12 - PROTEÇÃO DE EDIFICAÇÕES CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

12.1 – Introdução

A descarga atmosférica é um dos fenômenos mais imprevisíveis e destrutivos da natureza. Grandes prejuízos ocorrem todos os anos em conseqüência de raios que atingem pessoas, aviões, animais, edifícios, residências, instalações industriais e agropecuárias, redes elétricas, campos e florestas. Assim, é importante adotar certas medidas de prevenção para evitar os danos, às vezes irreparáveis, das descargas atmosféricas. A seguir destacam-se alguns pontos importantes sobre o fenômeno das descargas atmosféricas.

- Durante muito tempo o raio esteve ligado a crendices populares, sendo considerado manifestação dos deuses. Seu estudo científico teve início em 1752, quando Benjamim Franklin empinou, utilizando uma linha metálica, um papagaio em um dia nublado e constatou que ocorriam choques quando se tocava a linha metálica. Verificou-se, portanto, que os raios eram fenômenos elétricos.
- O avanço da tecnologia propiciou a medição das correntes dos raios. A Tabela 12.1 apresenta os valores registrados, bem como sua porcentagem.

Tabela 12.1: Medição de corrente dos raios.

% de raios	Amperes
0,1	mais de 200 kA
0,7	mais de 100 kA
5,0	mais de 60 kA
44,2	mais de 15 kA

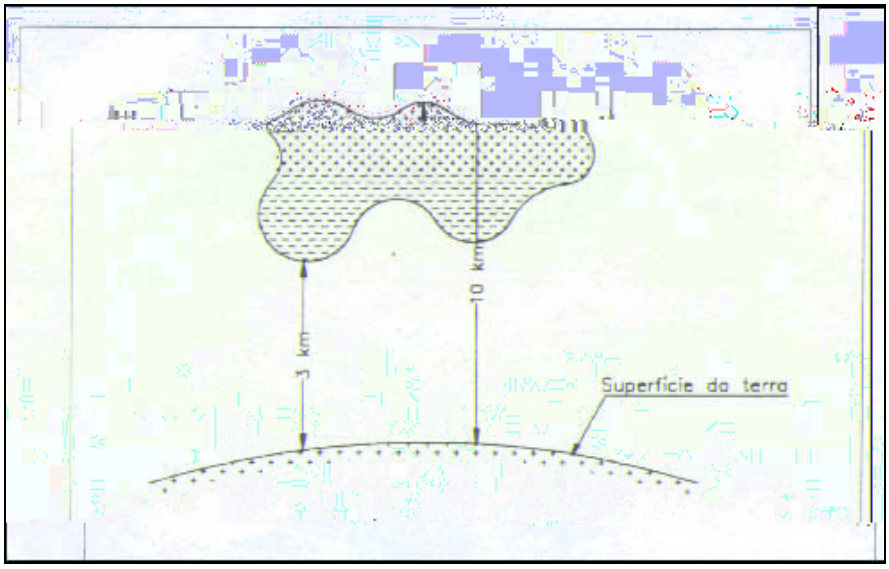
- A tensão elétrica causada pelo raio pode atingir, inicialmente, centenas de milhões de volts entre as nuvens e a terra, sendo que vários milhões de volts podem ser transferidos para o objeto atingido durante a ocorrência da descarga elétrica do raio.
- A probabilidade de um raio cair em um local mais alto é maior do que nos locais mais baixos.
- Ao se falar em proteção contra descargas atmosféricas deve-se levar em conta os seguintes fatores:
  - a probabilidade de ocorrência de descargas atmosféricas em uma dada área é estimada com base no número de trovoadas por ano;
  - os pára-raios instalados para a proteção de linhas e redes elétricas não protegem as edificações contra descargas atmosféricas diretas;
  - as edificações isoladas estão mais sujeitas a danos causados por descargas atmosféricas que caminham pelas linhas elétricas e atingem as instalações internas destas edificações.

12.2 – Considerações sobre a origem dos raios

Antecedendo uma tempestade, ou durante a mesma, componentes (gotículas) das nuvens se apresentam em contínua movimentação, provocando a liberação de elétrons (eletrização por atrito com o ar), que se concentram em algumas nuvens. Verifica-se experimentalmente que as cargas elétricas positivas ocupam a parte superior da nuvem, enquanto as cargas elétricas negativas se

posicionam na sua parte inferior, acarretando, consequentemente, uma intensa migração de cargas positivas na superfície da terra para a área correspondente à localização da nuvem, conforme se observa na Figura 12.1.

Figura 12.1: Distribuição das cargas elétricas das nuvens e no solo.

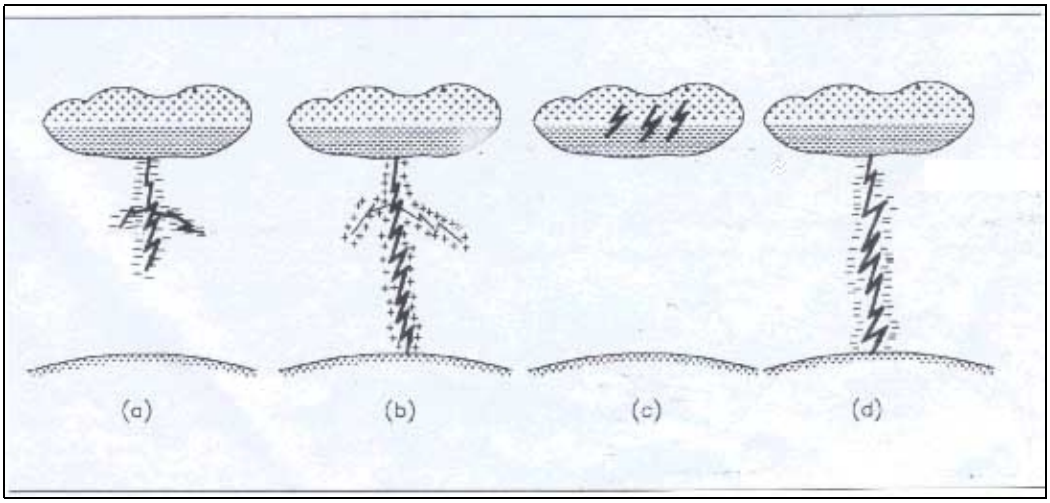


Como se pode deduzir da Figura 12.1, a concentração de cargas elétricas positivas e negativas em uma determinada região faz surgir uma diferença de potencial entre a terra e a nuvem. No entanto, o ar apresenta um certa rigidez dielétrica, normalmente elevada, que depende de certas condições ambientais. O aumento dessa diferença de potencial poderá atingir um valor que supere a rigidez dielétrica do ar interposto entre a nuvem e a terra, fazendo com que as cargas elétricas migrem em direção a terra, um trajeto tortuoso e normalmente cheio de ramificações, cujo fenômeno é conhecido como descarga piloto.

