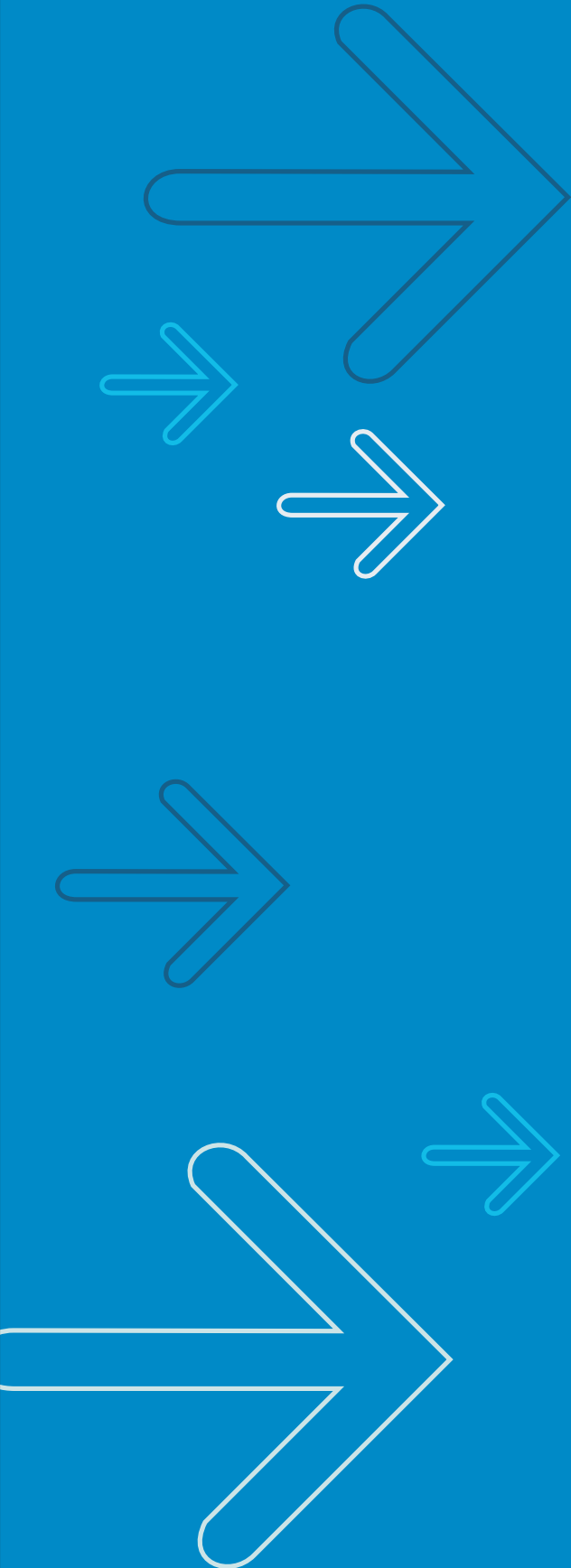




Unidade de estudo 4

Seções de estudo

Seção 1 – Raios e formas de proteção

Seção 2 – Projeto dos captosres

Seção 3 – Projeto das descidas

Seção 4 – Projeto do aterramento

Proteção Contra Descargas Atmosféricas

SEÇÃO I

Raios e formas de proteção

Na seção 1, você visualizará a formação dos raios e como atuam os sistemas de proteção de descargas atmosféricas ou SPDA, na prevenção contra os danos causados pelos raios.

Os raios são formados a partir do carregamento elétrico das nuvens. A diferença de potencial formada entre uma nuvem carregada e a superfície da terra pode variar de 10 a 1.000 kV (LIMA, 1997, p.215). A tendência natural é que as descargas atmosféricas atinjam os pontos mais elevados do relevo. Quando uma descarga atmosférica ocorre, a corrente conduzida através do raio pode chegar até 200.000 A, o que é capaz de destruir árvores, edificações não protegidas e causar riscos a vida de pessoas, animais e equipamentos.

