



Universidade de São Paulo
B R A S I L



PEA 5762 – Desempenho de
linhas aéreas face a descargas
atmosféricas

Prof. Dr. Alexandre Piantini


**Proteção de
estruturas contra
descargas
atmosféricas**

Mário Cesar



Objetivo

Este trabalho tem como objetivo apresentar as metodologias para proteção de estruturas contra descargas atmosféricas utilizadas atualmente, segundo a Norma Regulamentadora Brasileira 5419 - 2001.



Motivação

O raio é um fenômeno natural que sempre impôs medo aos homens, devido às suas consequências devastadoras.

Levando-se em consideração o alto índice cerâmico da maioria das regiões do Brasil, faz-se necessária a obrigatoriedade em se utilizar Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas em todos os edifícios de apartamentos, escritórios e indústrias, assim como grandes residências ou residências isoladas, para estarem protegidas quase em sua totalidade, dos danos que possam ser ocasionados, caso venham a ser atingidas.

Danos causados por descargas atmosféricas

Árvore



Danos causados por descargas atmosféricas

Descarga lateral



Danos causados por descargas atmosféricas

Descarga lateral



Danos causados por descargas atmosféricas

Terraço edifício



Danos causados por descargas atmosféricas

Descarga lateral



Danos causados por descargas atmosféricas

Descarga lateral



Danos causados por descargas atmosféricas

Descarga lateral



Danos causados por descargas atmosféricas

Interior da casa



Danos causados por descargas atmosféricas



Danos causados por descargas atmosféricas



Danos causados por descargas atmosféricas

Descarga direta em hospital




NBR 5419 - Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas. 30/03/2001

Estruturas

- + comerciais;
- + industriais;
- + agrícolas;
- + administrativas;
- + residenciais.


Locais evidentes

- + grande afluência de público;
- + prestação de serviços públicos essenciais;
- + áreas com elevada densidade de DAs;
- + estruturas isoladas, $h > 25\text{m}$;
- + estruturas de valor histórico ou cultural;
- + chaminés, tanques de combustíveis, antenas externas, guindastes.



NBR 5419 - Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas. 30/03/2001

Não se aplica

- ✘ Sistemas ferroviários;
 - ✘ GTD externos às estruturas;
 - ✘ Veículos, aeronaves, navios e plataformas marítimas;
 - ✘ Proteção de equipamentos eletro-eletrônicos contra interferências eletromagnéticas devido às DAs.
- 

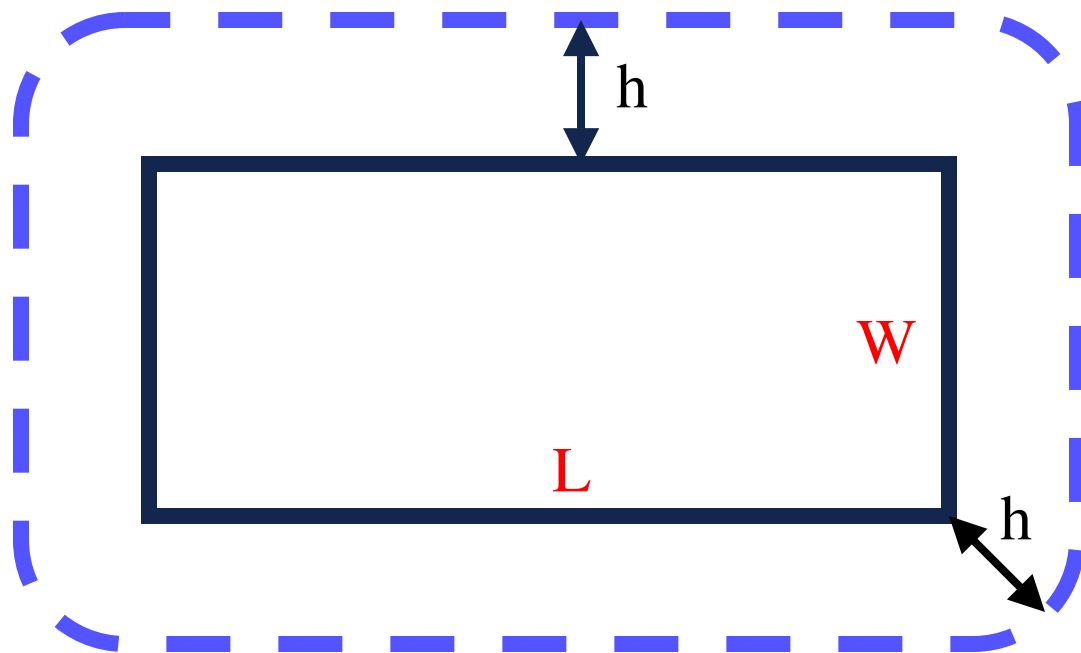
Avaliação do Risco de Exposição
Densidade de DAs para a terra

$$N_g = 0,04.T_d^{1,25} \left[\frac{\text{desc.}}{\text{km}^2 \cdot \text{ano}} \right]$$

T_d = número de dias de trovoadas por ano → Mapas
Isocerânicos

Avaliação do Risco de Exposição

Área de Exposição Equivalente



Área de exposição é obtida a partir da vista superior e da altura da estrutura.

Os limites da área de exposição são obtidos, afastando-se do perímetro da mesma o valor da altura da estrutura, no ponto considerado

$$A_e = L.W + 2.L.h + 2.W.h + \pi.h^2$$

Avaliação do Risco de Exposição

Frequência média anual prevista - N_d

$$N_d = N_g \cdot Ae \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{desc.}}{\text{ano}} \right]$$

N_g = densidade de descargas atmosféricas para a terra [desc/km².ano];

Ae = área de exposição equivalente [m²].

Avaliação do Risco de Exposição

Índices de Ponderação

A - tipo de ocupação da 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 (1)	0,7
Fábricas, oficinas e laboratórios	1,0
Edifícios de escritórios, hotéis e apartamentos, e outros edifícios residenciais não incluídos abaixo	1,2
Locais de afluência de público (igrejas, pavilhões, teatros, museus, exposições, lojas de departamentos, correios, estações, aeroportos, estádios esportivos)	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, estruturas de múltiplas atividades	1,7

Nota: (1) - NBR 5419 - ANEXO A - REQUISITOS DE INSTALAÇÃO.

Avaliação do Risco de Exposição

Índices de Ponderação

B - tipo de construção da estrutura

TIPO DE CONSTRUÇÃO	FATOR B
Estrutura de aço revestida, com cobertura não metálica (2)	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 palha	1,0
Estrutura de madeira, ou revestida de madeira, com qualquer cobertura, exceto metálica ou palha	1,4
Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura metálica	1,7
Qualquer estrutura com teto de palha	2,0

Nota: (2) - ESTRUTURAS DE METAL APARENTE QUE SEJAM CONTÍNUAS ATÉ O NÍVEL DO SOLO ESTÃO EXCLUÍDAS DESTA TABELA, PORQUE REQUEREM APENAS UM SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO.

Avaliação do Risco de Exposição

Índices de Ponderação

C - conteúdo e efeitos

CONTEÚDO E EFEITOS	FATOR C
Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas que não contenham objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos	0,3
Estruturas industriais e agrícolas contendo objetos particularmente suscetíveis a danos (3)	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, locais de afluência de público	1,7

Nota: (3) - INSTALAÇÃO DE ALTO VALOR OU MATERIAIS VULNERÁVEIS A INCÊNDIOS E ÀS SUAS CONSEQUÊNCIAS.

Avaliação do Risco de Exposição

Índices de Ponderação

D - localização da estrutura

LOCALIZAÇÃO	FATOR D
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores da mesma altura ou mais altas (grandes cidades ou florestas)	0,4
Estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar	1,0
Estruturas completamente isoladas, ou que ultrapassam, no mínimo, duas vezes a altura das estruturas ou árvores próximas	2,0

Avaliação do Risco de Exposição

Índices de Ponderação

E - topografia da região

TOPOGRAFIA	FATOR E
Planície	0,3
Elevações moderadas, colinas	1,0
Montanhas entre 300 e 900m de altura	1,3
Montanhas acima de 900m de altura	1,7

Avaliação do Risco de Exposição

Avaliação final

$$N_{df} = N_d \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \left[\frac{\text{desc}}{\text{ano}} \right]$$

N_d = frequência média anual prevista [desc/ano]

Necessidade de SPDA

$$N_{df} \geq 10^{-3}$$



SPDA



$$10^{-3} > N_{df} > 10^{-5}$$



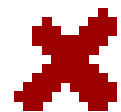
SPDA



$$N_{df} \leq 10^{-5}$$



SPDA



SPDA - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas



SPDA

- ✘ Não impede a ocorrência de descargas atmosféricas;
- ✘ Não assegura a proteção da estrutura, pessoas e bens;
- ✘ Aplicação da Norma reduz de forma significativa os danos devidos às DAs.



