

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Amanda Alexandre Mendes¹; Leonardo Fernandes de Lima¹; Gisele Aparecida de Souza^{2,5}; João Borges da Silveira^{3,5}; Thiago Raniel^{4,5*}

¹ Engenheiro eletricista – FITL/AEMS; ² Doutora em Ciência dos Materiais – FEIS/UNESP; ³ Doutor em Ciência dos Materiais – FEIS/UNESP; ⁴ Mestre em Engenharia Elétrica (Automação) – UNESP; ⁵ Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS.

* autor correspondente: thiago.raniel@gmail.com

RESUMO

O presente artigo trata-se de uma revisão bibliográfica que tem como objetivo a compreensão de como funciona um sistema de proteção contra descargas atmosféricas e como é importante a instalação de um SPDA nos mais variados locais que utilizam a energia elétrica. Destacando que quando se trata de um sistema de proteção existe um referencial normativo amplo, determinados a partir de análises feitas ao longo dos anos e com fundamentos de pesquisas científicas. Os equipamentos eletrônicos vêm gradativamente evoluindo e conseqüentemente seus componentes estão cada vez mais sensíveis a interferências eletromagnéticas e ruídos, fazendo-se necessário a adoção de medidas de proteção contra as descargas atmosféricas. Quando se trata de um fenômeno natural não há métodos capazes de impedi-los, mas para o caso de descargas atmosféricas existem dispositivos de proteção que diminuem os riscos de danos físicos às estruturas das edificações, aos equipamentos e às instalações elétricas. Em sistemas de distribuição, as descargas atmosféricas que ocorrem próximo às linhas de transmissão causam sobretensões induzidas gerando problemas e interrupções não programadas no fornecimento de energia em sistemas elétricos e surtos indesejados para os consumidores de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: descargas atmosféricas; sistemas de proteção contra descargas atmosféricas; NBR 5419.

1 INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas são fenômenos naturais de alto risco que podem causar a morte de seres vivos e danificar edificações, além de sérias perturbações e interrupções na rede de distribuição elétrica, assim como interferências em sistemas de telecomunicações (SANTOS; CRUZ, 2018).

As concessionárias de energia elétrica sofrem diversos surtos de tensão decorrentes das descargas elétricas, que chegam a vários kV nas redes aéreas de distribuição e transmissão, sendo assim indispensável o uso de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (CREDER, 2007).

O objetivo deste trabalho é descrever a origem de tal fenômeno natural, conceituar os tipos de sistemas de

proteção contra descargas atmosféricas e caracterizar seus materiais.

Para atingir o objetivo proposto, este trabalho está dividido em três partes: (1) introdução sobre a origem das descargas atmosféricas, (2) conceitos e (3) termos técnicos e métodos aplicados para a proteção física de uma estrutura. Com base em livros, artigos e informações de sites confiáveis, foi possível desenvolver a presente revisão bibliográfica.

2 ORIGEM DO RAIO

Também conhecido como raio, a descarga atmosférica está diretamente ligada ao ciclo da água, o calor faz a água evaporar assim aumentando o vapor de água na atmosfera, ao subir esse vapor encontra baixas temperaturas logo sendo condensado e depois precipitado no solo

(PINTO-JR; PINTO, 2000).

Devido ao atrito das partículas ocorre uma separação de cargas elétricas, conseqüentemente carregando eletricamente as nuvens, gerando uma diferença de potencial entre as nuvens ou entre a nuvem e o solo, resultando na centelha de equipotencialização onde se rompe a rigidez dielétrica do ar (PINTO JR; PINTO, 2000).

Segundo o grupo de eletricidade atmosférica (ELAT, 2013), estima-se que cerca de 77,8 milhões de raios nuvem-solo atingem o território brasileiro por ano, ou dois relâmpagos por segundo. E tais ocorrências vêm aumentando sobre as grandes áreas urbanas devido a maior concentração de poluição e ao fenômeno de aquecimento, conhecido como “Ilhas de calor”, que é o resultado da alteração do tipo de solo e a presença de prédios. No Brasil as incidências dessas descargas são maiores devido a sua localização próxima ao Equador e extensão territorial.

2.1 História do raio ao longo da civilização do homem

Em meados do século XVIII, Benjamin Franklin, um polímata estadunidense que também foi um dos líderes da revolução americana, realizou a perigosa experiência de fazer uma pipa voar para conseguir identificar a existência de cargas positivas e negativas durante uma tempestade, especificamente em 1 de outubro de 1752, demonstrando que raios são fenômeno da natureza (SOUZA et al., 2020).