A seguir, é apresentado um esquema que simplifica o processo de formação de um raio:

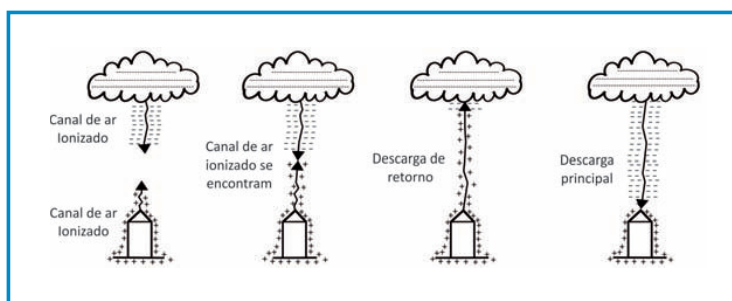


Figura 20 - Esquema de formação do raio

Fonte: Lima (1997, p. 216).

Em relação a uma instalação elétrica, o raio pode influenciar de duas maneiras:

- Incidência direta, quando o raio atinge a superfície da edificação.
- Incidência indireta, quando o raio atinge as redondezas de instalações elétricas, linhas de distribuição de energia e de telecomunicações. Forma-se uma grande radiação eletromagnética que gera sobretensões que causam danos a equipamentos e instalações de empresas, indústrias e residências.

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas ou SPDA, consiste em oferecer aos raios um ponto de captação, um percurso seguro e um sistema de escoamento das descargas elétricas de origem atmosférica para a terra, minimizando seus efeitos perigosos. Desta forma, um SPDA possui duas funções: preventiva e protetora.

A função preventiva é justificada pelo permanente escoamento de cargas elétricas do meio ambiente para a Terra, pelo poder de atração das pontas, neutralizando o crescimento do gradiente de potencial entre o solo e as nuvens.

Já a função protetora está associada a presença de um caminho preferencial para um possível raio que se forme na região.

Existem basicamente três tipos de SPDA: Franklin, Gaiola de Faraday e Radioativo. Todos os tipos são compostos por estruturas chamadas de captadores do raio, cabos de descida e sistema de aterramento.

DICA

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas não busca evitar a formação dos raios nem atrair raios, mas proporcionar um caminho controlado para o raio atingir a terra.

A caixa de inspeção possibilita que sejam desconectados os captosres e descidas para realizar a medição da malha de aterramento. Já o eletroduto (que deve permanecer a uma altura de 2,5 m acima do solo) tem a finalidade de proteger principalmente os condutores de descida contra danos mecânicos (ABNT, 2005, p. 9).

redor da edificação, podendo inclusive estar interconectada com a estrutura metálica de sustentação da edificação.

Veja a representação na figura:

Para-raio tipo Franklin

É composto por uma haste captora fixada no topo de um mastro elevado. O captor é ligado ao aterramento através dos condutores de descida. Na maior parte dos casos, os condutores de descida são instalados afastados da edificação. O mastro pode ser instalado sobre ou ao redor da edificação.

Quando for necessário usar mais de um mastro, os captosres presentes nos mastros devem ser interligados.

Gaiola de Faraday

Utiliza captosres formando uma malha e cobrindo o plano mais alto do prédio. As descidas devem ser dispostas no mínimo em cada vértice da edificação e a malha de aterramento forma um anel ao

Observe a figura a seguir:

