

# **SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE**

# 1 - INTRODUÇÃO À SEGURANÇA COM ELETRICIDADE

## Introdução

A eletricidade é a forma de energia mais utilizada na sociedade atual; a facilidade em ser transportada dos locais de geração para os pontos de consumo e sua transformação normalmente simples em outros tipos de energia, como mecânica, luminosa, térmica, muito contribui para o desenvolvimento industrial.



## De onde será que vem a eletricidade?

A eletricidade pode ser produzida por diferentes fontes, tais como:

- Hidroeletricidade
- Energia Térmica
- Biomassa
- Energia nuclear
- Energia Eólica
- Energia Solar

No Brasil a GERAÇÃO de energia elétrica é 80% produzida a partir de hidrelétricas, 11% por termoelétricas e o restante por outros processos. A partir da usina a energia é transformada, em subestações elétricas, e elevada a níveis de tensão (69/88/138/240/440 kV) e transportada em corrente alternada (60 Hertz) através de cabos elétricos, até as subestações abaixadoras, delimitando a fase de Transmissão.

Depois de gerada, a eletricidade vai para as cidades através das **linhas e torres de transmissão de alta tensão**. Essas linhas e torres são aquelas que você pode ver ao longo das estradas, que levam a eletricidade por longas distâncias. Quando a eletricidade chega às cidades, ela passa pelos **transformadores de força nas subestações**, que

---

abaixam a tensão. A partir daí, ela segue pela **rede de distribuição primária** onde os fios ligados nos postes levam-na até a rua da sua casa. Este conjunto é comumente denominado de **sistema elétrico de potência**.

Antes de entrar nas casas, a eletricidade ainda passa pelos **transformadores de distribuição**, também instalados nos postes, que abaixam a tensão para 380/220 e 220/127 Volts formando a **rede de distribuição secundária**. Em seguida, é distribuída para as casas, entrando na caixa do **medidor**. É ele que mede o consumo de **eletricidade** das casas.



## Os efeitos da eletricidade

A eletricidade não é vista, é um fenômeno que escapa aos nossos sentidos, só se percebem suas manifestações exteriores, como a iluminação, sistemas de calefação, entre outros. Em consequência dessa -invisibilidade, a pessoa é, muitas vezes, exposta a situações de risco ignoradas ou mesmo subestimadas.



## **2. ESTATÍSTICA DE ACIDENTES NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**

### **Introdução**

Esta síntese do relatório de estatísticas de acidentados, elaborado pela Fundação COGE desde 1999, conforme já destacado em anos anteriores, não se constitui, tão somente, num importante registro histórico do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), mas sim numa ferramenta inestimável para a construção de um futuro melhor, mais produtivo e eficiente, buscando, ao apurar os resultados, avaliá-los e propor medidas preventivas e corretivas ao alcance das mais diversas empresas do setor, para a preservação do maior bem disponível em nosso planeta, o Ser Humano, a sua vida.

### **Acidentes com Empresas de Energia**

No ano de **2006**, o contingente de **101.105** empregados próprios do setor conviveu, no desempenho diário de suas atividades, com riscos de natureza geral e riscos específicos, registrando-se **840** acidentados do trabalho típicos com afastamento, acarretando, entre custos diretos (remuneração do empregado durante o seu afastamento) e indiretos (custo de reparo e reposição de material, custo de assistência ao acidentado e custos complementares – interrupção de fornecimento de energia elétrica, por exemplo), prejuízos de monta para o Setor de Energia Elétrica.

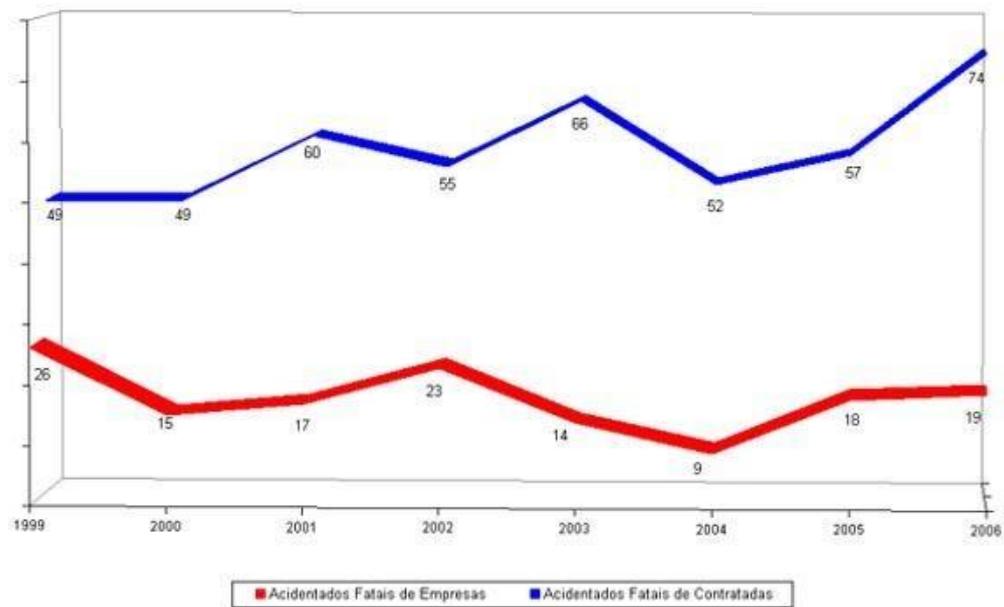
### **Acidentes com Empresas Contratadas**

No que se refere aos **acidentados de contratadas**, permanece a necessidade destacada nos relatórios de 2001 a 2005, ou seja, de um esforço maior por parte das empresas contratantes no sentido da apuração sistematizada e mais rigorosa dos dados estatísticos e de ações efetivas para a sua efetiva prevenção. Os serviços terceirizados têm influência marcante nas taxas de acidentes do SEB, especialmente na taxa de gravidade, tendo sido registrados **74 acidentados fatais** em 2006. Houve um aumento de 30% no número de acidentados fatais em relação ao ano anterior (**57**), número este, que já era considerado elevado. Relembremos, por exemplo, que no ano de **1994** o setor elétrico brasileiro contava com **183.380** empregados próprios e registrou a ocorrência de **35** acidentados fatais, menos da metade do valor de 2006.

Ano	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Acidentados com Afastamento	1435	1241	1047	1059	985	1008	1007	840
Acidentados sem Afastamento	1023	1009	991	826	1050	964	1026	918
Relação	1,40	1,23	1,06	1,28	0,94	1,05	0,98	0,92

---

Nº de Acidentados Fatais por Ano



### Acidentes com a População

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Total de Acidentes com a População	1058	972	995	992	1042	920	936

As principais -causasll destes acidentes em 2006 foram, pela ordem: Construção / Manutenção Civil 264, Atividades ou Brincadeiras **78**, Ligações Clandestina **70**, Cabo Energizado no Solo **67**, Veículo **60**, Instalação/Reparo de Antenas **46**, Subir ou Podar Árvores **45**, Furto de Condutor Elétrico **28** e Cerca/Varal Energizado **27** correspondendo a **73%** do total.

Quanto aos **293** acidentes fatais com população (**31%** do total), as principais -causasll variaram um pouco, em relação às causas do total de acidentes, destacando-se: Construção / Manutenção Civil **71**, Ligação Elétrica Clandestina **39**, Atividades ou Brincadeiras **27**, Cabo Energizado no Solo **21**, Furto de Condutor Elétrico **20**, Cerca/Varal Energizado **18**, Subir ou Podar Árvores **14**, Instalação e Reparo de Antenas **13**, correspondendo a **54%** do total.

Em **2006** foram registrados 936 acidentes com a população, resultando em uma **média diária** de quase **3** acidentes, sendo **1** de **natureza fatal**.

A apuração das taxas de freqüência: **2,48** e de gravidade: **4.946** dos acidentes com a população, possibilita uma melhor avaliação do problema no setor e indica que os

dados devem ser melhor apurados se comparados com os demais indicadores de acidentes do setor.

Em 2006, para **cada morte** por acidente do trabalho de empregado de empresa do Setor Elétrico Brasileiro, corresponderam cerca de **4 mortes** de empregados de contratadas e **15 mortes envolvendo a população**.

Em 2006, a Força de Trabalho das empresas (empregados próprios e de contratadas), apresentou taxas de freqüência de **5,99** e gravidade de **1.838**. Estes valores indicam uma pequena melhora na freqüência, mas um aumento na gravidade devido à ocorrência de **93** acidentes fatais na Força de Trabalho.

### **Conclusões para o ano de 2006**

A análise global dos resultados identifica os seguintes pontos:

- A taxa de freqüência de acidentados próprios atingiu o valor de **4,20**, valor inédito, sendo o menor valor apurado na série histórica do setor elétrico desde 1977;
- A taxa de gravidade de acidentados próprios, no valor de **719**, reduziu um pouco em relação ao ano anterior, porém, ainda está distante da menor taxa de gravidade registrada na série histórica do setor, em 1997 (504);
- O número de acidentados fatais de contratadas aumentou, com um total de **74** acidentes;
- Os acidentados da população continuam numa pequena tendência decrescente, com um total de **293** acidentados fatais em 2006.