A ionização do caminho seguido pela 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 de uma das ramificações da descarga piloto, uma descarga ascendente, constituída de cargas elétricas positivas, denominada de descarga de retorno ou principal, 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, consequentemente, do aumento de volume.

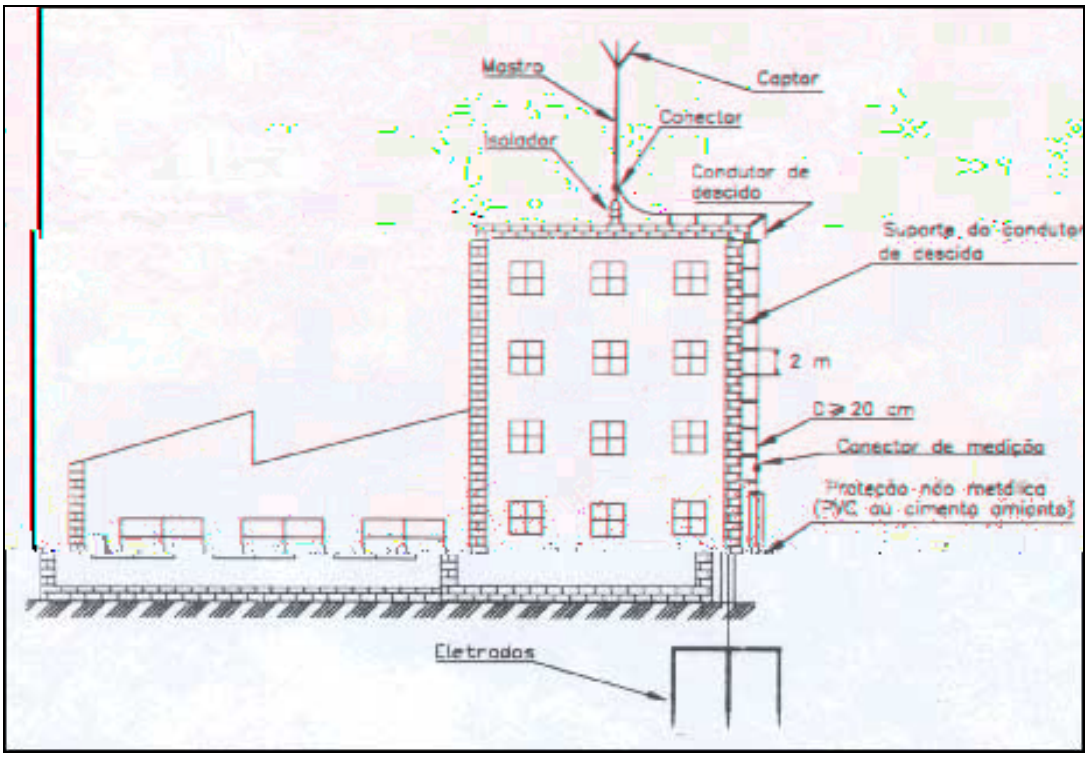
Na tentativa de se manter o equilíbrio dos potenciais elétricos no interior da nuvem, surgem nesta intensas descargas que resultam na formação de novas descargas reflexas ou secundárias, no sentido da nuvem à terra, tendo como canal condutor aquele seguido pela descarga de retorno que, em sua trajetória ascendente, deixou o ar intensamente ionizado. Essas descargas secundárias podem acontecer por várias vezes, após cessada a descarga principal. A Figura 12.2 retrata o exposto.

Figura 12.2: Seqüência de eventos de uma descarga atmosférica.



Os pára-raios são utilizados para proteção do sistema elétrico e de edificações. No sistema elétrico utiliza-se pára-raios formados por um centelhador em série com um resistor não linear, encapsulados em porcelana. Todo equipamento elétrico instalado em redes (transformadores, banco de capacitores, reguladores de tensão, etc.) é melhor protegido se contar com um pára-raios instalado junto a ele. As edificações contam com proteção do tipo Franklin ou Faraday. A Figura 12.3 retrata os elementos utilizados em um sistema de proteção contra descargas atmosféricas em uma edificação.

Figura 12.3: Elementos de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas em edificação.



12.3 – Proteção de uma propriedade contra descargas atmosféricas

As descargas atmosféricas podem atingir os prédios e os equipamentos das seguintes maneiras:

- descargas diretas que atingem os edifícios;
- sobretensões provocadas por raios nas linhas de energia que caminham pela entrada de força da propriedade, atingindo os equipamentos;
- sobretensões provocadas por raios nas linhas telefônicas que caminham pela entrada da linha telefônica da propriedade, atingindo os equipamentos;
- sobretensões provocadas por raios nas antenas, atingindo os equipamentos.

A redução dos problemas com sobretensões em uma propriedade requer uma análise prévia dos equipamentos que serão protegidos e, também, cálculos para se determinar a probabilidade da propriedade ser atingida pelas sobretensões. As proteções recomendadas, são:

- proteção contra descargas atmosféricas diretas – instalação de pára-raios do tipo Franklin ou a instalação de malhas (gaiolas de Faraday);
- proteção de sobretensões provenientes da rede elétrica – instalação de protetores na entrada de energia;
- proteção de sobretensões provenientes da rede telefônica – instalação de protetores na entrada da rede telefônica;
- proteção de sobretensões provenientes das antenas – instalação de protetores nos cabos que trazem os sinais para os equipamentos.

A utilização de captores radioativos foi proibida pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), através da Resolução n° 4, de 19 de abril de 1989. Esta decisão foi tomada em virtude da não comprovação da maior eficácia deste tipo de equipamento, não se justificando sua utilização.

12.3.1 – A norma NBR 5419 – proteção contra descargas atmosféricas.

A NBR 5419 substituiu a NB 165 e fixa as condições exigíveis ao projeto, instalação e manutenção de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) das estruturas comuns, utilizadas para fins comerciais, industrias, agrícolas, administrativas ou residenciais. Esta norma não se aplica a sistemas ferroviários, elétricos, de telecomunicações, navios e plataformas marinhas. Ela introduziu importantes modificações:

- necessidade de cálculo de avaliação do risco da edificação ser atingida por uma descarga atmosférica;
- estabelecimento de quatro níveis de proteção, conforme o risco e o tipo de estrutura;
- permissão para o cálculo de captores pelo método Faraday (gaiola) e eletrogeométrico (esfera fictícia) além do método Franklin;
- possibilidade de utilização de calhas ou rufos como captores naturais;
- permissão para a fixação dos captores e condutores de descida, diretamente no teto e nas paredes.