SPDA

Níveis de Proteção

NÍVEL I


Estruturas com risco confinado: estações de telecomunicações, usinas elétricas;

Estruturas com risco para os arredores: refinarias, postos de combustíveis, fábricas de fogos ou munição;

Estruturas com risco para o meio ambiente: indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos.

NÍVEL II

Estruturas comuns: teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas, igrejas, bancos, companhias de seguro, hospitais, casas de repouso, prisões, museus, locais arqueológicos.





SPDA


Níveis de Proteção

NÍVEL III

Estruturas comuns: residências, fazendas, estabelecimentos agropecuários, industriais em geral.

NÍVEL IV

Estruturas comuns: construídas com materiais não inflamáveis e com pouco acesso de pessoal, contendo no seu interior materiais também não inflamáveis.





SPDA

Níveis de Proteção

Eficiência

NIVEL I - 98%

NIVEL II - 95%

NIVEL III - 90%


NIVEL IV - 80%





Métodos de Proteção


Modelo Eletrogeométrico

- Ferramenta moderna;
 - Baseados em estudos a partir de registros fotográficos;
 - Medições de parâmetros do raio;
 - Ensaio em laboratórios de alta tensão;
 - Surgiu para proteção de linhas de transmissão e depois simplificado para edificações.
- 



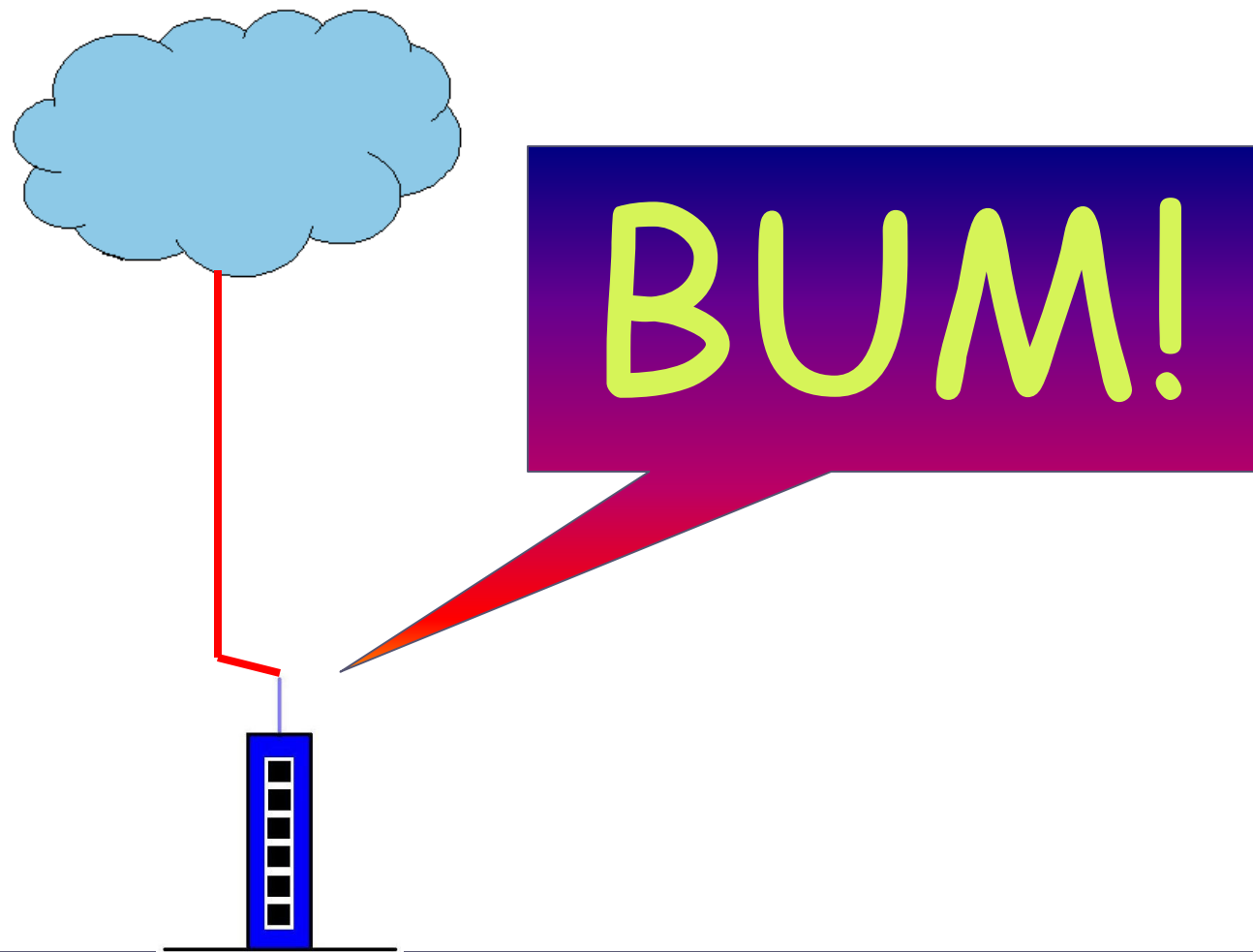
Métodos de Proteção

Modelo Eletrogeométrico

- somente são consideradas as descargas negativas iniciadas nas nuvens;
 - o líder descendente é vertical e sem ramificações;
 - as descargas se dão em uma esfera de raio igual à distância de atração;
 - a descarga final se dá para o objeto aterrado mais próximo, independente 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 a terra ou uma estrutura aterrada é a mesma.
- 

