

# Proteção contra Choques

## 1. Proteção contra choque por contato direto

A proteção contra choque por contato direto visa impedir um contato involuntário com uma parte condutora destinada a ser submetida a uma tensão não havendo defeito. Esta regra se aplica igualmente ao condutor neutro. A maneira de impedir este acesso constitui as medidas de proteção. Cada uma das medidas tem características específicas. A proteção contra contatos diretos deve ser assegurada por meio de:

proteção por isolamento das partes vivas,  
proteção por meio de barreiras ou invólucros,  
proteção por meio de obstáculos,  
proteção parcial por colocação fora de alcance.

### 1.1 Isolação

A medida de proteção contra choque por contato direto por isolamento é considerada como realizada quando a isolamento recobrir o total da parte viva por material isolante capaz de suportar uma matéria durável aos inconvenientes ou condições mecânicas, elétricas ou térmicas às quais ela pode ser submetida, além disto é necessário que esta matéria isolante só possa ser retirada por destruição.

No caso dos equipamentos e materiais montados em fábrica, a isolamento deve atender às prescrições relativas às normas desses equipamentos e materiais. Quando a isolamento for feita durante a execução da instalação, a qualidade desta isolamento deve ser verificada através de ensaios análogos aos destinados a verificar a qualidade da isolamento de equipamentos similares industrializado. As tintas, vernizes, lacas e produtos análogos não são, geralmente, considerados como constituindo uma isolamento suficiente no quadro da proteção contra os contatos diretos.

### 1.2 Barreiras ou invólucros

Quando a isolamento das partes vivas for inviável ou não for conveniente para o funcionamento adequado da instalação. Estas partes devem estar protegidas contra o contato por barreiras ou invólucros. Estas barreiras ou invólucros devem satisfazer a NBR 6146, norma que define condições exigíveis aos graus de proteção providos por invólucros de equipamentos elétricos e especifica os ensaios de tipo para verificação das várias classes de invólucros.

As condições exigíveis pela NBR 6146 estão descritas no ANEXO 2. As partes vivas devem estar no interior de invólucros ou atrás de barreiras que confirmam pelo menos o grau de proteção IP3X. As superfícies superiores das barreiras ou dos invólucros horizontais que sejam facilmente acessíveis devem atender pelo menos ao grau de proteção IP4X. As barreiras e invólucros devem ser fixados de forma segura e possuir robustez e durabilidade suficientes para manter os graus de proteção e a apropriada separação das partes vivas nas condições normais de serviço, levando-se em conta as condições de influências externas relevantes.

A supressão das barreiras, a abertura dos invólucros ou coberturas ou a retirada de partes dos invólucros ou coberturas não deve ser possível a não ser:

- a) com a utilização de uma chave ou de uma ferramenta; e
- b) após a desenergização das partes vivas protegidas por essas barreiras, invólucros ou coberturas, não podendo ser restabelecida a tensão enquanto não forem recolocadas as barreiras, invólucros ou coberturas; ou

**NOTA:** Esta prescrição é atendida com utilização de intertravamento mecânico e/ou elétrico.

- c) que haja interposta uma segunda barreira ou isolamento que não possa ser retirada sem a desenergização das partes vivas protegidas por essas barreiras, e que impeça qualquer contato com as partes vivas.