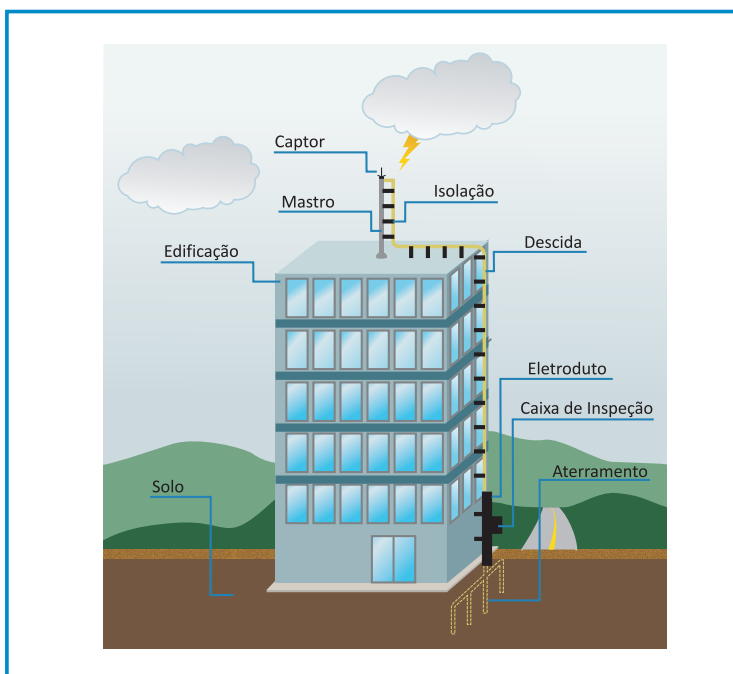


Figura 21 - Exemplo de para-raio do tipo Franklin

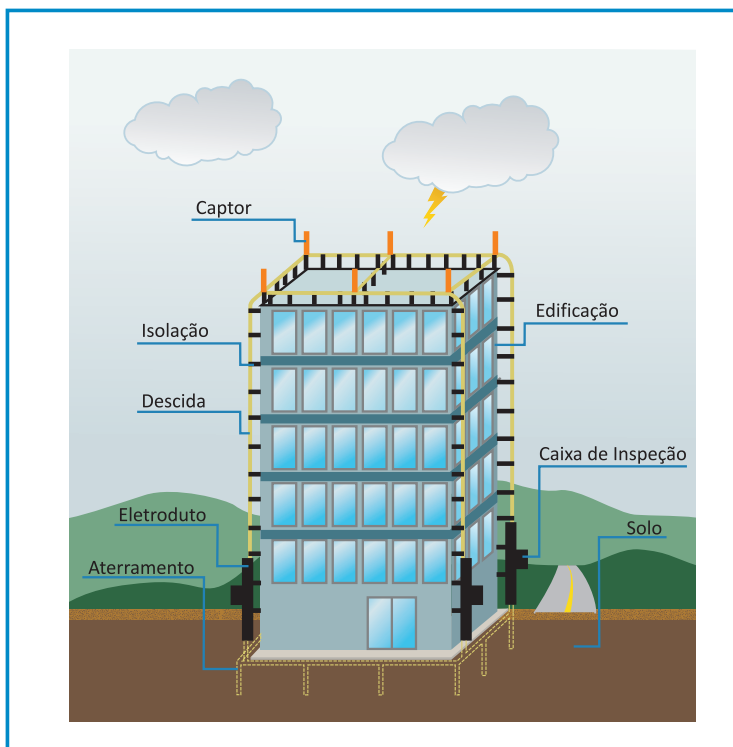


Figura 22 - Exemplo de para-raio do tipo Gaiola de Faraday

Observe na figura anterior novamente a presença de eletrodutos e caixas de inspeção, aqui apresentam a mesma finalidade respectivamente: proteção mecânica e possibilidade de medição da malha de aterramento.

➤ Para-raio radioativo

Foi abolido na maioria dos países e no Brasil, sua utilização está proibida desde 1989 por resolução da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. O princípio do para-raio radioativo é usar captadores com pontas com tratamento radioativo, o que causa riscos diretos para pessoas que realizam sua instalação e manutenção e riscos indiretos às pessoas que efetuam transporte, armazenamento, venda, etc. Além disso, este tipo de para-raio, através de estudos recentes, não possui maior eficiência em relação aos outros tipos de para-raio.w

DICA

O para-raio radioativo não deve ser projetado para um SPDA, pois sua utilização está proibida no Brasil.

➤ Dispositivo de proteção contra surtos

Também conhecido como DPS, tem por finalidade evitar que a incidência indireta de descargas atmosféricas danifique equipamentos presentes dentro da edificação.

Os DPS devem atender à IEC 61643-1 e ser selecionados com base no mínimo nas seguintes características (CAVALIN, 2006, p. 379):

- Nível de proteção;
- Máxima tensão de operação contínua;
- Suportabilidade a sobretensões temporárias;
- Corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso;
- Suportabilidade à corrente de curto-circuito.

Os componentes da instalação devem ser selecionados de modo que o valor nominal de sua tensão de impulso suportável não seja inferior àqueles indicados na tabela a seguir:

Tabela 31 - Suportabilidade a impulso exigível dos equipamentos e instalações

Tensão nominal da Instalação (V)		Tensão de impulso suportável requerida (kV)			
		Categoria do produto			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização	Produtos especialmente protegidos
		Categoria de suportabilidade a impulsos			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115/230 120/240 127/254	4	2,5	1,5	0,8
220/380, 230/400, 277/480	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5

Fonte: ABNT (2004, Tabela 31).

Os DPS protegem os equipamentos contra sobretensões transitórias nas instalações das edificações, cobrindo tanto as linhas de energia quanto as linhas de sinal (ABNT, 2004, p. 130).