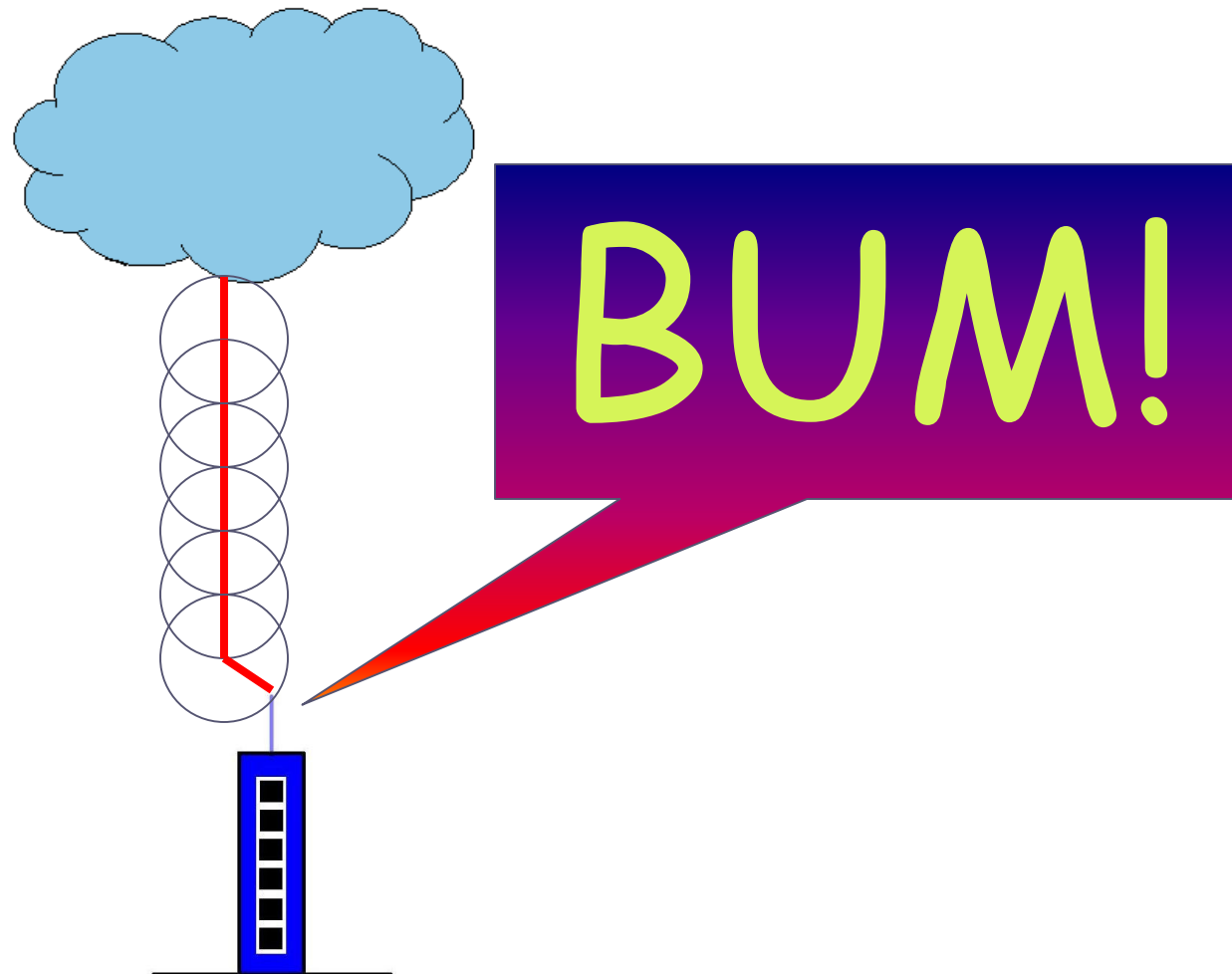
Métodos de Proteção

Modelo Eletrogeométrico

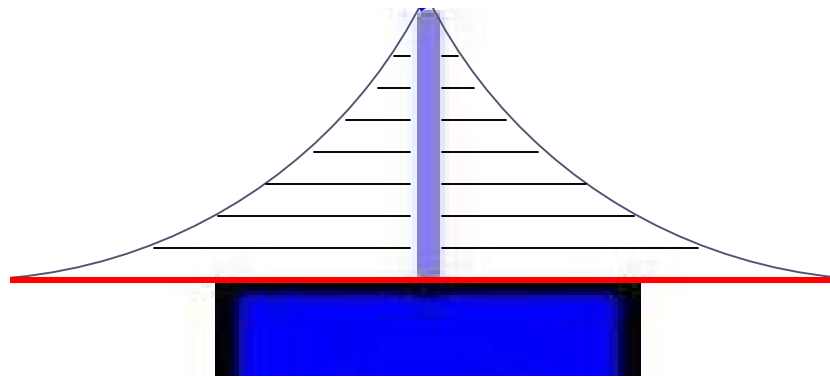


Métodos de Proteção

Modelo Eletrogeométrico



Modelo Eletrogeométrico



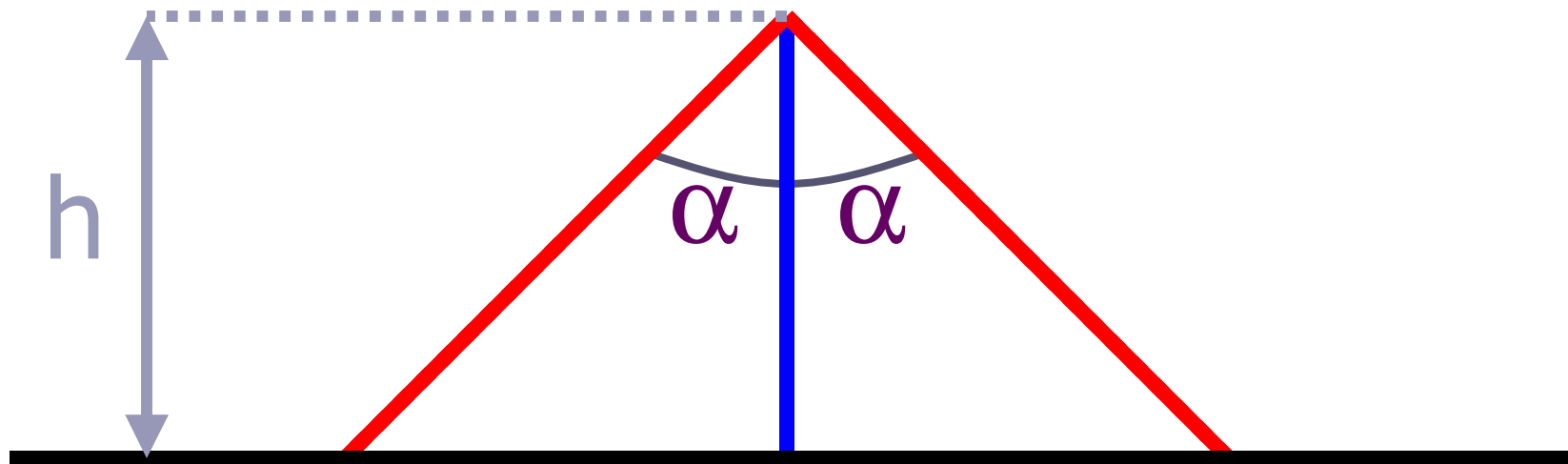
Métodos de Proteção

Modelo Eletrogeométrico

RAIO DA ESFERA FICTÍCIA EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO

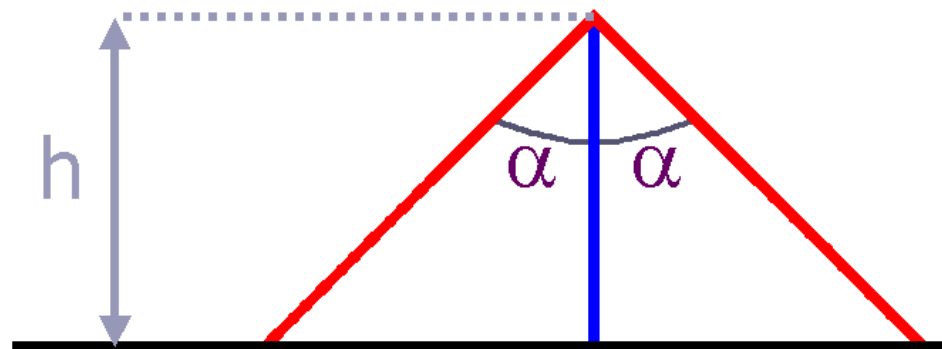
NÍVEL	I	II	III	IV
Raio da esfera [m]	20	30	45	60

Métodos de Proteção
Franklin



Métodos de Proteção

Ângulo de proteção



NÍVEL DE PROTEÇÃO	0-20 m	21-30 m	31-45 m	46-60 m	> 60 m
I	25°	(1)	(1)	(1)	(2)
II	35°	25°	(1)	(1)	(2)
III	45°	35°	25°	(1)	(2)
IV	55°	45°	35°	25°	(2)

(1) - APLICAR SOMENTE OS MÉTODOS ELETROGEOMÉTRICO OU GAIOLA DE FARADAY

(2) - APLICAR SOMENTE O MÉTODO GAIOLA DE FARADAY

Métodos de Proteção

Gaiola de Faraday

- + Teoria de Faraday → campo no interior de uma gaiola é nulo;
- + Prática → campo nulo somente no centro da gaiola;
- + Corrente não se distribui uniformemente por toda a superfície;
- + Utiliza-se captosres formados por condutores horizontais;

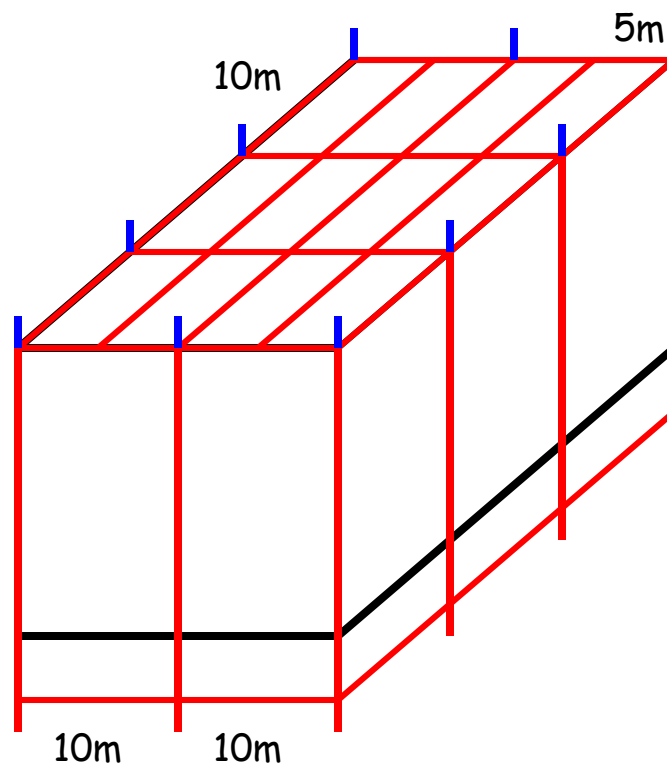
Métodos de Proteção

Gaiola de Faraday - Nível de Proteção

NÍVEL DE PROTEÇÃO	LARGURA MÁXIMA DA MALHA [m] - a	COMPRIMENTO DA MALHA [m] - b
I	5	≤ 10 ($\leq 2a$)
II	10	≤ 20 ($\leq 2a$)
III	10	≤ 20 ($\leq 2a$)
IV	20	≤ 40 ($\leq 2a$)

Métodos de Proteção

Gaiola de Faraday



NÍVEL DE PROTEÇÃO	LARGURA MÁXIMA DA MALHA [m]	COMPRIMENTO DA MALHA [m]
I	5	≤ 10

SPDA

Captoreis Naturais

Qualquer elemento condutor exposto, que possa ser atingido por uma DA.