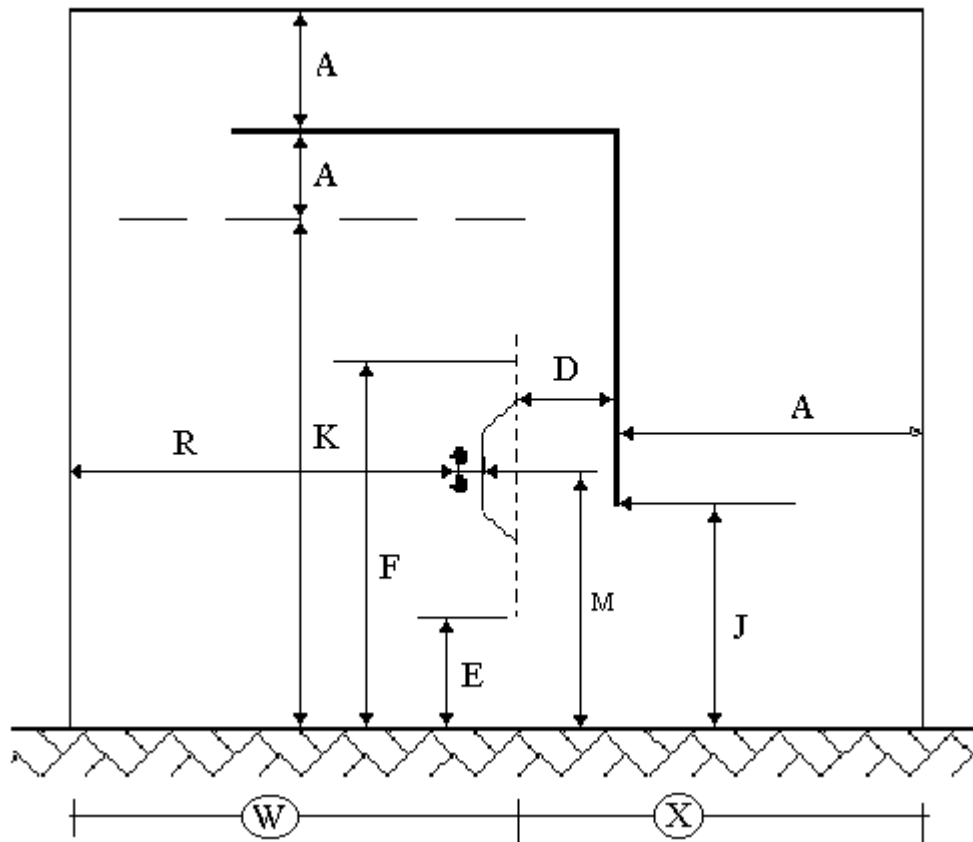
### 1.3 Obstáculos

Os obstáculos são destinados a impedir os contatos com partes vivas, mas não os contatos voluntários por uma tentativa deliberada de contorno do obstáculo. Os obstáculos devem impedir uma aproximação física não intencional das partes vivas (por exemplo, por meio de corrimões ou de telas de arame) e o contato não intencional com partes vivas por ocasião de operação de equipamentos sob tensão (por exemplo, por meio de telas ou painéis sobre os seccionadores). Os obstáculos podem ser desmontáveis sem a ajuda de uma ferramenta ou de uma chave, entretanto, devem ser fixados de forma a impedir qualquer remoção involuntária.

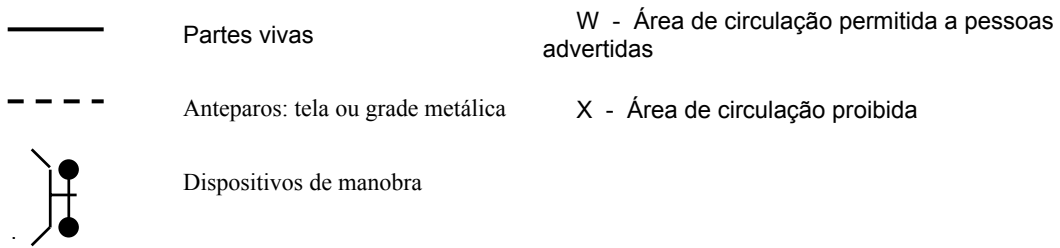
Quando a proteção é feita por intermédio de obstáculos, a eficácia permanente destes deve ser assegurada por sua natureza, seu comprimento, disposição, estabilidade, solidez e eventual isolamento, levando em conta às condições a que este está exposto.

### 1.4 Colocação fora de alcance

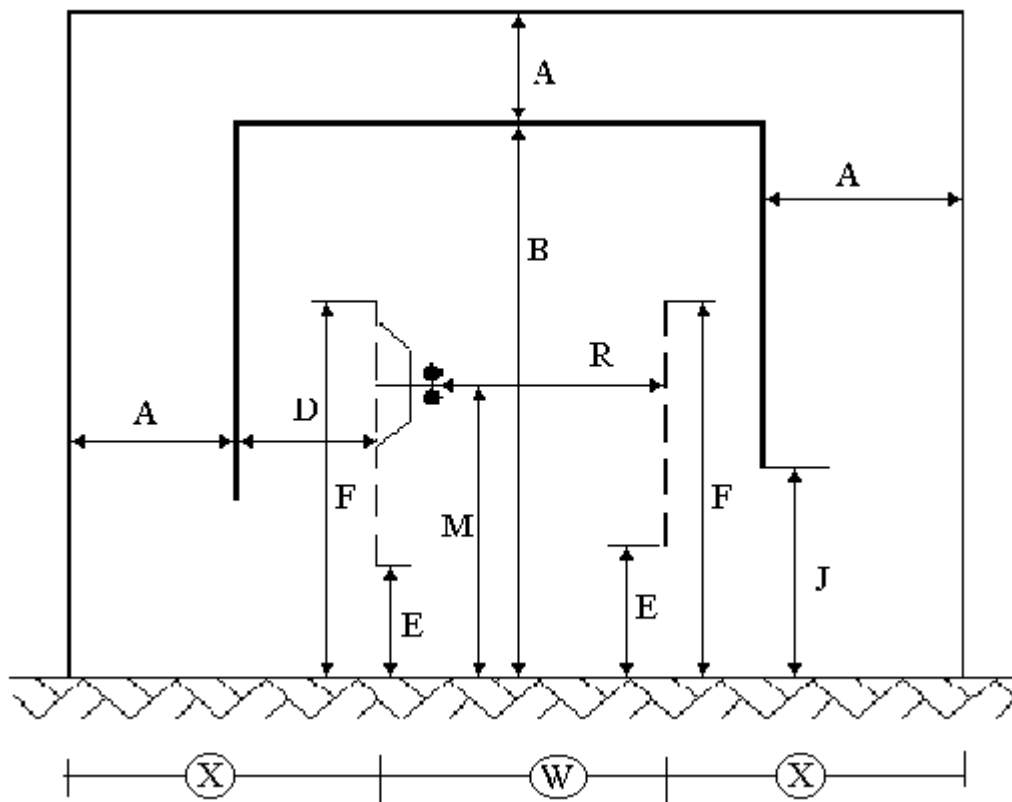
A colocação fora de alcance é somente destinada a impedir os contatos involuntários com as partes vivas. Quando há o espaçamento, este deve ser suficiente para que se evite que pessoas circulando nas proximidades das partes vivas em média tensão possam entrar em contato com essas partes, seja diretamente ou por intermédio de objetos que elas manipulem ou que transportem. Os espaçamentos mínimos previstos para instalações internas são definidos nas figuras 7(a) e 7(b) com os valores da tabela 20 e para instalações externas na figuras 8 com os valores da tabela 21.