Os DPS podem ser especificados pela máxima corrente de curto-circuito, veja os exemplos a seguir:

DPS 20kA: recomendado como proteção única ou primária em instalações situadas em zonas de exposição a raios classificados como AQ1 (desprezível). Deve ser instalado no circuito elétrico no qual o equipamento está conectado.

- **DPS 30kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas urbanas e densamente edificadas, expostas a raios, classificadas como indiretas (AQ2). Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.

- **DPS 45kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão, situadas em áreas rurais ou urbanas com poucas edificações, em zonas expostas a raios, classificadas como diretas (AQ3) e com históricos frequentes de sobretensão. Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.

- **DPS 90kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas rurais ou urbanas com poucas edificações, em zonas expostas a raios classificadas como diretas (AQ3) e com histórico de frequência elevada de sobretensões. Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.

A instalação de um DPS irá depender das características do sistema de alimentação de energia da edificação.

Veja a figura seguinte:

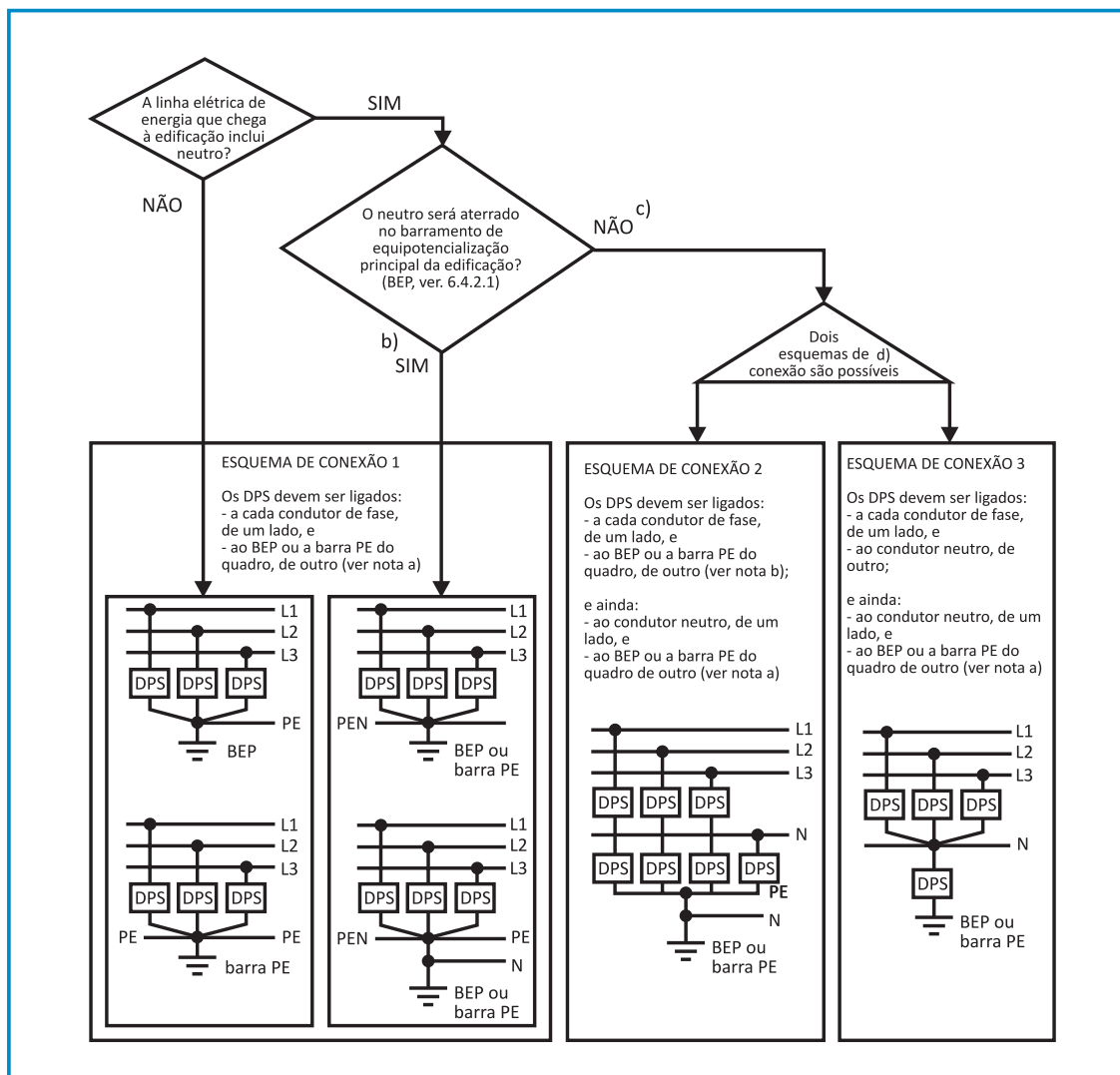


Figura 23 - Esquemas de conexão dos DPS

Fonte: ABNT (2004, figura 13).

De forma geral, o DPS deve ser instalado juntamente com um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes (disjuntor ou fusível), veja a representação a seguir:

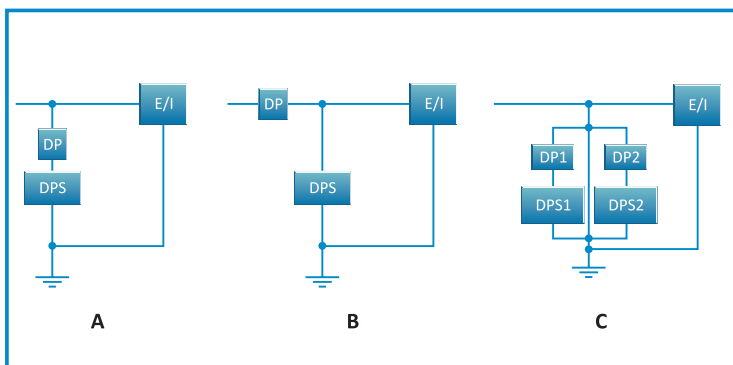


Figura 24 - Esquema de ligação entre DPS, DP e E/I

Fonte: ABNT (2004, figura 14).

Onde:

DPS → Dispositivo de proteção contra surto.

DP → Dispositivo de proteção contra sobrecorrente.

E/I → Equipamento ou instalação.

A norma regulamentadora da ABNT NBR5419 estabelece os procedimentos relacionados com a Proteção de Estruturas contra descargas atmosféricas. O projeto do SPDA, basicamente é dividido em Projeto dos Captadores, Projeto das Descidas e Projeto da Malha de Aterramento.

