

CURSO SPDA - NBR 5419:2015



SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGA ATMOSFÉRICA

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

- **Thiago Henrique Ananias Raimundo**

- **Formação**

- Engenheiro Eletricista/Telecomunicações
- Mestrando em Engenharia Elétrica - Gestão de Redes de Telecomunicações (Redes de Sensores)
- Pós Graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho

- **Especialização**

- Sistemas Fotovoltaicos – Unicamp (Campinas)
- NBR 5419:2015 (SPDA) – ABNT (Rio de Janeiro)
- Diversos cursos de Automação de Residencial e Industrial

APRESENTAÇÃO

- **Thiago Henrique Ananias Raimundo**
- **Acadêmico e Ensino**
- Ex-Professor do SENAI
 - Instrutor de NR10 e Elet. Industrial
- Ex-Professor do Centro Paula Souza (ETEC)
 - Automação Industrial e Mecatrônica
- Instrutor de NR10 a quase 8 anos
- Instrutor de Cursos na Área Elétrica
 - Projeto de Sistemas Fotovoltaicos
 - Projeto e Instalação de Automação Residencial
 - Projeto de SPDA – NBR 5419:2015 entre outros...
 - Palestrante



The screenshot shows the homepage of the website www.thiagoraimundo.eng.br. The header features the name **THIAGO RAIMUNDO** and the title **Engenheiro Eletricista/Telecomunicações**, accompanied by a profile picture. A navigation menu includes links for HOME, PALESTRAS, CURSOS, TREINAMENTOS, CURRÍCULO, and CONTATO. The main content area is divided into two sections: **DESTAQUE** and **AGENDA**. The **DESTAQUE** section highlights a course titled "NR 10 – APLICAÇÕES RESIDENCIAIS E COMERCIAIS" scheduled for July 8th at 19:00h, presented by the Associação dos Engenheiros e Arquitetos do Birigui. The **AGENDA** section lists three upcoming events: a "PALESTRA ONLINE" on June 24th about "Geração Fotovoltaica e Sustentabilidade", a "CURSO ONLINE" from June 25th to 27th about "Projetando Iluminação - Utilizando Dialux", and another "CURSO ONLINE" from June 29th to July 1st about "Projetando e Dimensionando Sistema Fotovoltaico". Each event entry includes the organizing association and a "saiba mais" (learn more) link.

www.thiagoraimundo.eng.br

Instagram:
[@thiagoharaimundo](https://www.instagram.com/thiagoharaimundo)

APRESENTAÇÃO

- **Thiago Henrique Ananias Raimundo**
- **Institucional**
 - Diretor da Associação de Engenheiros e Técnicos de Mogi Mirim (AETMM)
 - Diretor Tesoureiro da Associação de Engenheiros Eletricistas do Estado de São Paulo (A3ESP)
 - Presidente da Associação de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Mogi Mirim (ASEAAMM)
 - Conselheiro Suplente da Câmara de Elétrica do CREA/SP - Licenciado

APRESENTAÇÃO

- Thiago Henrique Ananias Raimundo

- Profissional



- Projetos e Instalação Elétrica Residencial
- Projetos e Instalação de Automação Residencial
- Projeto e Instalação de Sistemas Fotovoltaicos
- Instalação de Sistemas de Segurança

• www.casasolarinteligente.com.br

APRESENTAÇÃO

- Thiago Henrique Ananias Raimundo

- Profissional



**WWW.
TREINASEG
CONSULTORIA
.com.br**

CONSULTORIA E TREINAMENTOS EM SEGURANÇA DO TRABALHO

- Consultoria em Segurança do Trabalho
- Documentação e Laudos em SST
- Treinamentos de Normas Regulamentadoras

• www.treinasegconsultoria.com.br



Consultoria e Treinamentos em
Segurança do Trabalho

[INÍCIO](#)

[EQUIPE](#)

[SERVIÇOS](#)

[CONTATO](#)



EMPRESAS REFERÊNCIAS



OBJETIVO

- Apresentar a NBR 5419:2015 e as principais alterações em relação a NBR 5419:2005
- Desenvolver conteúdo teórico para entendimento da Norma
- Demonstração de cases e aplicações

AGENDA / CONTEÚDO

- **TEORIA**

- Histórico da NBR 5419
- Apresentação das principais diferenças da NBR 5419:2005 e NBR 5419:2015
- Diferenças entre PDA x SPDA x MPS
- Como utilizar os tipos de Sistemas: Malha ou Gaiola de Faraday – Franklin – Esferas Rolantes
- Dimensionamento dos subsistemas de descidas: Convencionais e pela própria estrutura
- Dimensionamentos de Aterramento
- Aplicações de Equipotencialização: BEP e BEL
- Dimensionamento do distanciamento de segurança

AGENDA / CONTEÚDO

- **PRÁTICA**
 - Dimensionamento de Sistema Franklin e Faraday
 - Cálculos de distanciamento de segurança

DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

DESCARGA ATMOSFÉRICA

- dentro das nuvens (as intra-nuvens);
- entre duas nuvens próximas (as inter-nuvens);
- entre nuvens e terra.

DESCARGA ATMOSFÉRICA

- O que são raios e o que são trovões?

A grosso modo, o raio é intensidade luminosa e o trovão é o som emitido da “descarga”.

- Como se formam os raios e trovões?

O raio é uma descarga elétrica natural. Para que aconteça o raio é **necessária a existência de cargas**, que pode ocorrer entre e outra ou então uma nuvem e o solo. Quando essa oposição acontece, a descarga é tão forte que podemos ver a formação do raio.

DESCARGA ATMOSFÉRICA

- O RAIO SOBE OU DESCE ?

Existem os **raios ascendentes** e os **raios descendentes**. O raio formado na nuvem causa uma grande diferença de potencial na área de solo para onde se dirige desta forma dando origem a uma descarga terra-nuvem.

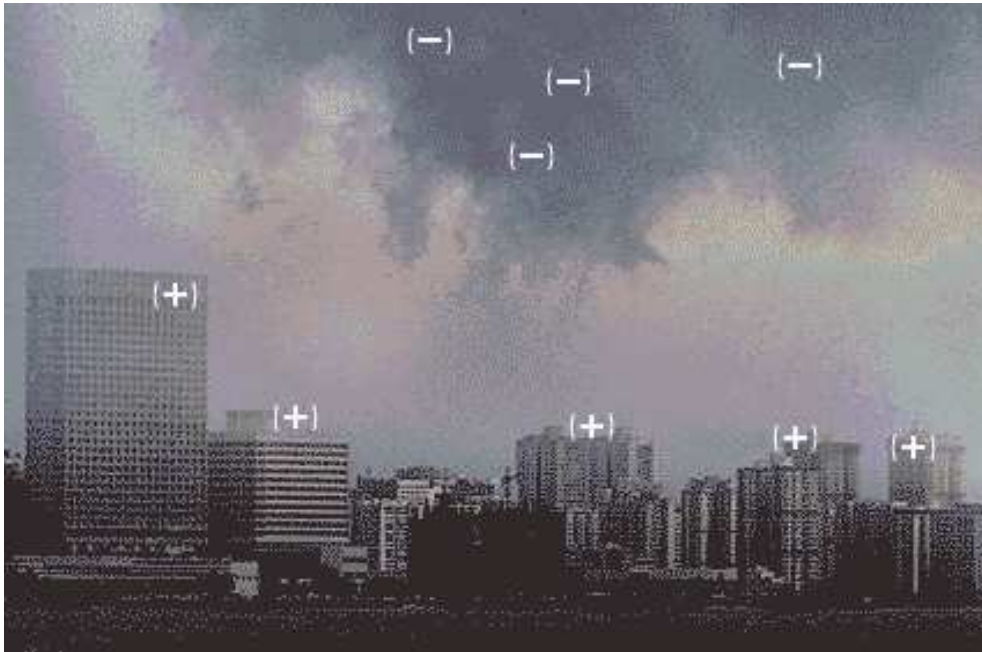
DESCARGA ATMOSFÉRICA

- ÁRVORES ATRAEM RAIOS ?

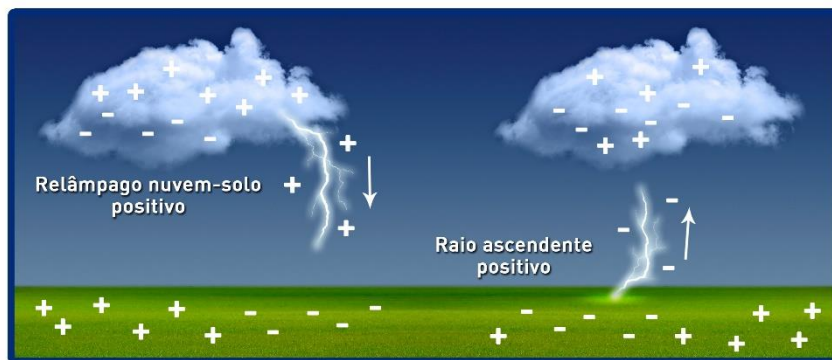
Não, porém há uma possibilidade maior de o raio atingir uma árvore pelo fato desta geralmente ser o ponto mais alto do local onde uma eventual descarga possa incidir.

- O PÁRA-RAIO (SPDA) ATRAI O RAIOS ?

Não, a instalação de um SPDA em nada altera a probabilidade de incidência de uma eventual descarga atmosférica sobre o local a proteger. O SPDA simplesmente “espera” que um raio caia onde ele está instalado, é chamado de sistema passivo.



DESCARGA
DESCENDENTE



TIPOS DE RAIOS

PINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

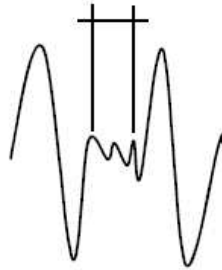
- À superposição das cargas em busca do solo **denomina-se líder** descendente.
- Da mesma forma as cargas do solo para a nuvem originam o líder ascendente.
- O encontro dos líderes ascendente e descendente dá origem ao canal da descarga atmosférica.

EFEITOS

- **Danos ao seres humanos** causados por raios
 - Em áreas abertas as pessoas estão susceptíveis ao **impacto direto dos raios** (especialmente quando estão em pé), descargas laterais, descargas induzidas, tensões de passo e toque.

