

FACULDADE E ESCOLA TECNICA SEQUENCIAL

# SISTEMAS DE ATERRAMENTO

---

Trabalho apresentado com requisito parcial para obtenção de aprovação na disciplina de Eletricidade Básica na turma ELT-N7 no curso de Eletrotécnica na Faculdade e Escola Técnica Sequencial.

Prof. Geifson

Alan Faglioni

Mauricelio Ferreira

Marcos Pacifico

Paulo Sergio

**São Paulo, 2013**

## Conteúdo

INTRODUÇÃO.....	3
1 MEMÓRIA DA ELETRICIDADE.....	5
Padrões Brasileiros.....	5
2 ABNT NBR 5410:2004.....	6
2.1 Instalações Elétricas de Baixa Tensão. ....	6
Aterramento.....	6
Definição.....	6
3 PROJETANDO O SISTEMA DE ATERRAMENTO .....	7
Cuidados.....	7
4 ATERRAMENTO DE FORÇA .....	7
5 ATERRAMENTO ISOLADO .....	8
6 ATERRAMENTO DE PONTO ÚNICO .....	8
7 O ATERRAMENTO ÚNICO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	9
Terminal de aterramento principal – TAP .....	9
Resistência de aterramento.....	10
PARA-RAIOS .....	10
Gaiola de Faraday.....	11
Para-raios de Franklin.....	11
Para-raios de Melsens .....	11
Radioativos .....	12
8 ATERRAMENTO PARA EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA.....	12
9 SPDA - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	13
Objetivo .....	13
Introdução Teórica .....	13
Como se descobriu o Raio?.....	13
A Fenomenologia do Raio.....	14
10 ELEMENTOS DO SISTEMA DE PROTEÇÃO ATMOSFÉRICA – SPDA.....	15
Instalação.....	15
Anéis de Cintamento .....	15
Aterramento .....	16
Equalização de Potenciais Internos.....	16
11 NECESIDADE DE PROTEÇÃO INTERNA DAS ESTRUTURAS .....	16
CONCLUSÃO.....	18

## INTRODUÇÃO

Caro leitor abaixo verá um pouco da história, Normas, métodos de instalação e Sistemas de Aterramento, procurando atingir o público alvo, transmitindo informações ricas e necessárias para todo e qualquer tipo de instalação. Seus riscos caso não seja instalado corretamente, benefícios e sua proteção.

Acreditamos que o conteúdo abaixo o ajude a esclarecer dúvidas técnicas sobre este Sistema de suma importância para nossa segurança, sendo pouco utilizada e instalada em nossas casas, comércios e indústrias, colocando em risco nossos colaboradores, animais e instalações.



# 1 MEMÓRIA DA ELETRICIDADE

## Padrões Brasileiros

Em geral, padrões são definidos por aqueles que regulam um determinado setor a partir, principalmente, da utilização de produtos ou serviços pelos consumidores finais. Sua definição depende dos interesses envolvidos neste processo; do período histórico em que tal fato acontece; do impacto que esta definição pode ter; e do custo da criação de um padrão, que unifica e uniformiza produtos, conceitos e mentalidades. Criar um padrão passa não só pelo estabelecimento de Normas e modelos para a indústria, mas, sobretudo, por uma mudança de mentalidade da população, técnica ou leiga, para se adequar as alterações.

Quando as primeiras e pequenas usinas de geração de energia elétrica se instalaram no Brasil, na segunda metade do século XIX, não havia padrões nacionais, fosse para frequência, tensões ou tipo de corrente adotadas. Os modelos, inclusive, demoraram muitos anos até que fossem estabelecidos e, mais importante, seguidos. Porque, cabe lembrar aqui, que, no Brasil, há leis e decretos que “pegam”, quando são seguidos e cumpridos como a legislação determina, e outros que “não pegam”, quando a população continua a viver como se aquelas leis não existissem.

Até que esse hiato entre a elaboração de uma legislação que regulamentasse e estabelecesse padrões de funcionamento no País e o efetivo cumprimento, o setor elétrico Brasileiro se desenvolveu e consolidou. Da criação da primeira Hidroelétrica Brasileira, a usina de Ribeirão do Inferno, na cidade de Diamantina, em Minas Gerais, o ano de 1883, até a década de 1970, quando efetivamente os padrões se tornaram modelos institucionalizados, muito aconteceu. Até a década de 1960 e 1970, a utilização de determinada frequência elétrica, por exemplo, era definida pelas máquinas usadas em cada empreendimento e não por um padrão Nacional.