Classificação dos níveis de proteção para SPDA

O projeto de um SPDA, pode ser composto pelo tipo gaiola de Faraday e o tipo Franklin. Os mastros usados para o tipo Franklin são normalmente de 6 m, quando a especificação resulta em mastros maiores, por questões de custo, opta-se pelo tipo gaiola de Faraday.

Para atribuir os parâmetros corretos para o projeto de um SPDA deverá ser levado em consideração o nível de proteção do ambiente da instalação. Existem 4 níveis de proteção, explicados como segue (MAMEDE, 2001, p. 556):

- **Nível I:** é o nível mais severo quanto à perda de patrimônio. Refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de para-raios pode provocar danos às estruturas adjacentes, tais como indústrias petroquímicas, de materiais explosivos, etc.
- **Nível II:** refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de para-raios pode ocasionar a perda de bens de estimável valor ou provocar pânico aos presentes, porém sem nenhuma consequência para as construções adjacentes. São exemplos: museus, estádios de futebol, teatros, bancos, fóruns, etc.
- **Nível III:** refere-se às construções de uso comum, tais como os prédios residenciais, comerciais e industriais de manufaturados simples.

- **Nível IV:** refere-se às construções onde não é rotineira a presença de pessoas. São feitas de material não inflamável, sendo o produto armazenado nelas de material não-combustível tais como armazéns de concreto, depósitos de materiais ferrosos, entre outros.

O nível de proteção influencia nos afastamentos, seções e materiais dos condutores envolvidos no projeto do SPDA.

Na próxima seção, você estudará como podem ser constituídos os captadores, os métodos existentes para os projetos dos captadores e as condições dos captadores naturais.

SEÇÃO 2

Projeto dos captadores

Os captadores podem ser constituídos pelos seguintes condutores:

- Hastes;
- Cabos esticados;
- Condutores em malha;
- Elementos naturais.

Quaisquer elementos condutores expostos, ou seja, que possam ser atingidos por raios, deverão permanecer interconectados ao SPDA.