CENTELHAMENTO

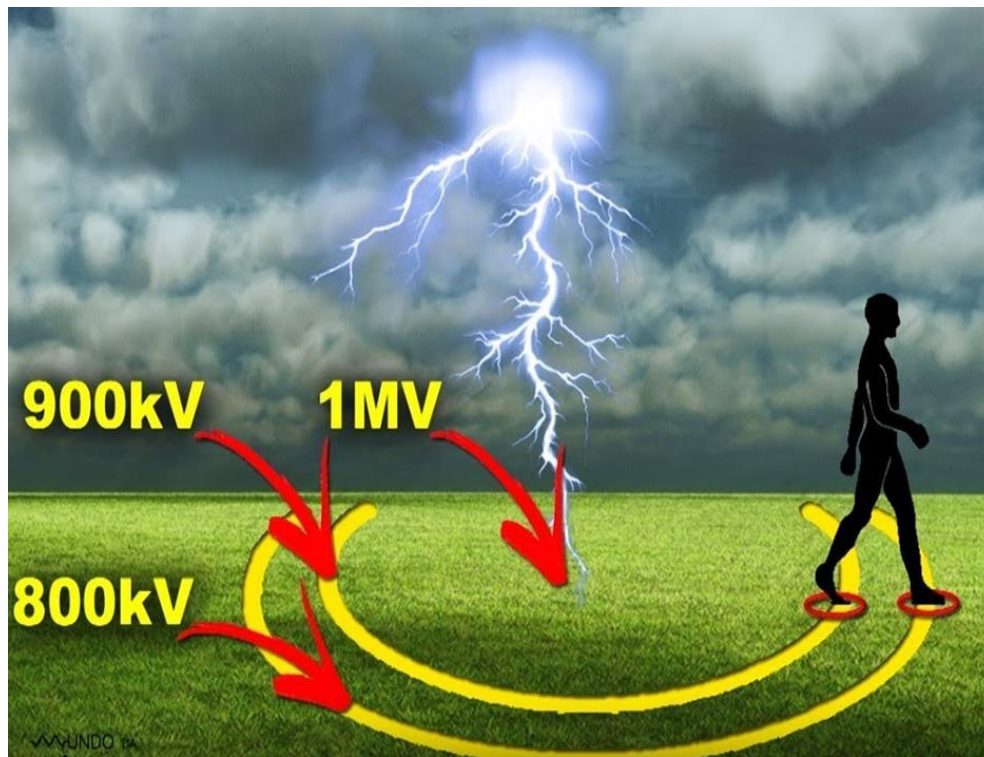
- Perigo ficar embaixo de árvores
- Perigo ficar embaixo de pequenas construções e marquises



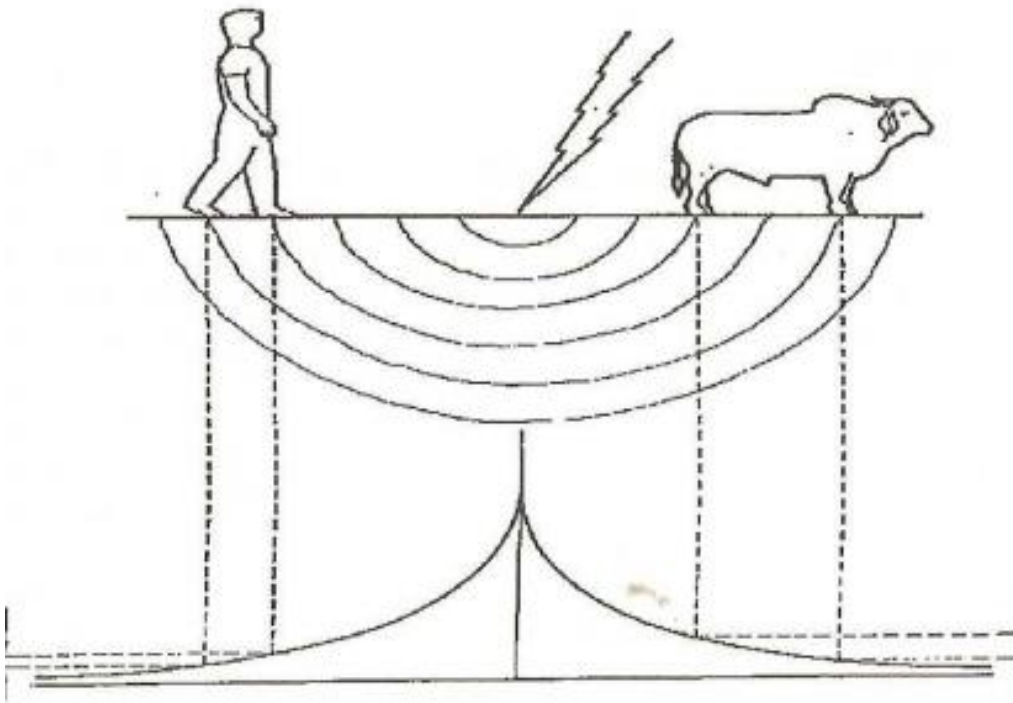
FIBRILAÇÃO CARDÍACA

TENSÃO DE PASSO

- Quando um raio atinge o solo, a corrente de descarga é dispersada através das várias camadas do mesmo. Um elevado aumento de potencial ocorre no ponto de impacto.
- Já quando um raio atinge edifícios, estruturas ou árvores, a corrente impulsiva flui para o solo através de caminhos de ligação à terra e também produz potenciais perigosamente elevados no solo.



TENSÃO DE PASSO



TENSÃO DE PASSO

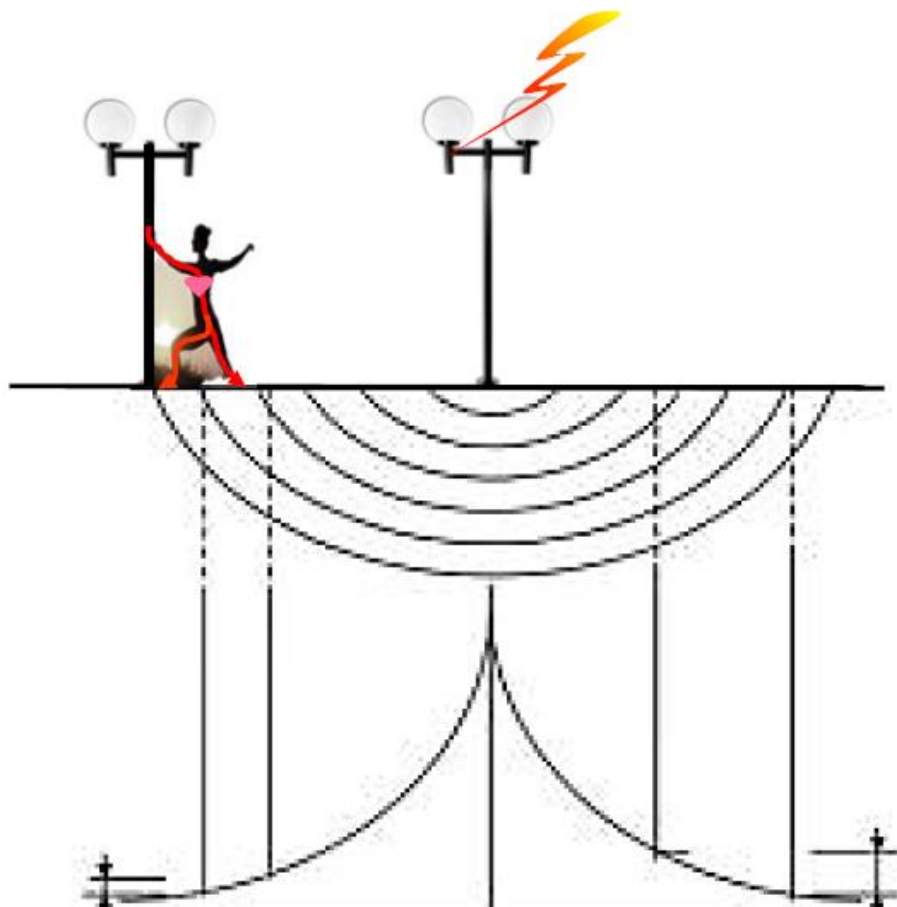


TENSÃO DE PASSO



TENSÃO DE TOQUE

- Tensão de toque ocorre quando uma pessoa toca acidentalmente um elemento energizado (cabo, poste metálico,...)
- Esse efeito ocorre também quando uma pessoa toca um superfície metálica no momento em que a mesma sofre uma descarga atmosférica



TENSÃO
DE TOQUE

DESCARGA EM ESTRUTURAS

- Danos em estruturas externas as edificações e internas
- Incêndios
- Dano ao Patrimônio público



DANOS A ESTRUTURAS





DANOS A ESTRUTURAS



RESPONSABILIDADES

RESPONSABILIDADE

- Órgãos estaduais e municipais, nessa ordem, prevalecem na determinação da necessidade da PDA através de

DISPOSITIVOS LEGAIS

- Uma vez determinada a necessidade ou em caso da ausência de leis pertinentes

NBR 5419

RESPONSABILIDADE

LEI Nº 1710, DE 13 DE OUTUBRO DE 1997
DODF DE 14.10.1997

- Art. 1º A proteção de estruturas contra descargas atmosféricas realizar-se-á nos termos da Norma Brasileira NBR 5419, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, desta Lei, do respectivo regulamento e de demais atos normativos complementares que vierem a ser baixados.

HISTÓRICO

- NB 165:1970 – Proteção de estruturas contra descargas elétricas atmosféricas, 6 páginas (primeira revisão do docto de 1950);
- NBR 5419:1977 – Proteção de edificações contra descargas elétricas atmosféricas, 16 páginas;
- **NBR 5419:1993 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – 27 páginas;**
- NBR 5419:2001 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – 32 páginas;
- NBR 5419:2005 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – 42 páginas.