- coberturas metálicas sobre o volume a ser protegido;
- mastros ou outros elementos salientes nas coberturas;
- calhas de recolhimento de águas pluviais;
- estruturas metálicas de suporte de envidraçados;
- tanques metálicos;
- tubulações metálicas, exceto gás;
- armaduras de aço interligadas das estruturas de concreto armado.

obs: espessura do material não deve ser menor do que 0,5mm



SPDA

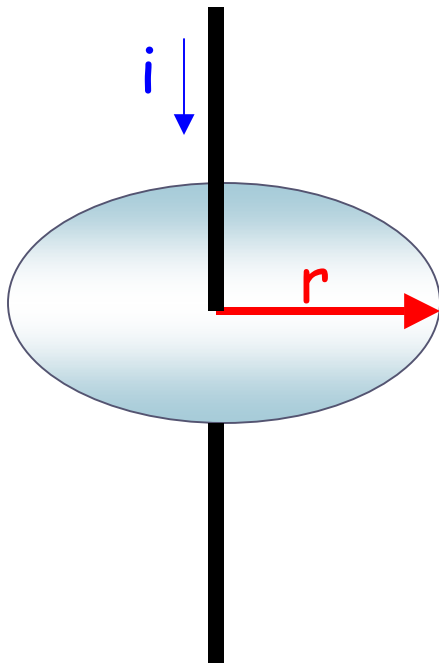
Descidas

- suportar térmica e mecanicamente as correntes e os respectivos esforços dinâmicos;
 - não haja descargas laterais;
 - não haja risco para as pessoas que estejam nas proximidades;
 - resistir as intempéries e a corrosão.
- 

SPDA

Indutância dos Condutores

Indutância é a propriedade de um condutor que permite o armazenamento de energia em um campo magnético.



Campo Magnético: diretamente proporcional a corrente e inversamente proporcional a distância.

$$di/dt \text{ (DA)} = kA/\mu s$$

$$L = 2,5\mu H/m$$

$$\therefore \text{Tensão gerada} = kV/m$$

SPDA

Indutância dos Condutores

Amenizar problema:

- aumentar seção do condutor
- utilizar barras chatas ou fitas

A indutância será menor quanto maior for a relação entre a largura e a espessura.

SPDA

Condutores de descida

- distância dos condutores de descida e as instalações metálicas não deve ser inferior a 2m;
- condutores de descida não naturais devem ser interligados através de condutores horizontais formando anéis;
- devem ser instalados a uma distância mínima de 0,5m de portas, janelas e outras aberturas;
- devem ser fixados a cada metro de percurso.

SPDA

Condutores de descida

- paredes de material não inflamável → d=0 ou embutidos;
- paredes de material inflamável → d=10cm;
- não é permitido nenhum tipo de emenda;
- devem possuir proteção mecânica de 2,5m acima do nível do solo;
- construções com concreto protendido → Cabos não podem fazer parte do SPDA;
- construções em concreto armado → armaduras podem ser utilizadas como descidas, desde que apresentem valores inferiores a 1Ω .

SPDA

Condutores de descida


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



SPDA

Eletrodos naturais

- armaduras de aço → 50% de seus cruzamentos amarrados com arame recozido ou soldados;
 - construções em alvenaria → barras de aço com diâmetro mínimo de 8mm;
 - as armaduras das fundações devem ser interligadas com as armaduras dos pilares das estruturas.
- 

SPDA

Conexões

- devem ser as mínimas possíveis;
- soldas exotérmicas ou elétricas, conectores de pressão ou parafusos;
- devem ser compatíveis com esforços térmicos e mecânicos;
- conexões embutidas no solo devem ser protegidas contra corrosão através da instalação de caixa de inspeção;

SPDA

Materiais Utilizados


MATERIAL	APLICAÇÃO				Resistência	CORROSAO	
	Ao ar livre	Enterrado	Embutido no concreto	Embutido no reboco		Risco agravado	Eletrolítica
Cobre	Maciço, encordoado ou como revestimento de haste de aço		---	Maciço ou encordoado	A mais substâncias	Cloretos altamente concentrados, compostos sulfúricos, materiais orgânicos	---
Aço de construção comum	Maciço ou encordoado	Maciço ou encordoado	Maciço ou encordoado	---	Boa, mesmo em solos ácidos	---	Com o cobre
Aço inoxidável	Maciço ou encordoado	Maciço ou encordoado	---	Maciço ou encordoado	A muitas substâncias	Água com cloretos dissolvidos	---
Alumínio	Maciço ou encordoado	---	---	---	---	Agentes básicos	Com o cobre
Chumbo	Como revestimento		---	---	Altas concentrações de sulfatos	Solos ácidos	---

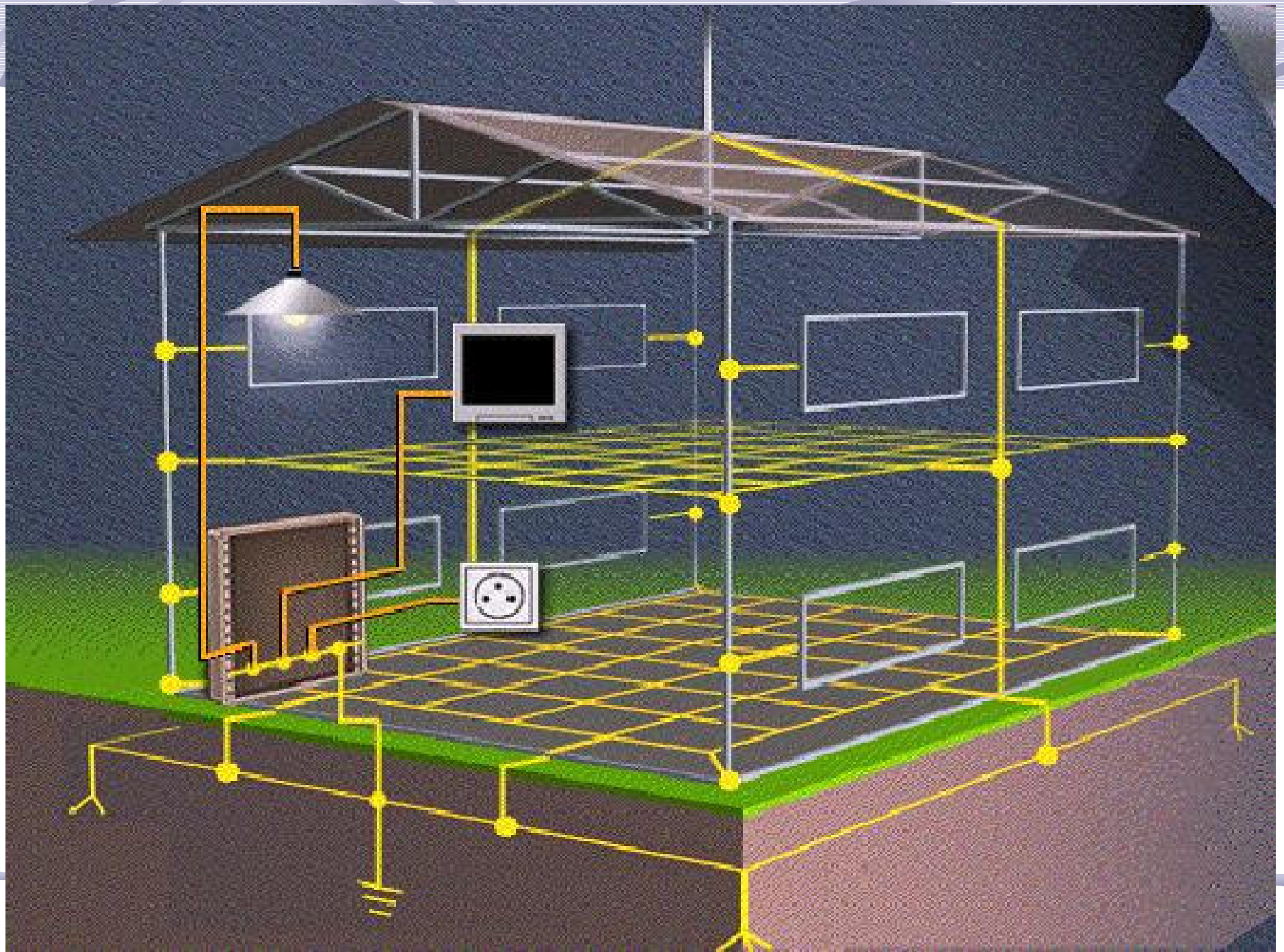


SPDA

Equalização de Potencial

MEDIDA NECESSÁRIA PARA A REDUÇÃO DE RISCOS DE INCÊNDIOS, EXPLOSÕES E CHOQUES ELÉTRICOS, DENTRO DO VOLUME A SER PROTEGIDO.





