



INSTITUTO

METRÓPOLE
DIGITAL

Curso Técnico - Intermediário - Automa o Industrial - Conceitos de Eletricidade

15 - Para-raios, Descargas Atmosféricas e Aterramento

Apresenta o

Nesta aula, nós complementaremos o tema sobre aterramento, estendendo sua importância na prote o de raios gerados por descargas atmosféricas. Entenderemos também como são produzidas as descargas elétricas atmosféricas, relâmpagos e raios e, ainda, como podemos nos proteger desses fen menos por meio de para-raios.

Objetivos

- Explicar como são produzidos os raios e como funcionam os para-raios.
- Recapitular um pouco da história dos para-raios.
- Entender como o aterramento atua na ocorrência de descargas atmosféricas e como   feito o seu dimensionamento.

Descargas elétricas atmosféricas

Sabemos que correntes elétricas são potencialmente perigosas, quando circulam fora dos circuitos das instala es elétricas das edifica es. Em particular, pela sua grande intensidade, as descargas atmosféricas resultantes dos raios são extremamente perigosas quando atingem as instala es elétricas de residências e prédios. Para minimizar os seus efeitos e proteger edifica es, equipamentos e pessoas, uma instala o adequada de para-raios torna-se necessária.

Vimos na primeira aula que, conforme experiências feitas séculos atrás pelo sábio grego Tales de Mileto, o atrito entre corpos de materiais diferentes gera cargas elétricas nas suas superfícies que resultam em fenômenos interessantes. Portanto, vimos que as cargas elétricas podem ser positivas ou negativas e que cargas iguais se repelem e cargas diferentes se atraem.

Na atmosfera terrestre acontece fenômeno parecido a quando esfregamos dois corpos de materiais diferentes. Durante uma tempestade, estabelecem-se no interior das nuvens fortes correntes de ar ascendente. O vento ascendente carrega umidade, na forma de vapor. Assim, a certa altura, o vapor condensa, formando gotículas de água que vão aumentando de tamanho até ficarem suficientemente pesadas para caírem, por ação da gravidade. Na queda, as gotas vão se juntando a outras até que, ao atingir cerca de meio centímetro de diâmetro, tornam-se instáveis e se fragmentam. Ao se fragmentar, liberam íons negativos que são arrastados para a superfície da nuvem. Nesse processo, a parte inferior da nuvem fica carregada por cargas predominantemente negativas e a sua parte superior fica com cargas positivas. Desse modo, a carga negativa na parte inferior da nuvem induz uma carga negativa no solo, conforme mostrado na **Figura 1a**.

Na medida em que as cargas vão se acumulando, a diferença de potencial elétrico entre a nuvem e o chão vai aumentando. Sabemos que o ar, normalmente, é um meio isolante, porém se o campo elétrico (diferença de potencial por unidade de distância) aumentar suficientemente, chega um momento em que atinge um valor, a partir do qual o ar perde as suas propriedades isolantes, tornando-se condutor elétrico.

Esse limiar é denominado **campo elétrico disruptivo** do ar. Em condições normais, esse valor fica em torno de 30 kV/cm. Durante uma tempestade, a temperatura cai e a umidade aumenta, reduzindo o valor do campo elétrico disruptivo do ar, sendo assim mais fácil esse tornar-se um condutor elétrico. Desse modo, durante uma tempestade, na medida em que as cargas vão se acumulando, a diferença de potencial entre a nuvem e o solo vai aumentando, até se chegar ao limiar do campo elétrico disruptivo.

Nesse momento, o ar se ioniza, tornando-se um condutor, e acontece a descarga elétrica da nuvem para o chão, conforme mostra a **Figura 1b**. Esse fenômeno é bastante complexo: inicialmente acontece uma descarga piloto negativa da nuvem para o chão, por meio de saltos sucessivos de dezenas de metros, seguida de uma descarga guia, enquanto acontece uma descarga piloto (descarga de retorno) ascendente, de cargas positivas, que se encontra com a descarga guia.