HISTÓRICO

- **NBR 5419:2015 – 1 a 4 → Proteção contra Descargas Atmosféricas**

309 páginas de conteúdo divididas em quatro partes:

- **Parte 1 - Princípios gerais**
- **Parte 2 - Gerenciamento de risco**
- **Parte 3 - Danos físicos a estruturas e perigos à vida**
- **Parte 4 - Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura**

**Texto base: IEC 62305 – 1 a 4:
Protection against lightning**

NORMAS AUXILIARES

- **ABNT NBR 5410 — Instalações elétricas de baixa tensão**
- ABNT NBR 6323 — Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido – Especificação
- ABNT NBR 13571 — Haste de aterramento aço-cobreado e acessórios
- **ABNT NBR 15749 — Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento**
- ABNT NBR IEC 60050-426 — Vocabulário eletrotécnico internacional – Parte 426: Equipamentos para atmosferas explosivas
- ABNT NBR IEC 60079-10-1 — Atmosferas explosivas – Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás

NORMAS AUXILIARES

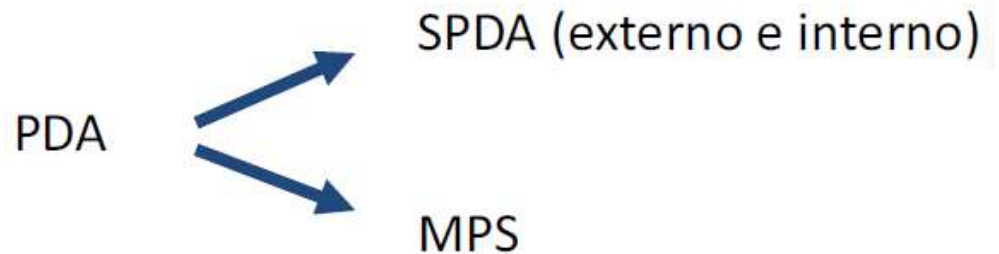
- ABNT NBR IEC 60079-10-2 — Atmosferas explosivas – Parte 10-2: Classificação de áreas – Atmosferas de poeiras combustíveis
- ABNT NBR IEC 60079-14 — Atmosferas explosivas – Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas
- IEC 60664-1 — Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests
- **ABNT NBR IEC 61643-1 — Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão – Parte 1: Dispositivos de proteção conectados a sistemas de distribuição de energia de baixa tensão – Requisitos de desempenho e métodos de ensaio**

ANÁLISE

- NBR 5419:2015 de 22.05.2015, validada em 22.06.2015.
- Quando utilizar?
- A utilização é opcional ou compulsória?

OBJETIVO

- **Padronizar** → Projeto, Instalação, Inspeção e Manutenção da PDA, para proteger as estruturas contra a incidência direta dos raios e as instalações e equipamentos contra seus efeitos indiretos.



ANÁLISE

- SPDA – Sistema de proteção contra descargas atmosféricas

subsistema de captação;

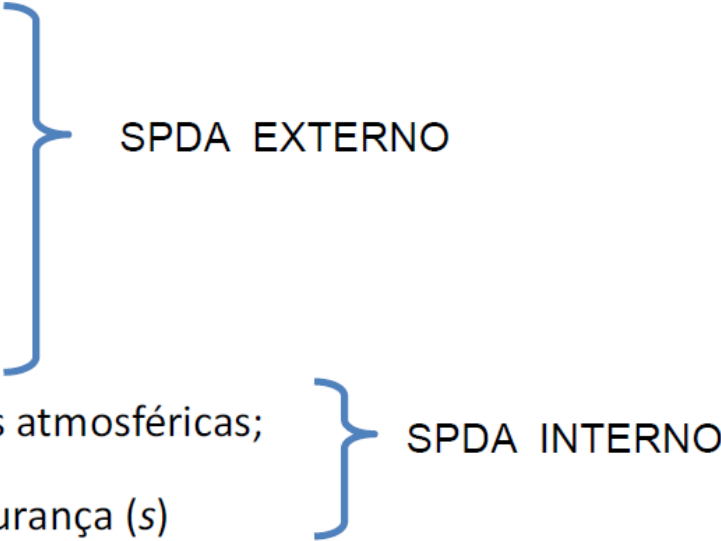
subsistema de descida;

subsistema de aterramento;

materiais e conexões

ligação equipotencial para descargas atmosféricas;

isolação elétrica → distância de segurança (s)



SPDA EXTERNO

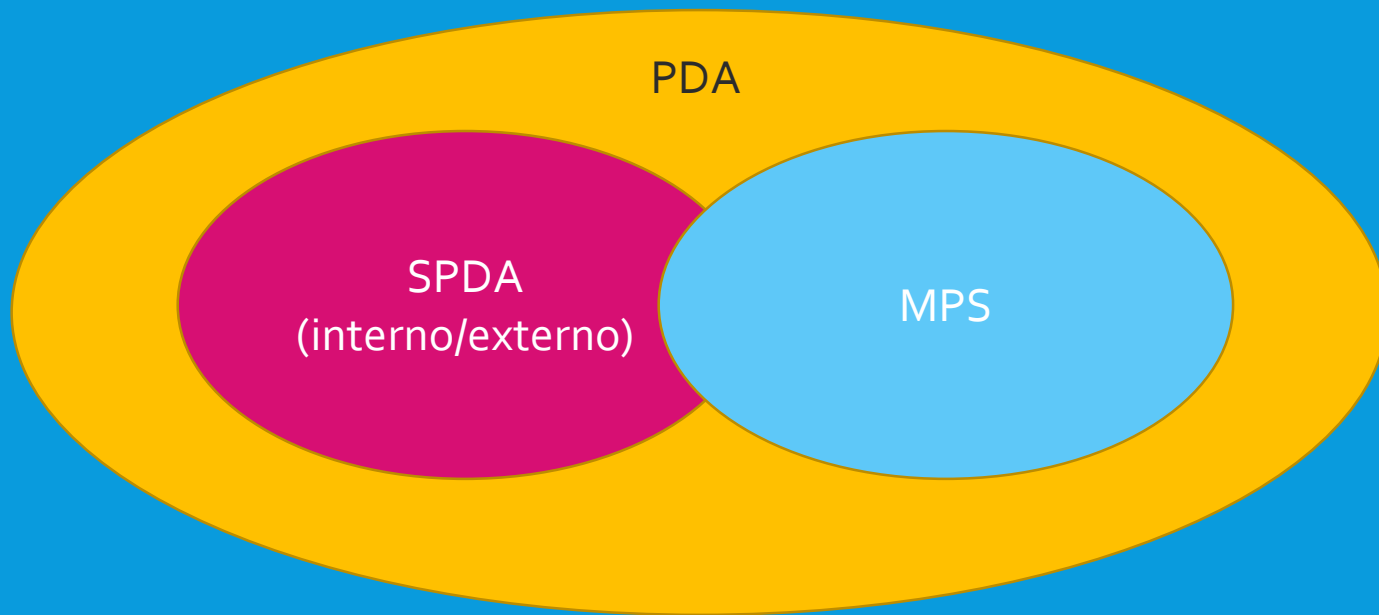
SPDA INTERNO

MPS

MEDIDA DE PROTEÇÃO CONTRA SURTO

- equipotencialização correta (direta ou através de DPS);
- utilização adequada do subsistema de aterramento;
- blindagem;
- roteamento de condutores.

NBR 5419:2015 - RESUMO



NÍVEL DE PROTEÇÃO

NÍVEL DE PROTEÇÃO (NP)

Número associado a um conjunto de parâmetros da corrente da descarga atmosférica para garantir que os valores especificados em **projeto não estão super ou subdimensionados** quando da ocorrência de uma descarga atmosférica.

NÍVEL DE PROTEÇÃO (NP)

Os valores máximos dos parâmetros das correntes das descargas atmosféricas para os diferentes níveis de proteção são dados usados:

- Para projetar componentes de proteção contra descargas atmosféricas:
 - seção transversal dos condutores,
 - espessuras das chapas metálicas,
 - capacidade de condução de corrente dos DPS,
 - distância de segurança contra centelhamentos perigosos

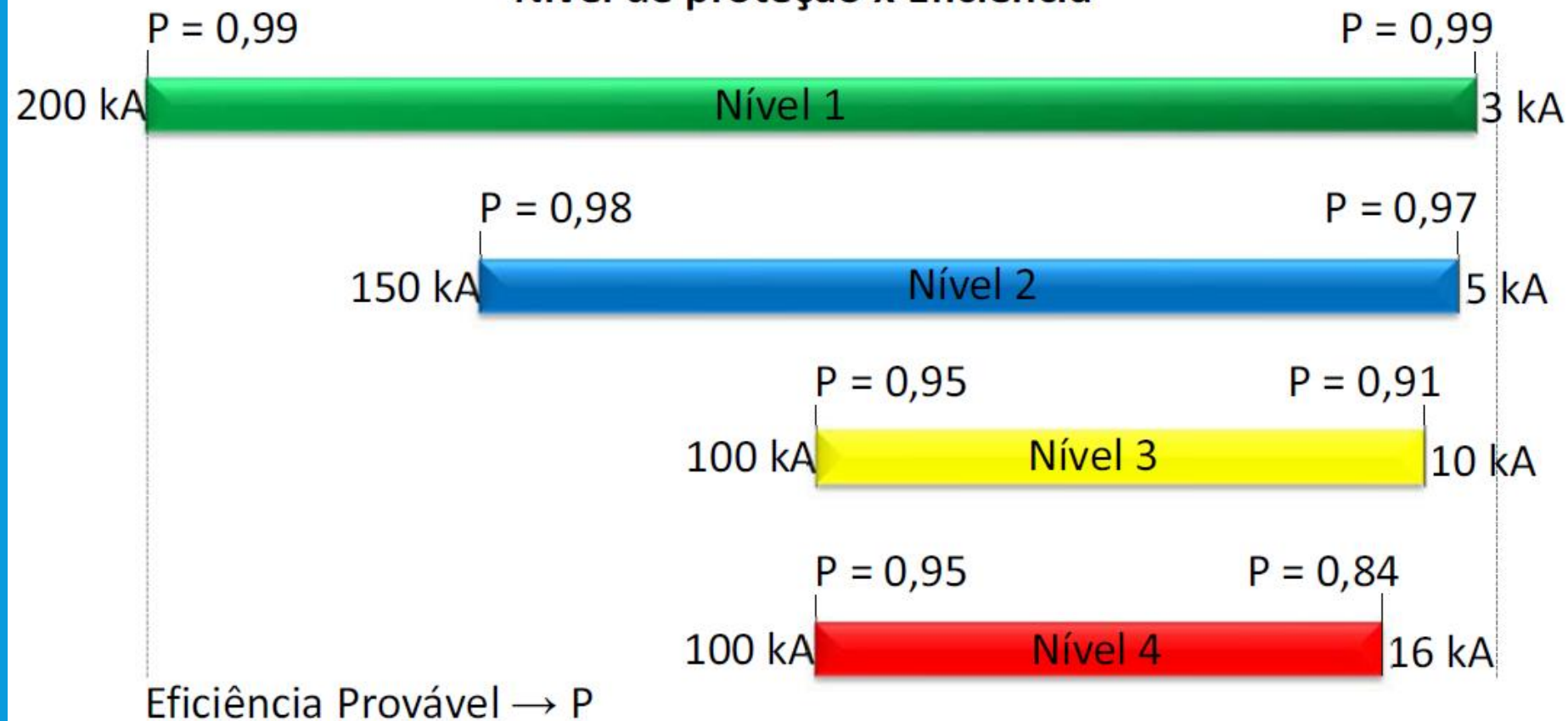
NÍVEL DE PROTEÇÃO (NP)