Algumas observações sobre os SPDAs são importantes:

- um SPDA não impede a ocorrência de descargas atmosféricas;
- um SPDA projetado e instalado conforme a norma não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, pessoas e objetos. Entretanto, a aplicação da norma reduz sobremaneira os riscos de danos;

- o tipo e o posicionamento do SPDA devem ser estudados no estágio de projeto da edificação, para se tirar o máximo proveito possível dos elementos condutores da própria estrutura.

12.3.2 – Avaliação do risco de exposição de uma edificação.

A probabilidade de uma edificação ser atingida por um raio em um ano é estimada pelo produto da densidade de descargas atmosféricas para a terra e pela área de exposição equivalente da edificação.

A densidade de descargas atmosféricas para a terra (Ng) é o número de raios para a terra por km^2 por ano. O valor de Ng, para uma determinada região, pode ser calculado por:

$$Ng = 0,04 \times Td^{1,25}$$

Sendo Td o número de trovoadas ouvidas por ano, também conhecido como índice cerâunico. Td pode ser obtido de diferentes formas:

- em mapas isocerâunicos;
- com administrações de aeroportos;
- com distritos meteorológicos;
- com empresas concessionárias de eletricidade.

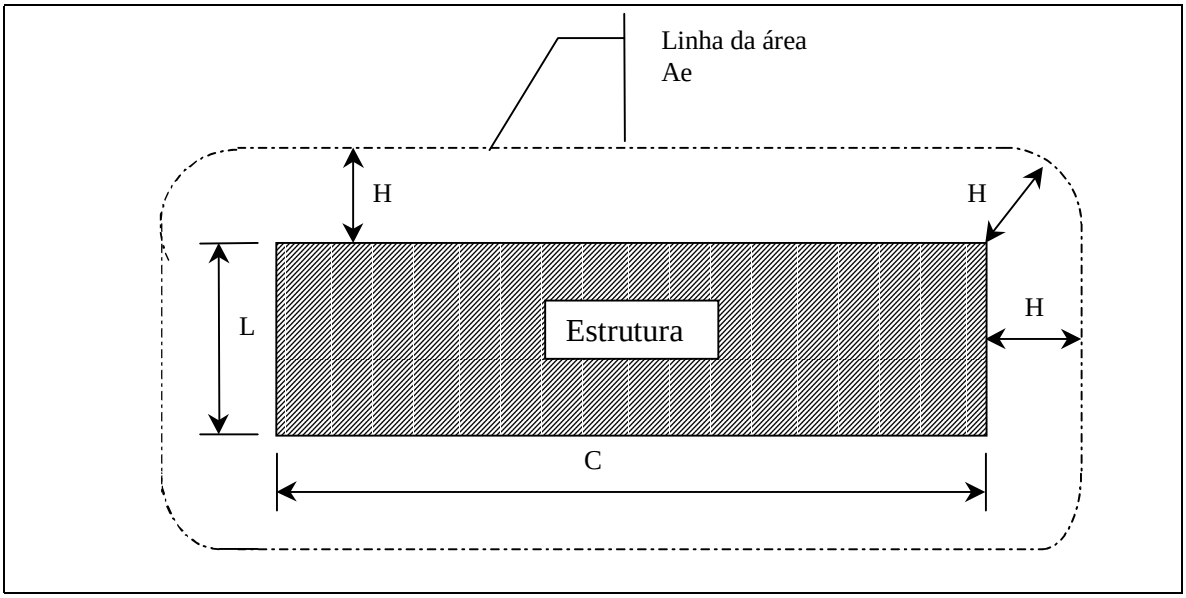
A Tabela 12.2 apresenta índices cerâunicos e a densidade de descargas atmosféricas registrados em diferentes regiões brasileiras.

Tabela 12.2: Índice cerâunico e Densidade de descargas atmosféricas para a terra em diferentes regiões brasileiras.

Região	Índice cerâunico (Td)	Densidade de descargas atmosféricas para a terra (Ng – desc/km^2 ano).
Estado de São Paulo	40 a 100	4,02 a 12,65
Estado de Minas Gerais	10 a 120	4,02 a 15,88
Centro-Oeste	80 a 120	9,57 a 15,88
Amazônica	40 a 140	4,02 a 19,26
Nordeste (litoral)	5 a 10	0,30 a 0,71
Nordeste (sertão)	20 a 60	1,69 a 6,68
Sul	30 a 80	2,81 a 9,57

A área de exposição equivalente (Ae) é a área do plano da edificação prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura, conforme mostra a Figura 12.4.

Figura 12.4: Área de exposição (Ae) de uma edificação qualquer.



Sendo:
C – comprimento da edificação;
L – largura da edificação;
H – altura da edificação.

A área de exposição (Ae) pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$Ae = C \times L + 2 \times C \times H + 2 \times L \times H + \pi.H^2 \ [m^2]$$

Tendo-se determinado Ng e Ae, procede-se ao cálculo da freqüência média anual previsível (N), que pode ser estimada por:

$$N = Ng \times Ae \times 10^{-6} \text{ (por ano)}$$

Após a determinação de N, que é o número provável de raios que anualmente atingem uma edificação, deve-se multiplicá-lo pelos seguintes fatores de ponderação:

- Fator A – tipo de ocupação da estrutura (Anexo 1);
- Fator B – tipo de construção da estrutura (Anexo 2);
- Fator C – conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas (Anexo 3);
- Fator D – Localização da estrutura (Anexo 4);
- Fator E – Topografia da região (Anexo 5).

$$\underline{N} = N \times F_A \times F_B \times F_C \times F_D \times F_E$$

A necessidade de um sistema de proteção é determinada da seguinte forma:

- $\underline{N} \geq 10^{-3}$, a edificação requer proteção;
- $10^{-5} < N \leq 10\text{-}5$

Cálculo de N (freqüência média anual previsível de descargas)

$$N = Ng \times Ae \times 10^{-6} \text{ (por ano)}$$

$$N = 6{,}68 \times 4.085 \times 10^{-6}$$

$$N = 2{,}73 \times 10^{-2} \text{ descargas/ano}$$

Cálculo de $\underline{N}$.