SPDA

Equalização de Potencial

SEÇÕES MÍNIMAS DOS CONDUTORES DE LIGAÇÃO EQUIPOTENCIAL PARA CONDUZIR PARTE SUBSTANCIAL DA CORRENTE DE DESCARGA ATMOSFÉRICA

Nível de Proteção	Material	Seção [mm ²]
I - IV	Cobre	16
	Alumínio	25
	Aço	50

SPDA


Inspeção

1. O SPDA está conforme o projeto;
2. Todos seus componentes se encontram em bom estado, as conexões firmes e livres de corrosão;
3. O valor da resistência de aterramento esteja compatível com o arranjo do sistema de aterramento e com a resistividade do solo;
4. Todas as novas instalações acrescentadas posteriormente à instalação original estejam integradas no volume a ser protegido.



SPDA


Inspeção

- estruturas residenciais → 5 anos;
 - estruturas com grandes concentrações públicas → 3 anos;
 - estruturas contendo munição ou explosivos → 1 ano;
 - locais expostos à corrosão atmosférica → 1 ano.
- 



SPDA

Documentação

- relatório da necessidade de SPDA e o respectivo nível de proteção;
 - desenhos mostrando as dimensões, materiais e posições de todos os componentes constituintes do SPDA;
 - dados sobre a resistividade do solo;
 - valores medidos de resistência de aterramento.
- 



Estruturas Especiais



Estruturas Especiais

Chaminés:

- utilização de materiais nobres;
- captorees devem estar dispostos de maneira uniforme, com distâncias de 2,5m ao longo de seu perímetro;
- altura do captor acima do topo da chaminé → 0,65m;
- diâmetro mínimo → 15mm.



Estruturas Especiais

Chaminés:

- parte inferior captore → interligação em anel;
 - cobertura metálica min(4mm) → dispensa uso de captore;
- pelo menos 2 condutores de descida que devem ser interligados por anéis;
- elementos de fixação → 2m na vertical e 0,6m na horizontal.



Estruturas Especiais

Chaminés:

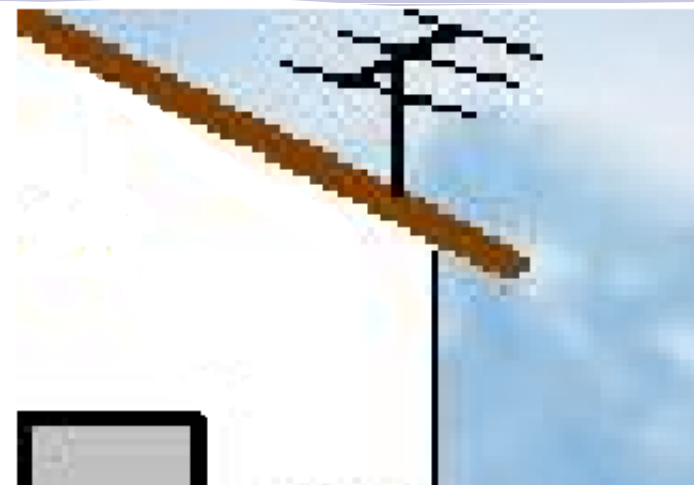
- todas instalações metálicas incorporadas ou até 2m, devem ser interligadas;
- sistema de sinalização luminosa deve ser protegido por DPS - Dispositivos de Proteção contra Surtos;



Estruturas Especiais

Antenas Externas


- devem ser conectadas ao SPDA por meio de solda exotérmica;
- instalação de condutor exclusivo para a antena → min. 16mm^2 - cobre;
- pode-se utilizar condutores de descida naturais.





Ensaio

Continuidade de Armadura

- deve ser feito através de injeção de corrente;
 - máquina de solda - 100A;
 - menos exigências quanto a limpeza;
 - distância entre os 2 pontos → dezenas de metros;
- 

Efeito Pelicular

- descarga atmosférica → alta frequência - periferia do condutor → barra pode se soltar do concreto;
- maioria das Normas → exigem apenas continuidade elétrica; Possibilidade de danos pequena;
- Norma Italiana CEI → exige $0,1\Omega$ entre 2 pontos da estrutura;
- IEC → recomenda acompanhamento das amarrações - responsabilidade pela continuidade elétrica;
- Dificuldade em garantir continuidade elétrica → utilização de ferragens somente para o SPDA.

Construções

Concreto Protendido

✖ Não é permitido como parte integrante do SPDA

- a ruptura do aço tensionado pode trazer grandes conseqüências ao conjunto;
- o aço tensionado, ao ser percorrido pela corrente da descarga atmosférica, pode apresentar contrações e expansões, com possível destacamento do concreto e rompimento de alguns fios;
- caso a descarga atinja a estrutura de concreto protendido, poderá arrancar parte do concreto até atingir o cabo, trazendo inúmeras conseqüências.

Construções

Concreto Pré-moldado

- ✓ ferragens bem amarradas → garantem boa distribuição da corrente;
- ✓ se comporta como estrutura auto protegida → apresenta blindagem razoável para equipamentos em seu interior;
- ✓ fabricantes fornecem peças com chapas metálicas nas pontas que irão se encaixar em outras peças.