Cumpramos ressaltar para nossa reflexão: -O trabalho com segurança e saúde consiste em projetos e atividades desenvolvidos e reformulados permanentemente, consolidados em práticas do dia-a-dia, traduzidas em hábitos e não em atos. Portanto, aos que vêm alcançando resultados de excelência, o maior desafio é o da manutenção daqueles hábitos e da conseqüente melhoria contínua do desempenho empresarial. ||

*(Extraído do Relatório 2006 - Estatísticas de Acidentes no Setor Elétrico Brasileiro - Fundação COGE)*

---

### **3. RISCOS EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS COM ELETRICIDADE**

#### **Choque Elétrico**

##### **Definição**

O **Choque Elétrico** é a passagem de uma corrente elétrica através do corpo, utilizando-o como um condutor. Esta passagem de corrente pode não causar nenhuma consequência mais grave além de um susto, porém também pode causar queimaduras, fibrilação cardíaca ou até mesmo a morte.

Os tipos mais prováveis de choque elétrico são aqueles que a corrente elétrica circula da palma de uma das mãos à palma da outra mão, ou da palma da mão até a planta do pé. Existem 3 categorias de choque elétrico :

##### a) Choque produzido por contato com circuito energizado

Aqui o choque surge pelo contato direto da pessoa com a parte energizada da instalação, o choque dura enquanto permanecer o contato e a fonte de energia estiver ligada. As consequências podem ser pequenas contrações ou até lesões irreparáveis.



##### b) Choque produzido por contato com corpo eletrizado

Neste caso analisaremos o choque produzido por eletricidade estática, a duração desse tipo de choque é muito pequena, o suficiente para descarregar a carga da eletricidade contida no elemento energizado. Na maioria das vezes este tipo de choque elétrico não provoca efeitos danosos ao corpo, devido a curtíssima duração.



### c) Choque produzido por raio ( Descarga Atmosférica )

Aqui o choque surge quando acontece uma descarga atmosférica e esta entra em contato direto ou indireto com uma pessoa, os efeitos desse tipo de choque são terríveis e imediatos, ocorre casos de queimaduras graves e até a morte imediata.



## **Efeitos da passagem do choque elétrico pelo corpo humano**

O choque elétrico é um estímulo rápido e acidental do sistema nervoso do corpo humano causado pela passagem de uma corrente elétrica. A passagem da corrente elétrica ocorre quando o corpo é submetido a uma tensão elétrica suficiente para vencer a sua impedância. Como resultado da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano podemos ter desde uma sensação de formigamento até sensações dolorosas com contração muscular.

A sensibilidade do organismo a passagem de corrente elétrica inicia em um ponto conhecido como Limiar de Sensação e que ocorre com uma intensidade de corrente de 1 mA para corrente alternada e 5 mA para corrente contínua. Pesquisadores definiram 3 tipos de efeitos manifestados pelo corpo humano quando da presença de eletricidade.

### a) Limiar de Sensação ( Percepção )

O corpo humano começa a perceber a passagem de corrente elétrica a partir de 1 mA.

### b) Limiar de Não Largar

Esta associado às contrações musculares provocadas pela corrente elétrica no corpo humano, a corrente alternada a partir de determinado valor, excita os nervos provocando contrações musculares permanentes, com isso cria se o efeito de agarramento que impede a vítima de se soltar do circuito, a intensidade de corrente para esse limiar varia entre 9 e 23 mA para os homens e 6 a 14 mA para as mulheres.

---

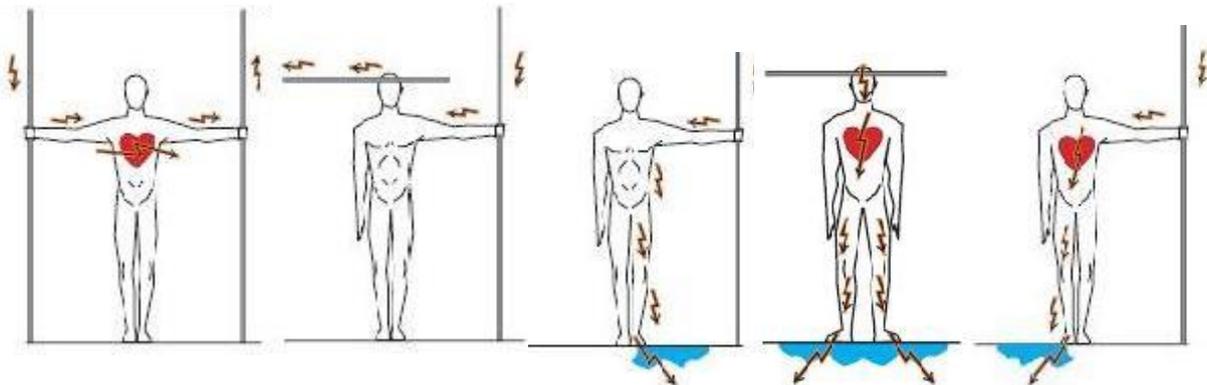
### c) Limiar de Fibrilação Ventricular

O choque elétrico pode variar em função de fatores que interferem na intensidade da corrente e nos efeitos provocados no organismo, os fatores que interferem são :

1. Percurso da corrente elétrica no corpo humano
2. Tipo de Corrente
3. Tensão Nominal
4. Intensidade da corrente elétrica
5. Tempo de duração do choque elétrico
6. Freqüência da rede

#### 1) Percurso da corrente elétrica no corpo humano

O corpo humano é condutor de eletricidade e sua resistência varia de pessoa para pessoa e ainda depende do percurso da corrente. A corrente no corpo humano sofrerá variações conforme for o trajeto percorrido e com isso provocará efeitos diferentes no organismo, quando percorridos por corrente elétrica os órgãos vitais do corpo podem sofrer agravamento e até causar sua parada levando a pessoa a morte.



#### 2) Tipo da corrente elétrica

O corpo humano é mais sensível a corrente alternada do que a corrente contínua, os efeitos destes no organismo humano em geral são os mesmos, passando por contrações simples para valores de baixa intensidade e até resultar em queimaduras graves e a morte para valores maiores. Existe apenas uma diferença na sensação provocada por correntes de baixa intensidade; a corrente contínua de valores imediatamente superiores a 5 mA que é o Limiar de Sensação, cria no organismo a sensação de aquecimento ao passo que a corrente alternada causa a sensação de formigamento, para valores imediatamente acima de 1 mA.

---

### 3) Tensão nominal

A tensão nominal de um circuito é a tensão de linha pela qual o sistema é designado e à qual são referidas certas características operacionais do sistema.

Partindo das premissas que os efeitos danosos ao organismo humano são provocados pela corrente e que esta pela Lei de Ohm é tanto maior quanto maior for a tensão, podemos concluir que os efeitos do choque são mais graves à medida que a tensão aumenta, e pela mesma Lei de Ohm quanto menor a resistência do circuito maior a corrente, portanto concluímos que não existem valores de tensões que não sejam perigosas. Para condições normais de influências externas, considera-se perigosa uma tensão superior a 50 Volts, em corrente alternada e 120 Volts em corrente contínua, o corpo humano possui em média uma resistência na faixa de 1300 a 3000 Ohms, assim uma tensão de contato no valor de 50 V, resultará numa corrente de :

$$I = 50 / 1300 = 38,5 \text{ mA}$$

O valor de 38,5 mA em geral não é perigoso ao organismo humano, abaixo apresentamos o valor de duração máxima de uma tensão em contato com o corpo humano, os valores indicados baseiam se em valores limites de corrente de choque e correspondem a condições nas quais a corrente passa pelo corpo humano de uma mão para outra ou de uma mão para a planta do pé, sendo que a superfície de contato é considerada a pele relativamente úmida :

<b>Duração máxima da tensão de contato CA</b>	
<b>Tensão de Contato ( V )</b>	<b>Duração Máxima ( Seg. )</b>
<b>&lt;50</b>	<b>infinito</b>
<b>50</b>	<b>5</b>
<b>75</b>	<b>0,60</b>
<b>90</b>	<b>0,45</b>
<b>110</b>	<b>0,36</b>
<b>150</b>	<b>0,27</b>
<b>220</b>	<b>0,17</b>
<b>280</b>	<b>0,12</b>

---

<b>Duração máxima da tensão de contato CC</b>	
<b>Tensão de Contato ( V )</b>	<b>Duração Máxima ( Seg. )</b>
<b>&lt;120</b>	<b>infinito</b>
<b>120</b>	<b>5</b>
<b>140</b>	<b>1</b>
<b>160</b>	<b>0,5</b>
<b>175</b>	<b>0,2</b>
<b>200</b>	<b>0,1</b>
<b>250</b>	<b>0,05</b>
<b>310</b>	<b>0,03</b>

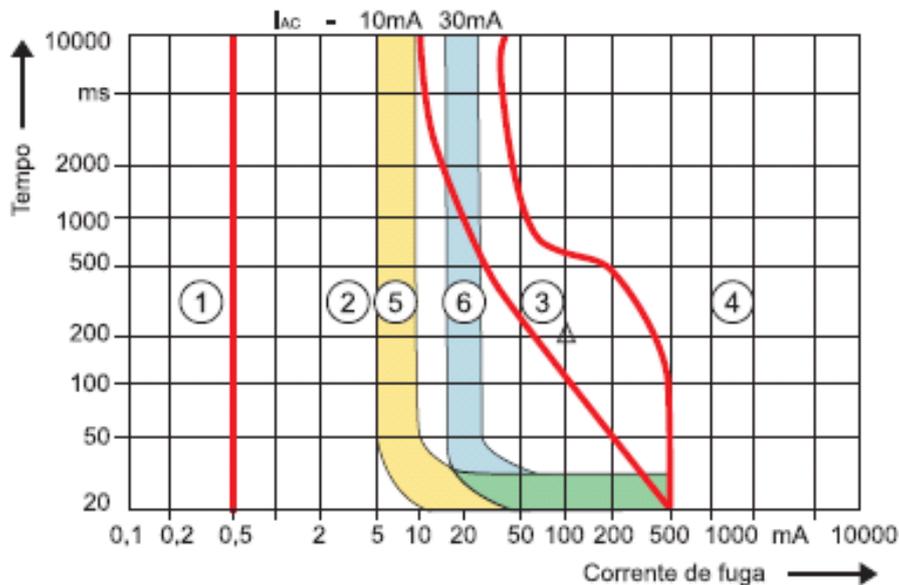
#### 4) Intensidade da corrente elétrica