Cada interessado adotava o utilizado pelos Países que vendiam os equipamentos. Assim, foram estabelecidos os primeiros padrões estaduais. Que comprasse máquinas motrizes dos Estados Unidos para instalar em uma pequena usina geradora, que, no início, também era distribuidora e transmissora, teria padrões diferentes daquela que adquirissem produtos alemães. As primeiras frequências em questão e que eram usadas no Brasil eram a de 50 e 60 Hz. Sendo, de modo geral, 60 ciclos o adotado pelos americanos e 50 pelos europeus, cuja a escolha dependia dos geradores comprados pelas usinas. Essas diferenças eram percebidas até mesmo nas duas principais cidades brasileiras. No Rio de Janeiro, o fornecimento era feito em 50Hz, e em São Paulo, em 60Hz, isso até meados do século XX.

Mas isso não só aconteceu com a frequência. As tensões elétricas utilizadas dependiam mais da instalação, do fornecimento da empresa elétrica e dos equipamentos que utilizariam a fonte elétrica. Ambas as questões foram uniformizadas no Brasil na segunda metade do século XX, quase 100 anos após o início do setor no País.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Revista O setor elétrico – Ano 5 – Edição 49 – Proteção (Impacto do paralelismo na proteção diferencial de transformadores – impresso fevereiro 2010.

## 2 ABNT NBR 5410:2004

### 2.1 Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

#### Aterramento

6.4.1.1.1: Toda edificação deve dispor de uma infraestrutura de aterramento, denominada “eletrodo de aterramento”, sendo admitidas as seguintes opções:

- a) Preferencialmente, uso das próprias armaduras do concreto das fundações (ver 6.4.1.1.9).
- b) Uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, imersos no concreto das fundações (ver 6.4.1.1.10).
- c) Uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (“pés-de-galinha”).
- d) No mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação e complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente (“pés-de-galinha”).

#### Definição

É o conjunto de condutores, hastes e conectores interligados, ou seja, acoplados em partes metálicas com o propósito de formar um caminho condutor de eletricidade, tanto quanto assegurar continuidade elétrica e capacitar uma condução segura qualquer que seja o tipo de corrente.

A conexão terra é na realidade a interface entre o sistema de aterramento e toda a terra, e é por esta interface que é feito o contato elétrico entre ambos.

Através desta interface passaram os eventos elétricos, incluem (surtos de energia, etc.), energia proveniente de descargas atmosféricas.

O aterramento é obrigatório, a baixa qualidade ou a falta do mesmo invariavelmente provoca a queima de equipamentos. Sua característica é eficácia e deve satisfazer as prescrições de segurança das pessoas e instalações.

O valor da resistência deve atender as condições de proteção e de funcionamento da instalação e sua resistência deve atingir no máximo 10 ohms ( $\Omega$ ), conforme orientações da ABNT.

Potencial terra de um circuito é o ponto de referência de todas as medições de tensão e corrente. Utilizado para igualar o potencial elétrico entre os equipamentos elétricos em

instalações, normalmente conectado a carcaças metálicas dos equipamentos em geral escoando cargas estáticas acumuladas em estruturas.<sup>2</sup>

### 3 PROJETANDO O SISTEMA DE ATERRAMENTO

Primeiramente, o projeto deve ser desenvolvido de acordo com as normas vigentes da ABNT. Algumas etapas devem ser seguidas e executadas adequadamente:

1. Localizar e definir o local de instalação.
2. Realizar diversas medições no local.
3. Realizar a estratificação do solo.
4. Determinar o tipo de sistema a ser utilizado.
5. Dimensiona-lo observando a sensibilidade dos equipamentos de proteção e os limites de segurança.

#### Cuidados

Devemos realizar periodicamente manutenção nas instalações, verificando os pontos de conexões, terminais e caixas de inspeção quanto a sua conservação, pois estão sujeitos a oxidação e a corrosão, e com o passar do tempo não desempenham mais a função a qual foi projetado. Lembrando, que deve ser executados por profissionais competentes e especializados realizando ensaios com frequência utilizando o Terrometro.

