



UFT

Disciplina: Instalações Elétricas Prediais

Parte 6 – Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica (SPDA)

Prof. MSc. Alex Vilarindo Menezes
Graduação em Eng. Elétrica

Parte 6 – Instalações Elétricas Prediais
Prof. MSc. Alex Vilarindo Menezes

Conograma

- ✓ **Definições básicas**
- ✓ **Mitos e Verdades**
- ✓ **Efeito dos raios nas estruturas**
- ✓ **Formação do raio**
- ✓ **Subsistemas do SPDA**
- ✓ **Método de Franklin**
- ✓ **Gaiola de Faraday**
- ✓ **Dimensionamento do SPDA**

Definições básicas

Descarga Atmosférica: Descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quiloampères.

Magnitude dos Raios	
0,1%	Excede 200 kA
0,7%	Excede 100 kA
6%	Excede 60 kA
50%	Excede 15 kA

*Duração do raio: Em média **0,5 segundos**.*

Objetivo do SPDA: Conduzir a descarga atmosférica até o solo, de maneira segura, a fim de minimizar os seus efeitos durante a queda e dispersão no solo.



Raio/Relâmpago: Um dos impulsos elétricos de uma descarga atmosférica para a terra.

Trovão: Som emitido pelo deslocamento do ar devido ao súbito aquecimento causado pela descarga atmosférica.

Ponto de impacto: Ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra, uma estrutura ou um SPDA.





1 – “Um raio nunca cai duas vezes num mesmo lugar..”

MITO - No Cristo Redentor, Rio de Janeiro, caem, em média, cerca de 6 raios por ano.

2 – “O Para-raio protege os equipamentos eletrônicos. Por isso, quero colocar um para-raio na minha casa. O ruim disso é que ele atrairá mais raios!”

MITO - Protege apenas a estrutura da edificação. Para proteger os equipamentos eletrônicos deve ser instalado o DPS. Da mesma forma, não há comprovação científica de que para-raio atrai raios!

3 – “O raio atinge a terra na velocidade da luz (300.000km/s).”

MITO – Em média os raios atingem de 246 km/s a 304 km/s. Um recorde foi registrado no ano de 2007, onde o INPE registrou um raio de velocidade 1980 km/s.

4 – “Um raio tem temperatura maior do que a superfície solar?!?!?”

VERDADE - Superfície Solar: Em torno de **6000°C** Raio: Até **30000°C**

5 – “Não se deve falar ao telefone (fixo) ou tomar banho durante tempestades!”

VERDADE - A linha telefônica e a tubulação metálica por onde passa a água podem transmitir a descarga elétrica de um raio.



Foto: Custódio Coimbra
Agência O Globo 10/02/08





6 – “O carro é um bom abrigo contra raios pois a borracha dos pneus não conduz eletricidade”

MITO – O carro é sim um bom abrigo, mas não por causa dos pneus, porém, por causa da estrutura metálica que funciona como uma Gaiola de Faraday.



7 – “Os objetos atingidos por raios são sempre os mais altos.”

MITO – Objetos altos tem maior probabilidade de ser atingidos. Mas um raio pode atingir o solo ao lado de uma grande árvore, por exemplo, e isso não pode ser previsto.

8 – “Barracas e árvores são bons abrigo durante uma tempestade.”

MITO – De maneira alguma. Em casos extremos, o ideal é manter-se próximo ao solo, abaixado, com os pés juntos, longe da árvore ou barraca.

9 – “Um raio pode atingir uma pessoa em um local fechado.”

VERDADE – Através da linha telefônica, por exemplo.



10 – “É necessário sair do mar quando começa uma tempestade!”

VERDADE - A água do mar é altamente condutora de eletricidade e raios que ocorram no oceano a até 5 km de distância podem provocar choques.

Efeito dos raios nas estruturas



Árvore atingida por raio



Descarga direta. Destruiu 30 metros de telhado, lançando as telhas a uma distância de 80 metros



Descarga lateral na fachada de um prédio em Belo Horizonte - MG

Efeito dos raios nas estruturas



Descarga lateral na quina de um terraço em um prédio em Belo Horizonte - MG

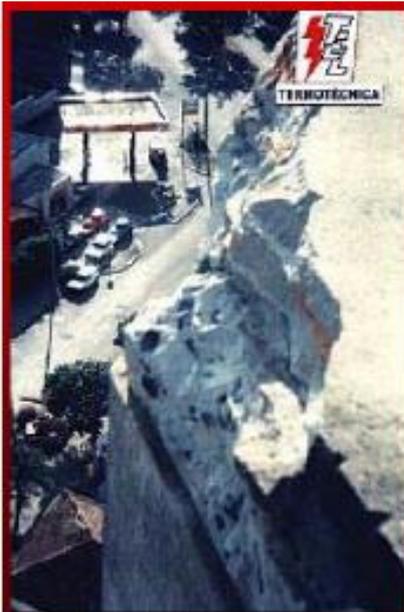


Descarga lateral que atingiu um alto edifício

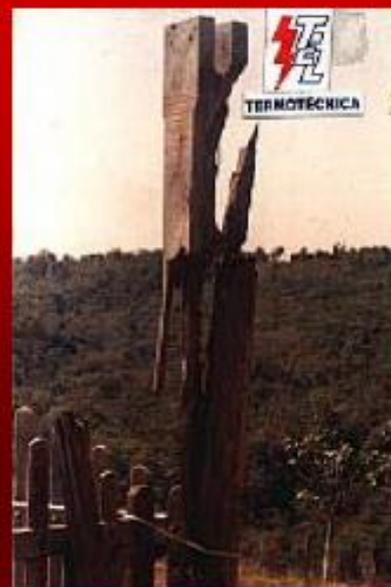


Descarga lateral numa parede próxima ao chão

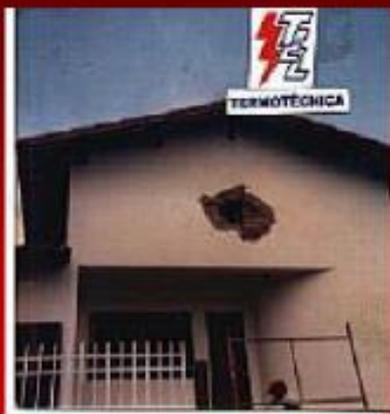
Efeito dos raios nas estruturas



Quina de prédio destruída por uma descarga direta. O prédio possuía pára-raios radioativo, o qual foi removido.



Porteira destruída por uma descarga direta. Interior de MG



Descarga lateral que atingiu a frente de uma pequena casa



Raio atinge navio e provoca explosão e incêndio na Malásia

Uma pessoa morreu e quatro tripulantes estão desaparecidos. Navio-tanque estava ancorado e carregado com metanol.