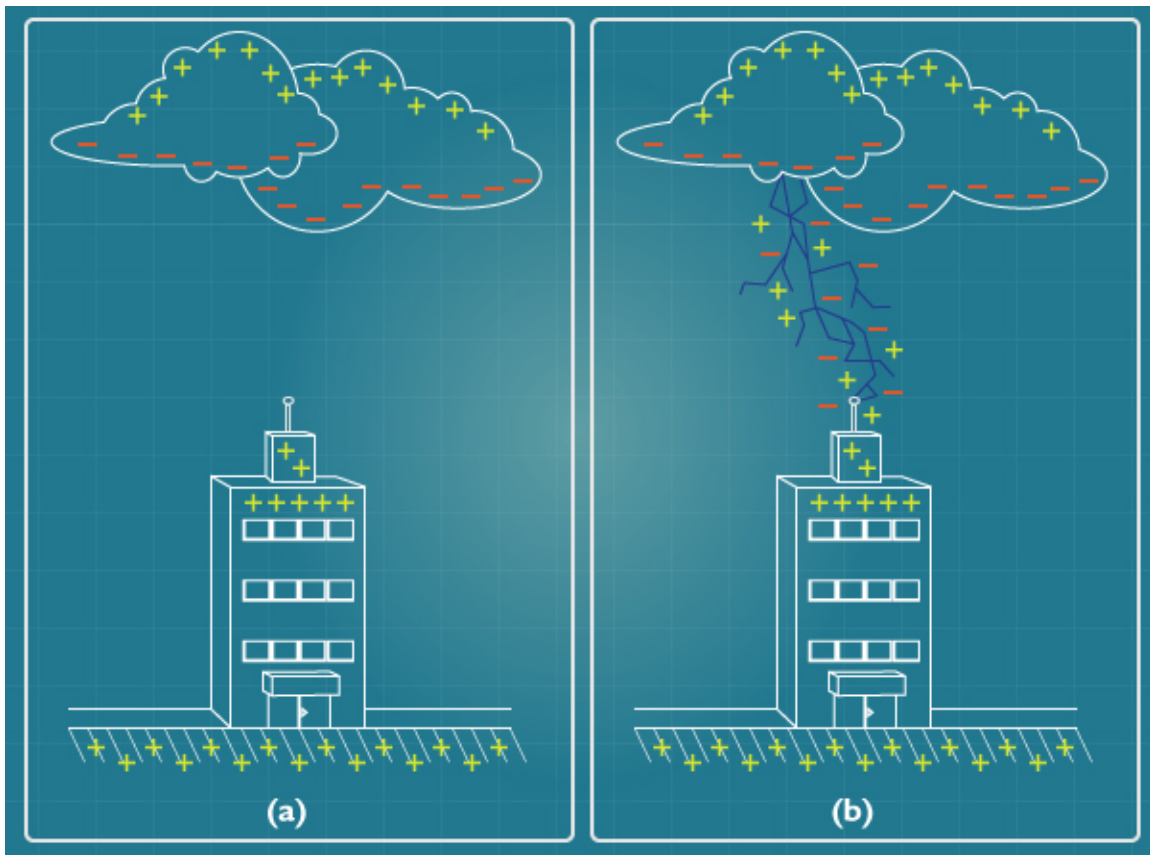


Figura 1 - Formação de um raio: a) acumulação de cargas na nuvem e indução de cargas no solo; b) descarga atmosférica.

Fonte: Aatoria Própria (2014).

Posteriormente, ocorre a descarga principal, da nuvem para o solo, seguida de descargas reflexas. Essas descargas ocorrem com uma velocidade de várias dezenas de quilômetros por segundo e as suas passagens ionizam o ar em seu entorno. Os átomos ionizados, ao encontrar as cargas ascendentes e descendentes, recompõem-se, emitindo luz nesse processo, que é a fulguração do relampejo que vemos quando ocorre o raio.

Como ocorrem descargas reflexas sucessivas em frações de segundo, temos a impressão de ver o raio tremer. A descarga do raio dissipa uma energia colossal em sua passagem, o que produz um calor elevadíssimo, o qual faz com que o envoltório de ar ao redor da descarga se dilate quase que instantaneamente. Desse modo, essa dilatação brusca produz uma onda sonora de alta potência que percebemos na forma do som característico, o trovão, que ouvimos após o raio. Como a luz se propaga a cerca de 300.000 km/s e o som se propaga bem mais lentamente, a cerca de 340 m/s, primeiro percebemos a fulguração do raio e, dependendo de quão distante estivermos, depois de poucos segundos, ouvimos o trovão.

Atividade 01

1. E agora, sobre aquela velha pergunta: o que vem primeiro o raio ou o trovão? Como você responderia, eloquentemente, a essa pergunta?

Algumas perguntas

Você talvez já tenha ouvido falar no ditado popular: “Um raio não cai duas vezes no mesmo lugar”. Será que isso é verdade? Onde cai um raio? Talvez você também já tenha ouvido a recomendação de, durante uma tempestade elétrica, nunca procurar abrigo embaixo de uma árvore. Há algum fundamento nisso? A resposta para essas perguntas passa pelo conhecimento do fenômeno conhecido como **poder das pontas**.