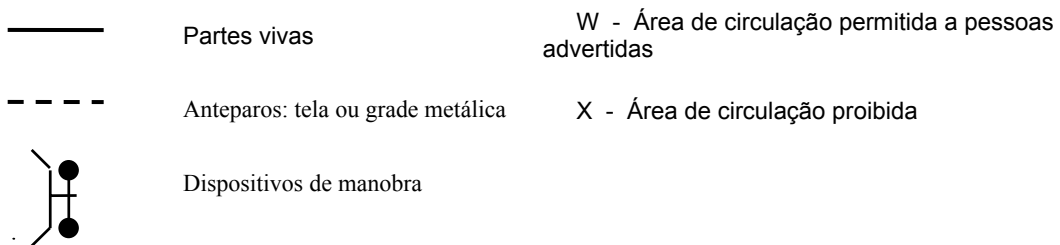
Convenções:



**Figura 7(a) – Espaçamento para instalações internas – circulação por um lado**



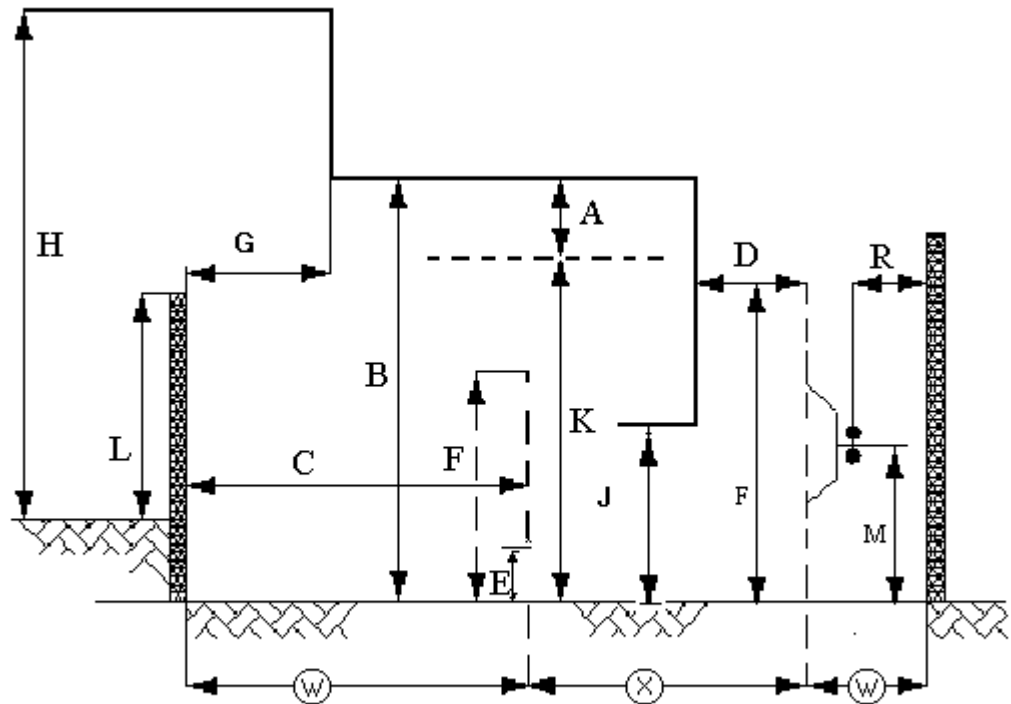
**Convenções:**



**Figura 7(b) – Espaçamento para instalações internas – circulação por mais de um lado**

**Tabela 20 – Espaçamento para instalações internas**

Dimensões mínimas (mm)		
D	300 até 24,2kV	Distancia entre a parte viva e um anteparo vertical
	400 para 36,2kV	
A	-	valores de distâncias mínimas da tabela 22
R	1200	locais de manobra
H	2700	altura mínima de uma parte viva c/ circulação
K	2000	Altura mínima de um anteparo horizontal
F	1700	Altura mínima de um anteparo vertical
J	E+300	altura mínima de uma parte viva sem circulação
Dimensões máximas (mm)		
E	300	Distância máxima entre a parte inferior de um anteparo vertical e o piso
malha	20	abertura da malha