Fonte: g1.com em 26/07/2012

Efeito dos raios nas estruturas



Raio atinge parede de imóvel e causa prejuízos a moradores em Taubaté
Casa na Vila Geraldo teve vidros quebrados e eletrodomésticos queimados.
Segundo proprietário, ninguém ficou ferido durante o temporal.

Fonte: g1.com em 07/03/2013

Efeito dos raios nas estruturas



Raio abre buraco em casa durante tempestade no Guarujá, SP

Incidente aconteceu em quarto onde estavam mãe e filho pequeno.

'Meu neto gritava que ia morrer', diz moradora da casa.

Fonte: g1.com em 08/01/2013

Efeito dos raios nas estruturas



Raio atinge residência e causa estragos em Bauru, SP

Força da descarga elétrica causou um buraco na parede.

Janela e aparelhos eletrônicos também foram atingidos.

Fonte: g1.com em 24/12/2012

Efeito dos raios nas estruturas



Raio atinge e mata 10 cabeças de gado em fazenda de Campo Belo

Produtor rural afirma que o prejuízo estimado é de R\$ 25 mil.

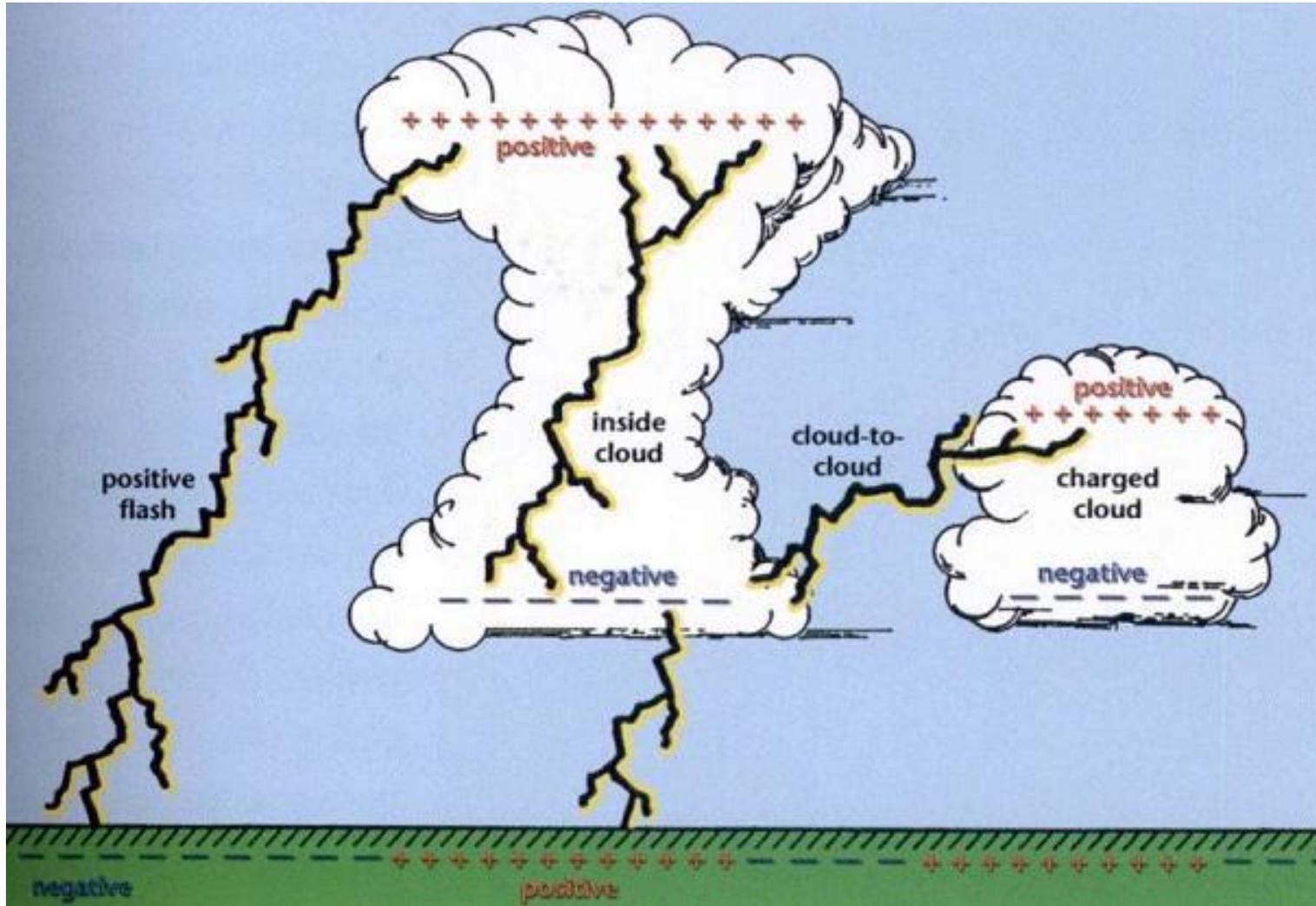
Em novembro de 2012 cinco cabeças de gado foram atingidas.

Fonte: g1.com em 26/02/2013

Formação do raio

O potencial gira em torno de **milhões de Volts**.

[Ver vídeo 1](#)