$$\underline{N} = N \times \text{Fator A} \times \text{Fator B} \times \text{Fator C} \times \text{Fator D} \times \text{Fator E}$$

Fator A = 1,2 (edifício de apartamentos – vide Anexo 1);
Fator B = 0,4 (estrutura de concreto armado com cobertura não metálica – vide Anexo 2);
Fator C = 0,3 (residências comuns – vide Anexo 3);
Fator D = 2,0 (estrutura que ultrapassa 2x a altura das estruturas próximas – vide Anexo 4);
Fator E = 1,0 (elevação moderada – vide Anexo 5).

$$\underline{N} = 2{,}73 \times 1{,}2 \times 0{,}4 \times 0{,}3 \times 2{,}0 \times 1{,}0$$

$$\underline{N} = 7{,}86 \times 10^{-3} \text{ descargas/ano}$$

$$\underline{N} > 10^{-3} \Rightarrow \text{há necessidade de instalação de SPDA.}$$

Conforme o Anexo 6, o edifício é de apartamentos residenciais e, portanto, o nível de proteção exigido é o III (normal).

Determinação da eficiência mínima:

$$E = 1 - Nc/\underline{N}$$

$$E = 1 - 10^{-3}/7{,}86 \times 10^{-3}$$

$$E = 0{,}87 = 87\%$$

Verifica-se que o nível III é adequado, pois proporciona um nível de proteção da ordem de 90% (vide Tabela 12.3). Caso o valor calculado de E estivesse entre 90% e 95%, o nível de proteção passaria a ser o II.

Comentários: sem SPDA, estima-se que, em 1.000 anos, 7,86 descargas poderão acarretar problemas (1 a cada 127 anos). Com a instalação do SPDA, este número altera-se para 1 problema a cada 1.273 anos:

$$0{,}9 = 1 - Nc/7{,}86 \times 10^{-3} \Rightarrow Nc = 0{,}786 \times 10^{-3} = 1.273 \text{ anos}$$

12.3.3 – Captores.

A probabilidade de penetração de uma descarga atmosférica em uma edificação é bastante reduzida pela presença de captores, que podem ser constituídos por uma combinação dos seguintes elementos:

- hastes;
- cabos esticados;
- condutores em malha ou gaiola.

Método Franklin.

Consiste na proteção proporcionada por uma haste (aterrada) instalada a uma altura h. O volume de proteção é determinado pelo cone de altura h e ângulo α. O valor deste ângulo α é fixado pela norma, conforme se observa na Tabela 12.4.

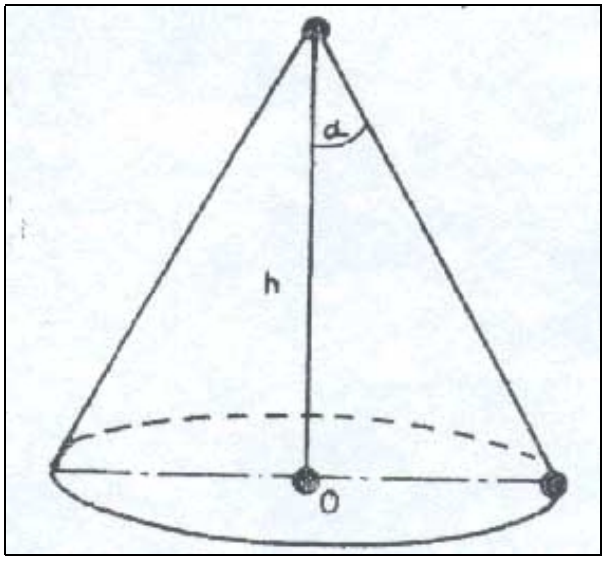
Tabela 12.4: Valores do ângulo de proteção.

	Altura da edificação – H (m)			
Nível de proteção	$H \leq 20$	$20 < H \leq 30$	$30 < H \leq 45$	$45 < H \leq 60$
I	25°		-	-
II	35°	25°	-	-
III	45°	35°	25°	-
IV	55°	45°	35°	25°

Onde não se define o ângulo, não se pode aplicar o método Franklin.

A Figura 12.5 representa a área de proteção proporcionada por uma haste.

Figura 12.5: Proteção proporcionada por uma haste.



$$r = h \times tg\ \alpha$$

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times (h \,.\, tg\ \alpha)^2$$

sendo:
h = altura da haste aterrada em relação ao plano que se quer proteger;
α = ângulo de proteção – função do nível de proteção e altura do edifício;
r = raio do circulo que constituí a base do cone;
A = área do circulo que constituí a base do cone

Para o dimensionamento do número de captores de um edifício que tem um telhado plano, define-se o ângulo de proteção, determina-se a altura da haste e loca-se as estruturas no telhado, traçando circunferências equivalentes até que se tenha toda a área protegida.

Exemplo de aplicação do método Franklin.

Dimensionar o número de hastes de 4,0 m de altura para proteger um edifício de 17 m de altura (já incluída a caixa d'água de 4,5), nível de proteção III.

Tem-se:

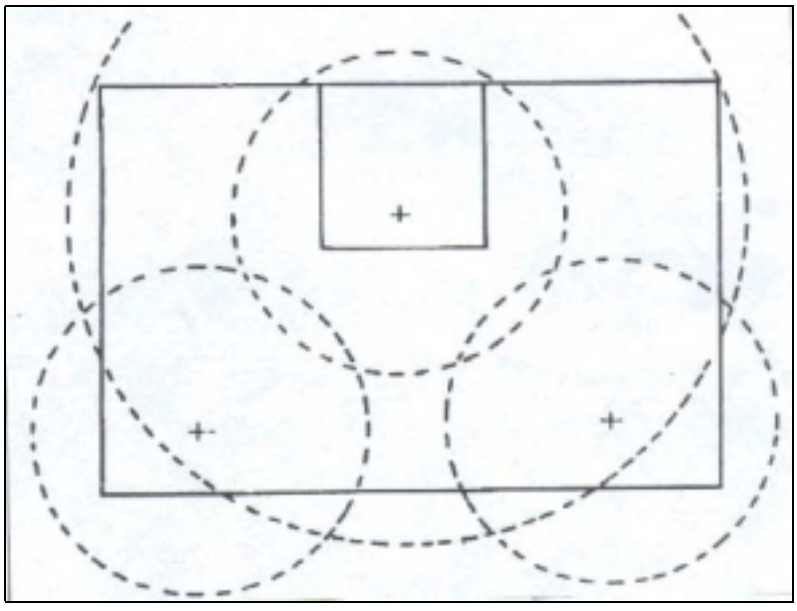
Nível de proteção III $\Rightarrow \alpha = 45^o$ (prédio < 20 m de altura).