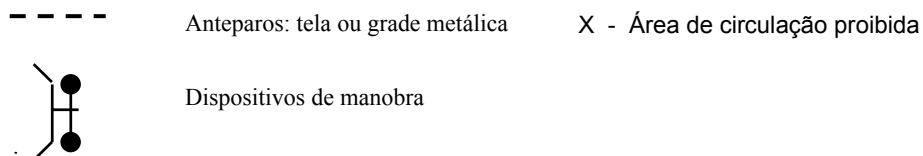


**Convenções:**



Partes vivas

W - Área de circulação permitida a pessoas advertidas



**Figura 8 – Espaçamento para instalações externas ao nível do piso**

**Tabela 21 – Espaçamento para instalações externas**

Dimensões mínimas (mm)		
A	-	valores de distâncias mínimas da tabela 22
G	1500	distância mínima entre a parte viva e a proteção externa
B	4000	altura mínima de uma parte viva na área de circulação
R	1500	locais de manobra
D	500	distância mínima entre a parte viva e um anteparo vertical
F	2000	altura mínima de um anteparo vertical
H	6000	em ruas, avenidas e entradas de prédios e demais locais com trânsito de veículos
	5000	em local com trânsito de pedestres somente
	9000	em ferrovias
	7000	em rodovias
J	800	altura mínima de uma parte viva na área de circulação proibida
K	2200	altura mínima de um anteparo horizontal
L	2000	altura mínima da proteção externa
C	2000	Circulação
Dimensões máximas (mm)		
E	600	distância máxima entre a parte inferior de um anteparo vertical e o piso
M	1200	altura dos punhos de acionamento manual
Malha	20	abertura das malhas dos anteparos

### 1.5 Prescrições relativas à seleção das medidas

As medidas de proteção devem ser escolhidas e realizadas de maneira a serem seguras e duráveis.

As medidas de proteção por isolamento das partes vivas e por meio de barreiras ou invólucros são aplicáveis em todas as condições de influências externas.

As medidas de proteção parcial por meio de obstáculos ou por colocação fora de alcance são admitidas em locais acessíveis somente a pessoas advertidas ou qualificadas. A proteção por colocação fora de alcance nos interiores dos edifícios só é aplicável às partes da instalação acessíveis somente às pessoas encarregadas da manutenção.

Se o distanciamento não é suficiente, neste caso devem ser colocados obstáculos abaixo dos condutores nus.

As linhas aéreas localizadas no interior dos edifícios que não são reservados aos eletricitistas são realizadas em cabos ou canalizações pré-fabricadas (condutores nus sob proteção metálica). Quando estas instalações são do tipo externa, faz-se o uso da proteção por colocação fora de alcance e não por posição de obstáculos, como o caso de linhas aéreas.

## 2. Proteção contra choque por contato indireto

As partes condutoras expostas dos componentes da instalação elétrica, acessíveis sem que seja necessário desmontar o componente, e que não fazem parte do circuito elétrico deste componente, é separado das partes vivas pela "isolação básica". Falhas nesta isolação básica tornarão vivas as partes condutoras expostas do componente.

Denomina-se contato indireto o toque de uma parte metálica normalmente não energizada de um aparelho elétrico que foi tornada viva por uma falha da isolação. Devem ser adotadas medidas para proteção contra esse risco. A proteção contra choque por contato indireto é o conjunto de medidas que visa impedir que apareça na instalação uma tensão de contato que possa resultar em risco de efeito fisiológico perigoso para as pessoas.

O valor máximo da tensão de contato adotado na NBR 14039 é baseado nos padrões internacionais. Estes padrões são definidos pela IEC 60479-1 – Efeitos da corrente sobre os seres humanos e animais domésticos edição de 1994. A tensão de contato pode aparecer na massa dos equipamentos ou nos elementos condutores estranhos à instalação, devido a um defeito de isolamento. A figura 1 apresenta a tensão de contato em função do tempo de exposição. O valor máximo da tensão de contato que pode ser mantida indefinidamente, de acordo com a IEC 60479-1, em condições especificadas de influências externas, é chamado de Tensão de contato limite convencional (UL), e é igual a:

50V em corrente alternada (valor eficaz) e 120 V em corrente contínua uniforme, nas instalações internas ou abrigadas,

25 V em corrente alternada (valor eficaz) e 60 V em corrente contínua uniforme, nas instalações externas.

### 2.1 Prescrições de proteção contra choque por contato indireto em MT

A prescrição fundamental para a proteção contra choque por contato indireto, é que a tensão de contato em qualquer ponto da instalação, não deve poder ser superior aos valores definidos na figura 1.

Esta regra é satisfeita se as massas são ligadas ao eletrodo de aterramento da instalação através de condutores de proteção nas condições especificadas para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento individualmente, por grupos ou coletivamente, mesmo que elas pertençam a instalações diferentes.

O objetivo é o de reduzir a tensão de contato a um valor não perigoso. Assim, a proteção contra choque por contato indireto em média tensão somente é assegurada pela realização de uma ligação equipotencial que deve compreender todos os elementos condutores simultaneamente acessíveis, sejam massas de equipamentos, sejam elementos condutores estranhos ao eletrodo de aterramento convenientemente projetado e construído.

Esta ligação equipotencial deve incluir, sempre que possível, as armaduras de aço do concreto armado utilizado na estrutura da edificação.