Subsistemas do SPDA

Captação

- Franklin
- Gaiola Faraday
- Eletrogeométrico



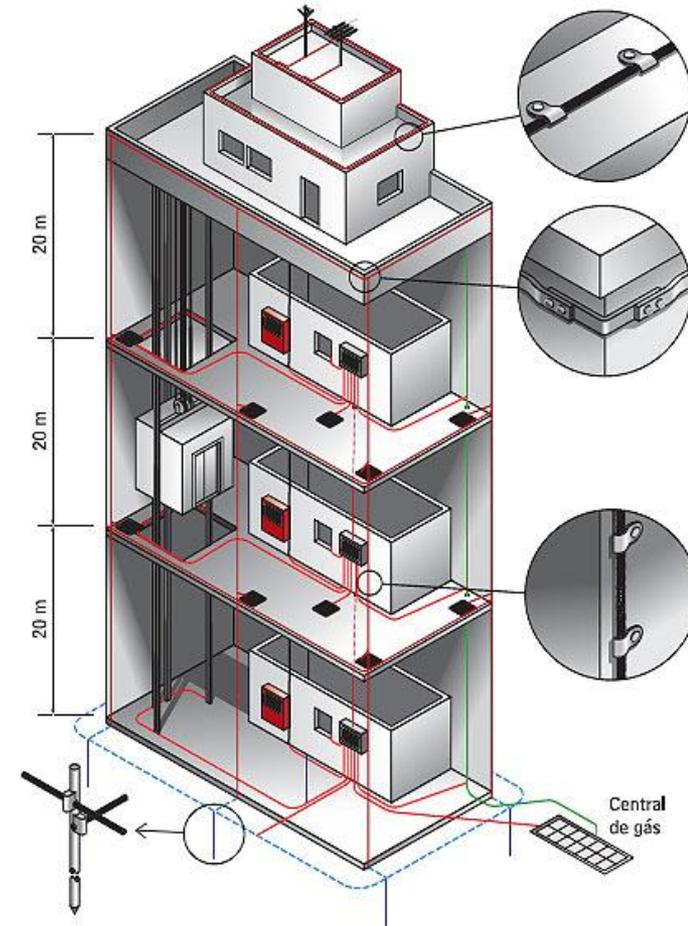
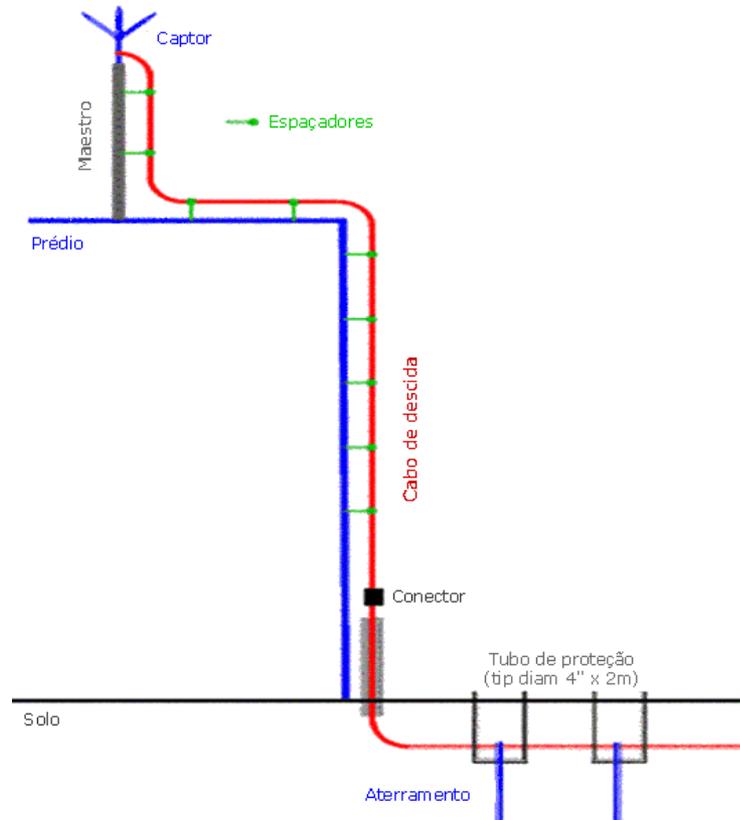
Descida (Isolada ou não isolada)

- Cabos de Cobre
- Barra de Alumínio



Aterramento

- Hastes de Cobre



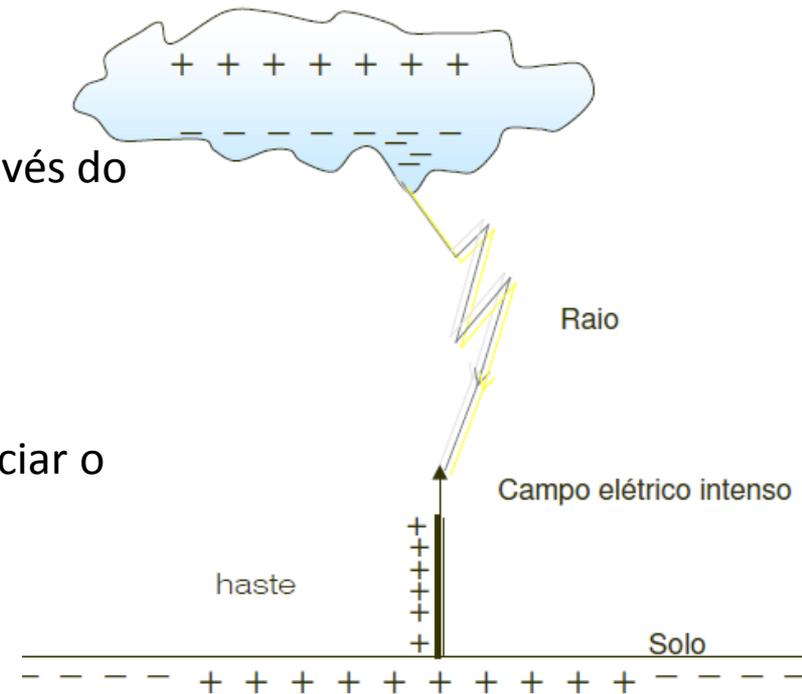
Método de Franklin

✓ O método proposto por Benjamin Franklin em 1752 tem por Base uma haste elevada. Esta haste, em forma de ponta, produz, sob a nuvem carregada, uma alta concentração de cargas elétricas, juntamente com um campo elétrico intenso.



✓ Isto produz a ionização do ar diminuindo a altura Efetiva de nuvem carregada, o que propicia o raio através do “rompimento” da rigidez dielétrica da camada de ar.