As perturbações produzidas pelo choque elétrico dependem da intensidade da corrente que atravessa o corpo humano, e não da tensão do circuito responsável por essa corrente. Até o limiar de sensação, a corrente que atravessa o corpo humano é praticamente inócua, qualquer que seja sua duração, a partir desse valor, á medida que a corrente cresce, a contração muscular vai se tornando mais desagradável. Para as freqüências industriais ( 50 - 60 Hz ), desde que a intensidade não exceda o valor de 9 mA, o choque não produz alterações de conseqüências graves, quando a corrente ultrapassa 9 mA, as contrações musculares tornam se mais violentas e podem chegar ao ponto de impedir que a vítima se liberte do contato com o circuito, se a zona torácica for atingida poderão ocorrer asfixia e morte aparente, a vítima poderá morrer se não for socorrida a tempo. Correntes maiores que 20 mA são muito perigosas, mesmo quando atuam durante curto espaço de tempo, as correntes da ordem de 100 mA, quando atingem a zona do coração, produzem fibrilação ventricular em apenas 2 ou 3 segundos, e a morte é praticamente certa. Correntes de alguns ampères, além de asfixia pela paralisação do sistema nervoso, produzem queimaduras extremamente graves, com necrose dos tecidos, nesta faixa de corrente não é possível o salvamento, a morte é instantânea.

---

## Gráfico com zonas tempo x corrente e os efeitos sobre as pessoas

### IEC 479-1



#### Zona ❶

Nenhum efeito perceptível

#### Zona ❷

Efeitos fisiológicos geralmente não danosos

#### Zona ❸

Efeitos fisiológicos notáveis (parada cardíaca, parada respiratória, contrações musculares), geralmente reversíveis

#### Zona ❹

Elevada probabilidade de efeitos fisiológicos graves e irreversíveis (fibrilação cardíaca, parada respiratória)

#### Zonas ❺ ❻

Faixas de atuação dos Dispositivos DR ou Disjuntores DR

### 5) Tempo de duração do choque elétrico

O tempo de duração do choque é de grande efeito nas conseqüências geradas, as correntes de curta duração tem sido inócuas, razão pela qual não se considerou a eletricidade estática, por outro lado quanto maior a duração mais danosos são os efeitos.

Para uma mesma corrente elétrica passando pelo corpo de uma maneira geral, quanto mais tempo persistir o choque elétrico, maiores são os danos e as suas conseqüências.

Na maioria das vezes, a própria contração muscular, devido ao choque elétrico, produz movimentos bruscos, livrando a pessoa do choque elétrico. Este caso ocorre em

todos os níveis, porém é mais marcante no choque por alta tensão. Outras vezes o próprio desmaio por ação da queda do corpo livra a pessoa do choque elétrico.

#### 6) Freqüência da rede

O Limiar de Sensação da corrente cresce com o aumento da freqüência, ou seja correntes com freqüências maiores são menos sentidas pelo organismo, estas correntes de altas freqüências acima de 100.000 Hz, cujos efeitos se limitam ao aquecimento são amplamente utilizadas na medicina como fonte de febre artificial. Nessas condições pode se fazer circular até 1 A sobre o corpo humano sem causar perigo.

A tabela seguinte lista diversos valores de Limiar de Sensação em função do aumento da freqüência da corrente elétrica.

Freqüência da Corrente Elétrica						
Freqüência (Hz)	50-60	500	1.000	5.000	10.000	100.000
Limiar de Sensação (mA)	1	1,5	2	7	14	150

### **Fenômenos Patológicos Críticos do Choques Elétrico**

Qualquer atividade biológica, é originada de impulsos de corrente elétrica. Se essa corrente fisiológica interna somar-se a uma outra corrente de origem externa, devido a um contato elétrico, ocorrerá no organismo humano uma alteração das funções vitais normais que, dependendo da duração da corrente, pode levar a pessoa à morte.

Os **efeitos** principais que uma corrente elétrica (externa) produz no corpo humano são fundamentalmente quatro:

- a) Tetanização,**
- b) Parada respiratória,**
- c) Queimadura e**
- d) Fibrilação ventricular.**

#### **a) Tetanização**

A tetanização é um fenômeno decorrente da contração muscular produzida por um impulso elétrico.

---

Verifica-se que, sob ação de um estímulo devido à aplicação de uma diferença de potencial elétrico a uma fibra nervosa, o músculo se contrai, para em seguida retomar ao estado de repouso.

Se ao primeiro estímulo seguir-se um segundo, antes que o repouso seja atingido, os dois efeitos podem somar-se.

Diversos estímulos aplicados seguidamente, em contrações repetidas do músculo, de modo progressivo; é a chamada contração tetânica.

Quando a frequência dos estímulos ultrapassa um certo limite o músculo é levado à contração completa. permanecendo nessa condição até que cessem os estímulos, após o que lentamente retorna ao estado de repouso.

Uma pessoa em contato com uma massa sob tensão pode ficar 'agarrada' a ela durante o tempo em que perdurar a diferença de potencial, o que, dependendo da duração, pode causar a inconsciência e até a morte.

## b) Parada respiratória

A máxima corrente que uma pessoa pode tolerar ao segurar um eletrodo, podendo ainda largá-lo usando os músculos diretamente estimulados pela corrente, segundo determinações experimentais em corrente alternada de 50/60 Hz, são valores de 6 a 14 mA, em mulheres (10 mA de média) e 9 a 23 mA em homens (16 mA de média); portanto uma corrente elétrica inferior a necessária ao funcionamento de uma lâmpada incandescente normalmente usada em nossas residências.

Correntes superiores a estas podem causar uma parada respiratória, contração de músculos ligados à respiração e/ou à Paralisia dos centros nervosos que comandam a função respiratória.

Se a corrente permanece, O indivíduo perde a consciência e morre sufocado.

A rapidez da aplicação da respiração artificial (boca a boca), e do tempo pelo qual ela é realizada, principalmente intervir imediatamente após o acidente (em 3 ou 4 minutos no máximo) para evitar asfixia da vítima ou mesmo lesões irreversíveis nos tecidos cerebrais é muito importante nestas situações.



### c) Queimadura

A passagem da corrente elétrica pelo corpo humano desenvolve calor por efeito Joule, podendo produzir queimaduras, principalmente nos pontos de entrada e saída da corrente, tendo em vista que a resistência elétrica da pele é maior do que os tecidos internos e se forem pequenas as áreas de contato, pois a densidade será maior, produzindo desta forma queimaduras tanto mais graves quanto maior esta densidade de corrente e quanto mais longo o tempo pelo qual a corrente estiver presente no corpo.

Uma queimadura é a lesão de um tecido produzida pelo efeito do calor, de substâncias químicas ou da eletricidade.

A maioria das pessoas crê que o calor é a única causa de queimaduras, mas algumas substâncias químicas e a corrente elétrica também podem produzi-las. Embora a pele normalmente seja a parte do corpo que é queimada, os tecidos subcutâneos (localizados sob a pele) também podem ser queimados e os órgãos internos podem ser queimados mesmo quando a pele não é afetada. Por exemplo, quando uma pessoa ingere um líquido muito quente ou uma substância cáustica (p.ex., um ácido forte), podem ocorrer queimaduras no esôfago e no estômago. A inalação de fumaça e de ar quente provenientes do fogo de um edifício em chamas pode produzir queimaduras nos pulmões.

Os tecidos queimados podem morrer. Quando os tecidos são lesados por uma queimadura, ocorre o extravasamento de líquido do interior dos vasos sangüíneos, o que leva à produção de um edema. Em uma queimadura muito extensa, a perda de grande volume de líquido dos vasos sangüíneos que permitem um extravasamento anormal pode levar ao choque. Nesse, a pressão arterial cai tanto que uma quantidade muito pequena de sangue flui para o cérebro e para outros órgãos vitais.

As características, portanto, das queimaduras provocadas pela eletricidade diferem daquelas causadas por efeitos químicos, térmicos e biológicos. Em relação às queimaduras por efeito térmico, aquelas causadas pela eletricidade são geralmente menos dolorosas, pois a passagem da corrente poderá destruir as terminações nervosas. Não significa, porém que sejam menos perigosas, pois elas tendem a progredir em profundidade, mesmo depois de desfeito o contato elétrico ou a descarga.

A passagem de corrente elétrica através de um condutor cria o chamado efeito joule, ou seja, uma certa quantidade de energia elétrica é transformada em calor. Essa energia ( $E_{\text{calorífica}}$ ) varia de acordo com a resistência que o corpo oferece à passagem da corrente elétrica, com a intensidade da corrente elétrica e com o tempo de exposição, podendo ser calculada pela expressão:

---

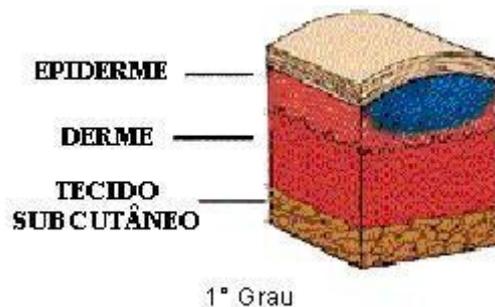
$$E_{\text{(calorífica)}} = R_{\text{(corpo humano)}} \times I^2(\text{do choque elétrico}) \times t_{\text{(tempo de contato)}}$$

É importante destacar que não há necessidade de contato direto da pessoa com partes energizadas. A passagem da corrente poderá ser devida a uma descarga elétrica em caso de proximidade do indivíduo com partes eletricamente carregadas.