Sistema de Aterramento






Sistema de Aterramento

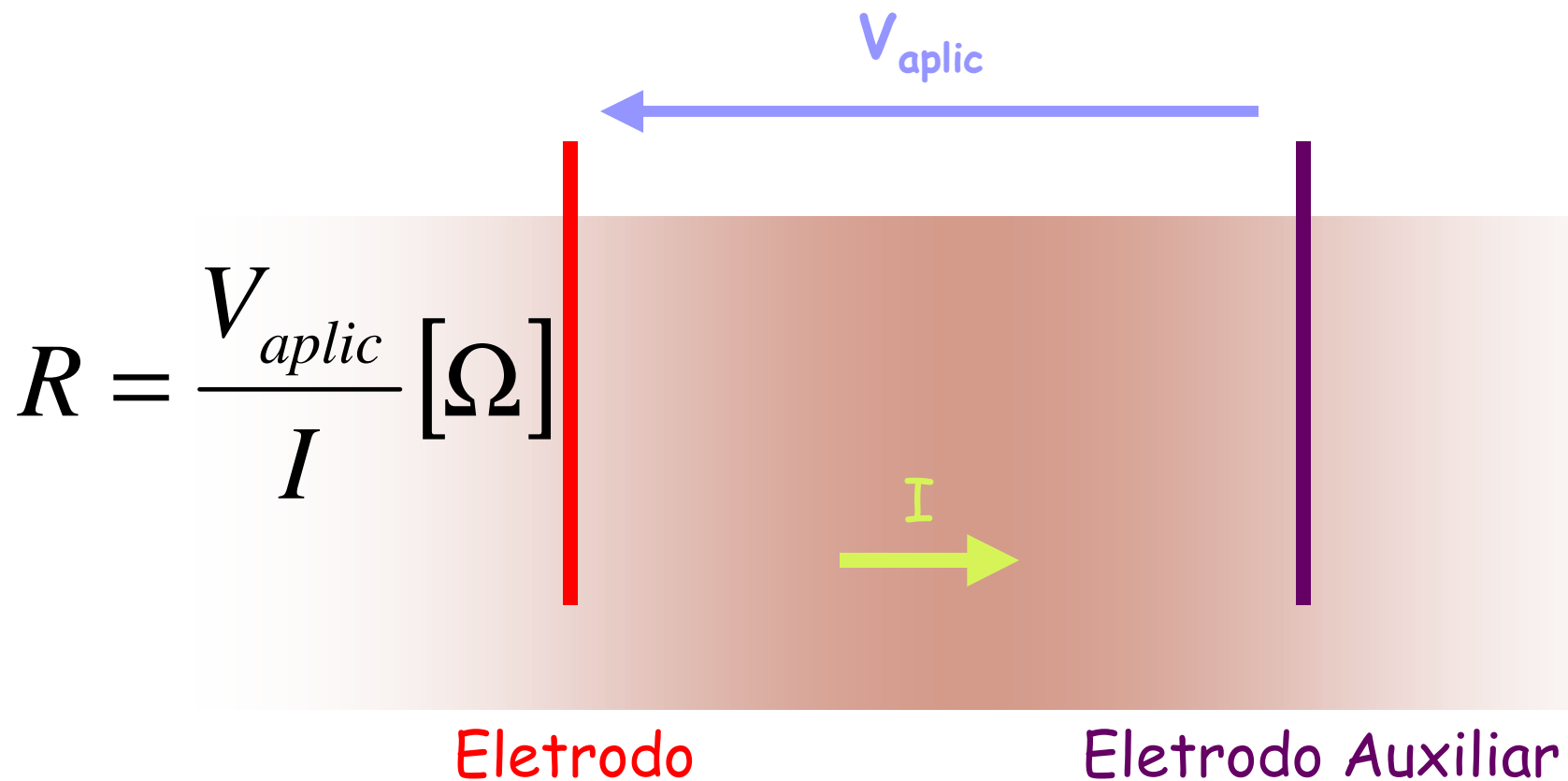
Aterramento

O aterramento, no SPDA, tem a finalidade de dissipar no solo as correntes dos raios sem provocar tensões de passo perigosas.



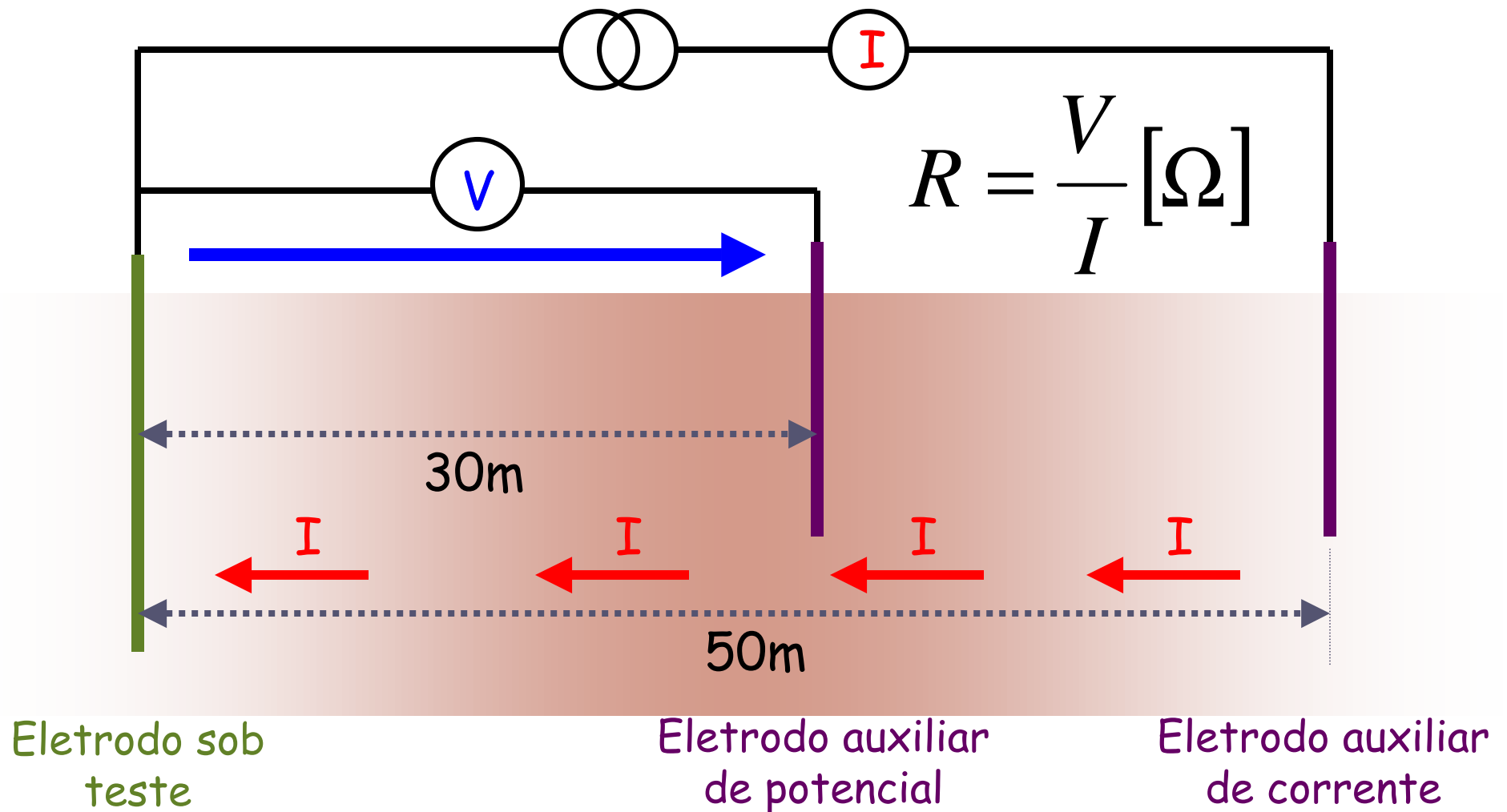
Sistema de Aterramento

Resistência de terra



Sistema de Aterramento

Medidor de resistência de terra - Terrômetro



Sistema de Aterramento

Resistividade - Método de Wenner

Terrômetro de 4 terminais

- 4 hastes cravadas no mesmo alinhamento e separadas pela mesma distância → fornece R