Instalar uma haste na caixa d'água $\Rightarrow r = h.tg\alpha \Rightarrow r = (4,5 + 4).tg\ 45^o = 8,5$ m.

Hastes no teto $\Rightarrow r = h.tg\alpha \Rightarrow r = 4.tg\ 45^o = 4,0$ m.

Por tentativas, locam-se hastes até determinar-se o menor número possível que cubra toda a área. A Figura 12.6 representa a opção que melhor atende os requisitos do problema.

Figura 12.6: Instalação de captores Franklin para proteção da edificação do problema.



Verifica-se que o método Franklin é adequado para os casos onde a estrutura possui pontos elevados, que proporcionam maior área de proteção. Porém, quando a área a ser protegida é muito grande há necessidade de um elevado número de hastes, inviabilizando este método.

Método Faraday.

Este método é também conhecido como método da utilização dos condutores em malha ou gaiola. Captores em malha consistem em uma rede de condutores dispostos no plano horizontal ou inclinado sobre o volume a proteger. As gaiolas de Faraday são formadas por uma rede de condutores, envolvendo todos os lados do volume que se deseja proteger. Quanto menores forem as distâncias entre os condutores das malhas, maior será o nível de proteção.

O método Faraday é recomendado para edifícios com grandes áreas, especialmente os de altura não elevada, nos quais a utilização de hastes implica em problemas estéticos. Também, este método é obrigatório para proteção de edifícios de mais de sessenta metros de altura.

A NBR 5419 estabelece tamanhos máximos para as malhas de Faraday, em função do nível de proteção requerido pela edificação, conforme se mostra na Tabela 12.5.

Tabela 12.5: Tamanho das malhas de Faraday.

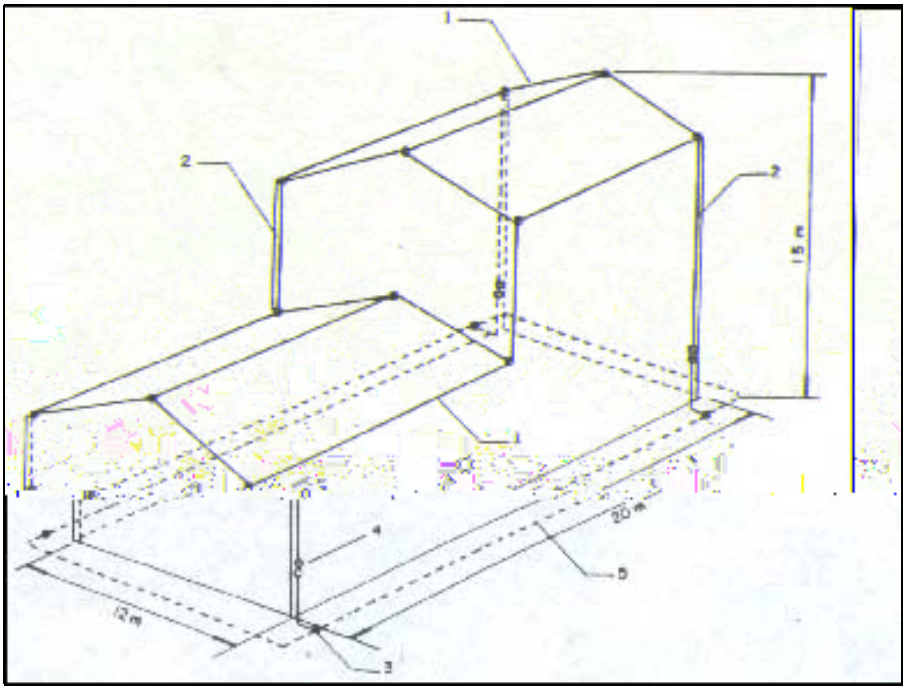
Nível de proteção	Módulo da malha [m]
I	5 x 10
II	10 x 15
III	10 x 15
IV	10 x 30

Observações:

- o módulo da malha é referente a instalação no teto da edificação;
- a malha mais importante a ser instalada é a que percorre toda a periferia do teto e a periferia da casa de máquinas e da caixa d'água, formando um anel.

A Figura 12.7 traz um exemplo da aplicação do método de Faraday.

Figura 12.7: Exemplo de proteção pelo método de Faraday.



Captores naturais.

As seguintes partes da estrutura podem ser considerados como captores naturais (dispensam outros captores, porém precisam dos demais itens do SPDA):

- cobertura metálica sobre o volume a proteger, desde que:
  - tenha continuidade elétrica entre as partes;
  - a espessura da cobertura metálica não seja inferior a 0,5 mm;
- elementos metálicos da construção do teto (treliças, armações de aço interligadas, etc.);
- calhas, rufos e parapeitos metálicos;
- tubos e tanques metálicos.

A possibilidade de utilizar captores naturais favorece a redução de custos, pois elimina a necessidade de uso de hastes ou malhas de condutores em determinados pontos da edificação.

Descidas.

Os condutores de descida devem ser dispostos de modo que:

- a corrente percorra diversos trajetos paralelos;
- o comprimento desses trajetos seja o menor possível.

A distância entre os condutores de descida, e, consequentemente, sua quantidade, é fixada pela norma em função do nível de proteção. A Tabela 12.6 resume essa questão.

Tabela 12.6: Espaçamento médio dos condutores de descida.

Nível de proteção	Espaçamento médio [m]
I	10
II	15
III	20
IV	25

No mínimo devem ser instalados, sempre, dois condutores de descida para qualquer caso e, sempre que possível, os condutores de descida devem ser instalados nos cantos da edificação.

Os condutores de descida externos à estrutura devem ser interligados por meio de condutores horizontais, formando anéis, sendo o primeiro no nível do solo e os outros a cada 20 m de altura.

Aterramento.

O aterramento tem por finalidade dispersar a corrente da descarga atmosférica na terra, sem causar sobretensões perigosas, sendo seu arranjo e dimensões fundamentais para atingir tal objetivo.

As principais características de um sistema de aterramento eficientes, são:

- baixa resistência;
- alta capacidade de condução de corrente;
- resistência variando pouco com as estações do ano;
- proporcionar segurança pessoal, evitando potenciais de toque, passo e transferência perigosos.

Seção dos condutores.