As ligações equipotenciais podem ser realizadas:

- por condutores de proteção que ligam as massas dos materiais elétricos eletrodos de aterramento,
- por condutores de proteção suplementar ligando as massas a outras massas ou a elementos condutores
- por elementos condutores que apresentam uma condutibilidade equivalente à resultante à do cobre e cuja continuidade elétrica é assegurada.

O condutor de proteção deve ser contínuo, isto é, não deve ter em série nenhuma outra parte metálica da instalação, nem emendas, e ser tão curto quanto possível. O condutor de proteção deve ser constituído por condutores de cobre ou alumínio, protegidos contra corrosão e de condutividade equivalente à do cobre de 25 mm<sup>2</sup> de seção, no mínimo, sempre que possível instalado de maneira visível e a salvo de danos, sem prejuízo de sua identificação. Como filosofia geral pode-se dizer que todas as partes condutoras não destinadas à condução de corrente elétrica devem ser ligadas permanentemente à terra.

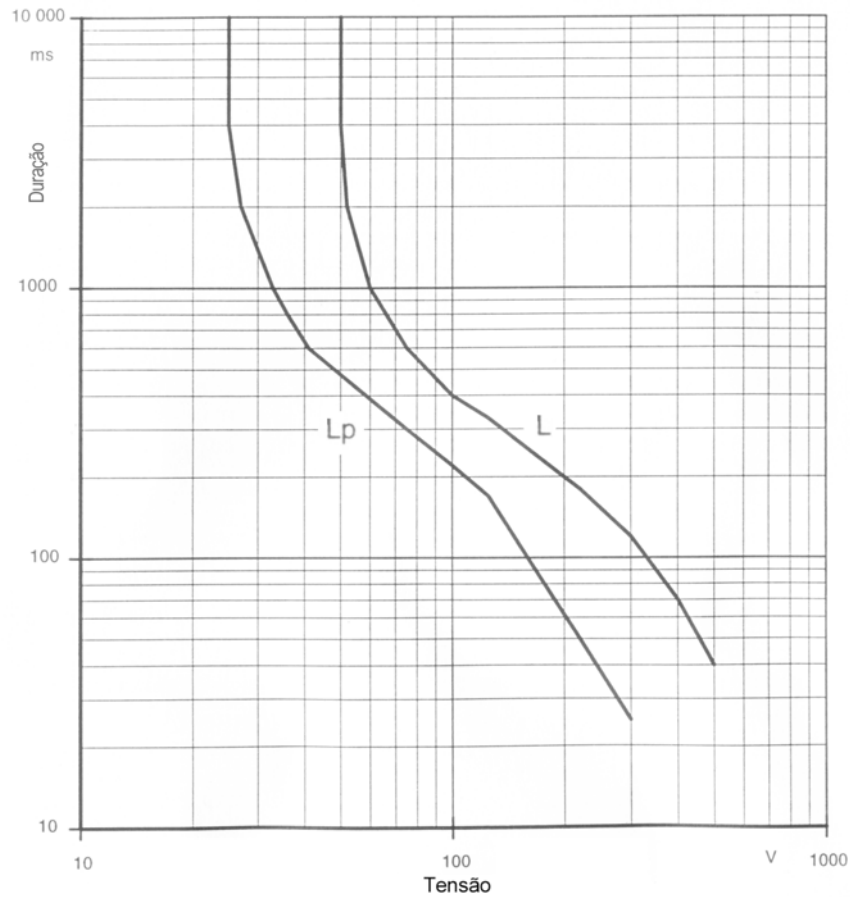


Figura 1 - Duração máxima da tensão de contato presumida (L para a situação 1 e Lp para a situação 2)

## 2.2 Seccionamento Automático da Alimentação

No caso de utilização dos esquemas de aterramentos onde um ponto da alimentação é aterrado, normalmente o neutro, o circuito deve ser seccionado automaticamente da alimentação, quando um defeito de isolamento aparece neste circuito ou nos equipamentos alimentados por este circuito. O tempo total de eliminação do defeito deve ser compatível a suportabilidade térmica dos componentes submetidos à corrente de defeito.

Para o cálculo do tempo total de eliminação de um defeito, é necessário verificar a seguinte soma:

- o tempo de funcionamento do dispositivo de detecção (relé de proteção) aumentado da temporização que lhe é associada para assegurar a seletividade ou evitar os disparos intempestivos durante os regimes transitórios e
- o tempo de funcionamento do dispositivo de interrupção (disjuntor).

A proteção por seccionamento automático da alimentação baseia-se nos seguintes princípios:

a) aterramento: as massas devem ser ligadas a condutores de proteção nas condições especificadas para cada esquema de aterramento. Massas simultaneamente acessíveis devem ser ligadas à mesma rede de aterramento — individualmente, por grupos ou coletivamente;

b) seccionamento da alimentação: um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento protegido contra contatos indiretos por este dispositivo sempre que uma falta entre parte viva e massa no circuito ou equipamento considerado der origem a uma tensão de contato superior ao valor apropriado de  $U_L$ .