Logo depois de confirmar sua teoria, Franklin criou um para-raios utilizando a metodologia de colocar uma haste metálica aterrada também durante uma tempestade e ao direcioná-la para a nuvem, ocorreu o escoamento da energia contida na nuvem para a terra. A partir de então, diversos pesquisadores deram continuidade às suas teorias, e tornou-se internacionalmente reconhecido (SOUZA et al., 2020).

2.2 Conceitos

2.2.1 Cargas nas nuvens

Teoricamente, uma descarga elétrica pode ser definida como a transformação de energia, da eletrostática para a eletromagnética, sendo essa térmica e sonora. Toda essa carga elétrica carregada na nuvem faz com que o campo elétrico criado no espaço entre a nuvem e o solo atinja em torno de 10 kV/m, e nessa condição o campo dentro da nuvem está a centenas de milhares de volts por metro (CREDER, 2007).

O processo de elevação da tensão nas nuvens leva à ruptura da resistência do ar, e conforme Mamede (2017, p. 1020),

A ionização do caminho seguida pela descarga descendente que mais se aproxima do solo, também conhecida como descarga piloto, propicia condições favoráveis de condutibilidade do ar ambiente. Mantendo-se elevado o gradiente de tensão na região entre a nuvem e a Terra, surge, em função da aproximação do solo, em uma das ramificações da descarga piloto, uma descarga ascendente, constituída de cargas elétricas positivas, denominada descarga ascendente, de retorno da Terra para a nuvem, originando-se em seguida a descarga principal no sentido da nuvem para a Terra, de grande intensidade, responsável pelo fenômeno conhecido como trovão, que é o deslocamento da massa de ar circundante ao caminhamento do raio, em função da elevação de temperatura e, conseqüentemente, do aumento repentino de seu volume.

E completando a linha de pensamento, mesmo com a descarga principal, a nuvem ainda pode conter uma grande quantidade de carga elétrica e com conseqüentes descargas reflexas ou múltiplas (Figura 1; MAMEDE, 2017).

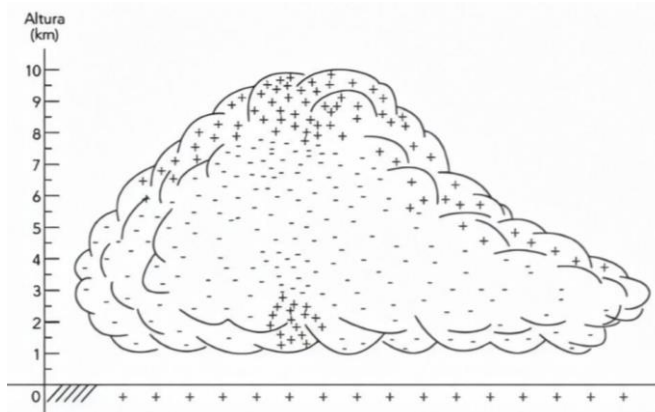
2.2.2 Raio

De modo geral, o raio é o resultado de todos os processos descritos anteriormente, porém até a sua chegada ao solo

existem outras etapas que podem ser observadas na Figura 2. A formação do raio pode ser resumida nas seguintes etapas, (i) ocorre a concentração de cargas na nuvem e a resistência do ar é rompida levando a uma descarga, ainda dentro da nuvem; (ii) a descarga se direciona a regiões mais carregadas da nuvem, formando ramificações de descargas secundárias; (iii) a primeira descarga consegue sair da nuvem, a “líder ascendente”, fazendo sua descida ao solo em saltos de direções aleatórias; (iv) esses saltos são pulsos de correntes de 1 kA com duração de 1 μ s, com intervalos de 20-50 μ s, resultando em centenas de amperes a 200 km/s, em média; (v) o campo elétrico próximo ao solo, gerado pela diferença de

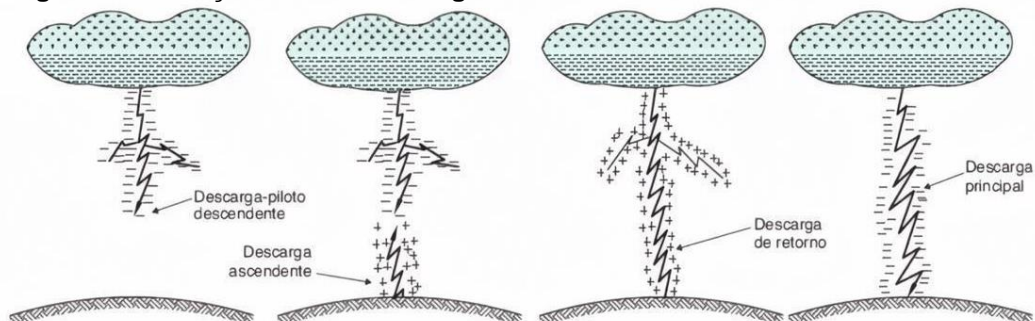
potencial entre o “líder descendente” e a terra, promove o rompimento do dielétrico do ar, levando a formação de *streams*; (vi) um canal condutor ionizado é criado quando o “líder ascendente” encontra o “líder descendente” entre a nuvem e a terra, por onde circula a descarga de retorno; (vii) a descarga de retorno possui um salto inicial proporcional a sua densidade de corrente e sua velocidade de subida diminui à medida que se aproxima da nuvem e (viii) essa descarga de retorno é a mais intensa e responsável pela luminosidade do relâmpago. Após ela pode acontecer outras descargas pelo mesmo canal, sendo de polaridade alternada e de menor intensidade (CREDER, 2007).