As queimaduras são classificadas de acordo com a extensão e profundidade da lesão. A gravidade depende mais da extensão do que da profundidade. Uma queimadura de primeiro ou segundo grau em todo o corpo é mais grave do que uma queimadura de terceiro grau de pequena extensão. Saber diferenciar a queimadura é muito importante para que os primeiros cuidados sejam efetuados corretamente.

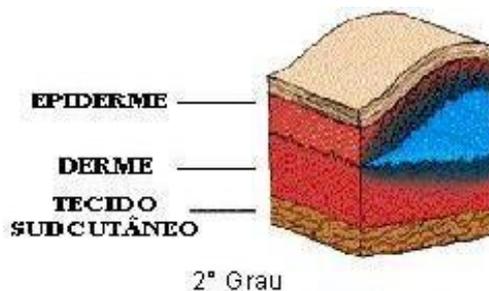
- *Queimadura de 1º grau:*

São queimaduras leves onde ocorre um vermelhidão no local seguido de inchaço e dor variável, não se formam bolhas e a pele não se desprende. Na evolução não surgem cicatrizes mas podem deixar a pele um pouco escura no início, tendendo a se resolver por completo com o tempo.



- *Queimaduras de 2º grau:*

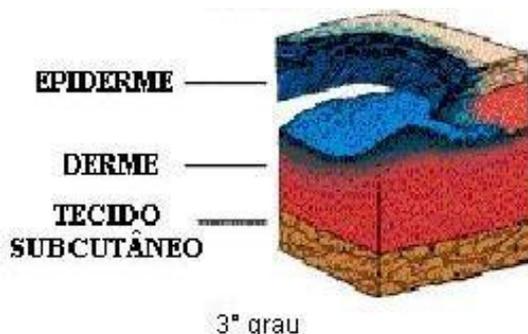
Nessas queimaduras ocorre uma destruição maior da epiderme e derme, com dor mais intensa e normalmente aparecem bolhas no local ou desprendimento total ou parcial da pele afetada. A recuperação dos tecidos é mais lenta e podem deixar cicatrizes e manchas claras ou escuras.



- *Queimaduras de 3º grau:*

Neste caso há uma destruição total de todas as camadas da pele, podendo o local ficar esbranquiçado ou carbonizado (escuro). A dor é geralmente pequena pois a

queimadura é tão profunda que chega a danificar as terminações nervosas da pele. Pode ser muito grave e até fatal dependendo da porcentagem de área corporal afetada. Na evolução, sempre deixam cicatrizes podendo necessitar de tratamento cirúrgico e fisioterápico posterior para retirada de lesões e aderências que afetem a movimentação. Tardiamente, algumas cicatrizes podem ser foco de carcinomas de pele e por isso o acompanhamento destas lesões é fundamental.



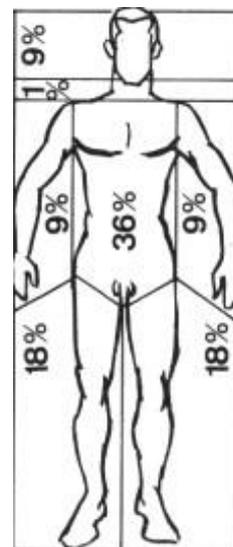
É difícil diferenciar uma queimadura de segundo grau profunda de uma de terceiro grau antes que sejam transcorridos alguns dias após a lesão.

### **Extensão ou Severidade da Queimadura**

O importante na queimadura não é o seu tipo e nem o seu grau, mas sim a extensão da pele queimada, ou seja, a área corporal atingida.

- Baixa: menos de 15% da superfície corporal atingida
- Média: entre 15 e menos de 40% da pele coberta e
- Alta: mais de 40% do corpo queimado.

Uma regra prática para avaliar a extensão das queimaduras pequenas ou localizadas, é compará-las com a superfície da palma da mão do acidentado, que corresponde, aproximadamente a 1% da superfície corporal.



- Para queimaduras maiores e mais espalhadas, usa-se a REGRA DOS 9% :
- Um adulto de frente:
 

9% = rosto	9% = perna direita
9% = tórax	9% = perna esquerda
9% = abdômen	9% = os 2 braços

1% = órgãos genitais.

55%=Sub-total

■ Um adulto de costas:

9% = costas

9% = abdômen

9% = perna direita

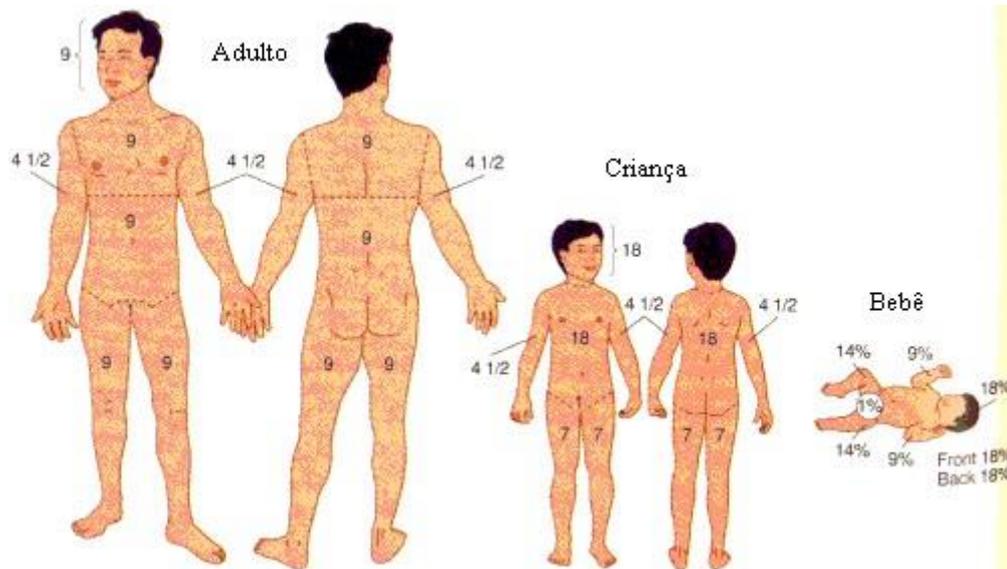
9% = perna esquerda

9% = os 2 braços

45%=Sub-total

55%(frente) + 45%(costas) =

100% da área do corpo.



#### d) Fibrilação ventricular

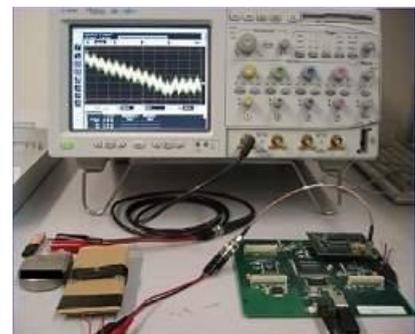
O fenômeno fisiológico mais grave que pode ocorrer quando da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano é a fibrilação ventricular.

Se à atividade elétrica fisiológica normal sobrepõe-se uma corrente elétrica de origem externa e muitas vezes maior do que a corrente biológica, é fácil imaginar o que sucede com o equilíbrio elétrico do corpo.

As fibras do coração passam a receber sinais elétricos excessivos e irregulares, as fibras ventriculares ficam superestimuladas de maneira caótica e passam a contrair-se de maneira desordenada uma independente da outra, de modo que o Coração não pode mais exercer sua função.

Observa-se que, cessada a atividade cardíaca, em cerca de três minutos ocorrem lesões irreparáveis no músculo cardíaco e no tecido cerebral.

Seu tratamento é efetuado com o uso do desfibrilador.



## 3.2 Arco Elétrico

### 3.2.1 Definição

Um Arco elétrico é resultante de uma ruptura dielétrica de um gás a qual produz uma descarga de plasma, similar a uma fagulha instantânea, resultante de um fluxo de corrente em meio normalmente isolante tal como o ar.



No caso de falhas elétricas ou curto circuito é um fenômeno indesejável que libera uma enorme quantidade de calor. Este fenômeno, além da liberação de calor, liberam partículas de metais ionizadas que eventualmente podem conduzir correntes, deslocamento de ar com aparecimento de alta pressão, prejudicial ao sistema auditivo, e raios ultravioletas prejudiciais a visão.

Normalmente os arcos elétricos em painéis aparecem por:

- Mau contato, por exemplo, pela perda de pressão dos parafusos de conexão;
- Depreciação da isolação (sobretensão, sobrecarga e fim de vida do dielétrico);
- Defeito de fabricação de componentes ou equipamento (Quando não detectada no início, o mesmo aparece ao longo da vida);
- Projeto e instalação inadequada ou mal dimensionada;
- Manutenção inadequada (Introdução de mudanças sutis, sem avaliação técnica adequada), e
- Contatos acidentais ou inadvertidos de ferramentas ou peças (Erro humano).

Como pode ser observado, a maioria das causas do aparecimento do arco conhecido, portanto, é possível tomar-se ações preventivas antes do seu aparecimento, sejam administrativas ou preditivas. Essas ações podem e devem iniciar já durante a elaboração do projeto, fazendo parte do controle de qualidade durante todas as demais etapas, tais como: montagem, manutenção preditiva, inclusive dos procedimentos administrativos e operacionais.

---

É fácil de perceber que a responsabilidade da segurança é um esforço em conjunto da Engenharia de Projeto, Operação, Manutenção e Gerência administrativa coordenado pelo setor de Engenharia de segurança Industrial.