- Valores máximos dos parâmetros das descargas atmosféricas correspondentes aos níveis de proteção (NP)

Primeiro impulso positivo			NP			
Parâmetros da corrente	Símbolo	Unidade	I	II	III	IV
Corrente de pico	I	kA	200	150	100	
Carga do impulso	Q_{curta}	C	100	75	50	
Energia específica	W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5	
Parâmetros de tempo	T_1 / T_2	$\mu s / \mu s$	10/350			

NÍVEL DE PROTEÇÃO (NP)

Nível de proteção x Eficiência



NÍVEL DE PROTEÇÃO X CLASSE

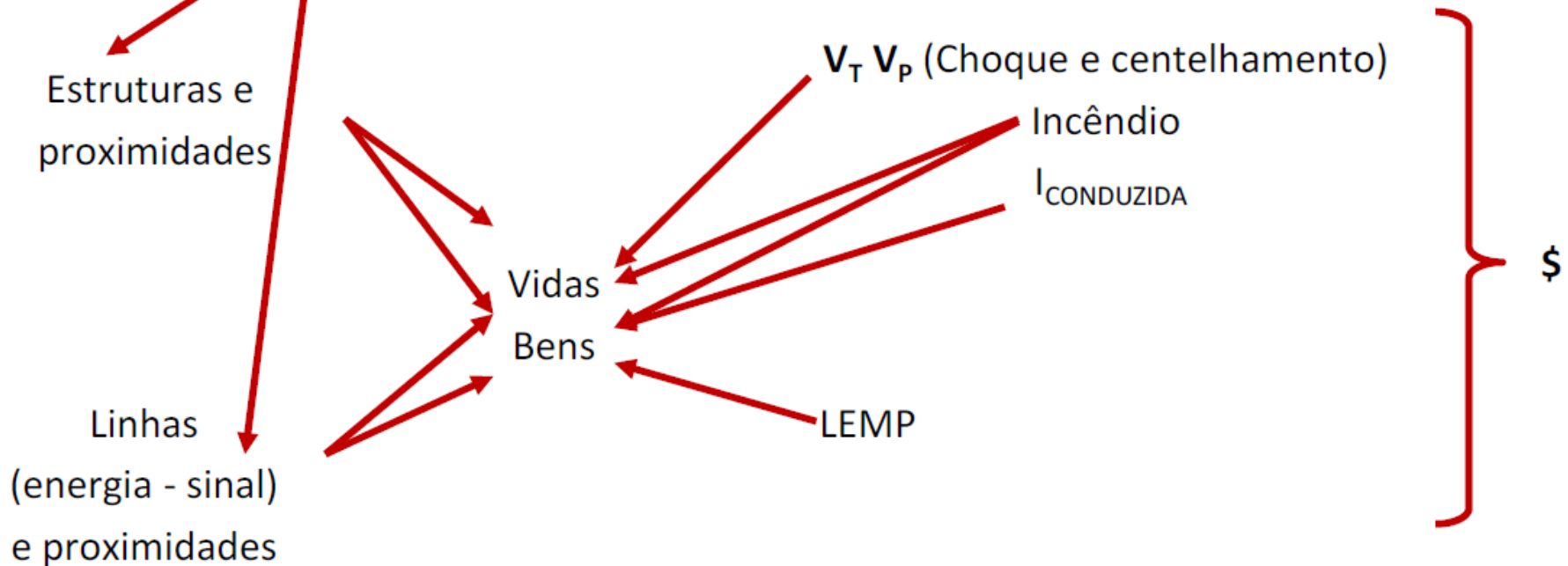
- Classe do SPDA → denota a classificação de um SPDA de acordo com o nível de proteção para o qual ele é projetado

Nível de proteção	Classe do SPDA
I	I
II	II
III	III
IV	IV

GERENCIAMENTO DE RISCO

GERENCIAMENTO DE RISCO

RISCO de ocorrer **DANO** causando **PERDA**



TIPOS DE DANOS

Depende do tipo da construção, conteúdos e aplicação, tipo da instalação de serviço e medidas de proteção adotadas.

- D1 - Ferimentos nos seres vivos
- D2 - Danos físicos às estruturas
- D3 - Falhas nos sistemas elétricos e eletrônicos

RISCOS

Riscos a serem avaliados em uma estrutura

- R1: risco de perda de vida humana
- R2: risco de perda de instalação de serviço ao público
- R3: risco de perda de memória cultural
- R4: risco de perda de valor econômico

RISCOS

RISCO → VALOR DE UMA PROVÁVEL PERDA MÉDIA ANUAL (VIDA E BENS) DEVIDO ÀS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, EM RELAÇÃO AO VALOR TOTAL (VIDA E BENS) DO OBJETO A SER PROTEGIDO.

Depende de:

- o número anual de descargas atmosféricas que influenciam a estrutura;
- a probabilidade de dano causado por descargas atmosféricas incidentes;
- a quantidade média das perdas causadas.

ANÁLISE DO RISCOS

Análise dos componentes de risco:

$$RX = NX \cdot PX \cdot LX$$

RX - é o risco calculado

NX - é o número de eventos perigosos por ano → Anexo A

PX - é a probabilidade de dano à estrutura
Anexo B

LX - é a perda consequente → Anexo C

RX

Composição dos riscos relacionados a uma estrutura

- R₁ – risco de perdas de vidas humanas

$$R_1 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$$

- R₂ - Risco de perdas de serviço ao público

$$R_2 = RB + RC + RM + RV + RW + RZ$$

- R₃ - Risco de perdas de patrimônio cultural

$$R_3 = RB + RV$$

- R₄ – Risco de perdas de valor econômico

$$R_4 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$$

ANÁLISE DO RISCO

Componente de Risco	Tipo de dano	Fonte de dano
R_A	Ferimentos a seres vivos	Descarga na estrutura
R_B	Danos físicos na estrutura	Descarga na estrutura
R_C	Falha dos sistemas internos	Descarga na estrutura
R_M	Falha dos sistemas internos	Descarga próxima da estrutura
R_U	Ferimentos a seres vivos	Descarga na linha conectada
R_V	Danos físicos na estrutura	Descarga na linha conectada
R_W	Falha dos sistemas internos	Descarga na linha conectada
R_Z	Falha dos sistemas internos	Descarga próxima à linha conectada

NÚMERO DE EVENTOS - NX

Número de eventos perigosos

- ND - Devido a descargas na estrutura
 - NM - Devido a descargas perto da estrutura
 - NL - Devido a descargas em uma linha conectada à estrutura
 - NI - Devido a uma descarga perto de uma linha conectada à estrutura
 - NDJ - Devido a uma descarga a uma estrutura adjacente
-
- Desenvolvimento do cálculo é realizado no Anexo A

NÚMERO DE EVENTOS - NX

O número de eventos perigosos (NX) é afetado pela densidade de descargas atmosféricas para a terra (NG) e pelas características físicas da estrutura a ser protegida, sua vizinhança, linhas conectadas e o solo → (Anexo A)

O mapa de densidade de descargas atmosféricas foi gerado pelo ELAT/INPE, durante o período de 1998 a 2011.

Link:

http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng

PROBABILIDADE DE DANO - P_X

- É afetada pelas características da estrutura a ser protegida, das linhas conectadas e das medidas de proteção existentes e adotadas.
- Para cada componente de risco é definida uma probabilidade de dano à estrutura distinta

Desenvolvimento do cálculo é realizado no Anexo B

PERDA CONSEQUENTE- LX

- É afetada pelo uso para o qual a estrutura foi projetada,
- a frequência das pessoas,
- o tipo de serviço fornecido ao público,
- o valor dos bens afetados pelos danos e
- as medidas providenciadas para limitar a quantidade de perdas

Desenvolvimento do cálculo é realizado no Anexo C

ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO

$$C_{RL} + C_{PM} < C_L$$

Custo das
perdas com
proteção

Custo com
a proteção

Custo das
perdas sem
proteção

SISTEMA EXTERNO DE PROTEÇÃO – PARTE 3

SPDA – PARTE 3

O SPDA externo é **projetado para interceptar as descargas atmosféricas** diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais e **conduzir a corrente** da descarga atmosférica do ponto de impacto à terra. Tem também a finalidade de **dispersar esta corrente** na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem **centelhamentos que possam iniciar fogo ou explosões** ou ainda **tensões superficiais perigosas** às pessoas.

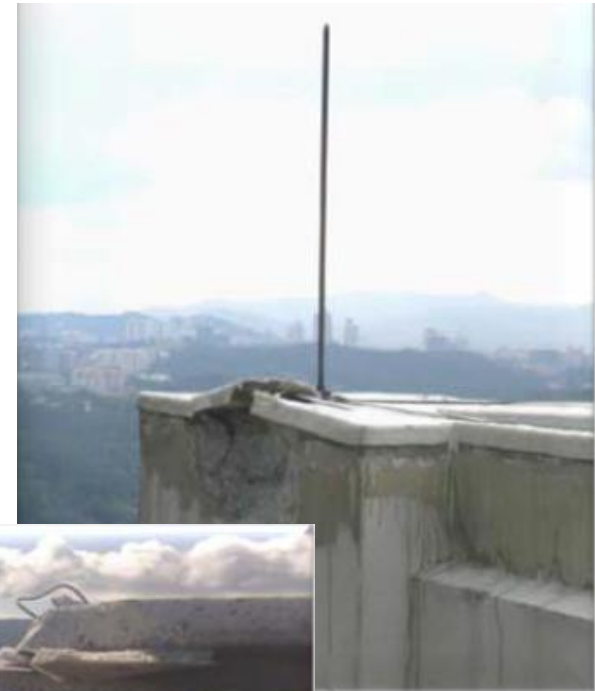
SUBSISTEMA DE CAPTAÇÃO

SPDA – PARTE 3

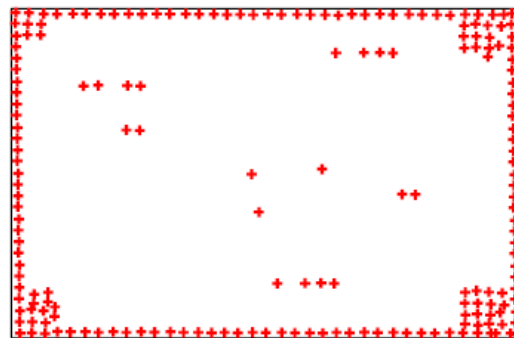
Componentes do subsistema de captação instalados na estrutura devem ser posicionados nos **cantos salientes, pontas expostas e nas beiradas** (especialmente no nível superior de qualquer fachada) de acordo com Métodos de cálculo normalizados.