### 4 ATERRAMENTO DE FORÇA

O sistema de aterramento para equipamentos de força já é bem conhecido, com o longo do tempo de utilização e desenvolvimento, funcionando com ótimos resultados quando bem projetado.

As malhas de terra para os equipamentos de força são completamente inadequadas para equipamentos sensíveis, já que, em regime normal, costumam ser percorridas por correntes de várias origens, denominadas espúrias (provocadas por correntes anódicas/catódicas, correntes de circulação de neutro, induções eletromagnéticas diversas, etc).

Em regime transitório (curto-circuito para a terra, descargas atmosféricas, etc.), estas correntes podem ser extremamente elevadas. Dai verificamos que a malha de potencial fixo, inalterável, necessária aos equipamentos eletrônicos sensíveis, não é a malha projetada para o sistema de força.

---

<sup>2</sup> Conteúdo aplicado a disciplina de Eletricidade Básica, ministrada pelo Professor Geifson no dia 02/05/2013

## 5 ATERRAMENTO ISOLADO

Descoberta a inadequabilidade das malhas de força para os equipamentos eletrônicos, o passo seguinte foi estabelecer uma malha de terra isolada, independente para os equipamentos em questão.

Esta malha, embora tenha tido algum sucesso, pois efetivamente controla alguns aspectos negativos da malha de força (principalmente reduz as correntes espúrias que percorrem as mesmas, apresenta alguns inconvenientes a saber:

- O aterramento da carcaça (ou invólucro metálico do painel suporte dos equipamentos) não é equalizado com o aterramento dos equipamentos eletrônicos.
- Projetar uma malha de terra isolada da malha de força é uma tarefa altamente inglória e discutível, pois o solo, ainda que seja de elevada resistividade, é condutor. Assim, existe um acoplamento resistivo (para baixa frequência) e capacitivo (para alta frequência) entre os dois sistemas considerados isolados.
- Não tendo sofrido alteração na sua geometria, a malha apresenta ainda deficiências construtivas como condutores longos, incapazes de equalizar altas frequências e principalmente “loops” (malha fechada) característica das malhas industriais.

## 6 ATERRAMENTO DE PONTO ÚNICO

Este método representa o passo seguinte na evolução dos sistemas de aterramento sensíveis, pois elimina do sistema isolado a sua principal desvantagem, que é a falta de segurança pessoal originada da diferença de potencial que pode aparecer entre as duas malhas. As características principais deste método são:

- Os equipamentos eletrônicos continuam isolados do painel de sustentação. Suas barras de terra, também isoladas, são ligadas através de condutores isolados, radiais, a uma barra de terra geral, comumente situada no quadro de distribuição de força dos equipamentos. Esta barra também é isolada do quadro de distribuição, mas conectada através de um cabo isolado a um ponto único do sistema de aterramento de força. Portanto equalizam-se as duas malhas através desta conexão.
- As carcaças dos painéis de sustentação são ligadas ao sistema de aterramento de força de forma convencional. Isto é, de modo a permitir o retorno das correntes de curto-circuito originada pela falha na isolação de alimentação de força dos equipamentos eletrônicos.

Quando existe um quadro de distribuição de força único para os referidos equipamentos, a melhor forma é aterrar suas carcaças através de cabos isolados ligados radialmente na barra do quadro de distribuição.

Este quadro deve possuir, portanto, três barras de aterramento.

- Barra de neutro (ligada a carcaça do quadro).



- Barra de terra, que recebe os cabos radiais de aterramento das carcaças dos quadros de sustentação dos equipamentos eletrônicos (também ligados a carcaça do quadro).
- Barra de terra isolada da carcaça (própria para aterramento dos equipamentos eletrônicos).

Esta última barra, como já descrito, esta ligada através de cabos isolados radiais nas barras de terra (barra de referência) dos equipamentos eletrônicos e a um único ponto do sistema de força.

Quando o sistema de aterramento de força é de alta resistência, pode-se utilizar um sistema local de eletrodos auxiliares para os equipamentos eletrônicos, com a finalidade de diminuir a resistência total de aterramento para um valor próximo a  $10\Omega$ .