O poder das pontas se caracteriza pela capacidade dos corpos eletrizados se descarregarem pelas pontas. Isso acontece porque, em um corpo eletrizado, as cargas em excesso se distribuem pela sua superfície externa, concentrando-se nas regiões mais pontiagudas, ou seja, nas regiões de menor raio de curvatura.

Assim, geralmente quando um raio cai, ele se dirige para o ponto do terreno em que se situam objetos pontiagudos, como árvores, pontas de guarda-chuvas, postes e outros, em que as cargas estão mais concentradas, e ao redor dos quais o ar se encontra ionizado, tornando mais fácil o fluxo da descarga do raio.

O raio sempre procura o caminho mais fácil. Desse modo, durante uma tempestade, realmente não é bom procurar abrigo sob uma árvore, pois, se ela é o objeto mais “pontudo” nas redondezas, é provável que o raio caia sobre ela. De acordo com esse raciocínio, construções elevadas, tais como arranha-céus, oferecem mais probabilidade de atrair raios do que prédios vizinhos de menor altura e geralmente são atingidos não por um, mas por vários raios ao longo do tempo. De fato, há relatos sobre altos edifícios que foram atingidos por dezenas de raios em um único dia de tempestade. Se não acredita em mim, assista, por exemplo, ao vídeo contido no endereço a seguir.

<<http://www.youtube.com/watch?v=EyZIXSeD0xk>>. Acesso em: 4 set. 2014.

A **Figura 2** mostra a ação de raios sobre estruturas artificiais. Na figura, fica evidente o poder de atração de raios que têm essas estruturas que se impõem como as mais altas na paisagem ao seu redor.

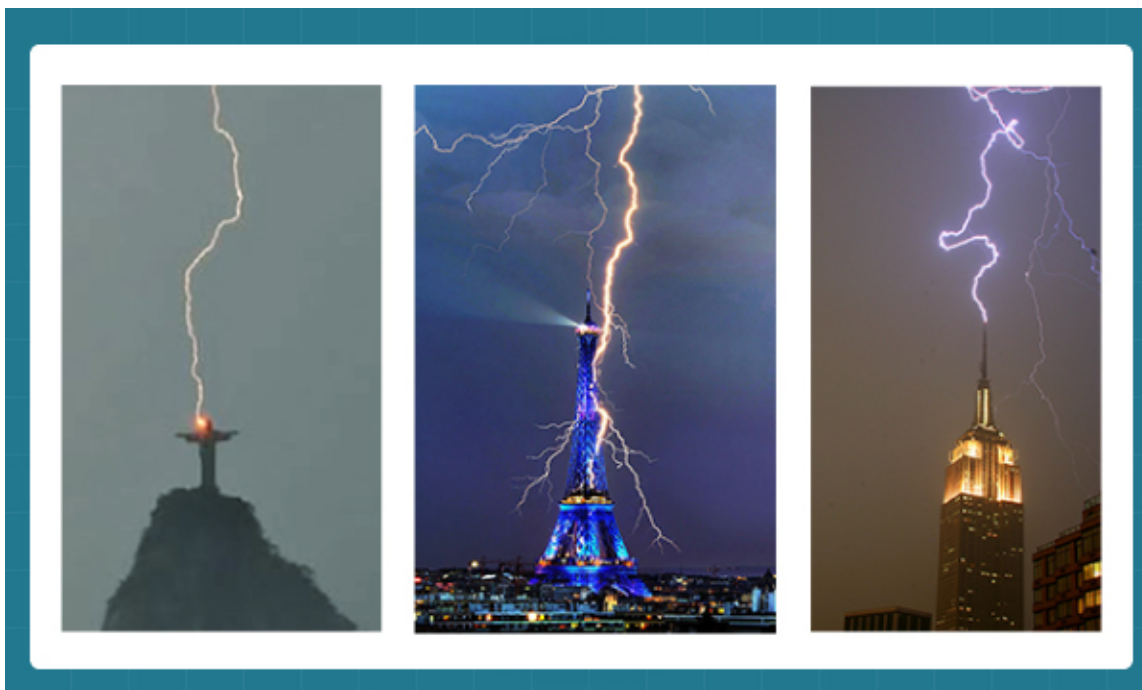


Figura 2 - Imagens de raios atingindo: a) o Cristo Redentor; b) a Torre Eiffel; c) o Empire State Building.