$$\rho = 2.\pi.a.R[\Omega.m]$$


a= distância entre os eletrodos



Sistema de Aterramento

Redução da resistência de terra

- ▣ HASTES PROFUNDAS;
 - ▣ SAL;
 - ▣ TRATAMENTO QUÍMICO;
 - ▣ ELETRODOS EM PARALELO;
 - ▣ TRATAMENTO COM BENTONITA.
- 

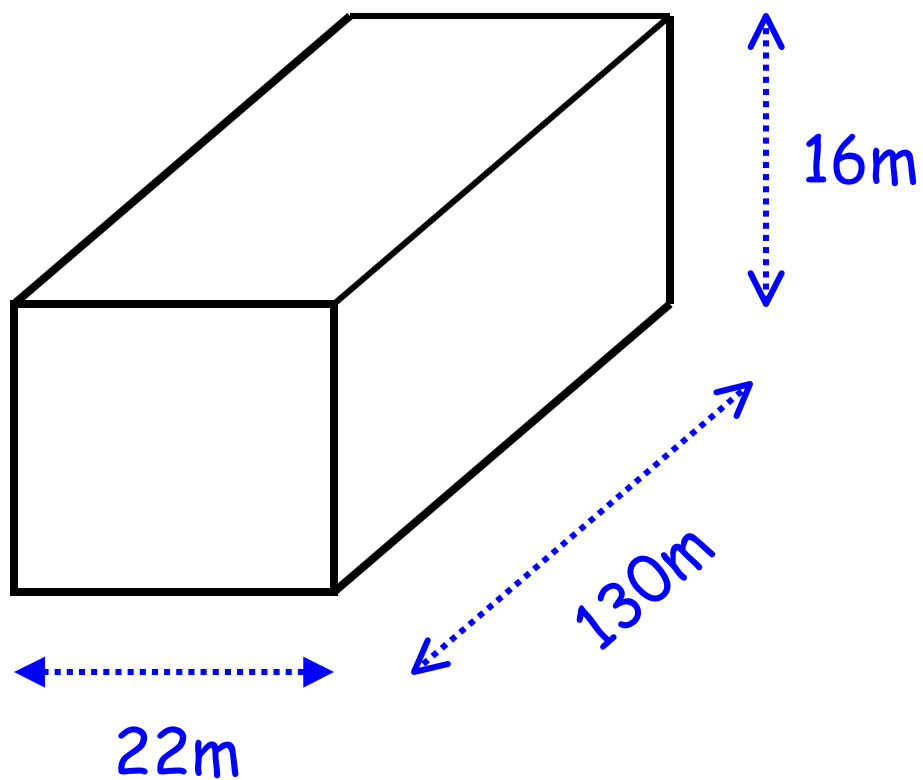


Estudo de caso



ESTUDO DE CASO

Prédio - Universidade



Avaliação do risco de exposição

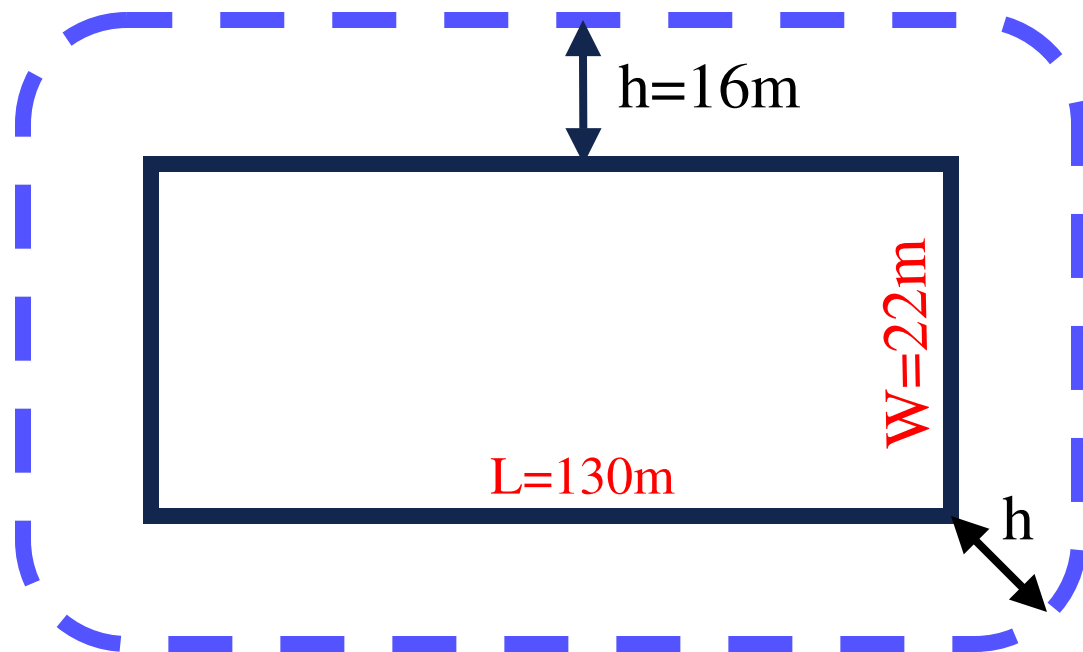
Densidade de descargas atmosféricas para a terra

$$N_g = 0,04.T_d^{1,25} \left[\frac{\text{desc}}{\text{km}^2 \cdot \text{ano}} \right]$$

$$N_g = 6,67957 \left[\frac{\text{desc}}{\text{km}^2 \cdot \text{ano}} \right]$$

T_d = número de dias de trovoadas por ano → Mapas
Isocerânicos → $T_d = 60$

Avaliação do risco de exposição
Área de exposição equivalente



$$A_e = 8528 \text{ m}^2$$

$$A_e = L.W + 2.L.h + 2.W.h + \pi.h^2$$

Avaliação do risco de exposição

Frequência média anual prevista

$$N_d = N_g \cdot Ae \cdot 10^{-6} \left[\frac{\text{desc}}{\text{ano}} \right]$$

$$N_d = 0,0569633 \left[\frac{\text{desc}}{\text{ano}} \right]$$

N_g = densidade de descargas atmosféricas para a terra [desc/km².ano];

Ae = área de exposição equivalente [m²].

Avaliação do risco de exposição

Índices de Ponderação

A - tipo de ocupação da 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 (1)	0,7
Fábricas, oficinas e laboratórios	1,0
Edifícios de escritórios, hotéis e apartamentos, e outros edifícios residenciais não incluídos abaixo	1,2
Locais de afluência de público (igrejas, pavilhões, teatros, museus, exposições, lojas de departamentos, correios, estações, aeroportos, estádios esportivos)	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, estruturas de múltiplas atividades	1,7

Nota: (1) - NBR 5419 - ANEXO A - REQUISITOS DE INSTALAÇÃO.

Avaliação do risco de exposição

Índices de Ponderação

B - tipo de construção da estrutura

TIPO DE CONSTRUÇÃO	FATOR B
Estrutura de aço revestida, com cobertura não metálica (2)	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 palha	1,0
Estrutura de madeira, ou revestida de madeira, com qualquer cobertura, exceto metálica ou palha	1,4
Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura metálica	1,7
Qualquer estrutura com teto de palha	2,0

Nota: (2) - ESTRUTURAS DE METAL APARENTE QUE SEJAM CONTÍNUAS ATÉ O NÍVEL DO SOLO ESTÃO EXCLUÍDAS DESTA TABELA, PORQUE REQUEREM APENAS UM SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO.

Avaliação do risco de exposição

Índices de Ponderação

C - conteúdo e efeitos

CONTEÚDO E EFEITOS	FATOR C
Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas que não contenham objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos	0,3
Estruturas industriais e agrícolas contendo objetos particularmente suscetíveis a danos (3)	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, locais de afluência de público	1,7

Nota: (3) - INSTALAÇÃO DE ALTO VALOR OU MATERIAIS VULNERÁVEIS A INCÊNDIOS E ÀS SUAS CONSEQUÊNCIAS.

Avaliação do risco de exposição

Índices de Ponderação

D - localização da estrutura

LOCALIZAÇÃO	FATOR D
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores da mesma altura ou mais altas (grandes cidades ou florestas)	0,4
Estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar	1,0
Estruturas completamente isoladas, ou que ultrapassam, no mínimo, duas vezes a altura das estruturas ou árvores próximas	2,0

Avaliação do risco de exposição

Índices de Ponderação

E - topografia da região

TOPOGRAFIA	FATOR E
Planície	0,3
Elevações moderadas, colinas	1,0
Montanhas entre 300 e 900m de altura	1,3
Montanhas acima de 900m de altura	1,7

Avaliação do risco de exposição

Avaliação final

$$N_{df} = N_d . A . B . C . D . E \left[\frac{desc}{ano} \right]$$

$$N_{df} = 98.10^{-3} \left[\frac{desc}{ano} \right]$$

N_d = frequência média anual prevista [desc/ano]

Necessidade de SPDA

$$N_{df} \geq 10^{-3}$$



SPDA



$$10^{-3} > N_{df} > 10^{-5}$$



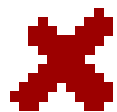
SPDA



$$N_{df} \leq 10^{-5}$$



SPDA



Nível de proteção

NÍVEL II

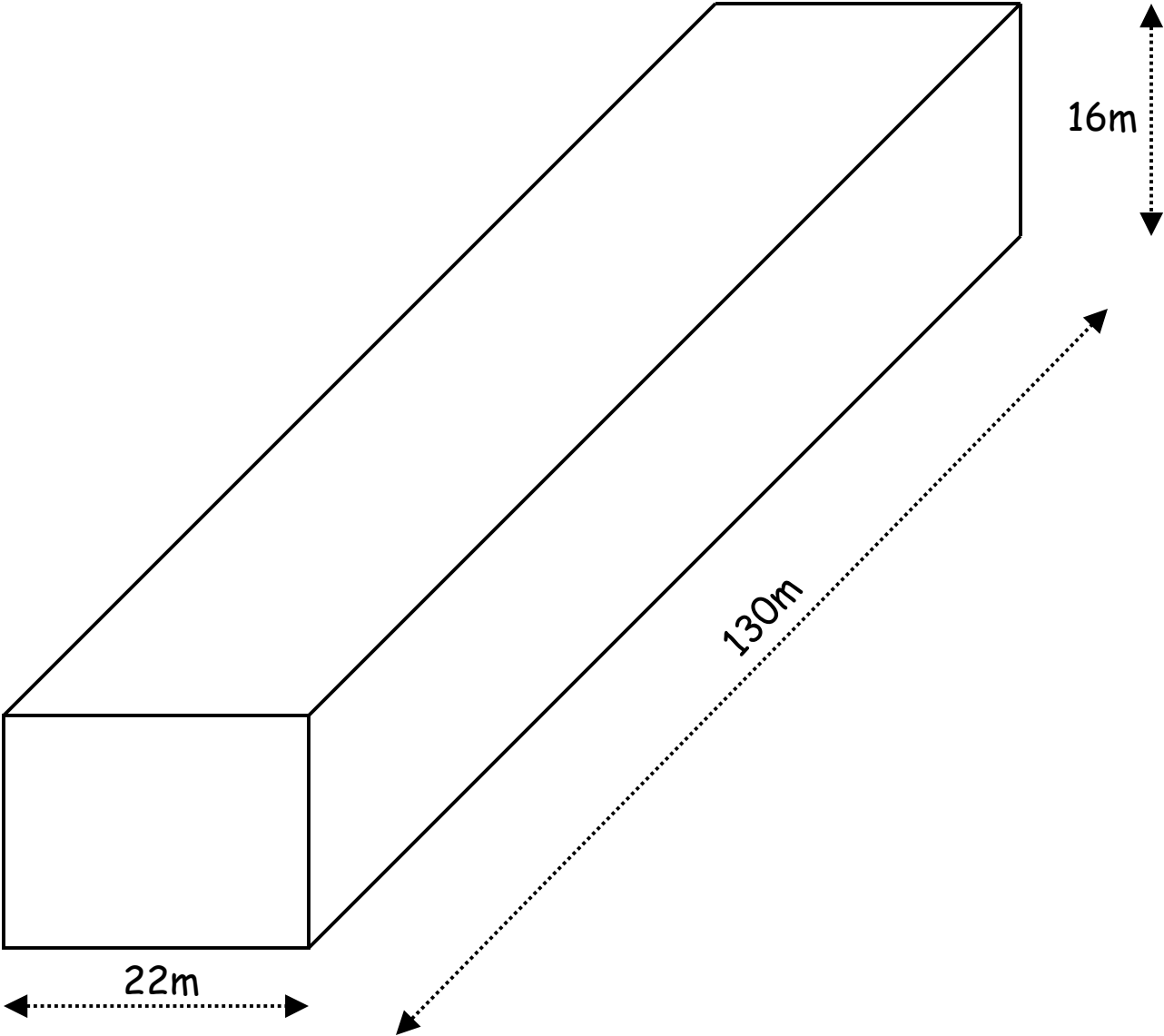
Estruturas comuns: teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas, igrejas, bancos, companhias de seguro, hospitais, casas de repouso, prisões, museus, locais arqueológicos.