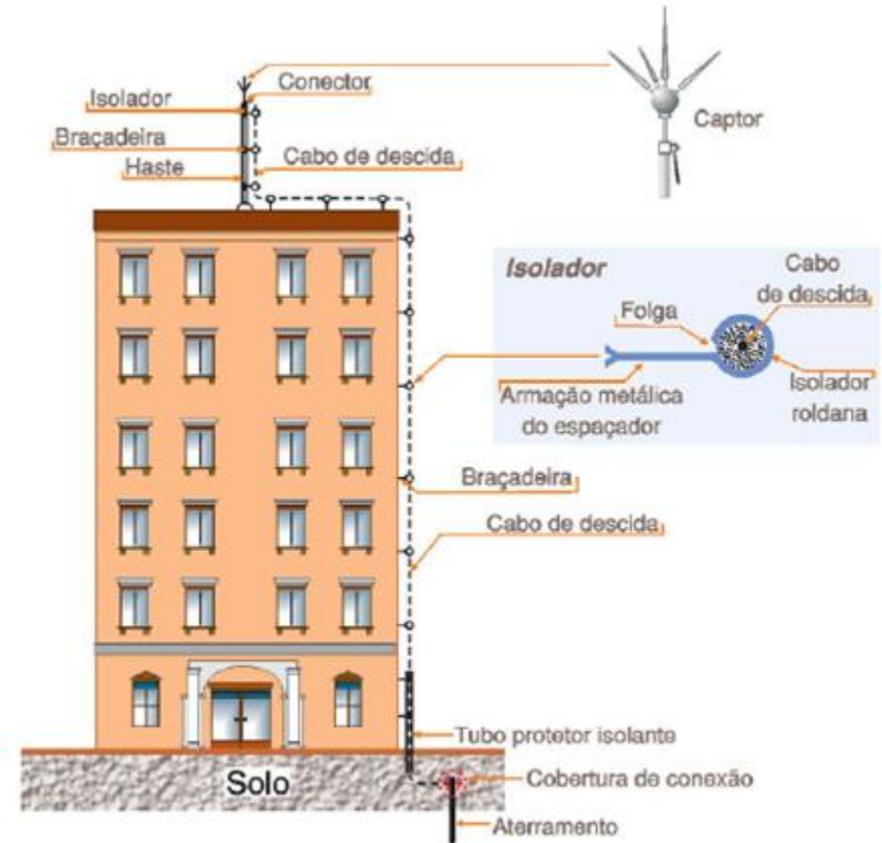
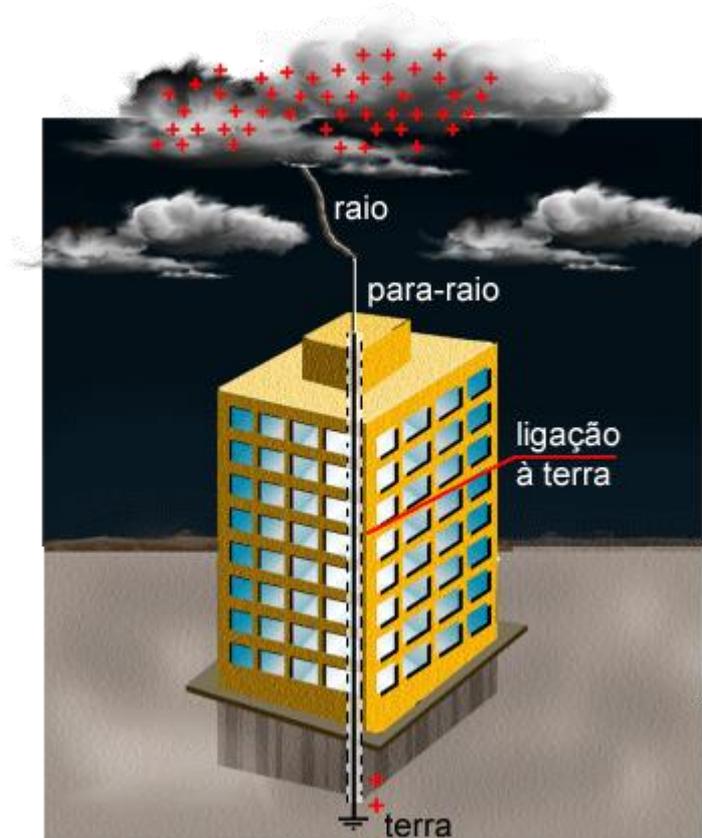
✓ Utiliza a propriedade das pontas metálicas de propiciar o escoamento das cargas elétricas para a atmosfera, chamado de **poder das pontas**.



Método de Franklin

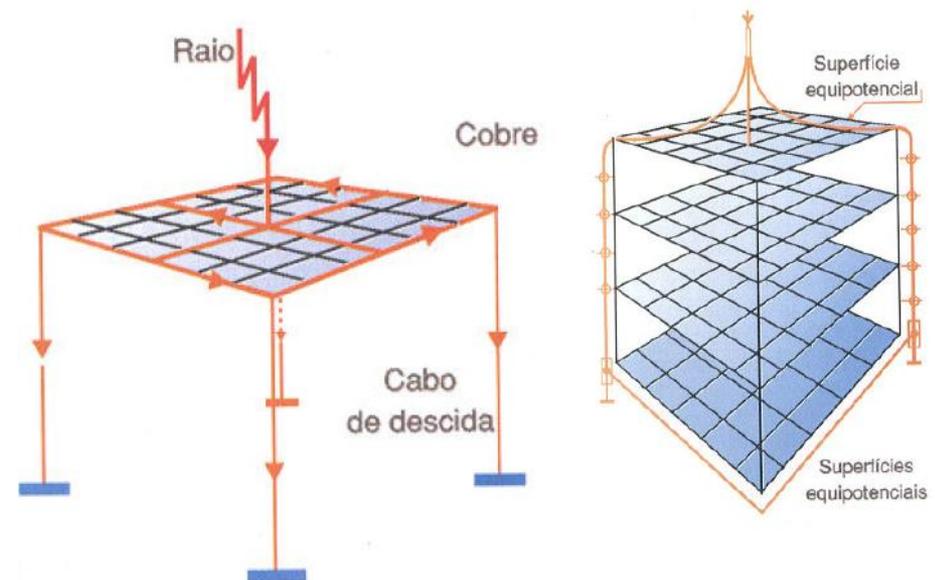
✓ Exemplos de aplicação

[Ver vídeo 2](#)