A barra de terra dos equipamentos eletrônicos, situada no quadro de distribuição, deve ser ligada a esses eletrodos através de cabo condutor isolado.

Alem da interligação Internacional á malha de força, a malha de terra de referência deve também ser interligada intencionalmente a todos os componentes metálicos presentes no ambiente:

- Colunas metálicas
- Eletrodutos, que chegam ou saem no ambiente da malha.
- Carcaças metálicas dos quadros de comando, de força e de instrumentação.
- Armários metálicos diversos.
- Equipamentos de ar condicionado.
- Tubulações de água e de incêndio, entre outros.

A filosofia, portanto é de equalização de potencial, através da conexão em múltiplos pontos.

## **7 O ATERRAMENTO ÚNICO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

Em qualquer projeto, deve ser assegurado que todos os tipos de proteção necessária (choque, descargas atmosféricas diretas, sobretensões, equipamentos eletrônicos, descargas eletrostáticas) se juntem em um único ponto de aterramento, garantindo, assim, um circuito equipotencializado.

Para equipamentos eletrônicos mais sensíveis, é recomendado que a haste do Terra fosse feita separadamente da haste do Terra dos para-raios proporcionando um recurso de baixa impedância de retorno para a terra, fazendo com que a proteção instalada desligue automaticamente de maneira rápida e segura.

### **Terminal de aterramento principal – TAP**

Esse ponto de convergência do sistema de aterramento de uma instalação elétrica é o chamado TAP (terminal de aterramento principal).

O TAP possui algumas características particulares, a saber:

- Deve ser constituídos por uma barra retangular de cobre nu de, no mínimo 50mm de largura x 3mm de espessura x 500mm de comprimento.
- Deve ser instalado isolado da parede (por meio de isoladores de baixa tensão em epóxi, porcelana, tec.), e o mais próximo possível do nível do solo. Na prática geralmente, o TAP é instalado no interior do quadro geral de baixa tensão da instalação.
- Deve ser ligado a um único ponto ao anel de aterramento por meio de um cabo isolado de seção mínima 16mm<sup>2</sup>. Essa ligação deve ser a mais direta e curta possível.

## Resistência de aterramento

Com a equipotencialidade assegurada, o valor absoluto da resistência de aterramento deixa de ser o fato mais importante. No entanto recomenda-se o valor máximo de 10Ω.<sup>3</sup>

## PARA-RAIOS

O para-raios foi inventado no século XVIII, por Benjamin Franklin, e é o equipamento mais indicado para proteger edificações das descargas elétricas vindas da atmosfera - os raios. Ele é formado por três elementos principais: os captadores (uma haste de metal pontiaguda), um cabo de ligação preso a isoladores e uma grande placa metálica enterrada no solo. Os materiais mais utilizados em para-raios são o cobre e o alumínio. Deve ser instalado no ponto mais alto da área a ser protegida, já que este é o local mais atingido por raios.

O equipamento funciona de acordo com um princípio físico conhecido como “o poder das pontas”, segundo o qual as pontas metálicas finas do para-raios atraem os raios para si, já que nelas se concentram mais cargas elétricas. A descarga elétrica é então conduzida pelo cabo de ligação até o solo, onde um cabo aterrado dissipa a energia capturada.

Dizer que o para-raios atrai o raio é apenas uma expressão. Na realidade, ele oferece ao raio um caminho para chegar à terra com pouca resistividade. Quando uma nuvem com carga negativa passa por cima da ponta do equipamento, partículas positivas são induzidas ali, ionizando o ar atmosférico. Isso transforma o ar em um bom condutor de eletricidade. A nuvem, então, se descarrega por meio de uma faísca, liberando elétrons (partículas negativas) que serão dissipados no solo por meio da placa aterrada.