Neste ponto, pode-se ressaltar, uma vez mais, que a proteção contra queimaduras por arco deve ser considerado como o último recurso, e não como a proteção principal. Desta forma, a prática de segurança deve ser iniciado na prevenção contra aparecimento do arco.

Arcos elétricos internos em cubículos são muito perigosos e sempre causam destruição. Tais falhas devem ser evitadas, seus efeitos controlados por projetos adequados para este fim e proteções tais como: detetores de arco e pressostatos instalados nos compartimentos.

Os maiores riscos na ocorrência de um arco interno em um cubículo, não adequadamente projetado para este fim, são:

- Arremesso de grande quantidade de gases e materiais metálicos extremamente quentes para fora do cubículo através de frestas e/ou aberturas causadas pela pressão interna ou pela fusão de partes do invólucro, atingindo diretamente o operador e podendo lhe causar, entre outros, a morte ou queimaduras muito sérias;
- A abertura de portas devido a alta pressão interna, aumentando os riscos descritos e possibilitando o contato direto do operador com altas tensões;
- A destruição total do compartimento onde ocorreu o arco e de outras células do conjunto de manobra, causando interrupção no fornecimento de energia.

Um arco interno em um cubículo não devidamente projetado para este fim vem a ser o pior, o mais perigoso e o que causa maiores prejuízos em um sistema de distribuição. Seus efeitos são de grande significância e não podem ser ignorados. Eles podem causar:

- Perigo, danos físicos ou a morte de pessoas;
- Interrupção do sistema;
- Destruição dos equipamentos;
- Reações desfavoráveis da opinião pública.

As instalações de manobra devem ser projetadas e melhoradas de forma a garantir a proteção do operador contra falhas internas durante a operação, sendo válido não só para instalações novas, mas também para as já existentes. Atenção especial deve ser

---

tomada na fase de projeto da parte civil, pois as salas devem possuir, quando possível e atentando para as condições ambientais, saídas para o exterior dos gases quentes e materiais incandescentes, oriundos de arcos internos e direcionados através duto coletor.

Atualmente, devido ao perigo representado por um arco de potência no interior de um cubículo incapaz de suportar as forças resultantes da ignição de um arco interno, notáveis estudos mecânicos, elétricos e térmicos vem promovendo sem sombra de dúvidas novas tendências e padrões na construção dos conjuntos de manobra e controle blindados. As soluções



para novos projetos vem sendo alcançadas sistematicamente com a evolução de conhecimentos mais aprofundados em relação aos mecanismos de expansão de gases.

Em face às necessidades de soluções técnicas, as concessionárias, as indústrias e os centros de pesquisas associaram seus esforços com vistas a conquista de interesses comuns, buscando o desenvolvimento de tecnologias, imprescindíveis que viabilizem técnico-economicamente, dentro de um processo evolutivo, a produção de blindados que atendam as exigências estabelecidas em norma para o ensaio de arco elétrico devido às falhas internas.

### **3.3 Campos Eletromagnéticos**

É gerado quando da passagem da corrente elétrica nos meios condutores. O campo eletromagnético está presente em inúmeras atividades humanas, tais como trabalhos com circuitos ou linhas energizadas, solda elétrica, utilização de telefonia celular e fornos de microondas.

Os trabalhadores que interagem com Sistema Elétrico Potência estão expostos ao campo eletromagnético, quando da execução de serviços em linhas de transmissão aérea e subestações de distribuição de energia elétrica, nas quais empregam-se elevados níveis de tensão e corrente.

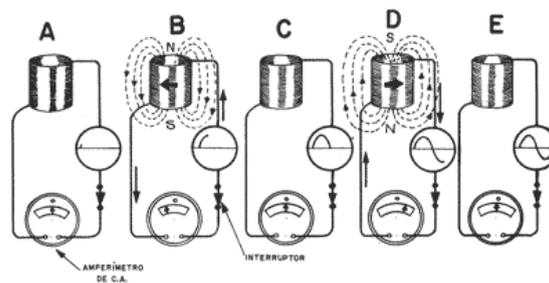
Os efeitos possíveis no organismo humano decorrente da exposição ao campo eletromagnético são de natureza elétrica e magnética. Onde o empregado fica exposto ao

---

campo onde seu corpo sofre uma indução, estabelecendo um diferencial de potencial entre o empregado e outros objetos inerentes às atividades.

A unidade de medida do campo magnético é o Ampére por Volt, Gaus ou Tesla cujo símbolo é representado pela letra T.

Cuidados especiais devem ser tomados por trabalhadores ou pessoas que possuem em seu corpo aparelhos eletrônicos, tais como marca passo, aparelhos auditivos, dentre outros, pois seu funcionamento pode ser comprometido na presença de campos magnéticos intenso.



## **4. MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO**

### **Desenergização**

A desenergização é um conjunto de ações coordenadas, seqüenciadas e controladas, des-tinadas a garantir a efetiva ausência de tensão no circuito, trecho ou ponto de trabalho, du-rante todo o tempo de intervenção e sob controle dos trabalhadores envolvidos.

Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para traba-lho, mediante os procedimentos apropriados e obedecida a seqüência a seguir:

#### **1. Seccionamento**

Seja por chaves, disjuntores, etc. É o ato de promover a descontinuidade elétrica total, com afastamento adequado entre um circuito ou dispositivo e outro, obtida mediante o acionamento de dispositivo apropriado (chave seccionadora, interruptor, disjuntor), acionado por meios manuais ou automáticos, ou ainda através de ferramental apropriado e segundo procedimentos específicos.



#### **2. Impedimento de reenergização**

É o estabelecimento de condições que impedem, de modo reconhecidamente garantido, a reenergização do circuito ou equipamento desenergizado, assegurando ao trabalhador o controle do seccionamento. Na prática trata-se da aplicação de travamentos mecânicos, por meio de fechaduras, cadeados e dispositivos auxiliares de travamento ou com sistemas informatizados equivalentes. A utilização de cadeados (que só poderá ser aberto por quem está realizando o serviço), por exemplo é uma medida que impede desavisados terem acesso ao seccionador (para reenergização acidental ou intencional). A desenergização de circuito ou mesmo de todos os circuitos numa instalação deve ser sempre programada e amplamente divulgada para que a interrupção da energia elétrica reduza os transtornos e a possibilidade de acidentes. A reenergização deverá ser autorizada mediante a divulgação a todos os envolvidos.



### 3. Constatação da ausência de tensão

Após o seccionamento (pois possa ser que a manobra não fora bem sucedida (problemas mecânicos)). É a verificação da efetiva ausência de tensão nos condutores do circuito elétrico. Deve ser feita com detectores testados antes e após a verificação da ausência de tensão, sendo realizada por contato ou por aproximação e de acordo com procedimentos específicos.



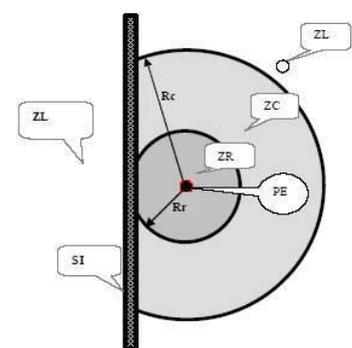
### 4. Instalação de Aterramento Temporário com Equipotencialização dos Condutores dos Circuitos

Constatada a inexistência de tensão, um condutor do conjunto de aterramento temporário deverá ser ligado a uma haste conectada à terra. Na seqüência, deverão ser conectadas as garras de aterramento aos condutores fase, previamente desligados. Tal medida garante a inexistência de tensão entre os condutores, além de estabelecer onde ocorrerá o curto-circuito o curto se dará logo após ao seccionamento (onde a equipotencialização está).



### 5. Proteção dos Elementos Energizados Existentes na Zona Controlada

Utilizado para que sejam evitados contatos acidentais com outros equipamentos. No momento da realização do trabalho, a pessoa tem que se preocupar apenas com o serviço que está realizando; para isso, ele precisa eliminar os outros riscos, como o de contato acidental com os outros elementos energizados. Define-se zona controlada como, área em torno da parte condutora



energizada, segregada, acessível, de dimensões estabelecidas de acordo com nível de tensão, cuja aproximação só é permitida a profissionais autorizados, como disposto no anexo II da Norma Regulamentadora N°10. Podendo ser feito com anteparos, dupla isolação invólucros, etc.

## 6. Instalação da Sinalização de Impedimento de Reenergização.

Deverá ser adotada sinalização adequada de segurança, destinada à advertência e à identificação da razão de desenergização e informações do responsável. Os cartões, avisos, placas ou etiquetas de sinalização do travamento ou bloqueio devem ser claros e adequadamente fixados. No caso de método alternativo, procedimentos específicos deverão assegurar a comunicação da condição impeditiva de energização a todos os possíveis usuários do sistema.

## Aterramento Funcional (TN / TT / IT); de Proteção; Temporário

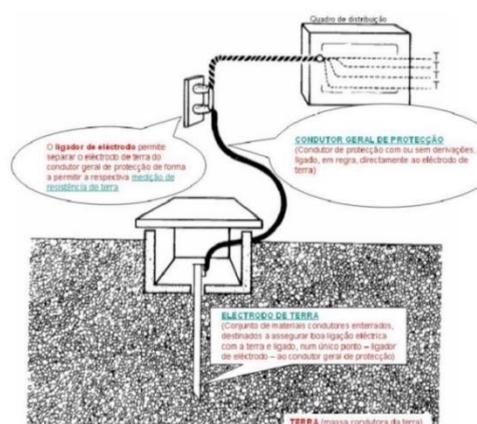
### Introdução

A finalidade básica do aterramento em qualquer edificação é a segurança para o usuário e para o equipamento ligado a uma fonte elétrica.