As malhas de Faraday e as descidas devem ser constituídas, preferencialmente, de condutores de cobre nu, porém outros materiais também podem ser empregados. A Tabela 12.7 apresenta a seção dos condutores em função de seu material e da altura do edifício.

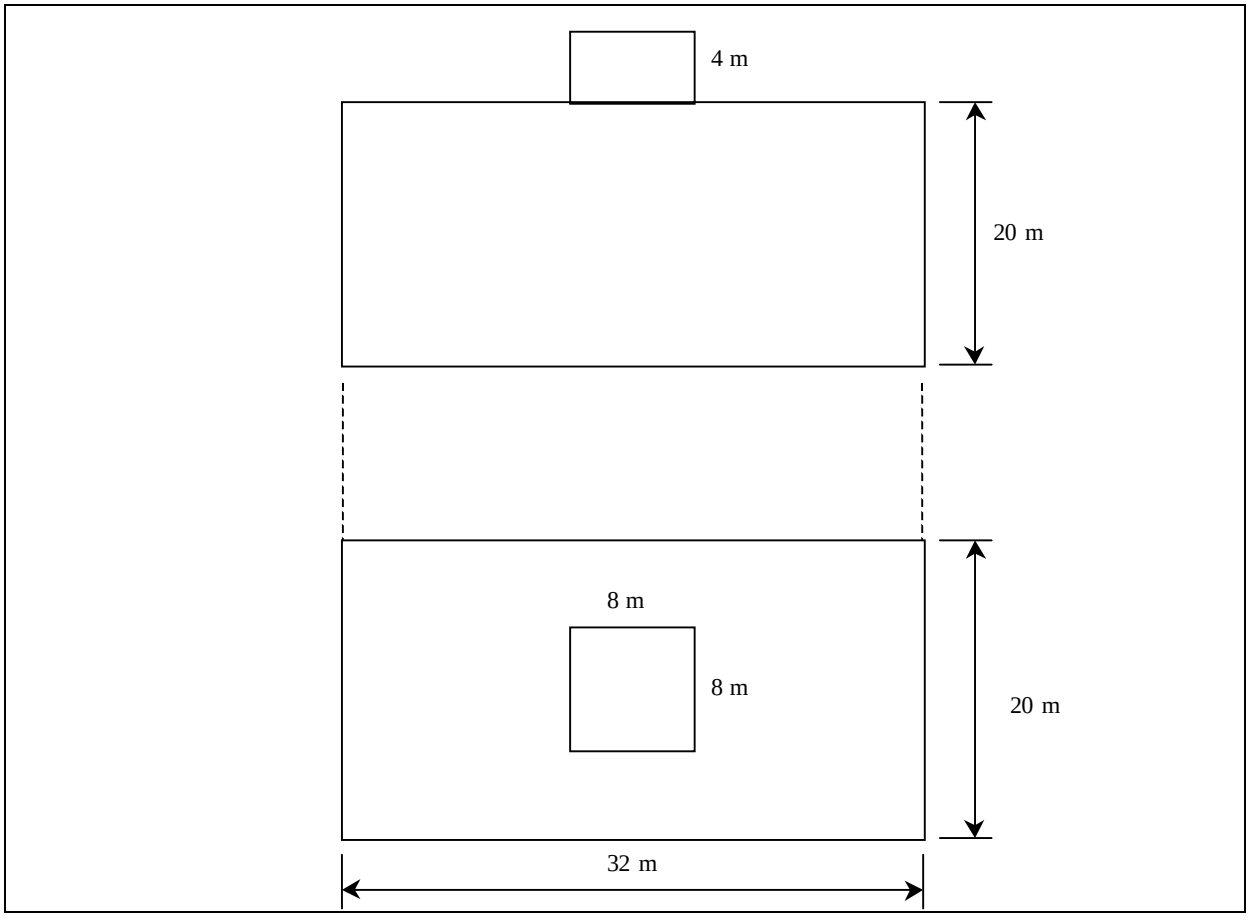
Tabela 12.7: Seção dos condutores das malhas de Faraday e das descidas [mm^2]

Material condutor	Altura da construção	
	≤ 20 m	> 20 m
Cobre	16	35
Alumínio	35	50
Aço Galvanizado	50	80

Exemplo de proteção de um edifício contra descargas atmosféricas.

Proteger contra descargas atmosféricas um edifício de 24 m de altura (incluído a caixa d'água de 4 m). A Figura 12.8 representa o edifício em questão.

Figura 12.8: Edifício a ser protegido contra descargas atmosféricas.



As características do edifício e da região na qual ele está situado são:

- índice cerâunico da região: 55;
- edifício residencial;
- estrutura de concreto armado com cobertura não metálica;
- casas baixas ao redor;
- local de elevação moderada.

1) Cálculo da densidade de descargas atmosféricas para a terra – Ng.

$$Ng = 0,04 \times Td^{1,25}$$

$$Ng = 0,04 \times 55^{1,25}$$

$$Ng = 6 \text{ desc/km}^2\text{.ano}$$

2) Cálculo da área de exposição:

$$Ae = L.W + 2.L.H + 2.W.H + \pi.H^2$$

$$Ae = 32.20 + 2.32.20 + 2.20.20 + \pi.20^2$$

$$Ae = 3.976 \text{ m}^2$$

3) Cálculo de N (freqüência média anual previsível de descargas)

$$N = Ng \times Ae \times 10^{-6} \text{ (por ano)}$$

$$N = 6 \times 3.976 \times 10^{-6}$$

$$N = 23,86 \times 10^{-3} \text{ descargas/ano}$$

A probabilidade é que a cada 42 anos uma descarga atingirá o edifício.

4) Cálculo de $\underline{N}$.

$$\underline{N} = N \times \text{Fator A} \times \text{Fator B} \times \text{Fator C} \times \text{Fator D} \times \text{Fator E}$$

Fator A = 1,2 (edifício de apartamentos – vide Anexo 1);
Fator B = 0,4 (estrutura de concreto armado com cobertura não metálica – vide Anexo 2);
Fator C = 0,3 (residências comuns – vide Anexo 3);
Fator D = 2,0 (estrutura que ultrapassa 2x a altura das estruturas próximas – vide Anexo 4);
Fator E = 1,0 (elevação moderada – vide Anexo 5).

$$\underline{N} = 23,86 \times 10^{-3} \times 1,2 \times 0,4 \times 0,3 \times 2,0 \times 1,0$$

$$\underline{N} = 6,87 \times 10^{-3} \text{ descargas/ano}$$

$\underline{N} > 10^{-3} \Rightarrow$ há necessidade de instalação de SPDA.