Para um melhor entendimento deste conceito considere a instalação da figura 2, um motor alimentado por um transformador. A figura 2.a mostra a instalação em funcionamento normal e a figura 2.b mostra a instalação quando ocorre um defeito de isolamento no motor, nos dois casos, propositadamente, o motor não está aterrado. Devido ao defeito de isolamento aparecerá na massa do motor uma tensão conhecida como tensão de contato, que tem como valor máximo a tensão de fase da instalação. Neste caso não há circulação de corrente de falta porque o circuito está aberto e a tensão que ficaria submetida uma pessoa no caso de contato com a massa do motor seria de valor próximo à tensão de fase, que no caso da média tensão é sempre perigosa às pessoas. É evidente a conclusão de que sem o aterramento não se pode garantir a segurança das pessoas quando ocorrer um defeito na isolação dos componentes da instalação.

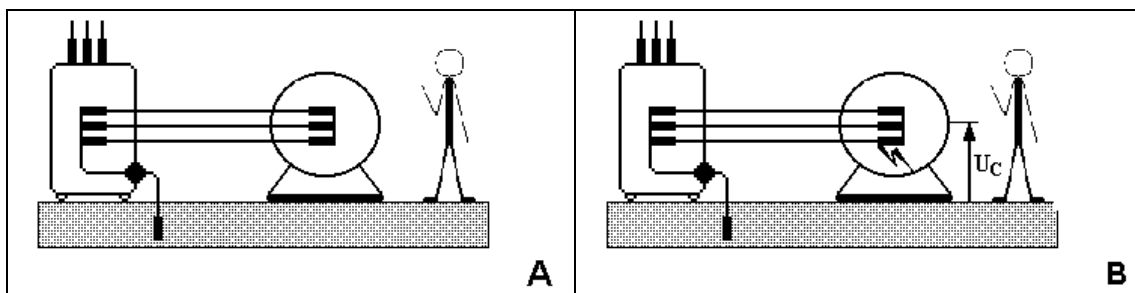


Figura 2 – A instalação elétrica durante um defeito de isolamento

Na figura 3 a instalação foi aterrada usando um esquema de aterramento TT. A figura 3.A mostra a instalação em funcionamento normal e a figura 3.B a instalação com o defeito de isolamento, mas neste caso, propositadamente, o motor foi aterrado. O aterramento foi aí colocado para suprir a massa do motor de um potencial fixo, que é o potencial local, criando uma equipotencialidade entre a massa do motor com o piso onde está a pessoa e também dar um caminho para o retorno da corrente de falta para o transformador. A equipotencialidade garante a segurança necessária às pessoas, no caso de um defeito de isolamento, e a circulação da corrente de falta permite a detecção deste defeito e o seccionamento da alimentação com o objetivo de isolar a parte da instalação com defeito, limitando com isto a duração do defeito.

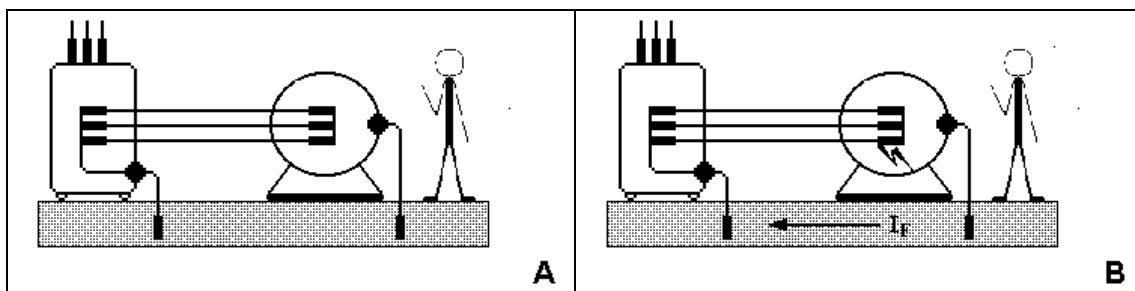


Figura 3 – Efeito do aterramento da instalação elétrica durante um defeito de isolamento em um esquema de aterramento TT

Na figura 4 a instalação foi aterrada usando um esquema de aterramento TN. A figura 4.A mostra a instalação em funcionamento normal e a figura 4.B a instalação com o defeito de isolamento, mas neste caso, propositadamente, o motor foi aterrado. O aterramento supriu a

massa do motor de um potencial fixo, que é o potencial local, criando uma equipotencialidade entre a massa do motor com o piso onde está a pessoa, como no esquema TT a grande diferença esta no caminho de retorno da corrente de falta para o transformador que agora, além da terra, tem um caminho através de condutor metálico.