Fonte: (a) <<http://www.brasilecola.com/upload/conteudo/images/raio-atingindo-cristo-redentor-1306170477.jpg>>

(b) <<http://2.bp.blogspot.com/--Sc6B6iTm3A/TmwRTbk6x0I/AAAAAAAAAMwc/sS-j4cGaEhQ/s1600/Bertrand%2BKulik.jpg>>

(c) <<http://www.divshare.com/img/2667866-a58.jpg>> Acesso em: 1 ago. 2014.

A energia envolvida na descarga de um raio é gigantesca. Além de tetos pontudos de prédios e torres de igrejas, postes e linhas de energia elétrica são alvos frequentes dos raios. Portanto, quando a energia de um raio é descarregada em frações de segundos sobre um prédio, ao passar pela sua instalação elétrica ou sua rede telefônica (constituídas por condutores elétricos), elas são submetidas a enormes sobretensões e correntes muito além dos níveis normais para os quais as instalações foram projetadas. Dessa forma, geralmente, danifica seriamente não só a própria instalação, como também os equipamentos a ela conectados, assim como colocando em risco a vida de pessoas que estejam em contato com esses.

É provável que você já tenha ouvido falar para não pegar no telefone em dia de tempestade. Se ouviu, foi muito bem aconselhado. Periodicamente, a imprensa divulga acidentes em que pessoas foram atingidas por descargas fatais enquanto falavam ao telefone em dia de tempestade com raios. Logo, para minimizar os prejuízos materiais e os riscos para os seres humanos causados pelos raios, um equipamento especial para proteção elétrica deve ser utilizado: o **para-raios**.

O para-raios e sua função protetora

O para-raios é um sistema de proteção contra descargas elétricas atmosféricas (SPDA) cuja função é atrair os raios para si, desviando-os de pessoas, prédios e objetos sob sua área de proteção, de modo a conduzi-los à terra de forma controlada e segura, sem oferecer risco às pessoas e evitando possíveis danos materiais.

Você sabia?

O para-raios foi inventado por Benjamin Franklin (já lhe foi falado sobre ele na primeira aula sobre **Noções de Eletricidade**). Reza a lenda que, para testar as suas teorias sobre eletricidade atmosférica e provar que o raio era de fato um fenômeno de natureza elétrica, ele teria empinado uma pipa com uma chave de metal pendurada nela, durante uma tempestade. Será? Bom, sabemos que ele escapou de morrer atingido por um raio! A **Figura 3** ilustra o famoso experimento de Franklin e sua pipa voadora.