As condições a que devem satisfazer os captadores naturais são as seguintes:

- a. a espessura do elemento metálico não deve ser inferior a 0,5 mm ou conforme indicado na tabela 4, quando for necessário prevenir contra perfurações ou pontos quentes no volume a proteger;
- b. a espessura do elemento metálico pode ser inferior a 2,5 mm, quando não for importante prevenir contra perfurações ou ignição de materiais combustíveis no volume a proteger;
- c. o elemento metálico não deve ser revestido de material isolante (não se considera isolante uma camada de pintura de proteção, ou 0,5 mm de asfalto, ou 1 mm de PVC);
- d. a continuidade elétrica entre as diversas partes deve ser executada de modo que assegure durabilidade;
- e. os elementos não-metálicos acima ou sobre o elemento metálico podem ser excluídos do volume a proteger (em telhas de fibrocimento, o impacto do raio ocorre habitualmente sobre os elementos metálicos de fixação).

Quanto ao projeto dos captores, existem 3 métodos:

- **Método Franklin:** o volume a ser protegido é encontrado em função do ângulo formado entre o topo do captor e sua altura em relação ao plano.
- **Método Eletrogeométrico:** o volume a ser protegido é encontrado em função do raio de um círculo que tangencia o captor e o plano.
- **Método da Malha de Captadores:** o volume a ser protegido é coberto por uma malha formando quadrículos de largura e comprimento de tamanho igual ou inferior ao valor da largura.

A figura seguinte mostra os parâmetros relacionados a estes métodos:

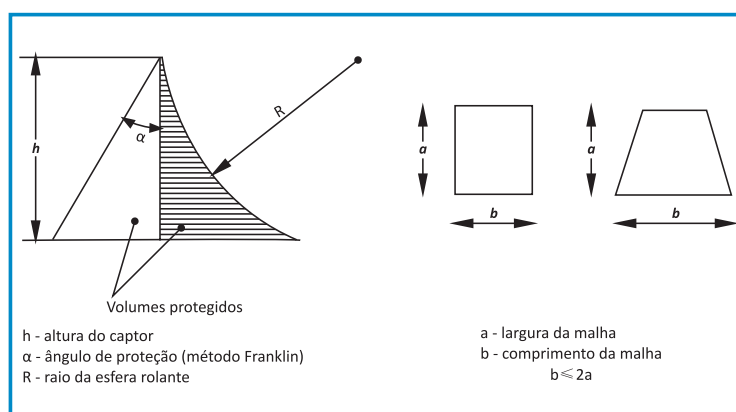


Figura 25 - Parâmetros e volumes de proteção do SPDA

Fonte: ABNT (2005).

O SPDA poderá ser isolado ou não. Quando se tratar de um SPDA isolado, os condutores do SPDA deverão permanecer afastados da estrutura metálica a proteger a uma distância de 2 m.

Já um SPDA não isolado, os condutores do SPDA poderão ser fixados diretamente sobre a estrutura metálica, desde que não haja presença de materiais inflamáveis, o que pode causar danos para a estrutura.

No topo das estruturas e edificações, principalmente àquelas superiores a 10m, recomenda-se a instalação de um SPDA. Todos os elementos metálicos (calhas, antenas, placas etc) que estejam expostos na edificação devem ser interconectados ao sistema SPDA.

A tabela a seguir foi retirada da norma NBR 5419 e relaciona o nível de proteção com o método de projeto de captadores.

Tabela 32 - Posicionamento dos captores conforme o nível de proteção

Nível de Proteção	R / h	Ângulo de proteção (α) – método Franklin, em função da altura do captor (h) (ver nota 1) e do nível de proteção					Largura do módulo da malha (veja nota 2) m
		0 – 20 m	21 – 30 m	31 – 45 m	46 – 60 m	> 60 m	
I	20	25º	1)	1)	1)	2)	5
II	30	35º	25º	1)	1)	2)	10
III	45	45º	35º	25º	1)	2)	10
IV	60	55º	45º	35º	25º	2)	20

R = raio da esfera rolante

1) Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou da gaiola de Faraday.

2) Aplicam-se somente o método da gaiola de Faraday.

Notas:

1 → Para escolha do nível de proteção, a altura é em relação ao solo e, para verificação da área protegida, é em relação ao plano horizontal a ser protegido.

2 → O módulo da malha deverá constituir um anel fechado, com o comprimento não superior ao dobro da sua largura

Fonte: ABNT (2005, Tabela 1).