Promover a segurança. Essa é a principal finalidade de um aterramento, projetado para evitar correntes de modo comum, assegurando tranquilidade para o usuário de uma instalação de um prédio, de uma empresa, de uma casa, e também a segurança do equipamento eventualmente ligado a uma fonte elétrica.

Um aterramento pode ser projetado para escoar descarga elétrica atmosférica, e com essa finalidade ele faz parte de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, e sua função é a de simplesmente conduzir a carga que estava na nuvem e que deve descer para neutralizar uma outra carga oposta. Uma outra finalidade básica do aterramento é no âmbito de sistema de controle, comando e proteção, no que se refere à compatibilidade eletromagnética.

Esta compatibilidade está associada à fonte de indução eletromagnética que pode perturbar o funcionamento de um equipamento, e que pode ser por ele perturbada. Ou seja, um equipamento pode ser uma origem de perturbação de natureza eletromagnética e, ao mesmo tempo, pode sofrer efeitos desse tipo de perturbação. O aterramento, ao qual todo tipo de equipamento deve estar ligado, tem uma série de requisitos para atender



a esse tipo de conceito de compatibilidade eletromagnética, e evitar que ele receba ou produza ruído externo. Esses ruídos são chamados de campo magnético.

O conceito de aterramento em instalações elétricas de BT. Aterrar é prover um sistema ou instalação de um potencial de referência e/ou de um caminho de baixa impedância para a corrente de falta.

Quanto ao primeiro aspecto da definição parece bem claro a todos, mas quanto ao segundo, ainda nos dias atuais podemos encontrar muitas instalações que ainda não consideram este aspecto muito importante.

Neste aspecto, a terra deve ser considerada um elemento do circuito por onde pode circular uma corrente, seja ela, proveniente de uma falta ou descarga atmosférica. No caso da corrente de falta o fenômeno é eletrodinâmico e a corrente percorre sempre um caminho fechado incluindo a fonte e a carga. No caso da descarga atmosférica o fenômeno é eletrostático a corrente circula pela terra para neutralizar as cargas.

### **Tipos de aterramento**

Os aterramentos podem ser classificados, segundo a sua função na instalação elétrica, em:

- a) **Aterramento funcional:** aterramento de um condutor vivo (normalmente o neutro), objetivando o correto funcionamento da instalação;
- b) **Aterramento de proteção:** aterramento das massas e dos elementos estranhos, objetivando a proteção contra choques (contatos indiretos).
- c) **Aterramento temporário:** ligação elétrica efetiva com baixa impedância intencional à terra, destinada a garantir a equipotencialidade e mantida continuamente durante a intervenção na instalação elétrica.

### **Esquemas de Aterramento**

O fator mais importante na limitação da corrente de falta, é o fato desta corrente ter no percurso eletrodos de aterramento. O esquema de aterramento é a classificação que define se a corrente de falta vai passar pelo eletrodo de aterramento ou não é o esquema de aterramento.

O conceito de esquemas é muito útil quando há necessidade de definir os aterramentos sem ambigüidades.

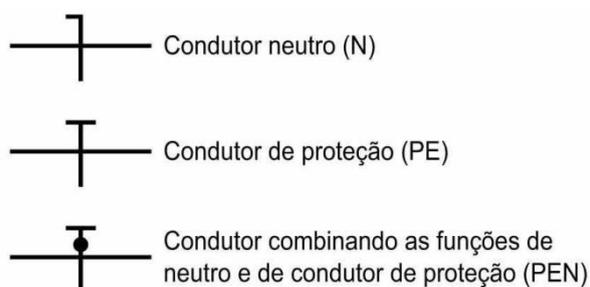
---

Trata-se de uma classificação de todas as combinações possíveis de ligações do condutor neutro e do condutor de proteção nos eletrodos de aterramento ou seja, todas as combinações possíveis e/ou aplicáveis de interligações entre os aterramentos: funcional e de proteção. Por esta classificação, o aterramento do neutro e sua ligação com o condutor de proteção ficam completamente definidos com apenas três letras, sem deixar margem a dúvidas.

O esquema de aterramento é um importante fator na proteção contra choques por contatos indiretos e contra sobretensões.

### **Classificação dos esquemas**

Conforme a NBR-5410/2004 as figuras 1 a 5, que ilustram os esquemas de aterramento, devem ser interpretadas de forma genérica. Elas utilizam como exemplo sistemas trifásicos. As massas indicadas não simbolizam um único, mas sim qualquer número de equipamentos elétricos. Além disso, as figuras não devem ser vistas com conotação espacial restrita. Deve-se notar, neste particular, que como uma mesma instalação pode eventualmente abranger mais de uma edificação, as massas devem necessariamente compartilhar o mesmo eletrodo de aterramento, se pertencentes a uma mesma edificação, mas podem, em princípio, estar ligadas a eletrodos de aterramento distintos, se situadas em diferentes edificações, com cada grupo de massas associado ao eletrodo de aterramento da edificação respectiva. Nas figuras são utilizados os seguintes símbolos:



Na classificação dos esquemas de aterramento é utilizada a seguinte simbologia:

**Primeira letra** - Situação da alimentação em relação à terra:

- T = um ponto diretamente aterrado;
- I = isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de impedância;

**Segunda letra** - Situação das massas da instalação elétrica em relação à terra:

---

- T = massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto da alimentação;
- N = massas ligadas ao ponto da alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o ponto neutro);

**Outras letras** (eventuais) - Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção:

- S = funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;
- C = funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor (condutor PEN).

## Esquema TN

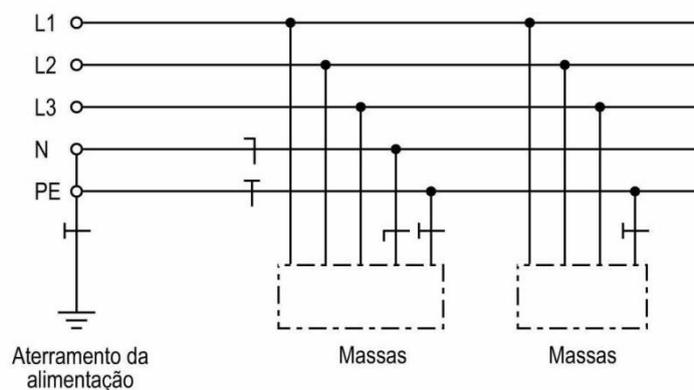
O esquema TN possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção. São consideradas três variantes de esquema TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, a saber:

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 2);

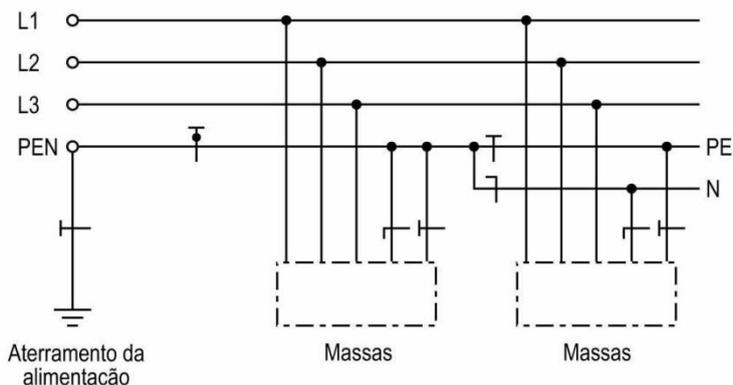
c) esquema TN-C, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, na totalidade do esquema (figura 3).

### Esquema de aterramento TN-S (figura 1);

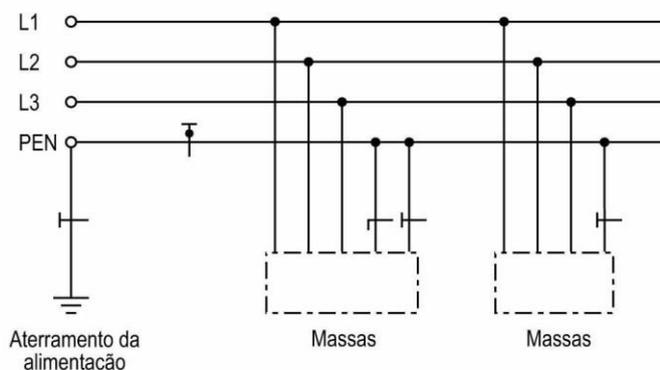


NOTA - As funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas num único condutor em parte do esquema.

### Esquema de aterramento TN-C-S (figura 2);



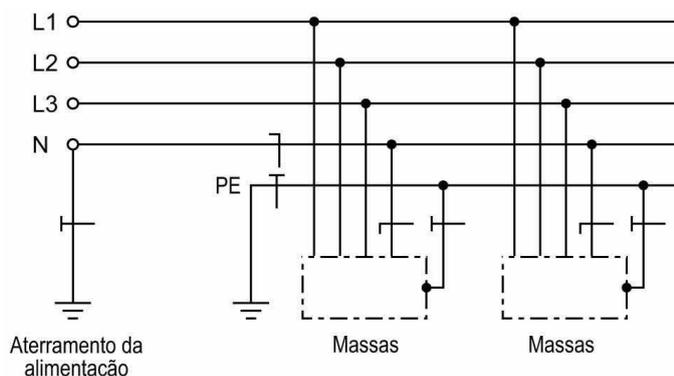
### Esquema de aterramento TN-C (figura 3);

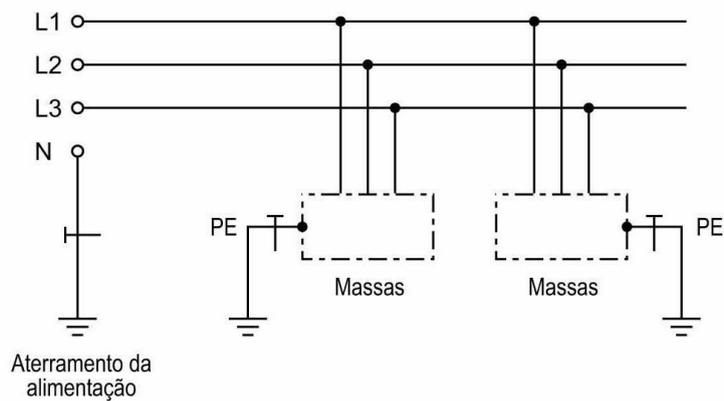


NOTA As funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas num único condutor, na totalidade do esquema.