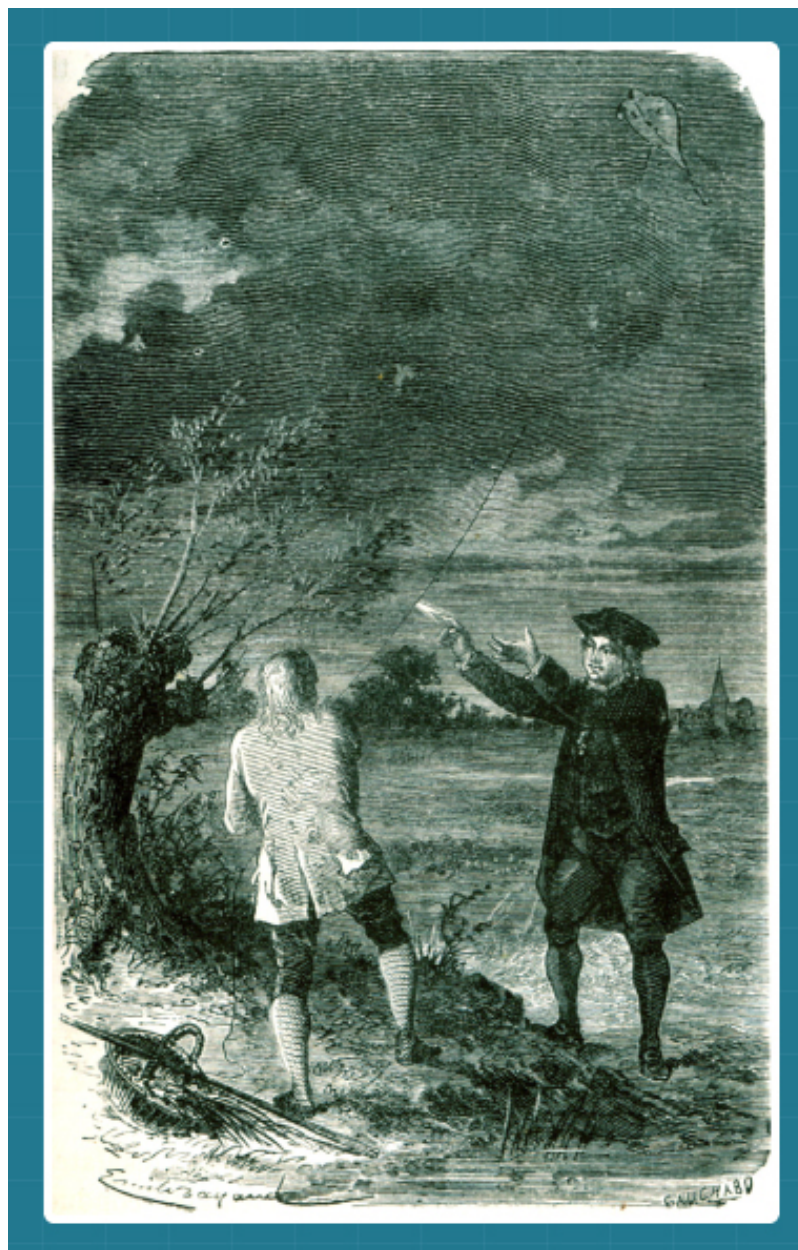


Figura 3 - O experimento de Benjamin Franklin.

Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Franklin_lightning_engraving.jpg> Acesso em: 20 out. 2011.

Um para-raios é constituído por três partes principais: o sistema responsável pela captação do raio, o sistema responsável pela condução do raio à terra e o sistema de aterramento, responsável por dissipar a energia do raio no solo. A seguir, a **Figura 4** mostra uma instalação típica de para-raios.

Um para-raios é constituído por três partes principais: o sistema responsável pela captação do raio, o sistema responsável pela condução do raio à terra e o sistema de aterramento, responsável por dissipar a energia do raio no solo. A seguir, a **Figura 4** mostra uma instalação típica de para-raios.