POSICIONAMENTO DE CAPTORES

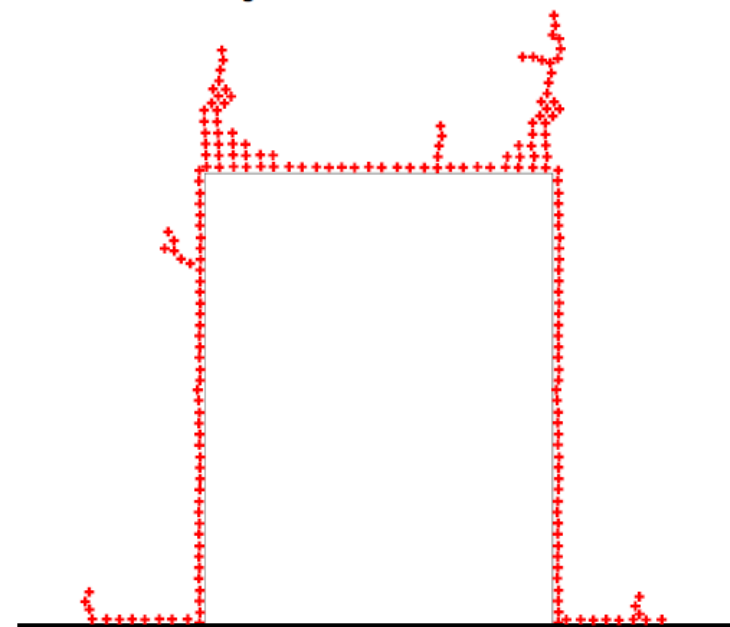
Os raios preferem os cantos:



CONCENTRAÇÃO DE CARGAS



Planta



Lateral

TIPOS

Métodos para calcular o subsistema de captação do SPDA:

1. Método das malhas (conhecido como Gaiola de Faraday);
2. Método do ângulo de proteção (conhecido como Franklin);
3. Método da esfera rolante (Modelo Eletrogeométrico).

TIPOS

Qual o melhor ou mais eficiente?

Não há comprovação técnica de métodos melhores ou piores. É necessário avaliar a conveniência de projeto e instalação.

TABELA 1 DA NBR 5419:2005

		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
Nível de proteção	R m h 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.

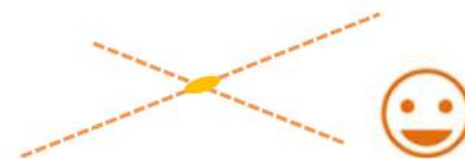
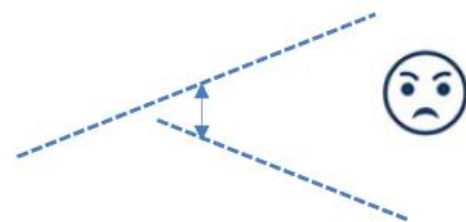
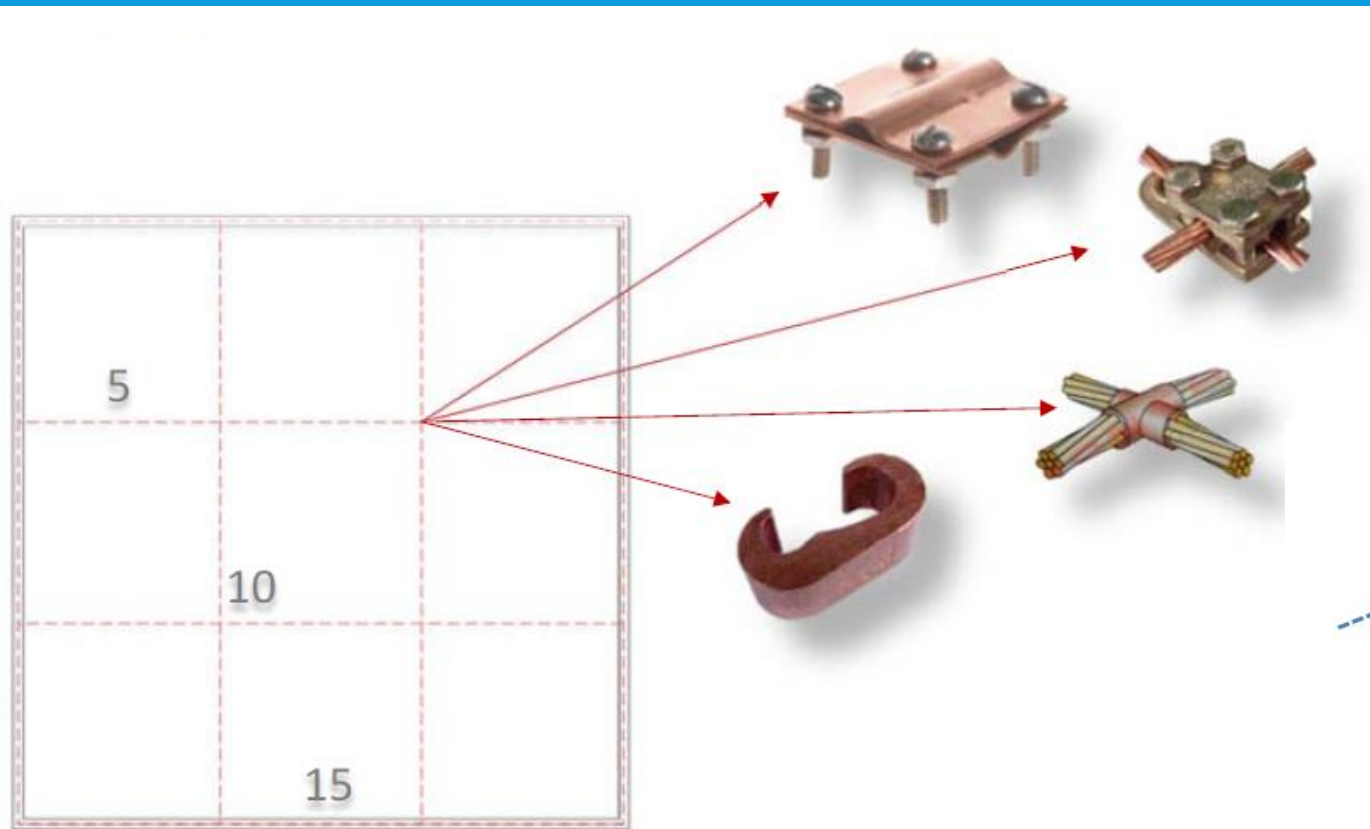
2 O módulo da malha deverá constituir um anel fechado, com o comprimento não superior ao dobro da sua largura.

TABELA 2 DA NBR 5419:2015

Tabela 2 – Valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA

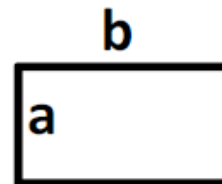
— Classe do SPDA	Método de proteção		
	Raio da esfera rolante - R m	Máximo afastamento dos condutores da malha m	Ângulo de proteção α°
I	20	5 × 5	Ver Figura 1
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	

MÉTODO DAS MALHAS (FARADAY)



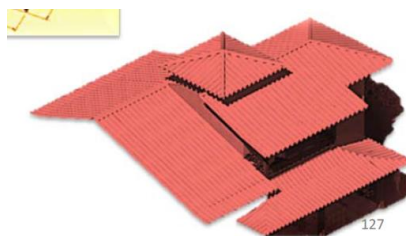
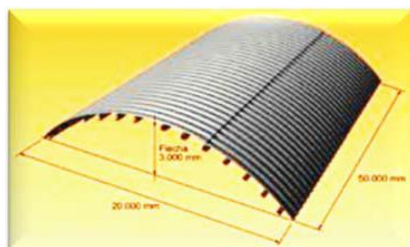
MÉTODO DAS MALHAS

Cálculo na versão 2005 $\rightarrow b \leq 2a$

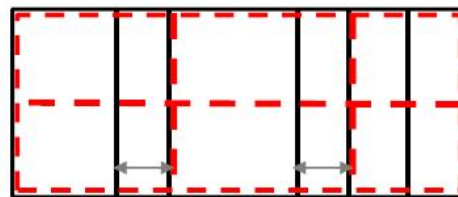
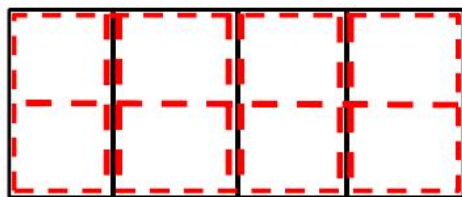


Cálculo na versão 2015 $\rightarrow$ Valores fixos

Classe do SPDA	Máximo afastamento dos condutores da malha (m)
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20



