que:

- A proteção básica é provida por uma isolação básica e a proteção supletiva por uma isolação suplementar; ou
- As proteções básica e supletiva, simultaneamente, são providas por uma isolação reforçada entre partes vivas e partes acessíveis.

A aplicação desta medida como única medida de proteção – por exemplo, na forma de circuitos ou partes da instalação constituídas inteiramente de componentes com dupla isolação ou com isolação reforçada – só é admitida se forem tomadas todas as providências para garantir que eventuais alterações posteriores não venham a colocar em risco a efetividade da medida. Além disso, não se admite, em nenhuma circunstância, a aplicação da isolação dupla ou reforçada como única medida de proteção em linhas que incluam pontos de tomada. As providências mencionadas acima podem incluir o controle direto e permanente por pessoas qualificadas ou advertidas (BA5 ou BA4, ver tabela 18 da ABNT NBR 5410:2004).

No uso da isolação dupla ou reforçada como medida de proteção, distinguem-se duas possibilidades:

- a) Componentes já providos de origem com isolação dupla ou reforçada;
- b) Componentes nos quais a isolação dupla ou reforçada é provida durante a execução da instalação.

No caso da alínea a), as prescrições pertinentes são, respectivamente da ABNT NBR 5410:2004, as de 5.1.2.3.2 e, no caso da alínea b), as de 5.1.2.3.3. No caso particular de linhas elétricas, devem ser observadas também as prescrições de 5.1.2.3.4, conforme descrito a seguir.

*No caso de isolação dupla ou reforçada de origem, os componentes devem ter sido submetidos aos ensaios de tipo, marcados conforme as normas aplicáveis e ser:*

- a) *Componentes com isolação dupla ou reforçada (equipamentos classe II); ou*
- b) *Conjuntos com isolação total (ver ABNT NBR IEC 60439-1 partes 1 e 3 e IEC 60439 partes 2, 4 e 5).*

Sobre classificação dos componentes da instalação quanto à proteção contra choques elétricos (classes I, II e III), deve ser examinada a norma internacional IEC 61140.

A instalação dos componentes (fixação, ligação dos condutores, etc.) deve ser realizada, de modo a não prejudicar a proteção de origem a eles provida, de acordo com as respectivas normas.

## ISOLAÇÃO DUPLA OU REFORÇADA PROVIDA NA INSTALAÇÃO

Uma isolação suplementar, no caso de componentes dotados de isolação básica, ou uma isolação dupla ou reforçada, no caso de

componentes sem qualquer isolação, deve ser provida na forma de invólucros isolantes que satisfaçam os requisitos abaixo. A isolação suplementar, dupla ou reforçada provida, deve resultar em uma segurança equivalente à dos componentes.

Só se admite o uso de isolação reforçada, no caso de componentes sem qualquer isolação, se as condições não permitirem o uso de isolação dupla. O invólucro isolante destinado a prover isolação suplementar – caso de componentes dotados de isolação básica de origem ou de componentes aos quais foi provida, preliminarmente, isolação básica na fase de instalação – deve possuir grau de proteção no mínimo IPXXB ou IP2X. O invólucro isolante não deve ser atravessado por partes ou elementos condutivos suscetíveis de propagar um eventual potencial. O invólucro isolante não deve possuir parafusos de material isolante cuja substituição por parafusos metálicos possa comprometer o isolamento proporcionado pelo invólucro.

Quando o invólucro isolante tiver que

ser atravessado por partes de acoplamentos mecânicos (por exemplo, alavancas de comando de dispositivos ou equipamentos contidos no interior do invólucro), estas devem ser arranjadas de forma a não comprometer a proteção (supletiva) proporcionada pelo invólucro. Quando o invólucro isolante comportar tampas ou portas que possam ser abertas sem o auxílio de ferramenta ou chave, deve haver uma barreira isolante que impeça o contato acidental das pessoas com partes condutivas que, de outra forma, sem a barreira, poderiam se tornar acessíveis com a abertura da tampa ou porta. Essa barreira deve garantir grau de proteção no mínimo IPXXB ou IP2X e só pode ser removida com o uso de ferramenta.

Partes condutivas situadas no interior do invólucro isolante não devem ser ligadas a condutores de proteção. Caso seja necessária a travessia do invólucro isolante por condutores de proteção integrantes de circuitos destinados a alimentar outros equipamentos, os condutores de proteção em questão e suas

conexões devem ser isolados como se fossem partes vivas e, além disso, suas conexões devem ser adequadamente marcadas ou identificadas.

Da mesma forma, partes condutivas acessíveis e partes condutivas intermediárias não devem ser ligadas a condutor de proteção, salvo se isso for solicitado e instruído nas especificações do equipamento em questão, particularmente por razões que não a proteção contra choques. Além disso, o invólucro não deve prejudicar o funcionamento do equipamento por ele protegido.

*\*Eduardo Daniel é engenheiro eletricista, pós-graduado em sistemas de potência, mestre em Energia pelo PPGE do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP. É consultor da MDJ Assessoria e Engenharia Consultiva, superintendente da Certiel Brasil e coordenador da Comissão de Estudos 03:64-001 do CB3 da ABNT, que revisa a norma de instalações elétricas de baixa tensão.*

#### CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)  
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para [redacao@atituedeeditorial.com.br](mailto:redacao@atituedeeditorial.com.br)