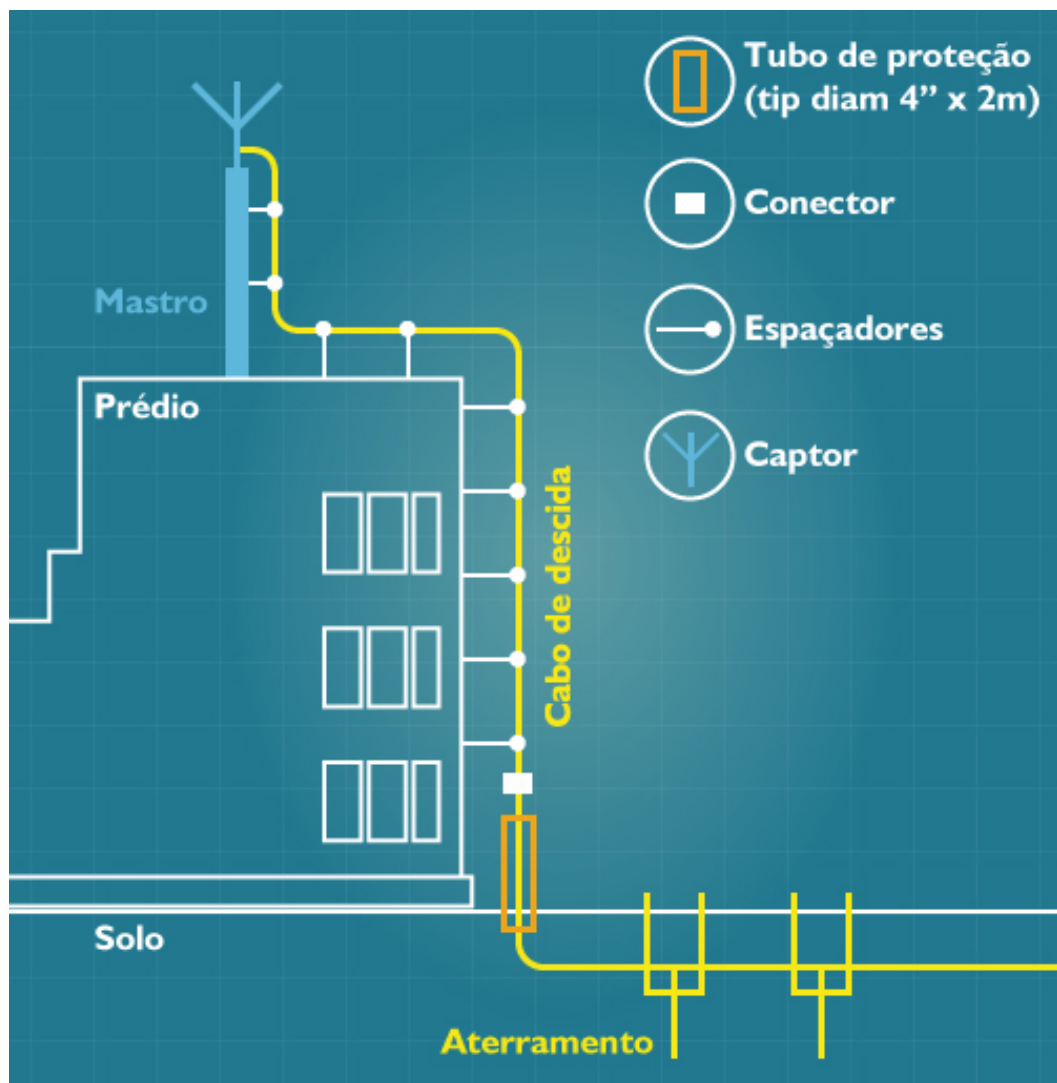


Figura 4 - Partes de um para-raios.

Fonte: <http://www.mspc.eng.br/tecdiv/im02/para_raios_20.png> Acesso em: 20 out. 2011.

O sistema de captação do raio é constituído por um ou mais elementos captadores sustentados por um mastro ou haste metálica. Em um para-raios comum, também denominado **para-raios Franklin**, em homenagem ao seu inventor, o elemento captador utiliza o princípio do poder das pontas para atrair o raio, assim, trata-se simplesmente de um condutor metálico com uma ou mais pontas (nesse caso, um buquê, como o mostrado na Figura 5).



Figura 5 - Elementos captadores de para-raios tipo Franklin.

Fonte: <http://files.cmr303.webnode.com.br/200000002-96da197d2d/190C2E_1.jpg> Acesso em: 1 ago. 2014.

Um para-raios tipo Franklin cria uma região de proteção no seu entorno na forma de um cone com vértice no elemento captor e cuja geratriz forma um ângulo de 60° com a vertical, conforme mostrado na **Figura 6**. A partir desta figura, podemos concluir que para termos uma boa cobertura protegida, o para-raios deve ser instalado o mais alto possível, o que pode demandar a instalação de uma torre.

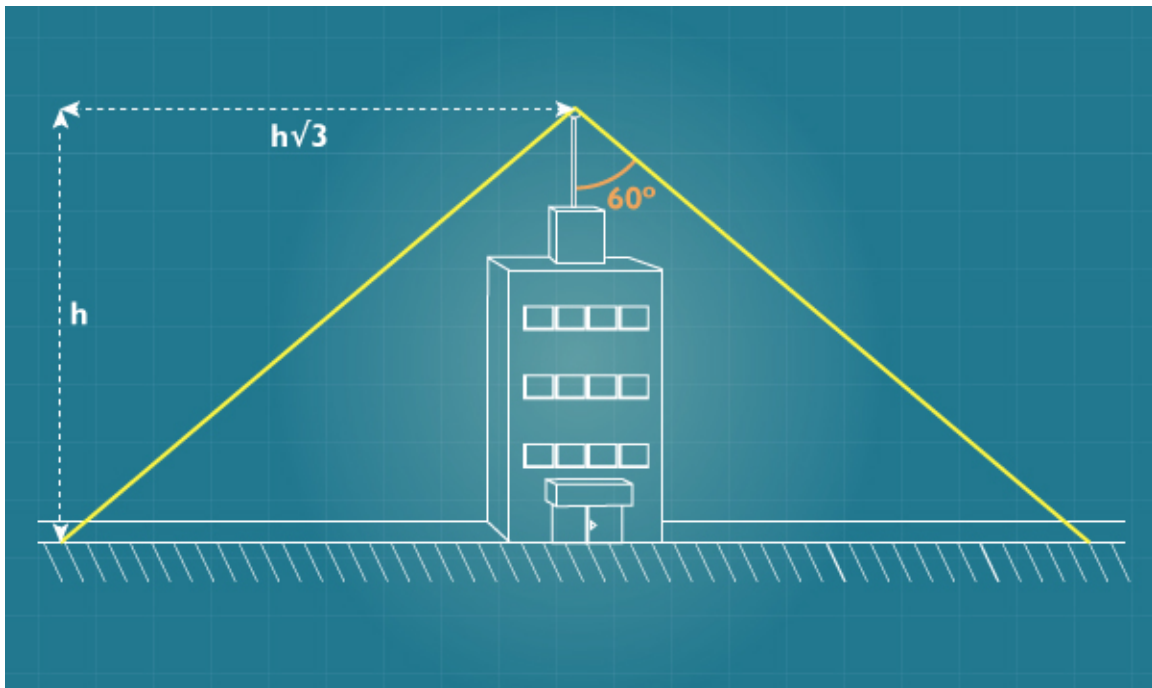


Figura 6 - Cone de proteção de um para-raios comum.