Figura 1. Distribuição de carga elétrica no interior de uma nuvem.



Fonte: Extraído de Nunes et al., 2020.

Figura 2. Formação de uma descarga elétrica.



Fonte: Extraído de Mamede, 2017.

3 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A finalidade dos sistemas de prote-

ção contra descargas atmosféricas (SPDA) é proteger as edificações e tudo o que há em seu interior, como equipamentos, instalações elétricas e telecomunicações. Objetivo é

reduzir os danos impostos às estruturas, os impactos dos desligamentos e as manutenções corretivas (SOUZA et al., 2020, p. 31).

3.1 Normas

As medidas de proteção contra descargas elétricas são exigências do corpo de bombeiros regulamentadas pela ABNT seguindo a norma NBR 5419, que em sua nova edição de 2015 abrange conceitos para elevar a segurança das instalações elétricas, estruturas e pessoas.

No geral, essa norma tem como critérios básicos:

Uma proteção ideal para estruturas é envolver completamente a estrutura a ser protegida por uma blindagem continua perfeitamente condutora, aterrada e de espessura adequada, e, além disso, providenciar ligações equipotenciais adequadas para as linhas elétricas e tubulações metálicas que adentram na estrutura nos pontos de passagem pela blindagem (NBR 5419, 2015, p. 16).

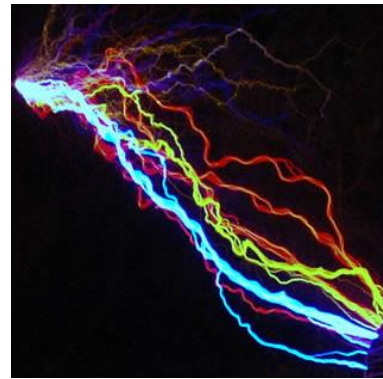
3.2 Equipotencialização

Consiste em ligações entre as partes metálicas da instalação ao SPDA, direta ou indireta, visando reduzir as tensões causadas pelas descargas a níveis suportáveis para instalação e diminuir o risco de choque elétrico e centelhamento perigoso. Sendo utilizadas para a realização desse processo equipamentos como condutores de proteção, massas metálicas, malhas, tubulações, blindagem dos cabos entre outros (NBR 5419, 2015).

3.3 Centelhamento

Pode-se definir o centelhamento como a manifestação da descarga elétrica através de um meio, ou seja, quando a tensão consegue romper a rigidez dielétrica desse meio, claramente exemplificada na Figura 3, provocando a sua ionização, a qual depende da umidade, temperatura e pressão (BRAGA, 2020).

Figura 3. Centelhamento de alta tensão.



Fonte: Extraído de Braga, S.D.

Há duas formas em que o centelhamento pode ocorrer: centelhamento térmico e por tensão.

O centelhamento térmico ocorre, por exemplo, quando em uma junção entre dois materiais condutores é forçada a passagem de uma corrente muito elevada. E no centelhamento por tensão a corrente é forçada a tomar caminhos curvos, utilizando o exemplo anterior onde ocorre dentro de uma junção, se a tensão disruptiva for menor que a tensão induzida entre as partes metálicas (NBR 5419, 2015).

3.4 Aterramento

Sistema responsável pela dispersão da corrente elétrica da descarga atmosférica no solo, portanto é dividido em dois subsistemas, o natural e não natural (MAMEDE, 2017).

O subsistema natural de aterramento está presente nas fundações do edifício onde as armações de aço podem ser utilizadas como eletrodos, quando a continuidade elétrica é comprovada. Consequentemente, o subsistema de aterramento não natural faz-se o uso de elementos metálicos como hastes, condutores de cobre e malhas (MAMEDE, 2017).