NÃO RECOMENDADO
MÉTODO DAS MALHAS

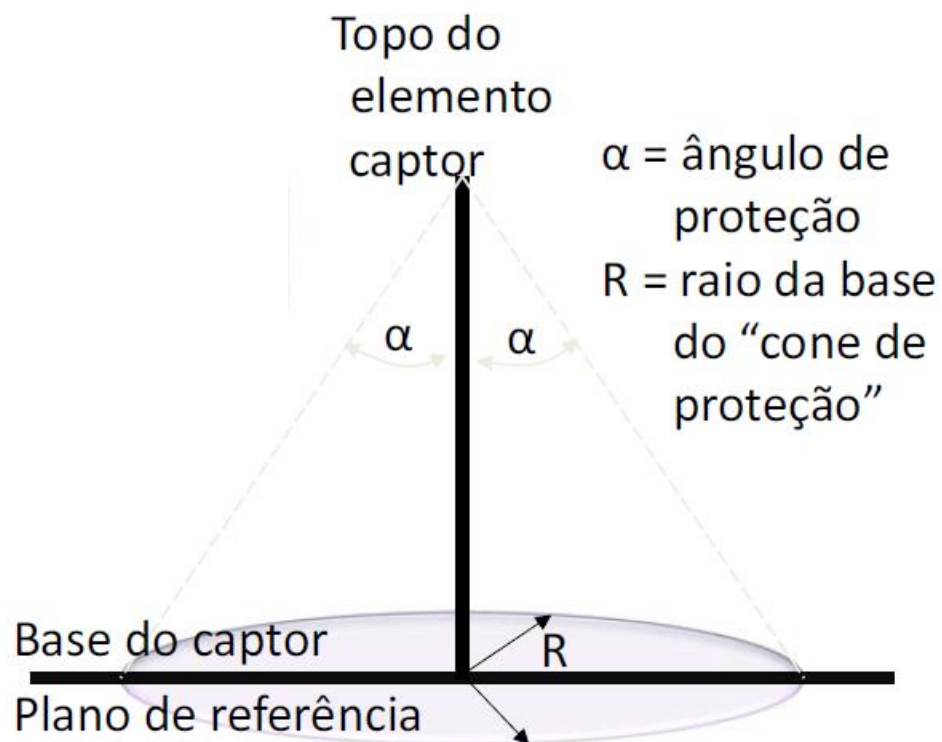


NÃO RECOMENDADO MÉTODO DAS MALHAS

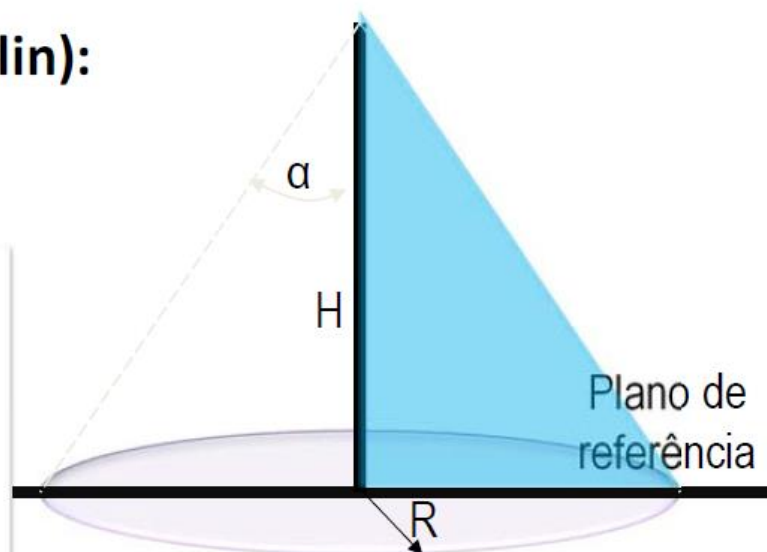
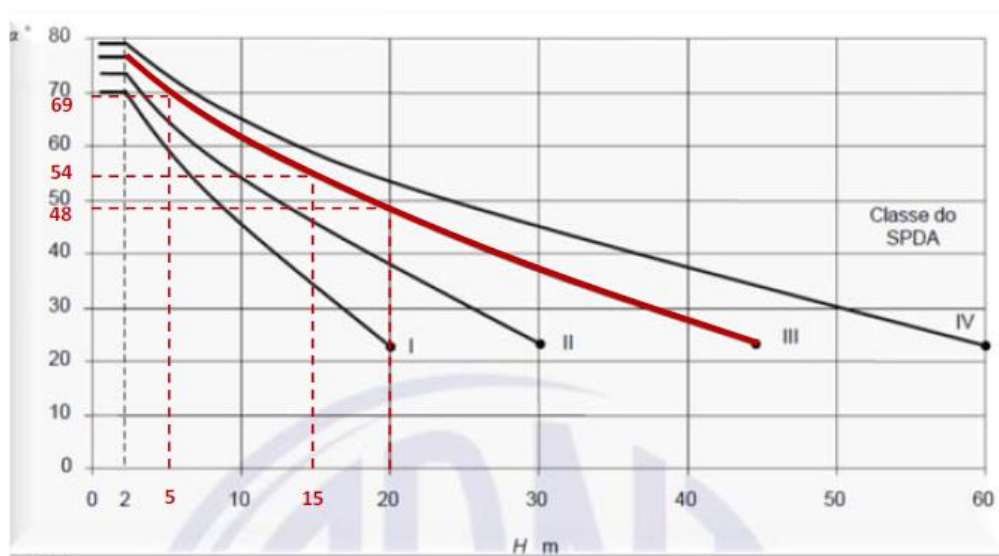
Desvantagem comercial em
telhados irregulares!



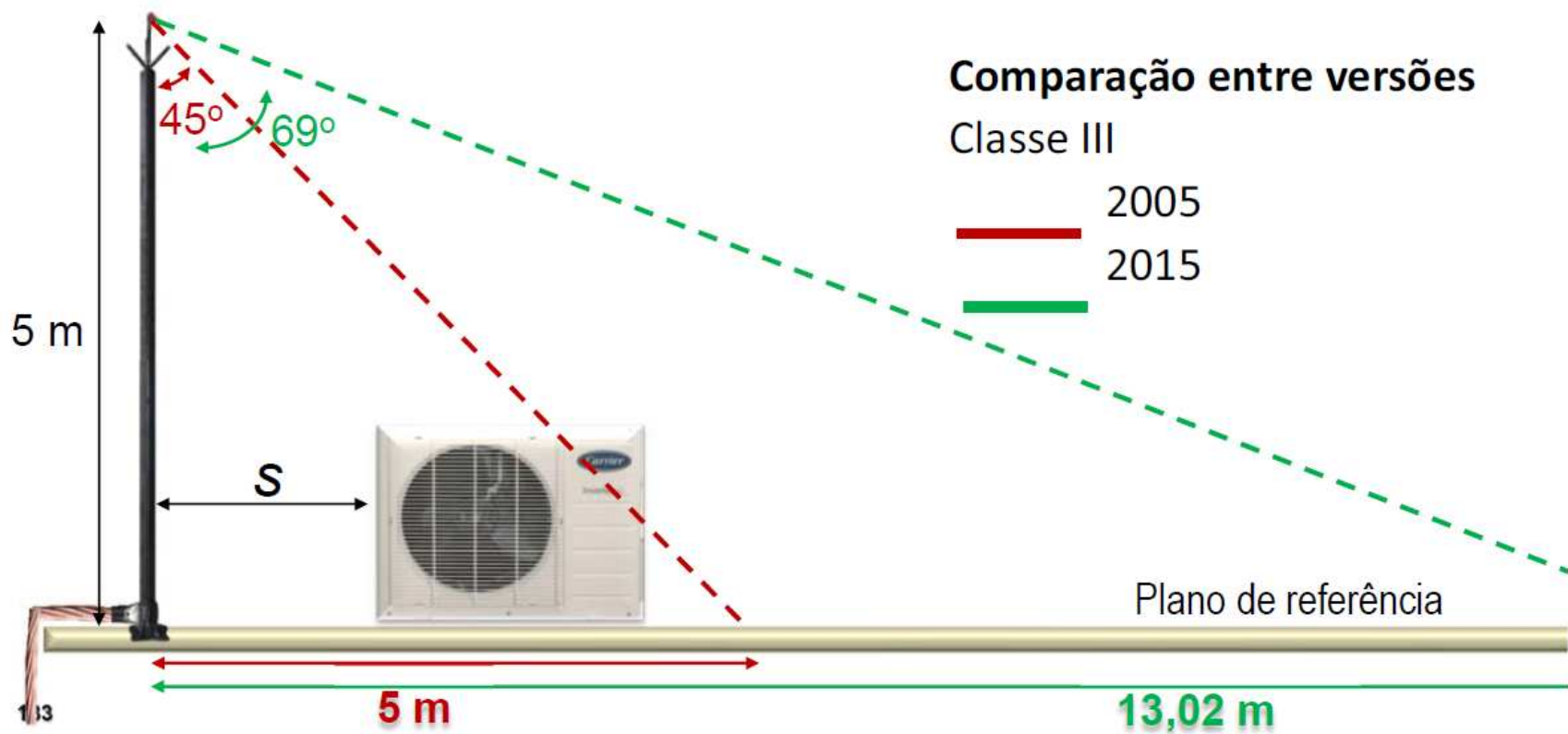
MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO (FRANKLIN)



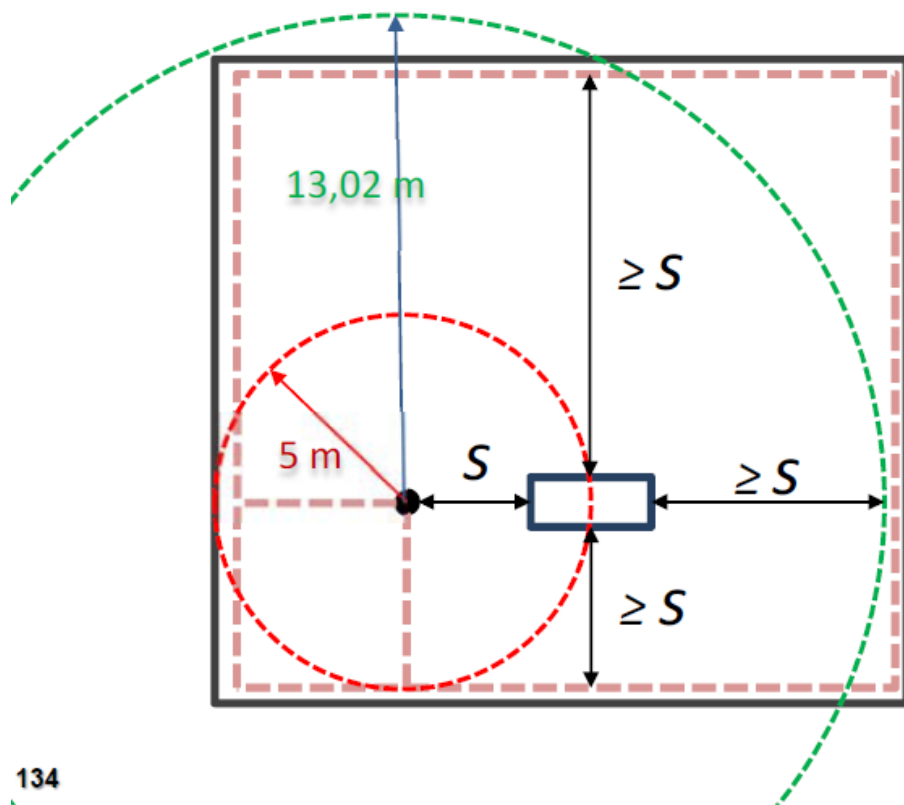
Método do ângulo de proteção (Franklin):



MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO (FRANKLIN)



MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO (FRANKLIN)