Fonte: Autoria Própria (2014).

Quando não é economicamente viável, ou mesmo não é possível por razões práticas instalar uma torre, uma alternativa é utilizar outro tipo de elemento captor: o fio captor, também chamado de **gaiola de Faraday**. Trata-se basicamente de um fio condutor horizontal, o qual pode incluir dois captores tipo Franklin nas suas extremidades.

Para aumentar a área de cobertura, vários fios captores podem ser interligados, de forma a implementar a gaiola de Faraday sobre construções que ocupam uma grande área horizontal. Nesse sistema devem ser utilizados vários cabos de descida, com seus respectivos aterramentos. A **Figura 7a** mostra o campo de proteção gerado por um fio captor e a **Figura 7b** mostra a gaiola de Faraday.

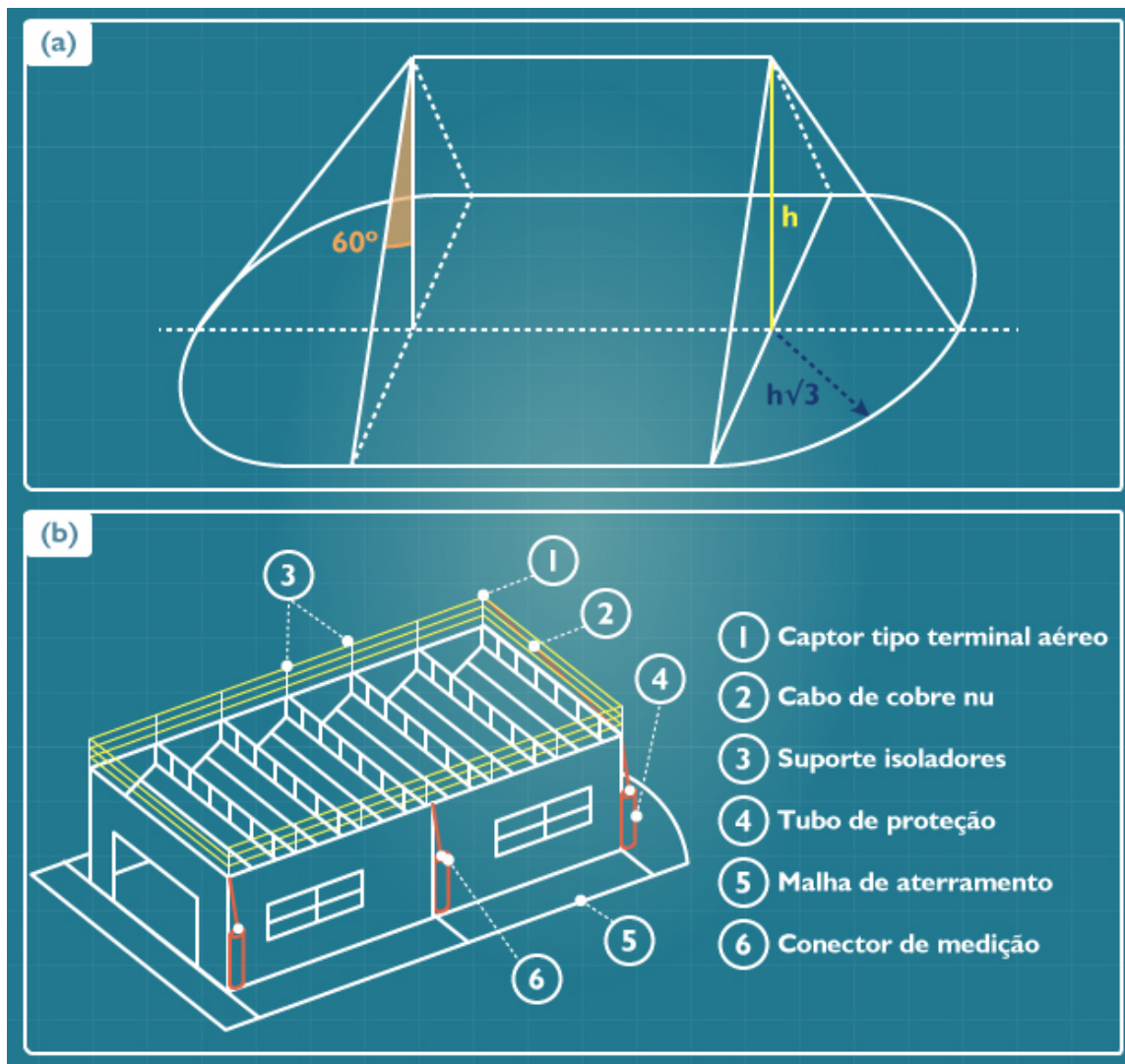


Figura 7 - Fio captor: a) campo de proteção gerado por um fio captor de comprimento L a uma altura h ; b) gaiola de Faraday.

Fonte: (a) Autoria Própria (2014); (b) <http://www.fazfacil.com.br/images/elet_captorraio-2.jpg> Acesso em: 21 out. 2011

O sistema de aterramento do para-raios é constituído por um ou mais eletrodos de aterramento de cobre, devidamente enterrados, cuja função é dissipar no terreno a descarga do raio. Assim, o tipo de eletrodo, suas dimensões e a quantidade deles, a ser utilizados depende das características de resistividade do solo. Logo, se a resistividade do solo for suficientemente baixa, a colocação de um único eletrodo é suficiente. Caso a resistência de aterramento não fique abaixo do valor desejado, deve-se aumentar o número de eletrodos até alcançar o limite especificado para a resistência de aterramento. Em geral, costuma-se colocar três eletrodos. Portanto, a resistência de aterramento deve ser inferior a 10 Ohms. Para edificações com materiais inflamáveis ou com risco de explosão, a resistência de aterramento deve ser restrita a valores inferiores a 1 Ohm.

A distância mínima entre os eletrodos de aterramento é de 3 m e eles devem ser afastados das fundações da edificação por, no mínimo, 50 cm. Os eletrodos de aterramento devem ser instalados preferencialmente em solo úmido, se possível, junto ao lençol freático, mas tendo a precaução de evitar áreas com substâncias corrosivas. Por isso, é

proibida a instalação de eletrodos de aterramento em poços de água ou fossas sépticas. Também não se permite a sua instalação sob concreto, argamassa ou revestimento asfáltico. Já em solo seco, rochoso, calcário ou arenoso, no qual for difícil obter resistência de aterramento inferior a 10 Ohms, deve-se distribuir um maior número de eletrodos formando uma malha, interligada por condutores circundando a edificação.