De acordo com a NBR 5419, deve-se obter a menor resistência de aterramento possível, compatível com o arranjo do eletrodo, a topologia e a resistividade do solo. Por meio de um BEP, o subsistema de aterramento do SPDA, o

aterramento dos sistemas de energia elétrica e sinal (dados, TV a cabo etc.) devem ser equipotencializados.

3.5 Modelos de SPDA

Para a realização de um projeto de SPDA é preciso escolher os elementos que formarão o subsistema de captação, o de descida e aterramento (SANTOS, 2017).

Existem diversos tipos de modelos ou métodos de SPDA que são escolhidos de acordo com o tamanho da estrutura, grau de segurança preciso e a região onde está localizado. No Brasil os métodos utilizados, que atendem a norma, incluem o modelo eletrogeométrico, método de Franklin e método da gaiola de Faraday (SANTOS, 2017).

3.5.1 Modelo eletrogeométrico (MEG)

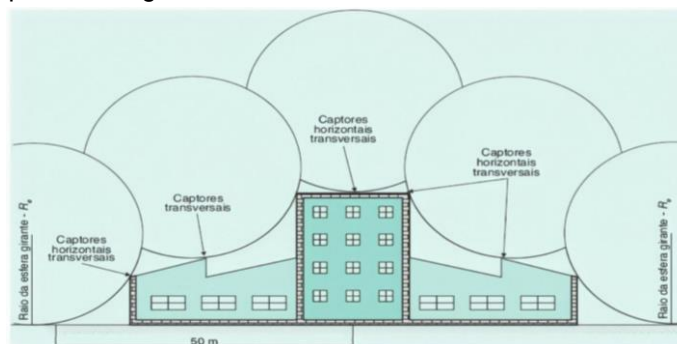
Também conhecido como método da esfera rolante, é caracterizado pela

delimitação do volume de proteção dos captosres a partir de uma esfera fictícia, que possui um raio determinado pela NBR 5419 de acordo com o nível de proteção desejado, onde essa esfera roda em todos os sentidos no topo da edificação, como indicado na Figura 4 (MAMEDE, 2017).

Para a sua aplicação existem algumas hipóteses simplificadas:

- Só são consideradas as descargas negativas iniciadas nas nuvens;
- O líder descendente é vertical e único (não tem ramificações);
- Descarga final se dá para o objeto aterrado mais próximo, independentemente de sua massa ou condições de aterramento;
- As hastes verticais e os condutores horizontais têm o mesmo poder de atração;
- A probabilidade de ser atingida uma estrutura aterrada ou o plano de terra é a mesma se o líder estiver a mesma distância (CREDER, 2007, p. 255).

Figura 4. Aplicação do método da esfera rolante numa superfície irregular.



Fonte: Extraído de Mamede, 2017.

3.5.2 Método de Franklin

Anteriormente foi abordado o meio em que Franklin criou o primeiro para-raios, e esse método tem fundamentos em sua teoria.

Denominado também como método de ângulo de proteção, esse método consiste na utilização de hastes ou mastros com captosres (Figura 5), criando uma área espacial de proteção em forma de cone, onde toda a edificação fica protegida. Levando em consideração a altura da edificação para dimensionar o ângulo

da proteção, ou seja, o raio de proteção do cone (SANTOS, 2017).

3.5.3 Método da gaiola de Faraday

Utiliza um sistema de captosres constituídos de condutores na superfície da estrutura em forma de malha, uma rede modular que envolve toda a área a ser protegida, com isso é denominado o termo “Gaiola”. Tendo como resultado uma distribuição homogênea das cargas mostrado na Figura 6, proporcionando um campo eletromagnético nulo no

- centelhamento>. Acesso em 3 jun. 2020.
- CREDER, H. Instalações Elétricas. 15 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- ELAT – Grupo de Eletricidade Atmosférica. Ocorrência na Terra. 2013. Disponível em <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/ocor-rencia.na.terra.php>>. Acesso em 24 mai. 2020.
- MAMEDE FILHO, J. Instalações Elétricas Industriais. 9 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- PINTO JR, O. PINTO, I. R. C. A. Tempestades e Relâmpagos no Brasil. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2000.
- SANTOS, K. C. B. M. Dimensionamento do projeto de SPDA. 2017. Disponível em <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/sections/115000616194-Dimensionamento>>. Acesso em 24 mai. 2020.
- SANTOS, L. D. O.; CRUZ, A. F. S. Aplicação da proteção contra descargas atmosféricas com estudo de caso numa edificação comercial. Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, UNIFACS, 2018.
- SOUZA, A. N. et al. SPDA – Sistemas e Proteção contra descargas Atmosféricas – Teoria, Prática e Legislação. 2 ed. São Paulo: Érica, 2020.