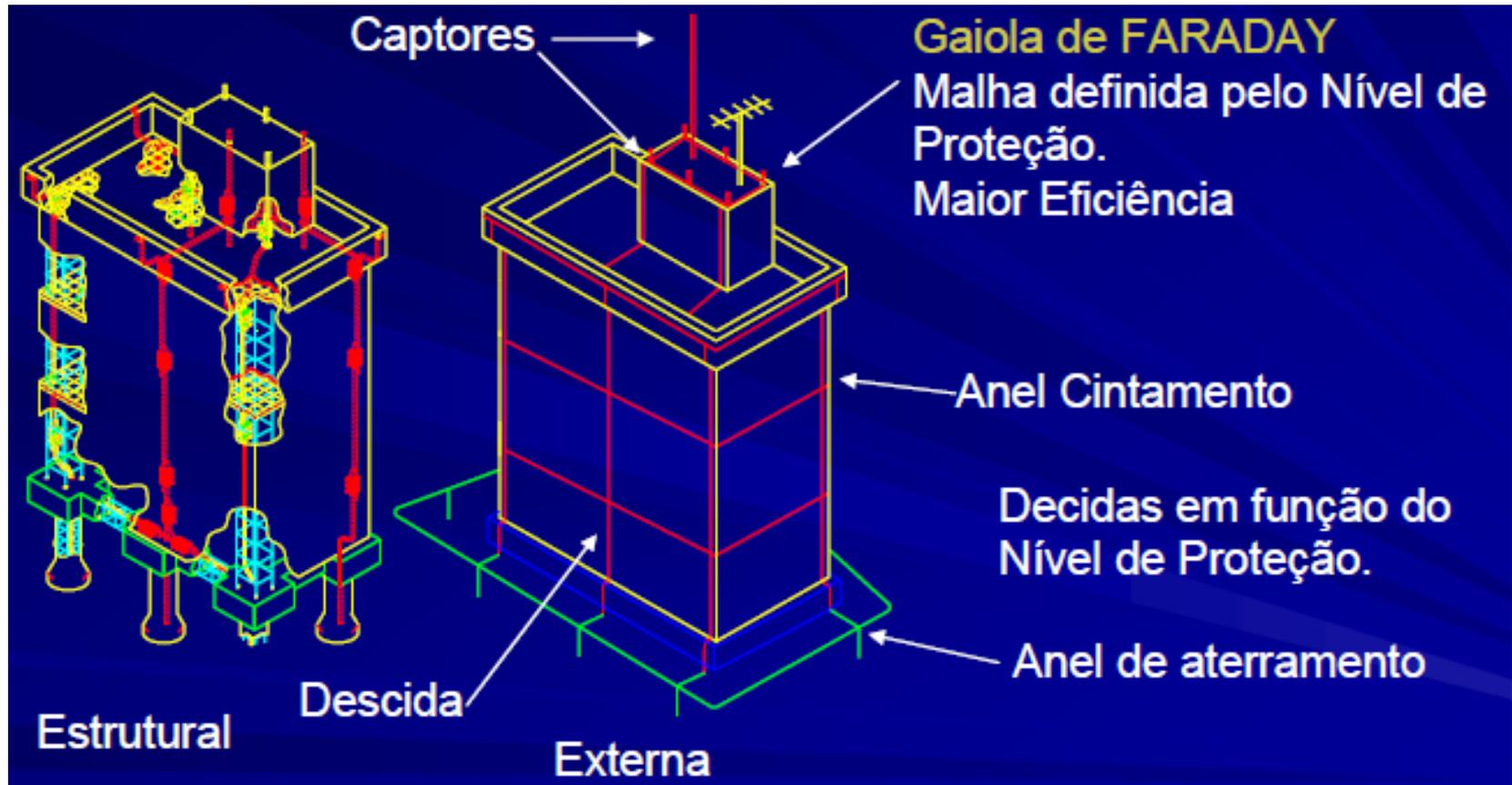
Gaiola de Faraday

✓ Esse experimento conduzido Michael Faraday demonstra que uma superfície condutora eletrizada (uma gaiola metálica) possui campo elétrico nulo (Lei de Gauss) em seu interior dado que as cargas se distribuem de forma homogênea na parte mais externa da superfície condutora.



Gaiola de Faraday

✓ Exemplos de aplicação



Dimensionamento do SPDA

✓ NBR 5419:2005 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas

Objetivo: Esta norma fixa as **condições e projeto, instalação e manutenção** de SPDA, para **proteger as edificações e estruturas** contra a **incidência direta dos raios**.

Esta norma não se aplica a:

- Sistemas Ferroviários;
- Sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica externos à estrutura;
- Sistemas de telecomunicações externos à estrutura;
- Veículos, aeronaves, navios e plataformas marítimas.

“É VÁLIDO LEMBRAR QUE UM SPDA NÃO PODE ASSEGURAR A PROTEÇÃO ABSOLUTA DE UMA ESTRUTURA, PESSOAS E BENS”

Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

Dados:

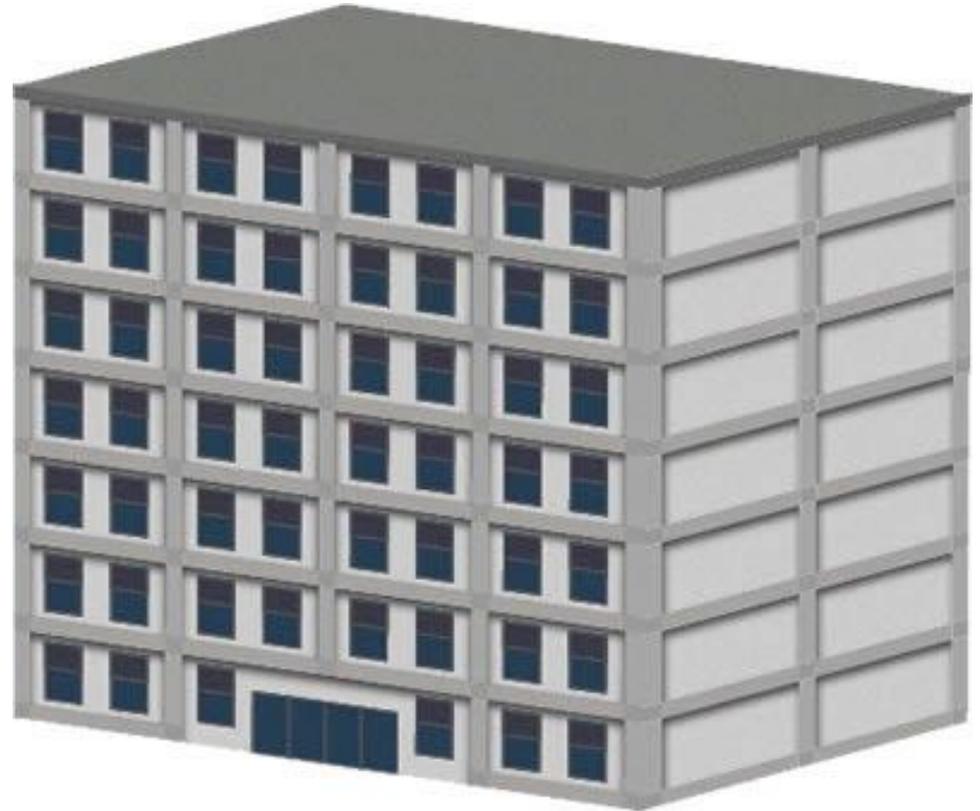
Altura (H) = 30 m

Largura (W) = 15 m

Comprimento (L) = 30 m

Elevação = 300 m do nível do mar

É realmente obrigatório colocar SPDA?



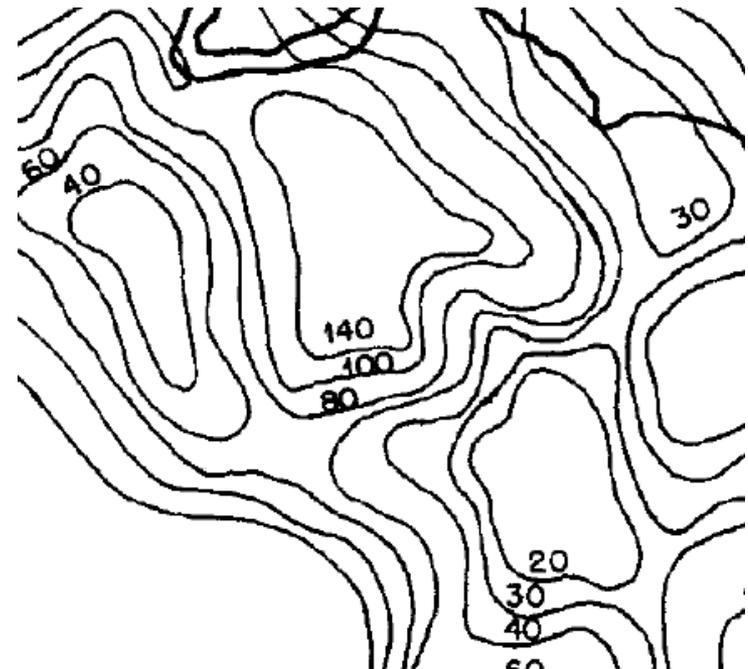
Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

1 – Densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g):

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} \text{ [raios/(km}^2 \cdot \text{ano)]}$$

Onde: T_d é o número de dias de trovoadas por ano.