Eficiência → 95%

NÍVEL DE PROTEÇÃO	LARGURA MÁXIMA DA MALHA [m]	COMPRIMENTO DA MALHA [m]
I	5	≤ 10
II	10	≤ 20
III	10	≤ 20
IV	20	≤ 40



Projeto

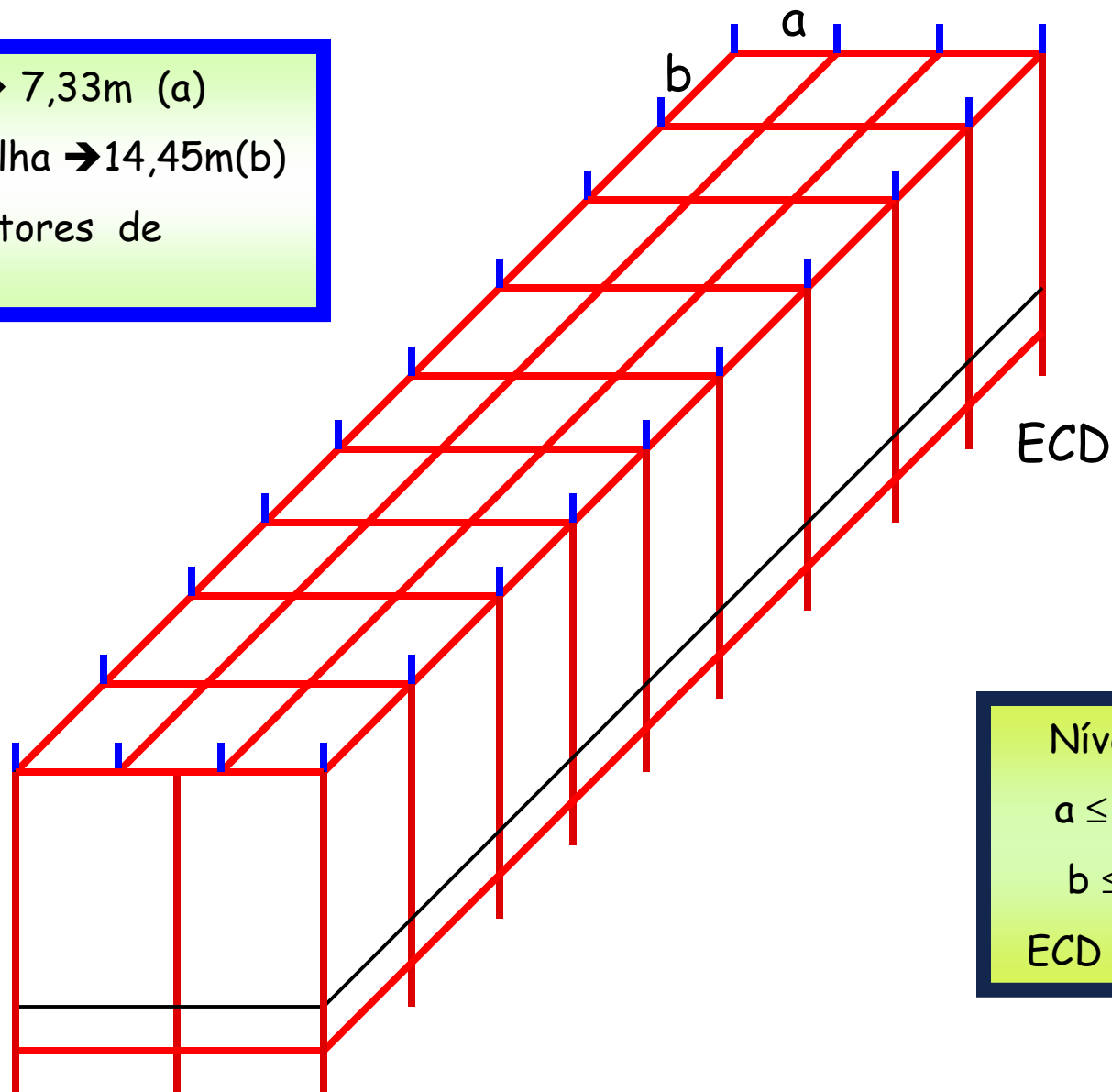


Projeto

Largura da malha $\rightarrow 7,33\text{m}$ (a)

Comprimento da malha $\rightarrow 14,45\text{m}$ (b)

Espaçamento condutores de descida $\rightarrow 14,45\text{m}$



Nível II

$a \leq 10\text{m}$

$b \leq 2a$


$\text{ECD} \leq 15\text{m}$



Conclusões

Este trabalho procurou demonstrar a importância de se proteger as estruturas contra descargas atmosféricas, bem como as pessoas e instalações dentro do volume considerado.

Nenhum Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas oferece 100% de eficiência, pois esse fenômeno possui fatores muitas vezes imprevisíveis.






Conclusões

A aplicação da Norma Regulamentadora Brasileira 5419 é essencial para reduzir de forma significativa os riscos de danos nas estruturas, devendo ser seguida corretamente, de forma a se obter o máximo de sua eficiência.

A comissão responsável por esta Norma, mantém reuniões freqüentes, com o objetivo de atualização das próximas edições.



Referências Bibliográficas

- [1] **NBR 5419** - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - FEV 2001
- [2] **IEC 61024-1** - Protection of Structures against lightning: general principles - 2001.
- [3] **IEC 61024-2** - Protection of Structures against lightning - guide B: design, installation, maintenance and inspection of lightning protection systems - 2001.
- [4] **LEITE, D.** - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - 5 edição - ed. Oficina de Mydia - 2001.
- [5] **TERMOTÉCNICA** - Para-ráios, SPDA, Aterramentos, Soldas Exotérmicas - www.tel.com.br
- [6] **SCHNEIDER** - Proteção contra descargas atmosféricas - Programa de formação técnica continuada - www.schneider.com.Br
- [7] **NOGUEIRA, E.J.** - Descargas atmosféricas e seus efeitos nos equipamentos eletrônicos sensíveis - CEFET - GO
- [8] **SARTORI, C.A.F.** - Aspectos de compatibilidade eletromagnética em estruturas atingidas por descargas atmosféricas - tese de doutorado EPUSP - 1999.
- [9] **ALVES, N.** - Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas - apostila para projetistas - BH - 2003.
- [10] **MIRANDA, A.P.** Análise do Conceito de Condutor Dedicado na Proteção contra Descargas Atmosféricas. Revista Eletricidade Moderna, pp. 166-169. Agosto 2003.
- [11] **LEITE, C.M., PEREIRA, M.L.** Técnicas de Aterramentos Elétricos. 2ª ed, Editora Oficina de Mydia.
- [12] **UMAN, M.A.** The Lightning Discharge. Internacional Geophysics Series. Vol.39. USA, 1987.
- [13] **ALVES, N.** Atmosferas Explosivas: Ed. Markgraph, 1995