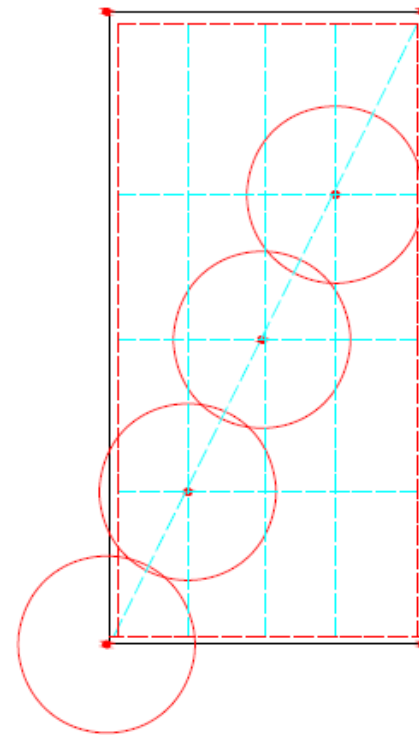
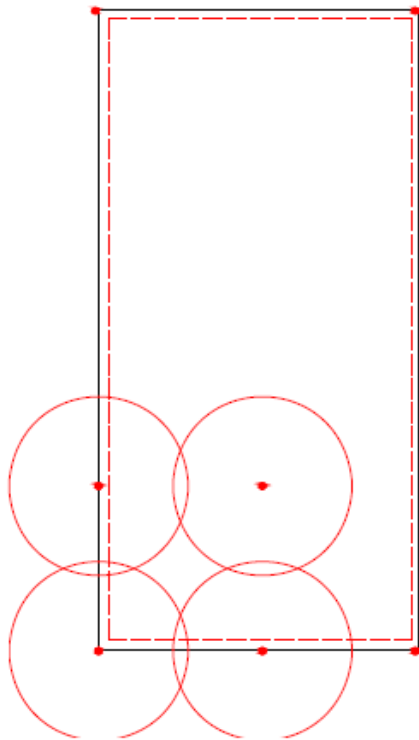
Comparação entre versões

Classe III

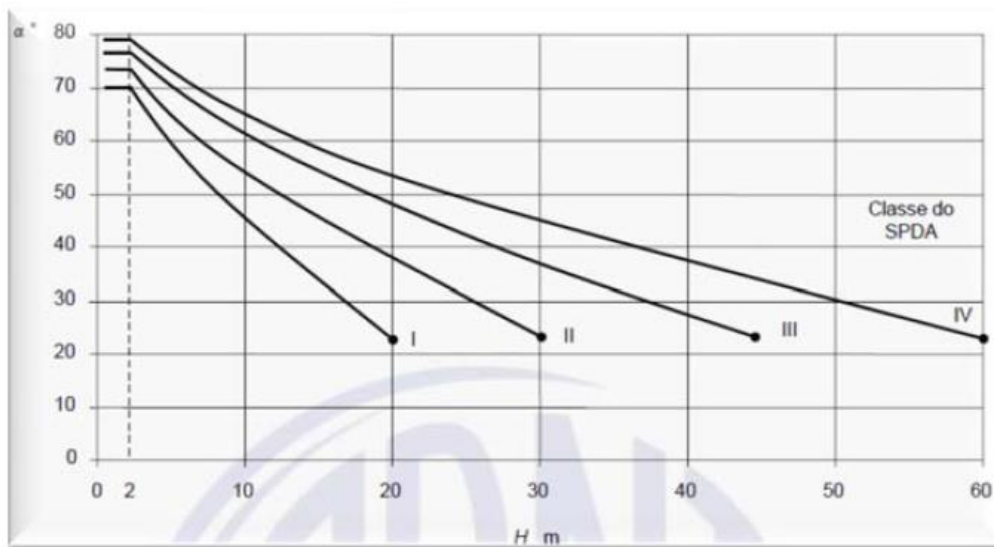
— 2005

— 2015

MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO (FRANKLIN)



EXEMPLO PARA DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS VERTICAIS
 N III - MINI CAPTOR 0,6 M $\rightarrow$ $0.6 \times TG 78 = 2,8$ M

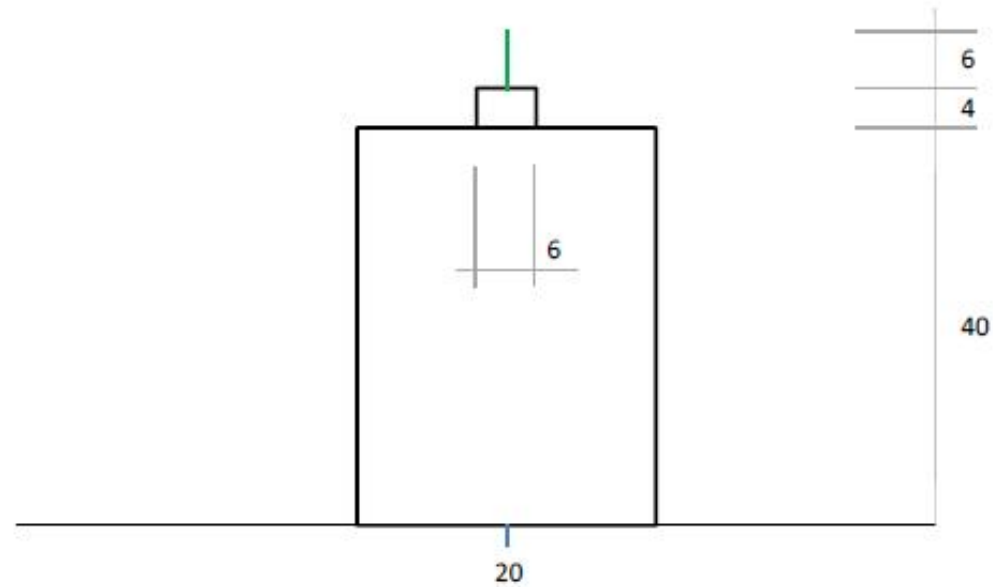


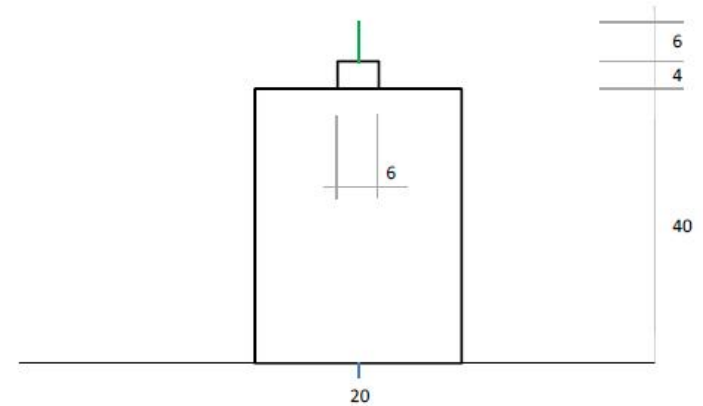
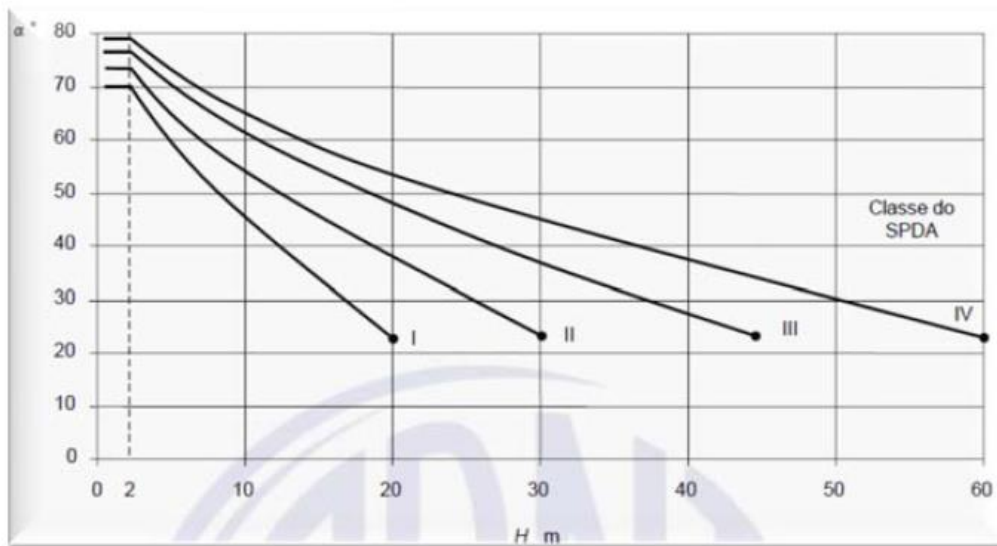
Raio de proteção = $H \times \tan \alpha$

$Hipot^2 = Cat1^2 + Cat2^2$

EXERCÍCIO:

ESTE SISTEMA DE
CAPTAÇÃO, NA
CLASSE III,
PROTEGE O
PRÉDIO?





MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO (FRANKLIN):

ESFERAS ROLANTES

Ocorre quando nenhum ponto da estrutura a ser protegida entrar em contato com uma esfera fictícia rolando ao redor e no topo da estrutura em todas as direções possíveis. O raio, r , dessa esfera depende da classe do SPDA.

Sendo assim, a esfera somente poderá tocar o próprio subsistema de captação.