Para $T_d = 80$

$$N_g = 9,57 \text{ raios/(km}^2 \cdot \text{ano)}$$

[Norma](#)

Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

2 – Área de exposição equivalente (A_e):

$$A_e = L * W + 2 * L * H + 2 * H * W + \pi * H^2 \text{ [km}^2\text{]}$$

Onde:

L = Comprimento da edificação

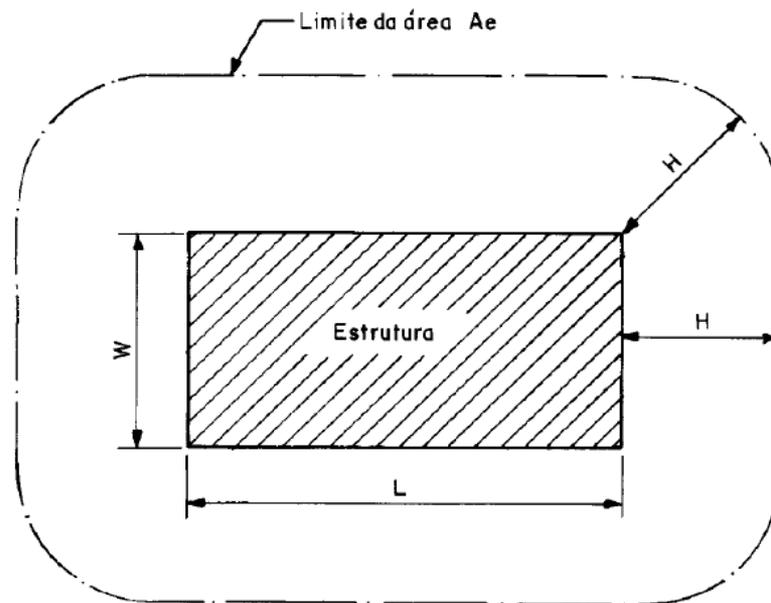
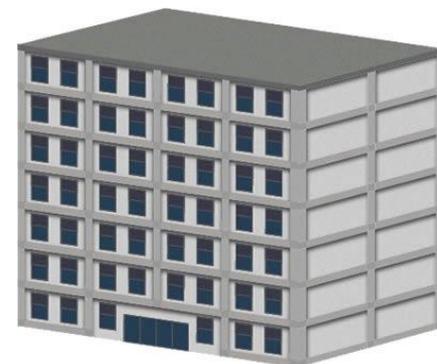
W = Largura da edificação

H = Altura da edificação

$$A_e = 30 * 15 + 2 * 30 * 30 + 2 * 30 * 15 + \pi * 30^2$$

$$A_e = 5977,43 \text{ m}^2$$

$$A_e = 0,00597743 \text{ km}^2$$



Dimensionamento do SPDA

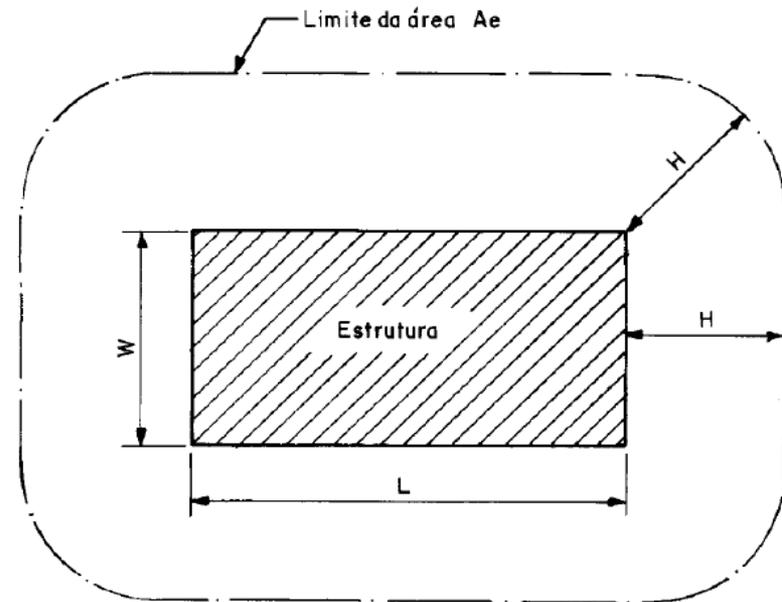
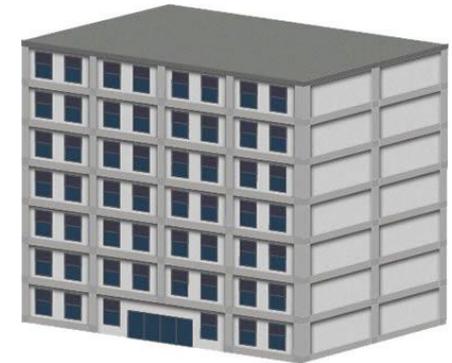
✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

3 – Frequência média anual previsível de descargas atmosféricas (N_d):

$$N_d = N_g * A_e \text{ [raios/ano]}$$

$$N_d = 9,57 \text{ [raios/(km}^2 \cdot \text{ano)]} * 0,00597743 \text{ [km}^2\text{]}$$

$$N_d = 57,204E-3 \text{ raios/ano}$$



Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

4 – Avaliação geral do risco (Ndc), considerando os fatores de ponderação:

$$Ndc = A * B * C * D * E * Nd$$

Onde:

A : Tipo de ocupação de edificação

B : Tipo de construção da edificação

C : Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas

D : Localização da estrutura

E : Topografia da região

Logo, pelas tabelas B.1 a B.5 da norma:

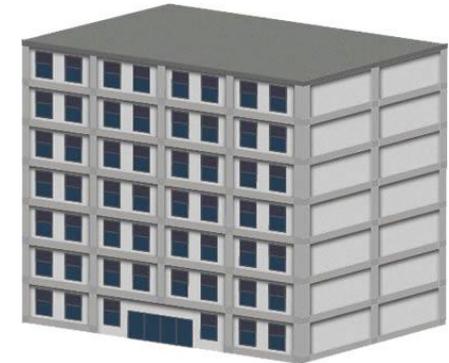
A = 1,3 (Locais de afluência de público)

B = 0,4 (Estrutura de concreto armado, com cobertura não-metálica)

C = 1,7 (Escolas, hospitais, creches e outras instituições, locais de afluência de público)

D = 1 (Estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar)

E = 1,3 (Montanhas entre 300 m e 900 m)



$$Ndc = 1,3 * 0,4 * 1,7 * 1 * 1,3 * 57,204E-3$$

$$Ndc = 65,734E-3 \text{ raios/ano}$$

Dimensionamento do SPDA

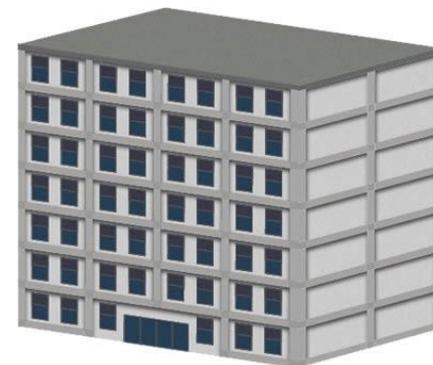
✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

4 – Avaliação geral do risco:

a) se $N_{dc} \geq E-3$, a estrutura requer um SPDA;

b) se $10-3 > N_{dc} > E-5$, a conveniência de um SPDA deve ser tecnicamente justificada e decidida por acordo entre projetista e usuário;

c) se $N_{dc} \leq E-5$, a estrutura dispensa um SPDA.