Conforme o Anexo 6, o edifício é de apartamentos residenciais e, portanto, o nível de proteção exigido é o III (normal).

5) Determinação da eficiência mínima:

$$E = 1 - 10^{-3}/\underline{N}$$

$$E = 1 - 10^{-3}/6{,}87 \times 10^{-3}$$

$$E = 0{,}85 = 85\%$$

Verifica-se que o nível III é adequado, pois proporciona um nível de proteção da ordem de 90% (vide Tabela 12.3). Caso o valor calculado de E estivesse entre 90% e 95%, o nível de proteção passaria a ser o II.

6) Captores – Franklin.

Os captores tipo Franklin que serão utilizados têm 5 m de altura, e, como visto, o campo de proteção é um cone tendo por vértice o ponto mais alto do pára-raios e cuja geratriz forma um ângulo α com o eixo vertical

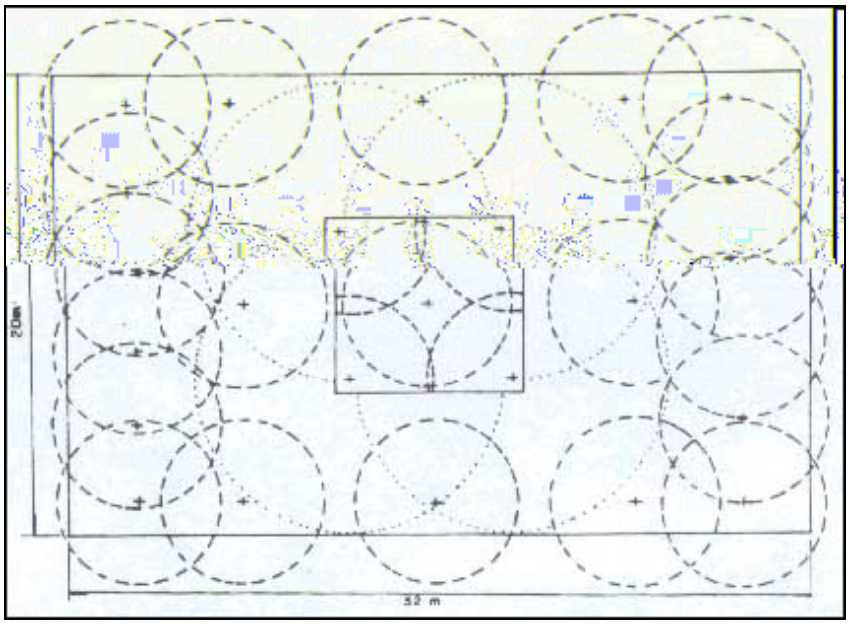
Sendo o nível de proteção III, o valor do ângulo α é de 35^o (vide Tabela 4).Como o teto do edifício conta com uma caixa d'água de 4 m de altura, algumas hastes serão instaladas sobre ela; as demais serão instaladas diretamente no teto. Assim, tem-se:

Hastes na caixa d'água $\Rightarrow r = h.tg\alpha \Rightarrow r = (5 + 4).tg\ 35^o = 6{,}3$ m.

Hastes no teto $\Rightarrow r = h.tg\alpha \Rightarrow r = 5.tg\ 35^o = 3{,}5$ m.

Por tentativas, determina-se que serão necessárias 25 hastes, sendo 20 no teto do edifício e 5 sobre a caixa d'água. A Figura 12.9 apresenta o resultado do Método Franklin.

Figura 12.9: Posicionamento das hastes Franklin para proteger o edifício em questão.

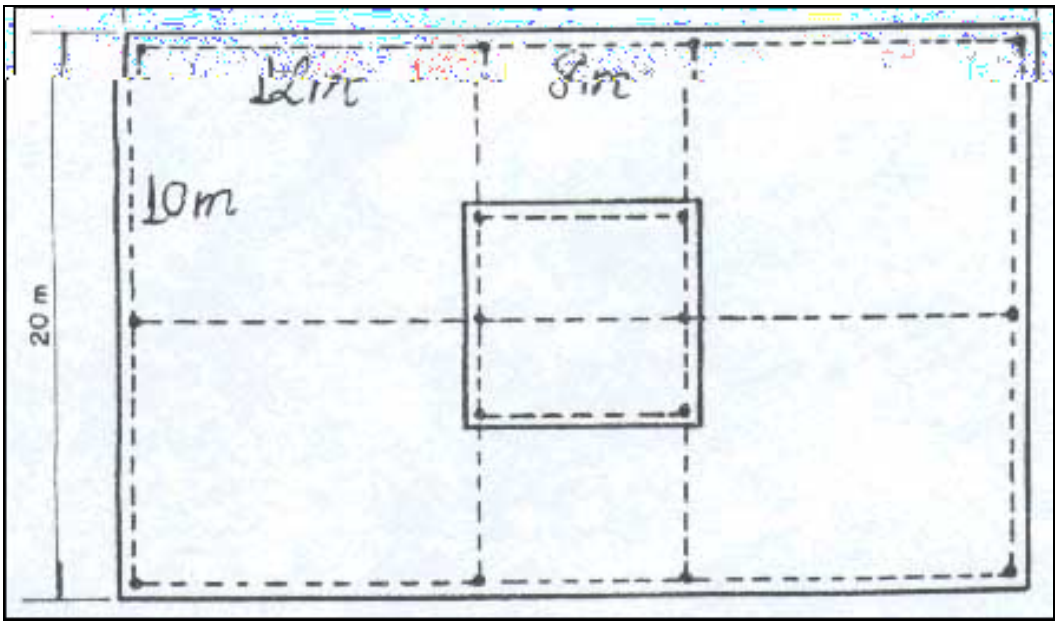


7) Captores Faraday.

Para o nível de proteção III, a Tabela 12.5 define o tamanho máximo das malhas como sendo de: 10 x 15 m.

A Figura 12.10 apresenta a disposição das malhas para este caso, que atende os requisitos da norma.

Figura 12.10: Dimensionamento das gaiolas de Faraday para proteger o edifício em questão.