Observe que se o estabelecimento tiver nível de proteção II e os captores forem dimensionados pelo método Franklin para um mastro de até 20 m de altura, o ângulo de proteção corresponde a 25°, a região a ser protegida poderá ser visualizada na figura a seguir, correspondendo a uma região circular com raio de 93m.

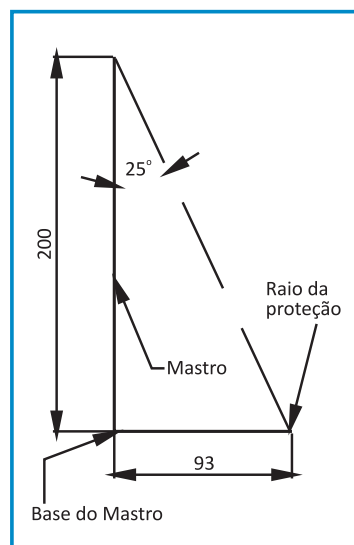


Figura 19 - Exemplo de dimensionamento de captores, método Franklin

Para saber o raio da região a ser protegida podemos usar os conceitos de trigonometria, considerando duas vezes o valor do cateto oposto dado na fórmula:

$$\text{Tangente}(\alpha) = \text{CO} / \text{CA}$$

Onde:

α – ângulo dado

CO – cateto oposto (raio da região de proteção)

CA – cateto adjacente (altura do mastro)

Caso seja usado o método da gaiola de Faraday, então deverá ser protegida a região de topo da edificação, no caso de uma edificação com área igual a 400 m² com nível II de proteção, então o dimensionamento da malha pode ser especificado conforme a figura a seguir:

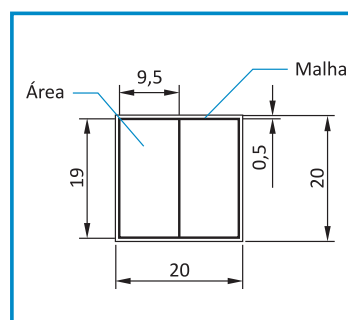


Figura 20 - Exemplo de dimensionamento de captores, método Gaiola de Faraday

A norma NBR 5419 recomenda que a malha de captores seja disposta ao longo do topo da edificação a uma distância não inferior a 0,5 m da borda da edificação.

O método Eletrogeométrico ou das esferas rolantes, por questões didáticas, não será abordado aqui, já que em grande parte dos projetos de SPDA, o método Franklin, continua sendo utilizado sem diferenças significativas.

Os condutores que formam os captosres, podem ser de cobre, alumínio ou aço galvanizado a quente, veja a relação dos materiais dos captosres com a secção:

Tabela 33 - Material vs. secção dos captosres

Material	Secção dos captosres(mm²)
Cobre	35
Alumínio	70
Aço galvanizado a quente ou embutido em concreto	50

Fonte: ABNT (2005, Tabela 3).

SEÇÃO 3

Projeto das descidas

Na seção 3, você conhecerá uma parte do processo de proteção contra descarga atmosférica que é um projeto de descida, que permite a conexão dos captosres, e um anel que interliga todas as descidas, feito com o objetivo de evitar que ramificações das descargas atmosféricas possam atingir lateralmente a edificação e causar danos significativos.

As descidas permitem a conexão dos captosres à malha de aterramento.

Dependendo das características da edificação e do projeto dos captosres, as descidas podem ser dimensionadas:

- Podem ser dispensados os condutores de descida quando na edificação existir condutores de descida naturais (estruturas metálicas de torres, postes, mastros e armaduras de aço interligadas de postes de concreto), desde que sigam contínuas até a base da edificação.
- Pode ser dimensionado apenas um único condutor de descida quando o captor for do tipo Franklin, instalado em um único mastro que não represente uma descida natural.
- Quando houver anel de captosres (tanto do tipo gaiola de Faraday quanto Franklin), deverão ser realizadas várias descidas, com afastamento padronizado conforme a tabela seguinte, apresentando pelo menos, um condutor de descida em cada vértice da edificação.

Tabela 34 - Espaçamento médio vs. nível de proteção para condutores de descida não naturais

Nível de proteção	Espaçamento médio entre descidas (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Fonte: ABNT (2005, Tabela 2).