A área protegida pelo para-raios tem o formato de um cone, sendo a ponta da antena o seu vértice. Sua altura vai da ponta da antena ao chão e seu raio no solo mede cerca do

---

<sup>3</sup> Aterramento Elétrico – Procobre – [www.programacasasegura.org.br](http://www.programacasasegura.org.br)

dobro da altura em que está a ponta do dispositivo. O ângulo entre o vértice e a geratriz do cone costuma ser de 55°. Para descobrir o raio da área protegida pelo equipamento, usa-se a seguinte fórmula:  $R = h \times \tan A$ , em que R é o raio, h a altura em metros e A o ângulo em graus.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem uma norma específica para a proteção de estruturas contra descargas elétricas, a ABNT-NBR-5419. Segundo ela, o cabo do para-raios, que vai da antena ao solo, deve ser isolado para não entrar em contato com as paredes da edificação. É indicado também utilizar parafusos de alumínio ou aço inoxidável, para que não haja ferrugem.

### **Gaiola de Faraday**

Este sistema é o mais utilizado para proteções de galpões e casas, cujas dimensões dificultam ou impedem a instalação de para-raios tipo Franklin ou Hastes. A gaiola é formada por cordoalhas de cobre ou de aço galvanizado (zincado) com bitola mínima de 50mm<sup>2</sup> (ABNT), instaladas em forma de malha espaçadas de 10 metros no máximo, nos pontos mais altos da cobertura e em volta desta, sendo conectada ao sistema de aterramento por meio de condutores de descida. Ao longo e nas juntas destas cordoalhas instalam-se pontas metálicas de 30cm de comprimento para facilitar a incidência de raios. A distância máxima entre dois condutores de descida é de 20 metros. O sistema de aterramento é constituído por uma malha fechada em volta da edificação, enterrada no solo a um metro de profundidade e a um metro de distância da edificação. Nas juntas dos condutores de descida com a malha de aterramento são cravadas as hastes de aterramento.

### **Para-raios de Franklin**

É o modelo mais utilizado, composto por uma haste metálica onde ficam os captadores e um cabo de condução que vai até o solo e a energia da descarga elétrica é dissipada por meio do aterramento. O Cabo condutor, que vai da antena ao solo, deve ser isolado para não entrar em contato com as paredes da edificação. As chances de o raio ser atraído por esse tipo de equipamento é de 90%.

### **Para-raios de Melsens**

Com a mesma finalidade dos para-raios de Franklin, adota o princípio da Gaiola de Faraday. O edifício é envolvido por uma armadura metálica, daí o nome gaiola. No telhado, é instalada uma malha de fios metálicos com hastes de cerca de 50cm. Elas são as receptoras das descargas elétricas e devem ser conectadas a cada oito metros.

A malha é dividida em módulos, que devem ter dimensão máxima de 10 x 15m. Sua conexão com o solo, onde a energia dos raios é dissipada pelas hastes de aterramento, é feita por um cabo de descida. Esse cabo pode ser projetado usando a própria estrutura do edifício. As ferragens de suas colunas podem estar conectadas á malha do telhado e funcionar como ligação com o solo. Mas, para isso, é necessário um projeto adequado.

## Radioativos

Podem ser distinguidos dos outros, pois seus captadores costumam ter o formato de discos sobrepostos em vez de hastes pontiagudas. O material radioativo mais utilizado para sua fabricação é o radioisótopo Américo-241.

Esses para-raios tiveram sua fabricação autorizada no Brasil entre 1970 e 1989. Nessa época, acreditava-se que os captadores radioativos eram mais eficientes do que os outros modelos. Porém, estudos feitos mostram que os para-raios radioativos não tinham desempenho superior aos dos para-raios convencionais na proteção de edifícios, o que não justificaria o uso de fontes radioativas para esta função. Sendo assim, em 1989 a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), por meio da resolução Nº 4/89 suspendeu a produção e instalação deste modelo de captador. É importante entender que se o processo de radioatividade fosse feito com fusão nuclear, seria mais seguro utilizar o meio de produção.<sup>4</sup>

## 8 ATERRAMENTO PARA EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA

Os equipamentos de informática precisam de um perfeito sistema de proteção elétrica para o perfeito funcionamento. Todas as áreas de T.I. precisam ser abastecidas com um sistema pleno e individual.<sup>5</sup>

Em uma instalação monofásica normal, devemos utilizar três cabos, fase, neutros e Terra. O cabo de neutro e fase é responsável pela alimentação do equipamento, sendo que a corrente elétrica deve chegar por um condutor e sair pelo outro, ou seja, circular no circuito. O terceiro, sendo o Terra, deve ser ligado á haste de aterramento.<sup>6</sup>