### Esquema de aterramento TT

O esquema TT possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação (figura 4).

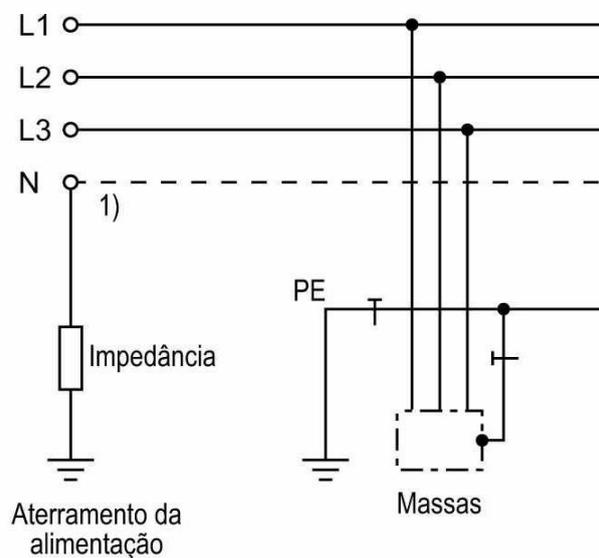




### Esquema de aterramento IT

No esquema IT todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância (figura 5). As massas da instalação são aterradas, verificando-se as seguintes possibilidades:

- massas aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação, se existente;
- 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.



## Aterramento temporário

O aterramento elétrico de uma instalação tem por função evitar acidentes gerados pela energização acidental da rede, propiciando rápida atuação do sistema automático de seccionamento ou proteção. Também tem o objetivo de promover proteção aos trabalhadores contra descargas atmosféricas que possam interagir ao longo do circuito em intervenção.

Esse procedimento deverá ser adotado a montante (antes) e a jusante (depois) do ponto de intervenção do circuito e derivações se houver, salvo quando a intervenção ocorrer no final do trecho. Deve ser retirado ao final dos serviços.

A energização acidental pode ser causada por:

- Erros na manobra;
- Fechamento de chave seccionadora;
- Contato acidental com outros circuitos energizados, situados ao longo do circuito;
- Tensões induzidas por linhas adjacentes ou que cruzam a rede;
- Fontes de alimentação de terceiros (geradores);
- Linhas de distribuição para operações de manutenção e instalação e colocação de transformador;
- Torres e cabos de transmissão nas operações de construção de linhas de transmissão;
- Linhas de transmissão nas operações de substituição de torres ou manutenção de componentes da linha;
- Descargas atmosféricas.

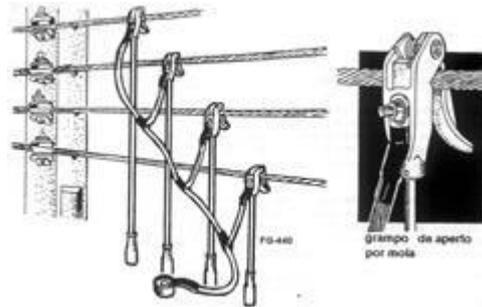
Para cada classe de tensão existe um tipo de aterramento temporário. O mais usado em trabalhos de manutenção ou instalação nas linhas de distribuição é um conjunto ou

‘Kit’ padrão composto pelos seguintes elementos:

- Vara ou bastão de manobra em material isolante, com cabeçotes de manobra;
- Grampos condutores – para conexão do conjunto de aterramento com os condutores e a terra;
- Trapézio de suspensão - para elevação do conjunto de grampos à linha e conexão dos cabos de interligação das fases, de material leve e bom condutor, permitindo perfeita conexão elétrica e mecânica dos cabos de interligação das fases e descida para terra;
- Grampos – para conexão aos condutores e ao ponto de terra;

- Cabos de aterramento de cobre, extra-flexível e isolado;
- Trado ou haste de aterramento – para ligação do conjunto de aterramento com o solo, deve ser dimensionado para propiciar baixa resistência de terra e boa área de contato com o solo.

Nas subestações, por ocasião da manutenção dos componentes, se conecta os componentes do aterramento temporário à malha de aterramento fixa, já existente.



## Equipotencialização

É o procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados.

Todas as massas de uma instalação devem estar ligadas a condutores de proteção.

Em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal, em 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. Isso sem prejuízo de equipotencializações adicionais que se façam necessárias, para fins de proteção contra choques e/ou de compatibilidade eletromagnética.

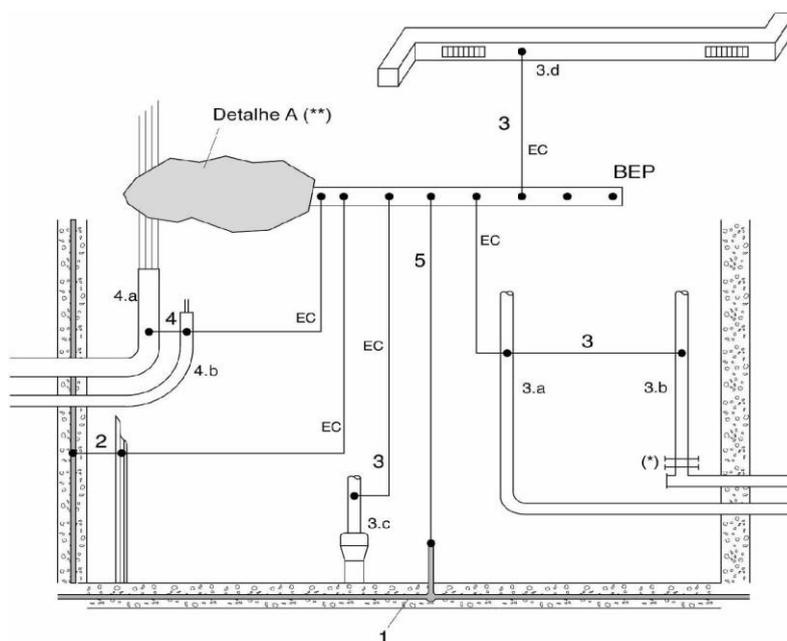
A NBR 5410:2004, seção 6.4.8.6, que trata de Ligação equipotencial define em suas notas:

1. A ligação equipotencial pode incluir condutores, capas metálicas de cabos e partes metálicas da edificação, tais como tubulações de água e eletrodutos ou uma malha instalada em cada pavimento ou em parte de um pavimento. É conveniente incluir as armações do concreto da edificação na ligação equipotencial.
2. As características das ligações equipotenciais por razões funcionais (por exemplo, seção, forma e posição dos condutores) dependem da gama de frequência dos sistemas de tecnologia da informação das condições

presumidas para o ambiente eletromagnético e das características de imunidade/freqüência dos equipamentos.

Os condutores de eqüipotencialidade funcional que satisfazem às prescrições de proteção contra choques elétricos, devem ser identificados como condutores de proteção. Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão.

### Eqüipotencialização principal



Legenda:

BEP = Barramento de eqüipotencialização principal

EC = Condutores de eqüipotencialização

1 = Eletrodo de aterramento (embutido nas fundações)

2 = Armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação

3 = Tubulações metálicas de utilidades, bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados.

### Seccionamento Automático da Alimentação

A medida de proteção por seccionamento automático da alimentação, que é prescrita na seção 5.1.2.2.4, destina-se a evitar que uma tensão de contato se mantenha por um tempo que possa resultar em risco de efeito fisiológico perigoso para as pessoas, durante uma falta de isolamento em um componente do circuito. Os efeitos fisiológicos devido à corrente de choque são apresentados na IEC 60479-1.

Para atender a esta prescrição, no caso de uma falta, um dispositivo de proteção deve interromper a corrente de falta em um tempo suficientemente curto para evitar que a tensão de contato se mantenha por um tempo longo o suficiente para ser perigosa.

O recurso do seccionamento automático, que promove o desligamento do circuito em que se manifesta a tensão de contato perigosa, é usado quando a eqüipotencialidade não é o suficiente para impedir o aparecimento de tensões de contato perigosas. Isto ocorre quando o esquema de aterramento é TN ou TT.