Os condutores que formam as descidas podem ser de cobre, alumínio ou aço galvanizado a quente. A cada 10 m, partindo do solo, deverá ser montado um anel de condutores que interliguem todas as descidas.

O objetivo deste anel é evitar que ramificações das descargas atmosféricas possam atingir lateralmente a edificação e causar danos significativos.

Além disso, em cada descida, deverá ser instalado um eletroduto e uma caixa de inspeção com conector de metal nobre para garantir a conexão dos captosres à malha de aterramento e permitir a desconexão das descidas para medir a resistência de aterramento.

A cada 20 m de altura ou fração, deverá ser efetuada uma interligação dos condutores neutro, terra e das massas de todos os elementos metálicos presentes naquela fração de altura deverão ser interconectados a um barramento de equalização que também deverá ser interligado ao aterramento.

A próxima tabela, relaciona os materiais dos captosres com a área de secção:

Tabela 35 - Material vs. secção dos captadores

Material	Anéis Intermediários (mm ²)	Descidas para estruturas com altura de até 20 m (mm ²)	Descidas para estruturas com altura superior a 20 m (mm ²)
Cobre	35	16	35
Alumínio	70	25	70
Aço Galvanizado a quente ou embutido em concreto	50	50	50

Fonte: ABNT (2005, Tabela 3).

Observe na tabela anterior que é considerada a formação dos anéis intermediários (a cada 10 m de altura) e as descidas apresentam secções diferentes dependendo da altura da edificação.

SEÇÃO 4

Projeto do aterramento

Agora que você já estudou o projeto de descida, estudará na seção 4, outra parte do processo de proteção contra descargas atmosféricas, que é o projeto de aterramento.

Esta parte do projeto é extremamente importante pois um mau aterramento irá contribuir para dificultar o caminho do raio, aumentando o aquecimento dos condutores de captação e de descida, podendo causar sua explosão e até mesmo a infiltração do raio para outras partes da edificação, causando danos à pessoas e equipamentos. A resistência de aterramento recomendada pela norma NBR 5419 é de aproximadamente 10 Ohms.

Se a edificação possuir mais de um sistema de aterramento, todos deverão ser interligados através de uma ligação equipotencial de baixa impedância.

Uma ligação equipotencial, como o próprio nome sugere, serve para deixar todos os pontos interligados com o mesmo potencial.

O principal elemento de uma malha de aterramento é o eletrodo, este elemento possibilita a interligação de todo SPDA ao solo. Os eletrodos de aterramento podem ser formados por (ABNT, 2005, p. 12):

- As armaduras de aço das fundações da edificação.
- Condutores horizontais em anel enterrados no solo.
- Hastes verticais enterradas no solo.
- Condutores horizontais radiais (conhecidos como “pés de galinha”).

DICA

Devem-se evitar condutores em forma de fita ou placas devido à corrosão.

Normalmente são usados eletrodos em forma de hastes de 2,4 m de comprimento, com diâmetro de 5/8”, alma de aço e revestimento de cobre de 254 µm. Os condutores horizontais são especificados conforme a tabela a seguir:

Tabela 36 - Material vs. secção dos eletrodos de aterramento

Material	Eletrodo de aterramento (mm ²)
Cobre	50
Alumínio	-
Aço Galvanizado a quente ou embutido em concreto	80

Fonte: ABNT (2005, Tabela 3).

A montagem dos eletrodos poderá ser composta por condutores horizontais (formando um anel ao redor da edificação) e verticais (incluindo uma haste de aterramento ao final de cada descida, pelo menos): esta montagem é recomendada principalmente quando não se pode utilizar a armação metálica de sustentação da edificação (caso seja constatado que esta armação não é totalmente interligada).

DICA

A quantidade de eletrodos não naturais deve ser aumentada para garantir a rápida dissipação da energia do raio.

As conexões principais entre todos os condutores de um SPDA devem ser realizadas com conectores de metais nobres e em alguns casos com soldas exotérmicas, que garantem a condutividade elétrica entre os condutores interligados.

Na unidade que você acabou de estudar você acompanhou conceitos e procedimentos necessários para a proteção contra as descargas atmosféricas, os raios.

Na 5ª, e última unidade, você encerrará seu estudo de projetos elétricos industriais aprendendo os principais documentos envolvidos na elaboração de um Projeto Elétrico Industrial, e ainda será relacionado com o uso de ferramentas de desenho auxiliado por computador, permitindo a você alguns conceitos práticos.