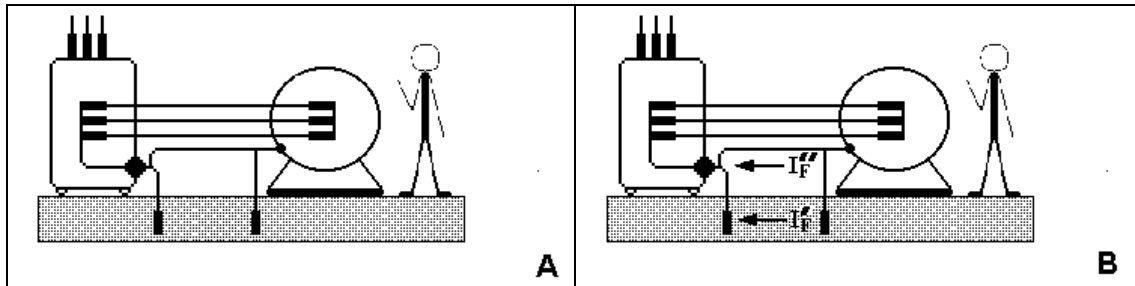


Figura 4 – Efeito do aterramento da instalação elétrica durante um defeito de isolamento em um esquema de aterramento T

Um aspecto muito importante, que vale a pena ser ressaltado, é que o aterramento supre a instalação de um caminho fechado entre a massa da carga e a fonte de energia elétrica que alimenta esta instalação, um transformador ou um gerador, por exemplo, o que permite a circulação da corrente de falta durante a ocorrência de um defeito na isolação da carga. O que leva a uma conclusão relevante, a corrente de falta sempre retorna para a fonte e não some na terra, como se a terra fosse um grande sumidouro de cargas elétricas.

### 2.2.1 Esquemas TN

Em um esquema TN todo defeito de isolamento é um curto circuito fase neutro, sendo, pois permitido que a detecção dos defeitos sejam efetuadas por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes instalados em todos os condutores de fase. Neste caso, é obrigatória a verificação das condições de funcionamento destes dispositivos, através da avaliação da corrente de curto circuito mínima. O cálculo da corrente de curto circuito mínima deve considerar a impedância do percurso da corrente de falta, incluindo a fonte, os condutores de fase em defeito e o condutor de proteção. Para permitir este cálculo, o condutor de proteção deve, em princípio, caminhar ao lado dos condutores de fase sem interposição de elementos ferromagnéticos (armaduras, telas) ou fazer parte do mesmo eletroduto.

### 2.2.2 Esquemas TT

Nos esquemas TT a corrente de falta é limitada por:

- a) resistências dos eletrodos de aterramento: das massas e do neutro, esta última aumentada ao valor da resistência de limitação que pode ser inserida entre o ponto neutro e a terra e
- b) resistência das ligações eventuais, utilizadas por interconexão das massas e do eletrodo de aterramento.

Devido a esta limitação, a magnitude da corrente de falta será muito menor que a corrente de curto circuito fase neutro. A detecção destas baixas correntes de fuga não é possível com dispositivos cujo valor de funcionamento é muito elevado (muitas vezes sua corrente nominal), por isso que é necessária a utilização de dispositivos sensíveis à corrente diferencial. Neste caso não é permitido que a detecção da corrente de falta seja assegurada por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes; pois, o seu funcionamento seria de difícil verificação. A detecção das faltas deve ser efetuada por dispositivos sensíveis à corrente diferencial e provocam a interrupção da alimentação, não necessitando a verificação das condições de disparo.

## ANEXO 1 – Definições

**Parte viva:** Condutor ou parte condutora destinada a ser energizada em condições de uso normal, incluindo o condutor neutro, mas, por convenção, não incluindo o condutor PEN.

NOTA - Este termo não implica necessariamente risco de choque elétrico.

**Massa; parte condutora exposta:** Parte condutora que pode ser tocada e que normalmente não é viva, mas pode tornar-se viva em condições de falta.

NOTA - Uma parte condutora de um equipamento que só pode tornar-se viva em condições de falta através de uma massa ou de um elemento condutor estranho à instalação não é considerada massa.

**Elemento condutor estranho à instalação:** Elemento que não faz parte da instalação elétrica, mas que pode nela introduzir um potencial, geralmente o da terra.

**Choque elétrico:** Efeito patofisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica, através de um corpo humano ou de um animal.

**Contato direto:** Contato de pessoas ou animais com partes vivas.

**Contato indireto:** Contato de pessoas ou animais com uma massa que ficou sob tensão em condições de falta.

**Corrente de choque:** Corrente que atravessa o corpo de uma pessoa ou animal, tendo características susceptíveis de causar efeitos patofisiológicos.

**Invólucro:** Elemento que assegura proteção de um equipamento contra determinadas influências externas e proteção contra contatos diretos em qualquer direção.

**Barreira:** Elemento que assegura proteção contra contatos diretos, em todas as direções habituais de acesso.

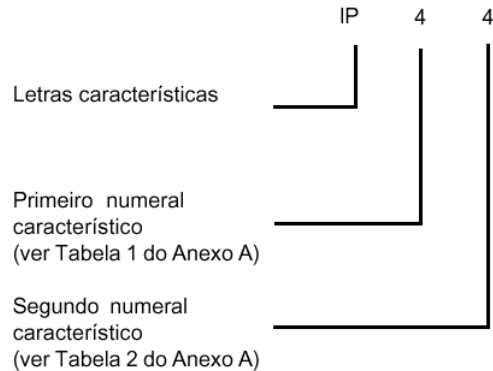
**Obstáculo:** Elemento que impede um contato direto acidental, mas não impede o contato direto por ação deliberada.