A medida de proteção por seccionamento automático da alimentação fundamenta-se nos seguintes princípios:

- (A) Massas e elementos condutivos
- (B) Tensões de contato e tensão de falta
- (C) Efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano
- (D) Impedância do corpo humano

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

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 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, mas não superior a 5 s, 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 5 s) não propague, para equipamentos portáteis ou equipamentos móveis deslocados manualmente em funcionamento, ligados a

---

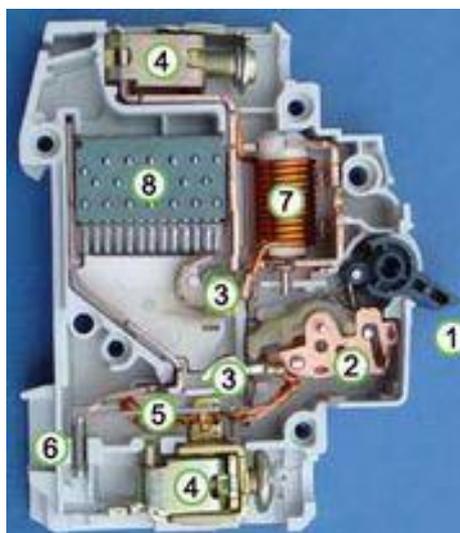
outros circuitos terminais da instalação, uma tensão de contato superior ao valor pertinente de UL;

d) *Tempos de seccionamento maiores (II)* - Da mesma forma, como indicado em 5.1.4.4, 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

Nota: As numerações 5.1.2.2.4.2, 5.1.2.2.4.3, 5.1.2.2.4.4, 5.1.4.4 e 5.1.3.1, são seções da norma NBR 5410:2004, portanto para um melhor entendimento é importante consultar a norma.

1. Manípulo ou Atuador
2. Mecanismo atuador
3. Contatos
4. Bornes
5. Relé bimetálico
6. Parafuso calibrador
7. Solenóide
8. Câmara de Extinção do arco



## **Dispositivos a Corrente de Fuga**

### **(A) Dispositivo de Proteção a Corrente Diferencial-Residual**

Esse dispositivo tem por finalidade desligar da rede de fornecimento de energia elétrica, o equipamento ou instalação que ele protege, na ocorrência de uma corrente de fuga que exceda determinado valor, sua atuação deve ser rápida, menor do que 0,2 segundos (Ex.: DDR), e deve desligar da rede de fornecimento de energia o equipamento ou instalação elétrica que protege.

A NBR 5410:2004 define em sua seção 5.1.3.2.1.1 que o uso de dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal  $I_{\Delta n}$  igual ou inferior a 30 mA é reconhecido como proteção adicional contra choques elétricos.

---

NOTA: A proteção adicional provida pelo uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade visa casos como os de falha de outros meios de proteção e de descuido ou imprudência do usuário.

A utilização de tais dispositivos não é reconhecida como constituindo em si uma medida de proteção completa e não dispensa, em absoluto, o emprego de uma das medidas de proteção estabelecidas em 5.1.2.2 a 5.1.2.5.

### **(B) Casos em que o uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade como proteção adicional é obrigatório**

Qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser objeto de proteção adicional por dispositivos a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal  $I_{\Delta n}$  igual ou inferior a 30 mA:

a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;

b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;

c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;

d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;

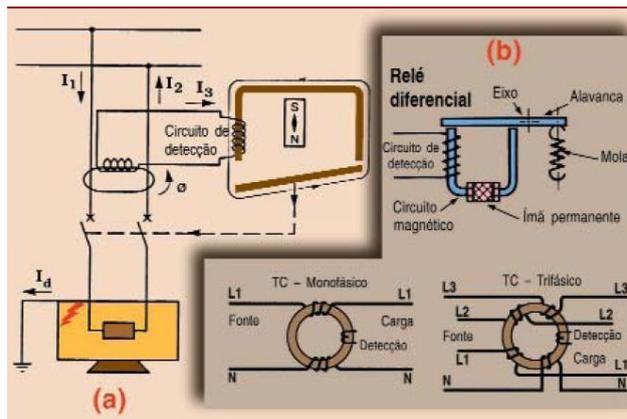
e) os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

Os dispositivos DR são classificados, a partir de sua corrente diferencial-residual nominal de atuação,  $ID_n$ , em:

- dispositivo DR de alta sensibilidade (AS) -  $I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$ ,
- dispositivo DR de baixa sensibilidade (BS) -  $ID_n > 30\text{mA}$ .

A Norma prescreve o uso de dispositivos DR:

- na proteção complementar contra contatos diretos (DR tipo AS);
  - na proteção contra contatos indiretos (DR tipos AS ou BS), no esquema TN, no esquema TT e no esquema IT;
  - na proteção contra incêndios em locais BE2 (DR tipo BS).
-



## Extra-Baixa Tensão: SELV E PELV

### Circuitos SELV e PELV

Defini-se como:

**A. SELV** (do inglês -separated extra-low voltagell): Sistema de extra baixa tensão que é eletricamente separada da terra de outros sistemas e de tal modo que a ocorrência de uma única falta não resulta em risco de choque elétrico.

**B. PELV** (do inglês -protected extra-low voltagell): Sistema de extra baixa tensão que não é eletricamente separado da terra mas que preenche, de modo equivalente, todos os requisitos de um SELV.

Os circuitos SELV não têm qualquer ponto aterrado nem massas aterradas. Os circuitos PELV podem ser aterrados ou ter massas aterradas.

Dependendo da tensão nominal do sistema SELV ou PELV e das condições de uso, a proteção básica é proporcionada por:

- Limitação da tensão; ou
- Isolação básica ou uso de barreiras ou invólucros;
- Condições ambientais e construtivas em o equipamento esta inserido.

Assim, as partes vivas de um sistema SELV ou PELV não precisam necessariamente ser inacessíveis, podendo dispensar isolação básica, barreira ou invólucro, no entanto para atendimento a este item deve atender as exigências mínimas da norma NBR 5410/2004.

A separação de proteção a que se refere a prescrição de 5.1.2.5.2 da NBR 5410:2004, entre as partes vivas dos circuitos SELV ou PELV e partes vivas de outros circuitos que não sejam SELV ou PELV, deve ser assegurada por:

a) isolação dupla ou reforçada, dimensionada para a tensão mais elevada presente; ou

b) isolação básica e blindagem de proteção, também dimensionada para a tensão mais elevada presente.

*NOTA Deve ser provida, entre as partes vivas de dispositivos como relés, contadores e chaves auxiliares e quaisquer partes de um circuito de tensão mais elevada, uma separação de proteção pelo menos equivalente àquela existente entre os enrolamentos primário e secundário de um transformador de separação de segurança.*

As formas de separação de proteção relacionadas em 5.1.2.5.4.1 da NBR 5410:2004, conduzem às seguintes possibilidades de realização das linhas elétricas SELV ou PELV, sendo admitida qualquer uma delas:

a) condutores dos circuitos SELV e/ou PELV providos de cobertura não-metálica ou envolvidos por um invólucro isolante, adicionalmente à sua isolação básica;

b) condutores dos circuitos SELV e/ou PELV providos de sua isolação básica, separados dos condutores dos circuitos em outras tensões por uma cobertura metálica aterrada ou uma blindagem metálica aterrada;

c) compartilhamento pelo circuito SELV e/ou PELV e outros circuitos em outras tensões, de um mesmo cabo multipolar, desde que os condutores, em especial os dos circuitos SELV e/ou PELV, sejam isolados para a tensão mais elevada presente;

d) condutores SELV e/ou PELV e condutores de outros circuitos em outras tensões, todos providos de sua isolação básica, formando um agrupamento, desde que os condutores, em especial os dos circuitos SELV e/ou PELV, sejam isolados para a tensão mais elevada presente;

e) condutores de circuitos SELV e/ou PELV fisicamente separados dos condutores de qualquer outro circuito.

Os plugues e as tomadas de corrente de circuitos SELV e PELV devem satisfazer as seguintes prescrições:

a) não deve ser possível inserir o plugue SELV ou PELV em tomadas de outras tensões;

---

b) a tomada SELV ou PELV deve impedir a introdução de plugues referentes a outras tensões;

c) as tomadas do sistema SELV não devem possuir contato para condutor de proteção.

Partes vivas dos circuitos SELV não devem ser conectadas à terra ou a partes vivas ou condutores de proteção de outros circuitos.

As massas dos circuitos SELV não devem ser intencionalmente conectadas

- à terra,
- a condutores de proteção ou massas de outros circuitos e/ou
- a elementos condutivos, exceto, neste caso, se a conexão a elementos condutivos for uma necessidade inerente à utilização do equipamento alimentado em SELV e desde que se possa descartar o risco da propagação, para a massa SELV, de diferença de potencial superior à tensão de contato limite válida para a situação de influências externas pertinente.

NOTA: Se as massas dos circuitos SELV forem suscetíveis de entrar em contato, fortuita ou deliberadamente, com massas de outros circuitos, a proteção contra choques não mais depende somente da proteção proporcionada pelo sistema SELV, mas também da medida de proteção aplicada a esses outros circuitos.

Os sistemas PELV e/ou suas massas podem ser aterrados.

### **Barreiras e Invólucros**

São dispositivos que impedem qualquer contato com partes energizadas das instalações elétricas. São componentes que visam impedir que pessoas ou animais toquem acidentalmente as partes energizadas, garantindo assim que as pessoas sejam advertidas de que as partes acessíveis através das aberturas estão energizadas e não devem ser tocadas.

As barreiras terão que ser robustas, fixadas de forma segura e tenham durabilidade, tendo como fator de referência o ambiente em que está inserido. Só poderão ser retirados com chaves ou ferramentas apropriadas e também como predisposição uma segunda barreira ou isolação que não possa ser retirada sem ajuda de chaves ou ferramentas apropriadas.

Ex.: Telas de proteção com parafusos de fixação e tampas de painéis, etc.



O uso de barreiras ou invólucros, como meio de proteção básica, destina-se a impedir qualquer contato com partes vivas.

As partes vivas devem ser confinadas no interior de invólucros ou atrás de barreiras que garantam grau de proteção.

Quando o invólucro ou barreira compreender superfícies superiores, horizontais, que sejam diretamente acessíveis, elas devem garantir grau de proteção mínimo.