Vejamos alguns equipamentos que podem nos auxiliar na proteção de microcomputadores:

- **Filtro de Linha:** è uma extensão simples de tomadas, com fusível de proteção, sua função é filtrar ruídos na rede elétrica.
- **Estabilizadores:** Função de estabilizar e filtrar as variações da rede elétrica.
- **No-Break ou UPS:** UPS (Uninterruptible Power Suply), é um estabilizador com uma bateria interna.<sup>7</sup>

---

<sup>4</sup> <http://para-raio.info/mos/view/Para-raio/index.html>

<sup>5</sup> Conteúdo aplicado a disciplina de Informática Básica, ministrada pelo Professor Jeferson no dia 01/04/2013.

<sup>6</sup> Conteúdo aplicado a disciplina de Eletricidade Básica, ministrada pelo Professor Geifson no dia 02/05/2013.

<sup>7</sup> Conteúdo aplicado a disciplina de Informática Básica, ministrada pelo Professor Jeferson no dia 01/04/2013.

## 9 SPDA - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

### Objetivo

Conhecer detalhes de projetos de um Sistema de Proteção de Descarga Atmosférica – SPDA conforme NBR 5419.

### Introdução Teórica

A fim de se evitar falsas expectativas sobre o sistema de proteção, gostaríamos de fazer os seguintes esclarecimentos:

- A descarga elétrica atmosférica (raio) é um fenômeno da natureza absolutamente imprevisível e aleatório, tanto em relação às suas características elétricas (intensidade de corrente, tempo de duração, etc), como em relação aos efeitos destruidores decorrentes de sua incidência sobre as edificações.
- Nada em termos práticos pode ser feito para se impedir a "queda" de uma descarga em determinada região. Não existe "atração" a longas distâncias, sendo os sistemas prioritariamente receptores. Assim sendo, as soluções internacionalmente aplicadas buscam tão somente minimizar os efeitos destruidores a partir da colocação de pontos preferenciais de captação e condução segura da descarga para a terra.
- A implantação e manutenção de sistemas de proteção (para-raios) é normalizada internacionalmente pela IEC (International Electrotechnical Commission) e em cada país por entidades próprias como a ABNT (Brasil), NFPA (Estados Unidos) e BSI (Inglaterra).
- Somente os projetos elaborados com base em disposições destas normas podem assegurar uma instalação dita eficiente e confiável. Entretanto, esta eficiência nunca atingirá os 100 % estando, mesmo estas instalações, sujeitas à falhas de proteção. As mais comuns são a destruição de pequenos trechos do revestimento das fachadas de edifícios ou de quinas da edificação ou ainda de trechos de telhados.
- Não é função do sistema de para-raios proteger equipamentos eletroeletrônicos (comando de elevadores, interfones, portões eletrônicos, centrais telefônicas, subestações, etc.), pois mesmo uma descarga captada e conduzida a terra com segurança, produz forte interferência eletromagnética, capaz de danificar estes equipamentos. Para sua proteção, deverá ser contratado um projeto adicional, específico para instalação de supressores de surto individuais.

### Como se descobriu o Raio?

O Raio é um fenômeno da natureza que desde os primórdios vem intrigando o homem, pelo medo, barulho e danos causados.

Para algumas civilizações primitivas o raio era uma dádiva dos Deuses, pois com ele quase sempre veem as chuvas e a abundância na lavoura. Para outras civilizações era considerado como um castigo e a pessoa que morria em decorrência de raio, provavelmente haviam irritado os Deuses e o castigo era merecido. Havia também civilizações que glorificavam a vítima, pois havia sido escolhido entre tantos seres humanos, com direito a funeral com honras especiais.

Após tantas civilizações o homem acabou descobrindo que o raio é corrente elétrica e por isso deverá ser conduzida o mais rápido possível para o solo, minimizando seus efeitos destrutivos.

O primeiro cientista a perceber que se tratava de um fenômeno Físico / Elétrico, foi Benjamin Franklin (1752), que na época afirmou que após a colocação de uma ponta metálica em cima de uma casa, esta atrairia os raios para si e a edificação estaria protegida contra raios, caindo estes na ponta metálica.