Resumo

Nesta aula, você teve informações adicionais sobre o sistema de aterramento elétrico e suas funções de proteção sob a presença de descargas atmosféricas. Você também aprendeu a natureza dos raios, como se formam e o perigo que representam para as pessoas, entendendo a necessidade de estabelecer mecanismos de proteção contra descargas atmosféricas. Nesse contexto, aprendeu o funcionamento do para-raios, qual é a sua área de cobertura e os principais fatores que influenciam no seu dimensionamento. Espero que tenha gostado desta nossa última aula e tirado bom proveito dela e do curso de forma geral. Boa sorte a todos!

Autoavaliação

1. Explique como são criados os raios.
2. Descreva um para-raios tipo Franklin, enumerando as funções dos seus principais elementos.
3. Por que a resistência de aterramento do para-raios deve ser a menor possível?
4. Quais as recomendações para a resistência de terra no caso de proteção às descargas atmosféricas?
5. Descreva o cone de proteção de para-raios tipo Franklin. Se esse tipo de para-raios deve proteger um prédio de 10 m de altura e área coberta retangular de 20 m x 10 m, qual é a altura da torre sobre a qual deve ser instalado o para-raios para garantir proteção total contra raios?

Referências

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15. ed. São Paulo: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2007.

COLEÇÃO ELÉTRICA. As histórias e as personagens do mundo das **Instalações Elétricas**. In: LIMA, Flávia. **A origem e a difusão dos fusíveis e dos disjuntores, dispositivos de proteção fundamentais às instalações elétricas em todos os níveis de tensão**. São Paulo, v. 3, p. 12-17, [20--]. Disponível em: <http://www.instalacoeseltricas.com/download/colecao_eletrica3.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2014.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. São Paulo: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2010.

MORENO, H. **Instalações elétricas residenciais**. [S.l.]: Elektro/Pirelli, 2003.

NEGRISOLI, M. E. M. **Instalações Elétricas: projetos prediais em baixa tensão**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1982.

NISKIER, J.; MACINTYRE, J. A. **Instalações Elétricas**. São Paulo: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1992.