LOGO, como $N_{dc} = 65,734E-3$, e $N_{dc} \geq E-3$ a edificação requer um SPDA.

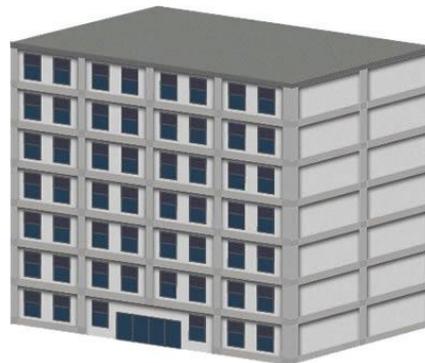
Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

5 – Classificação da edificação:

Segundo a Tabela B.6:

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas comuns	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados	II



Nível de proteção II

Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

Captação

- Franklin
- Gaiola Faraday
- Eletrogeométrico



Descida

- Cabos de Cobre
- Barra de Alumínio



Aterramento

- Hastes de Cobre

De acordo com a Tabela 1, o método de Franklin não se aplica!

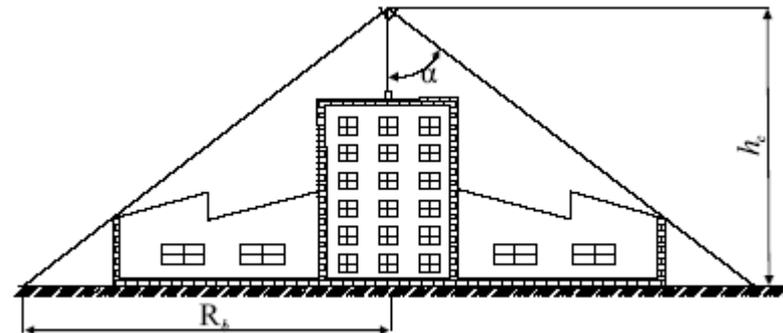
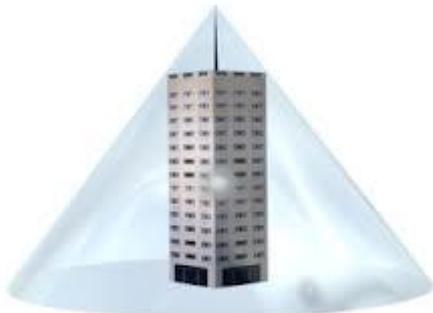


Tabela 1 — Posicionamento de captores conforme o nível de proteção

Nível de proteção	R m	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 (ver Nota 2) m
		h m	0 - 20 m	21 m - 30 m	31 m - 45 m	46 m - 60 m	
I	20	25°	1)	1)	1)	2)	5
II	30	35°	25°	1)	1)	2)	10
III	45	45°	35°	25°	1)	2)	10
IV	60	55°	45°	35°	25°	2)	20

R = raio da esfera rolante.

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

2) Aplica-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.

Hélio Creder. Instalações Elétricas. LTC, 14ª ed., 2.000, p. 293.

Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

Captação

- Franklin
- Gaiola Faraday
- Eletrogeométrico



Descida

- Cabos de Cobre
- Barra de Alumínio



Aterramento

- Hastes de Cobre

Largura máxima da malha (b): 10m

Sendo que o comprimento não deve ser superior a $2*b$

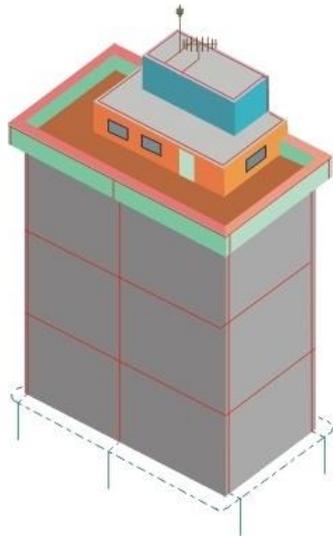


Tabela 1 — Posicionamento de captadores conforme o nível de proteção

Nível de proteção	R m	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 (ver Nota 2) m
		0 - 20 m	21 m - 30 m	31 m - 45 m	46 m - 60 m	> 60 m	
I	20	25°	¹⁾	¹⁾	¹⁾	²⁾	5
II	30	35°	25°	¹⁾	¹⁾	²⁾	10
III	45	45°	35°	25°	¹⁾	²⁾	10
IV	60	55°	45°	35°	25°	²⁾	20

R = raio da esfera rolante.

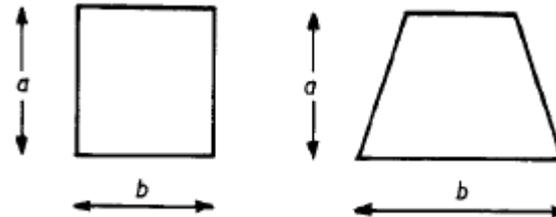
¹⁾ Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou da gaiola de Faraday.

²⁾ Aplica-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.



Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

Considerações importantes: *Descidas não naturais*

Captação

- Franklin
- Gaiola Faraday
- Eletrogeométrico



Descida

- Cabos de Cobre
- Barra de Alumínio



Aterramento

- Hastes de Cobre

- 1 - Os condutores de descida (no mínimo dois) devem ser distribuídos ao longo do perímetro do volume a proteger, de modo que seus espaçamentos médios não sejam superiores aos indicados na Tabela 2.
- 2 – Sempre que possível, é recomendável colocar um condutor de descida e cada vértice do volume a proteger.
- 3 – Distância mínima de 0,5 m das portas e janelas, com fixação a cada metro de percurso.
- 4 – Anéis horizontais a cada 20 m de altura.
- 5 – Não são admitidas emendas nos cabos de descidas.
- 6 - Os cabos de descida devem ser protegidos (eletroduto) contra danos mecânicos até, no mínimo, 2,5 m acima do nível do solo.