**Parte viva perigosa:** Parte viva que, em certas condições de influências externas, pode provocar um choque elétrico.

**Isolação básica:** Isolação aplicada às partes vivas para prover proteção básica contra choques elétricos.

## ANEXO 2 – Graus de Proteção dos Invólucros

O código IP é apresentado na NBR 6146 (norma baseada na IEC 60529). IP significa *International Protection*. Este código permite descrever os graus de proteção proporcionados pelos invólucros contra a aproximação das partes energizadas, a penetração de corpos sólidos estranhos e contra os efeitos nocivos da água, por meio dos códigos descritos a seguir. É importante ressaltar que este código normalizado está destinado ao uso nas normas dos produtos e, no caso dos quadros e caixas, não especifica as características de montagens internas, como por exemplo, as distâncias mínimas entre as partes vivas e o invólucro.



### Numeral característico único

#### Graus de proteção - Primeiro numeral característico

O primeiro numeral característico indica o grau de proteção dado pelo invólucro em relação às pessoas e ao equipamento no seu interior.

A Tabela 1 descreve, sumariamente, na 3ª coluna, os objetos que, para cada grau de proteção representado pelo primeiro numeral característico, “não devem poder penetrar” no interior do invólucro.

A expressão “não devem poder penetrar” significa que partes do corpo humano, ferramentas ou fios seguros por uma pessoa, não podem penetrar no invólucro ou, se isto ocorrer, será mantida uma distância suficiente para as partes vivas ou partes móveis perigosas (eixos lisos em rotação ou similares não são considerados perigosos).

A 3ª coluna da Tabela 1 fornece também as dimensões mínimas dos corpos sólidos estranhos que não podem penetrar.

Uma vez satisfeito o grau de proteção declarado de um invólucro, estarão também satisfeitos todos os graus inferiores de proteção da Tabela 1. Em conseqüência, não será necessária a realização dos ensaios de verificação dos graus inferiores de proteção.

#### Graus de proteção - Segundo numeral característico

O segundo numeral característico indica o grau de proteção dado pelo invólucro, tendo em vista a penetração prejudicial de água. A Tabela 2 descreve, na 3ª coluna, o tipo de proteção previsto para o invólucro, para cada um dos graus de proteção representado pelo segundo numeral característico.

Uma vez satisfeito o grau de proteção declarado de um invólucro, estarão também satisfeitos todos os graus inferiores de proteção da Tabela 2 do Anexo A. Em conseqüência, não será necessária a realização dos ensaios de verificação dos graus inferiores de proteção.

Tabela 1 – Primeiro numeral característico

Primeiro numeral característico	Grau de proteção	
	Descrição sucinta	Corpos que não devem penetrar
0	Não protegido	Sem proteção especial
1	Protegido contra objetos sólidos maiores que 50 mm	Uma grande superfície do corpo humano, como a mão (mas nenhuma proteção contra uma penetração deliberada). Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 50 mm
2	Protegido contra objetos sólidos maiores que 12 mm	Os dedos ou objetos similares, de comprimento não superior a 80 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão maior que 12 mm
3	Protegido contra objetos sólidos maiores que 2,5 mm	Ferramentas, fios, etc., de diâmetro ou espessura superior a 2,5 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 2,5 mm
4	Protegido contra objetos sólidos maiores que 1,0 mm	Fios ou fitas de largura superior a 1,0 mm. Objetos sólidos cuja menor dimensão é maior que 1,0 mm
5	Protegido contra poeira	Não é totalmente vedado contra a penetração de poeira, porém a poeira não deve penetrar em quantidade suficiente que prejudique a operação do equipamento
6	Totalmente protegido contra poeira	Nenhuma penetração de poeira

Tabela 2 - Segundo numeral característico

Segundo numeral característico	Grau de proteção	
	Descrição sucinta	Corpos que não devem penetrar
0	Não protegido	Sem proteção especial
1	Protegido contra quedas verticais de gotas d'água	As gotas d'água (caindo na vertical) não devem ter efeitos prejudiciais
2	Protegido contra queda de gotas d'água para uma inclinação máxima de 15 °	A queda de gotas d'água vertical não deve ter efeitos prejudiciais quando o invólucro estiver inclinado em 15 ° para qualquer lado de sua posição normal
3	Protegido contra água aspergida	Água aspergida de um ângulo de 60 ° da vertical não deve ter efeitos prejudiciais
4	Protegido contra projeções d'água	Água projetada de qualquer direção contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais
5	Protegido contra jatos d'água	Água projetada de qualquer direção por um bico contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais
6	Protegido contra ondas do mar	Água proveniente de ondas ou projetada em jatos potentes não deve penetrar no invólucro em quantidades prejudiciais
7	Protegido contra imersão	Não deve ser possível a penetração de água, em quantidades prejudiciais, no interior do invólucro imerso em água, sob condições definidas de tempo e pressão
8	Protegido contra submersão	O equipamento é adequado para submersão contínua em água, nas condições especificadas pelo fabricante. Nota: Normalmente, isto significa que o equipamento é hermeticamente selado, mas para certos tipos de equipamento, pode significar que a água pode penetrar em quantidade que não provoque efeitos prejudiciais.