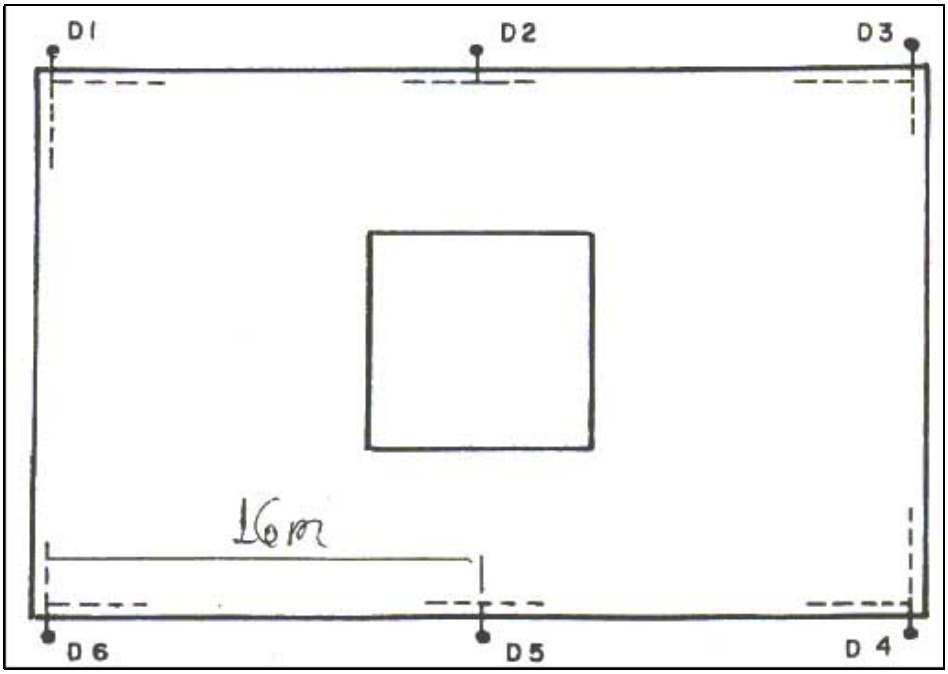


Percebe-se, pela Figura 12.10, que a maior malha possui 10 x 12 m, atendendo os requisitos da norma.

8) Dimensionamento das descidas.

A Tabela 12.6 fixa, para o nível de proteção III, um espaçamento máximo de 20 m entre os condutores de descida. Como o perímetro do teto do edifício é de 104 metros, serão necessários, no mínimo, 6 descidas. A Figura 12.11 apresenta uma solução possível para as descidas.

Figura 12.11: Instalação das descidas.



Percebe-se, pela Figura 12.11, a instalação das descidas nos cantos da edificação, como a norma recomenda fazer.

9) Seção dos condutores da malha de Faraday e das descidas.

Como o edifício tem 20 metros de altura e mais 4 metros da caixa d'água, deve-se adotar condutores de cobre com seção de 35 mm^2, conforme dados da Tabela 12.7.

Anexo 1 – Fator A: Tipo de ocupação de estrutura.

Tipo de ocupação.	Fator A
Casas e outras estruturas de porte equivalente.	0,3
Casas e outras estruturas de porte equivalente com antena externa de TV.	0,7
Fábricas, oficinas e laboratórios.	1,0
Edifícios de escritórios, hotéis e apartamentos, e outros edifícios residenciais não ainda incluídos.	1,2
Locais de afluência de público (ex.: igrejas, pavilhões, teatros, museus, exposições, lojas, correios, estações, aeroportos e estádios.	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições de múltiplas atividades.	1,7

Anexo 2 – Fator B: Tipo de construção da estrutura.

Tipo de construção	Fator b
Estrutura de aço revestida com cobertura não-metálica.	0,2
Estrutura de concreto armado com cobertura não-metálica.	0,4
Estrutura de aço revestida ou de concreto armado com cobertura metálica.	0,8
Estrutura de alvenaria ou concreto simples com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha.	1,0
Estrutura de madeira ou revestida de madeira com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha.	1,4
Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura metálica.	1,7
Qualquer estrutura com teto de palha.	2,0

Anexo 3 – Fator C: Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas.

Conteúdo da estrutura ou efeitos indiretos.	Fator C
Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas que não contenham objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos.	0,3
Estruturas industrias e agrícolas contendo objetos particularmente suscetíveis a danos (instalação de alto valor ou materiais vulneráveis a incêndios).	0,8
Subestações de energia elétrica, usinas de gás, centrais telefônicas, estações de rádio.	1,0
Indústrias estratégicas, monumentos antigos e prédios históricos, museus, galerias de arte e outras estruturas com objetos de valor especial.	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições de afluência de público.	1,7

Anexo 4 – Fator D: Localização da estrutura.

Localização.	Fator D
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores de mesma altura ou mais altas.	0,4
Estruturas localizadas em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar.	1,0
Estrutura completamente isolada ou que ultrapasse, no mínimo, duas vezes a altura de estruturas ou árvores próximas	2,0

Anexo 5 – Fator E: Topografia da região.

Topografia.	Fator E
Planície	0,3
Elevações moderadas e colinas.	1,0
Montanhas entre 300 e 900 m.	1,3
Montanhas acima de 900.	1,7

Anexo 6 – Exemplos de classificação de estruturas.

Classificação.	Tipo de estrutura.	Efeitos das descargas	Nível de proteção.
Estruturas comuns	Residências.	Perfuração da isolação de instalações elétricas, incêndios e danos materiais.	III
	Fazendas e estabelecimentos agropecuários.	Risco diretor de incêndio e tensões de passo elevadas. Risco indireto em função de interrupção de energia e risco de vida para animais.	Estrutura de madeira – III. Estrutura de alvenaria - IV
	Teatros, escolas, lojas, áreas esportivas e igrejas.	Danos às instalações elétricas e possibilidade de pânico. Falha no sistema de alarme contra incêndios.	II
	Bancos, companhias de seguro, estabelecimentos comerciais, etc.	Similar ao item anterior, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falha dos computadores e perda de dados.	II
	Hospitais, casas de repouso e prisões.	Similar ao item de escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas.	II
	Indústrias.	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a grandes prejuízos e perda da produção.	III
	Museus e locais arqueológicos.	Perda de patrimônio cultura insubstituível.	II
Estrutura com risco confinado	Estações de telecomunicações, usinas elétricas, indústrias com riscos de incêndios	Interrupção inaceitável de serviço público por breve ou longo período de tempo. Risco indireto para as imediações em função de incêndios.	I
Estrutura com risco para os arredores.	Refinarias, postos de combustível, fábrica de fogos, fábrica de munição	Risco de incêndio e explosões para a instalação e seus arredores.	I
Estruturas com risco para o meio ambiente.	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos.	Riscos de incêndio e falhas de operação com conseqüências perigosas para o local e para o meio ambiente.	I