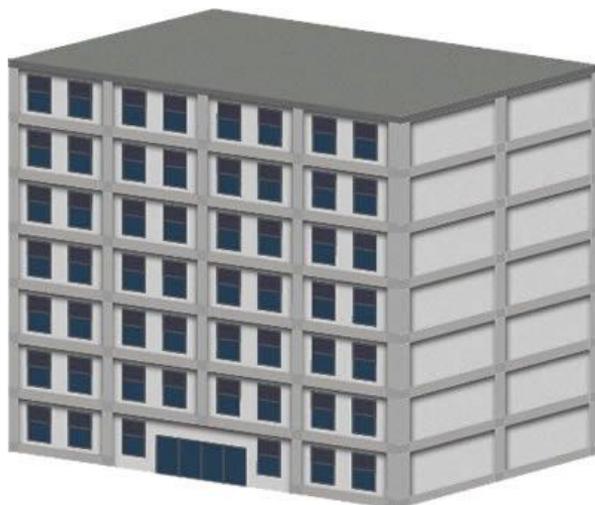


Tabela 2 — Espaçamento médio dos condutores de descida não naturais conforme o nível de proteção

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

Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

Considerações importantes: *Descidas não naturais*

Captação

- Franklin
- Gaiola Faraday
- Eletrogeométrico



Descida

- Cabos de Cobre
- Barra de Alumínio



Aterramento

- Hastes de Cobre

6 - Os cabos de descida devem ser protegidos (eletroduto) contra danos mecânicos até, no mínimo, 2,5 m acima do nível do solo.

7 – Cada condutor de descida (com exceção das descidas naturais ou embutidas) deve ser provido de uma conexão de medição, instalada próxima do ponto de ligação ao eletrodo de aterramento. A conexão deve ser desmontável por meio de ferramenta, para efeito de medições elétricas, mas deve permanecer normalmente fechada.



Dimensionamento do SPDA

- ✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

Considerações importantes: *Descidas naturais*

Captação

- Franklin
- Gaiola Faraday
- Eletrogeométrico



Descida

- Cabos de Cobre
- Barra de Alumínio



Aterramento

- Hastes de Cobre

1 – Os pilares metálicos da estrutura podem ser utilizados como condutores de descida naturais.

2 - Os elementos da fachada (perfis e suportes metálicos) poderão ser utilizados como condutores de descidas naturais, desde que suas seções sejam no mínimo iguais às especificadas para os condutores de descida conforme tabela 3 e com a sua continuidade elétrica no sentido vertical no mínimo equivalente.

Tabela 3 — Seções mínimas dos materiais do SPDA

Material	Captor e anéis intermediários mm ²	Descidas (para estruturas de altura até 20 m) mm ²	Descidas (para estruturas de altura superior a 20 m) mm ²	Eletrodo de aterramento mm ²
Cobre	35	16	35	50
Alumínio	70	25	70	-
Aço galvanizado a quente ou embutido em concreto	50	50	50	80

Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso - Especificar o SPDA para a edificação (um Banco), localizada em Palmas-TO, abaixo:

Captação

- Franklin
- Gaiola Faraday
- Eletrogeométrico



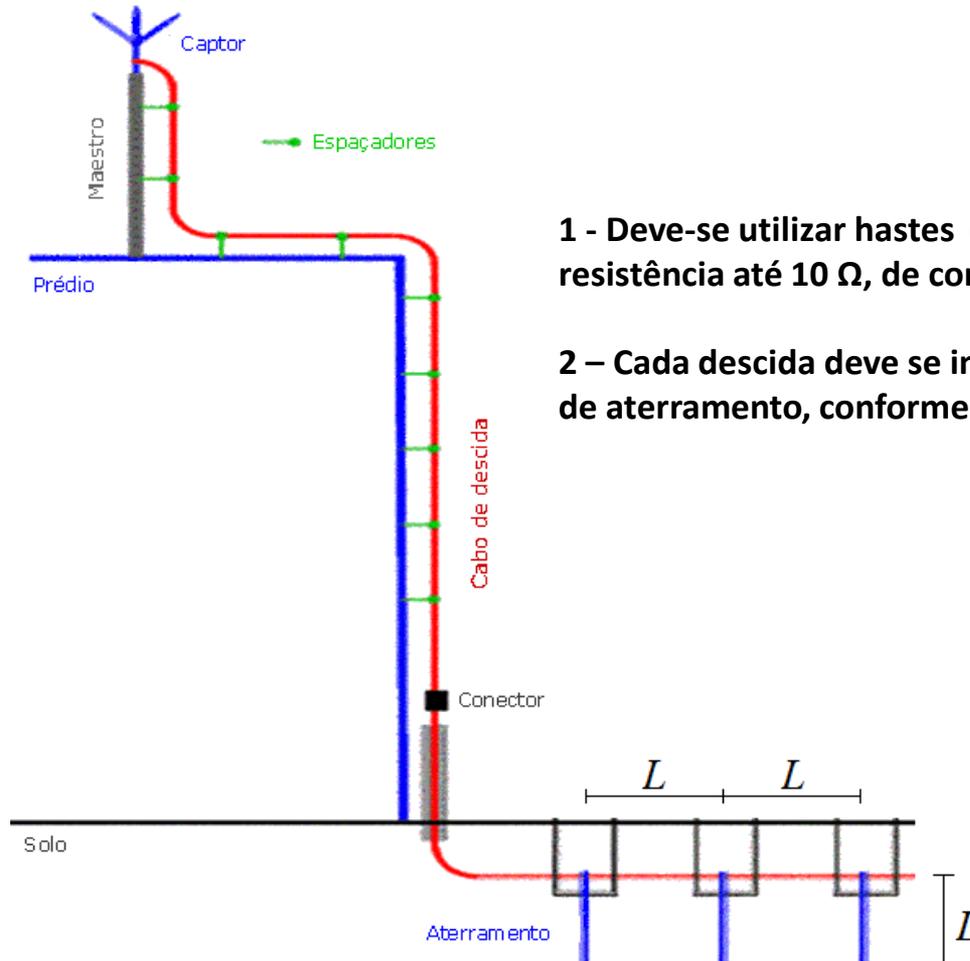
Descida

- Cabos de Cobre
- Barra de Alumínio



Aterramento

- Hastes de Cobre



1 - Deve-se utilizar hastes de aterramento de cobre de resistência até 10Ω , de comprimento (L) de 2,4 m ou 3,0 m.

2 - Cada descida deve se interligada a um conjunto de 3 hastes de aterramento, conforme ilustra a figura ao lado.

Dimensionamento do SPDA

✓ Estudo de caso – ESBOÇO

Captação

- Gaiola Faraday
- Largura máxima 10m
- Anéis horizontais de no máximo 20m
- Captadores verticais 300mm a cada 5 m



Descida

- Barra de Alumínio 7/8"x1/8" (70mm²)
- Espaçamento médio 15 m



Aterramento

- Hastes de Cobre
- 3 hastes por descida