Após alguns anos, tomou conhecimento de edificações que tinham sido atingidas e o raio não havia caído na ponta metálica. Assim sendo, reformulou sua teoria e afirmou que a ponta metálica seria o caminho mais seguro para levar o raio até o solo com segurança caso a ponta seja atingida por um raio. A partir daí começou-se a definir a região até onde esta ponta teria influência (séc. XVIII – Gay Lussac) e começou-se a esboçar os primeiros cones de proteção, cuja geratriz era função de um ângulo pré-definido, resultando num cone com um raio de proteção.

## **A Fenomenologia do Raio**

Este fenômeno de natureza elétrica é produzido pela nuvem do tipo 'cumulonimbus' e se forma por um processo interno da nuvem o qual não será abordado por não ter significado prático neste trabalho.

À medida que o mecanismo de auto produção de cargas elétricas vai aumentando de tal modo que dá origem a uma onda elétrica que partira da base da nuvem em direção ao solo, buscando locais de menor potencial, ficando sujeita a variáveis atmosféricas, tais como pressão, temperatura, etc., definindo assim uma trajetória ramificada e aleatória.

Essa primeira onda caracteriza o choque líder (chamado de condutor por passos) que define sua posição de queda entre 20 a 100 metros do solo. A partir deste primeiro estágio o primeiro choque do raio deixou um canal ionizado entre a nuvem e o solo que dessa forma permitirá a passagem de uma avalanche de cargas com corrente de pico em torno de 20 KA.

Após esse segundo choque violento de cargas passando pelo ar, provocam o aquecimento deste meio, até 30.0 °C , provocando a expansão do ar (trovão).

Neste processo os elétrons retirados das moléculas de ar, retornam, fazendo com que a energia absorvida pelos mesmos na emissão, seja devolvida sob a forma de luz (relâmpago). Na maioria dos casos este mecanismo se repete diversas vezes no mesmo raio.

Com a nova edição da Norma de Para-Raios NBR5419/fev 2001 a eficiência dos Sistemas de Proteção foi substancialmente aumentada não deixando nada a desejar em relação a Normas de outros Países, inclusive pelo fato desta ter tipo a Norma IEC como referência.

Atualmente existem basicamente três métodos de dimensionamento, método Franklin, gaiola de Faraday, já mencionados, e esfera Rolante.

O método da esfera Rolante é o mais recente e consiste em fazer rolar uma esfera, por toda a edificação. Esta esfera terá um raio definido em função do Nível de Proteção, Os locais onde a esfera tocar a edificação são os locais mais expostos a descargas. Resumindo poderemos dizer que o local onde a esfera toca o raio também pode tocar, devendo estes ser protegido por elementos metálicos (captor Franklin ou condutores metálicos).

## **10 ELEMENTOS DO SISTEMA DE PROTEÇÃO ATMOSFÉRICA – SPDA**

Têm como função receber as descargas que incidam sobre o topo da edificação e distribuí-las pelas descidas.

É composta por elementos metálicos, normalmente mastros ou condutores metálicos devidamente dimensionados.

### **Instalação**

Recebem as correntes distribuídas pela captação encaminhando-as o mais rapidamente para o solo. Para edificações com altura superior a 20 metros têm também a função de receber descargas laterais, assumindo neste caso também a função de captação devendo os condutores ser corretamente dimensionados e interligados com cabo de cobre nu.

### **Anéis de Cintamento**

Os anéis de cintamento assumem duas importantes funções:

- A primeira é equalizar os potenciais das descidas minimizando assim o campo elétrico dentro da edificação.
- A segunda é receber descargas laterais e distribuí-las pelas descidas. Neste caso também deverão ser dimensionadas como captação.

Sua instalação deverá ser executada a cada 20 metros de altura interligando todas as descidas.

## Aterramento

Recebe as correntes elétricas das descidas e as dissipam no solo.

Tem também a função de equalizar os potenciais das descidas e os potenciais no solo, devendo haver preocupação com locais de frequência de pessoas, minimizando as tensões de passo nestes locais.

Para um bom dimensionamento da malha de aterramento é imprescindível à execução de uma prospecção da resistividade de solo previamente.

## Equalização de Potenciais Internos

Equalizar os potenciais de todas as estruturas e massas metálicas que poderão provocar acidentes pessoais, faíscamentos ou explosões.

No nível do solo e dos anéis de cintamento (cada 20 metros de altura), deverão ser equalizados os aterramentos da concessionária, de telefone, de eletrônicos, de elevadores (inclusive trilhos metálicos), tubulações metálicas de incêndio, gás. (inclusive o piso da casa de gás), água fria, água quente, recalque, etc.

Para tal deverá ser definido uma posição estratégica para instalação de uma caixa de equalização de potenciais que deverá ser interligada á malha de aterramento (ou anel de cintamento) e interligando as diferentes prumadas metálicas já mencionadas.

A ligação da caixa de equalização bem como as tubulações metálicas poderá ser executada com cabo de cobre, antes da execução do contra piso dos apartamentos localizados nos níveis dos anéis de cintamento. A amarração das diferentes tubulações metálicas poderá ser executada por fita perfurada estanhada (bimetálica) que possibilita a conexão com diferentes tipos de metais e diâmetros variados, diminuindo também a indutância do condutor devido á sua superfície chata.

## 11 NECESIDADE DE PROTEÇÃO INTERNA DAS ESTRUTURAS

Assim como a NBR-5419:2001 estabelece um critério para decidir sobre a necessidade de proteção externa de uma estrutura contra descargas atmosféricas, têm sido propostos vários critérios para fazer o mesmo quando se trata de equipamentos ou aparelhos da tecnologia da informação instalados. Note-se que atualmente quase todas as residências e escritórios têm esse tipo de equipamento.



No Brasil, se uma estrutura necessita de proteção externa, devemos pelo menos proteger as entradas dos circuitos de força e de telefonia, como previsto nas NBR-5419:2001 e NBR -5410:1997. Estas normas pedem a instalação de uma barra de equalização dos potenciais (TAP ou LEP) nas entradas das instalações; estas barras devem receber os fios PE (terra, fio verde, fio verde-amarelo) e a elas devem estar ligados os terminais terra dos protetores dos condutores de força. Dessas barras devem sair conexões ao subsistema de aterramento da edificação (anel de aterramento ou aterramento pela fundação). A comissão que está fazendo a revisão da NBR-5410 tem um grupo de trabalho (GT-4) dedicado exclusivamente à proteção e está sendo prevista uma revisão radical em relação à norma atual. (NBR 5419:1997) 6.4.2.4.1 Em qualquer instalação deve ser previsto um terminal ou barra de aterramento principal e os seguintes condutores devem ser a ele ligados: Condutores de aterramento, condutores de proteção principais, condutores de equipotencialidade principais, condutor neutro (se disponível), barramento de equipotencialidade funcional (se necessário), condutores de equipotencialidade ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA).

Nas instalações alimentadas diretamente por rede de distribuição pública em baixa tensão, que utilizem o esquema TN, o condutor neutro deve ser ligado ao terminal ou barra de aterramento principal diretamente ou através de terminal ou barramento de aterramento local;

Nas instalações alimentadas diretamente por rede de distribuição pública em baixa tensão, que utilizem o esquema T, devem ser previstos dois terminais ou barras de aterramento separado, ligado a eletrodos de aterramento eletricamente independentes, quando possível, um para o aterramento do condutor neutro e o outro constituindo o terminal de aterramento principal propriamente dito.

Os condutores de equipotencialidade destinados à ligação de eletrodos de aterramento de SPDA devem ser dimensionados segundo a NBR 5419.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> ABNT / NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descarga Atmosféricas – Fevereiro de 2001.

## CONCLUSÃO

Verificamos nesta pesquisa, diversos métodos de instalação de sistemas de aterramento, modelo e aplicações diferenciadas para sua finalidade.

Chegamos à conclusão que os aterramentos não só devem ser instalados porque rege a norma, mas sim por motivos de total segurança. Motivo pela qual em nossas indústrias e até mesmo em nossas residências nós não damos a devida importância. Nosso comportamento e opinião tem que mudar

Após concluirmos esta pesquisa, verificamos as reais necessidades e segurança que os diversos sistemas nos trazem protegendo nossas vidas, animais e equipamentos.