ESFERAS ROLANTES

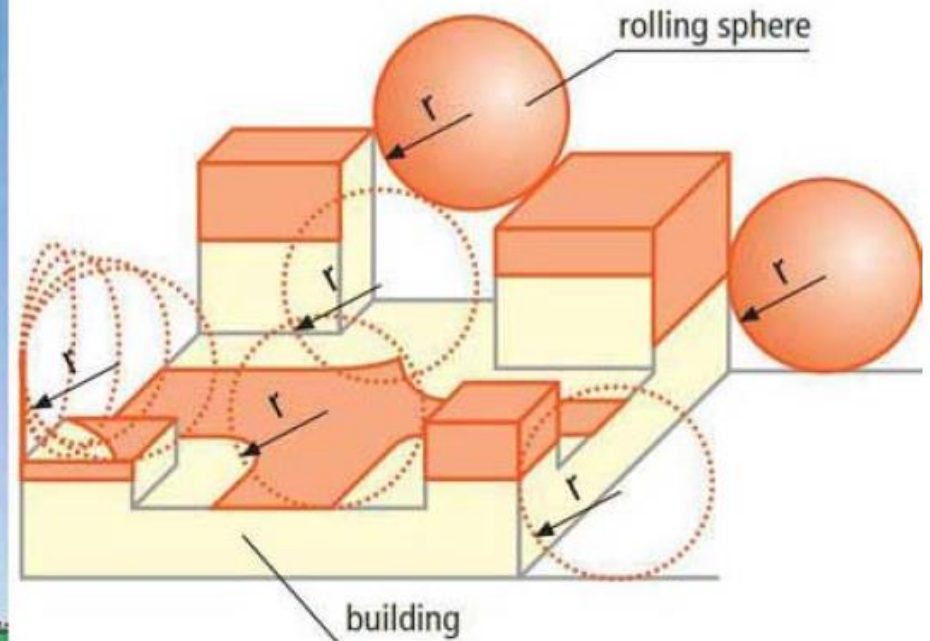
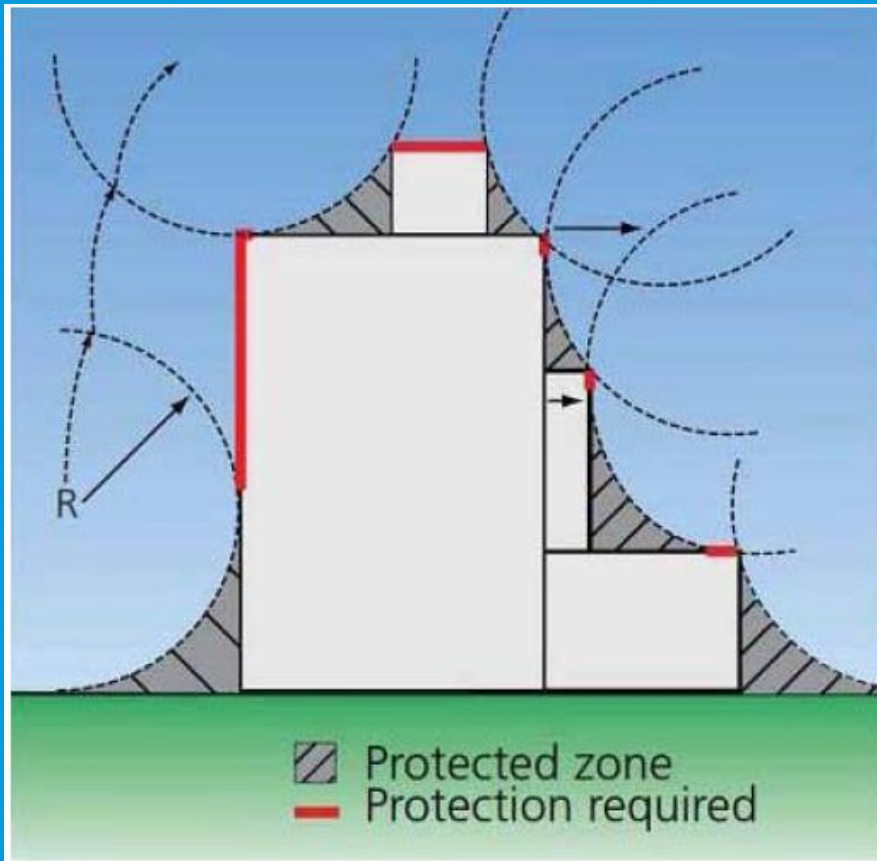
$$r = 10 \times I^{0,65}$$

r – raio da esfera (m)

I – corrente de pico (kA)

Classe do SPDA	Raio da esfera rolante r (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

MÉTODO DAS ESFERAS ROLANTES

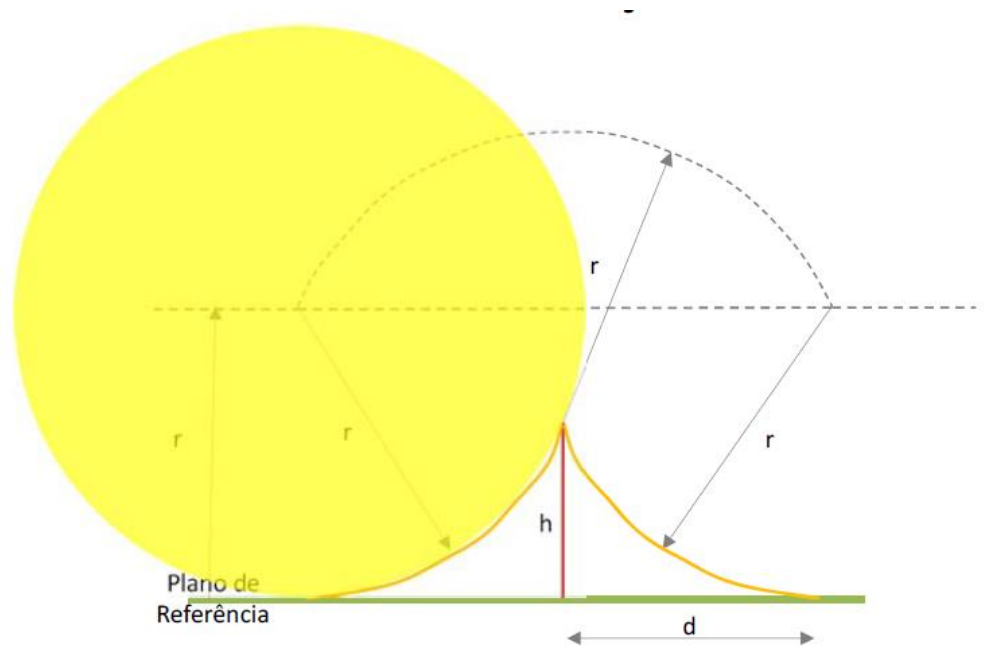


MÉTODO DA ESFERA ROLANTE - VERIFICAÇÃO GRÁFICA

**r – raio da esfera (m)
conforme o nível de
proteção**

h – altura do elemento vertical

**d – base do volume
de proteção
projetada no plano
de referência**



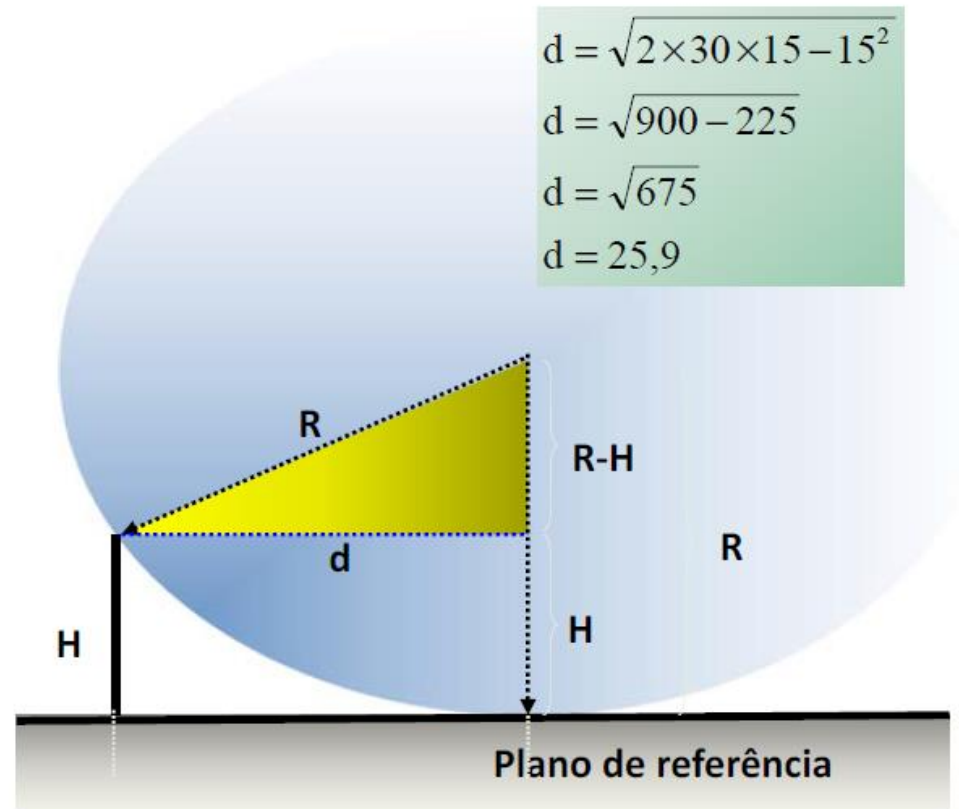
MÉTODO DA ESFERA ROLANTE - VERIFICAÇÃO GRÁFICA

Nível II, altura do
captor 15 m,
todas as dimensões
em metros

$$d^2 = R^2 - (R - H)^2$$

$$(R - H)^2 = R^2 + H^2 - 2 \times R \times H$$

$$d = \sqrt{2 \times R \times H - H^2}$$



$H \leq 60$ m de
altura:

SPDA externo
(convencional
ou pela estrutura)

60 m



$H > 60$ m de
altura:

SPDA externo
(convencional
ou pela estrutura)

com proteção
adicional em 20%
da altura a contar

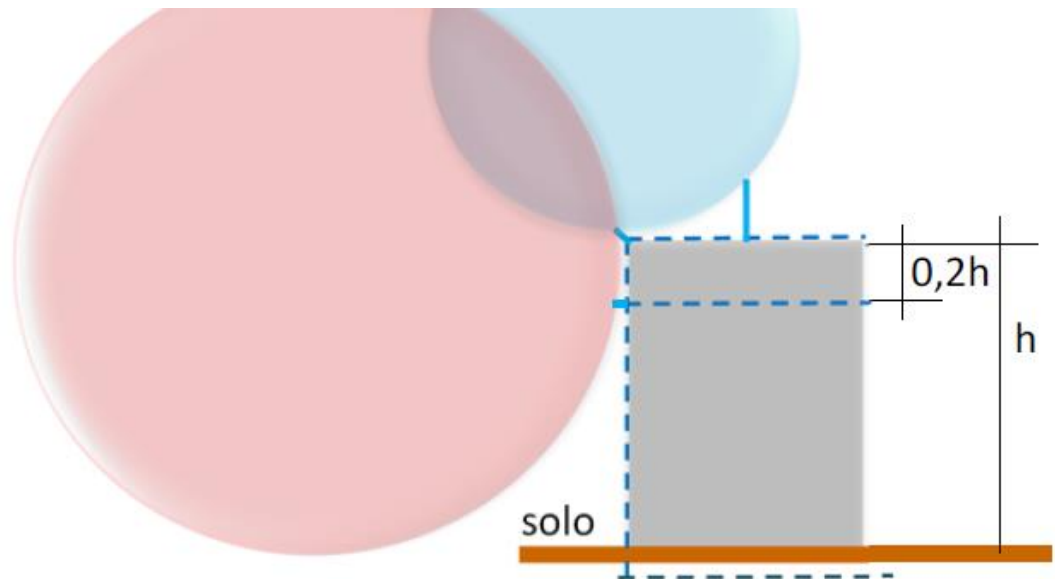
100 m



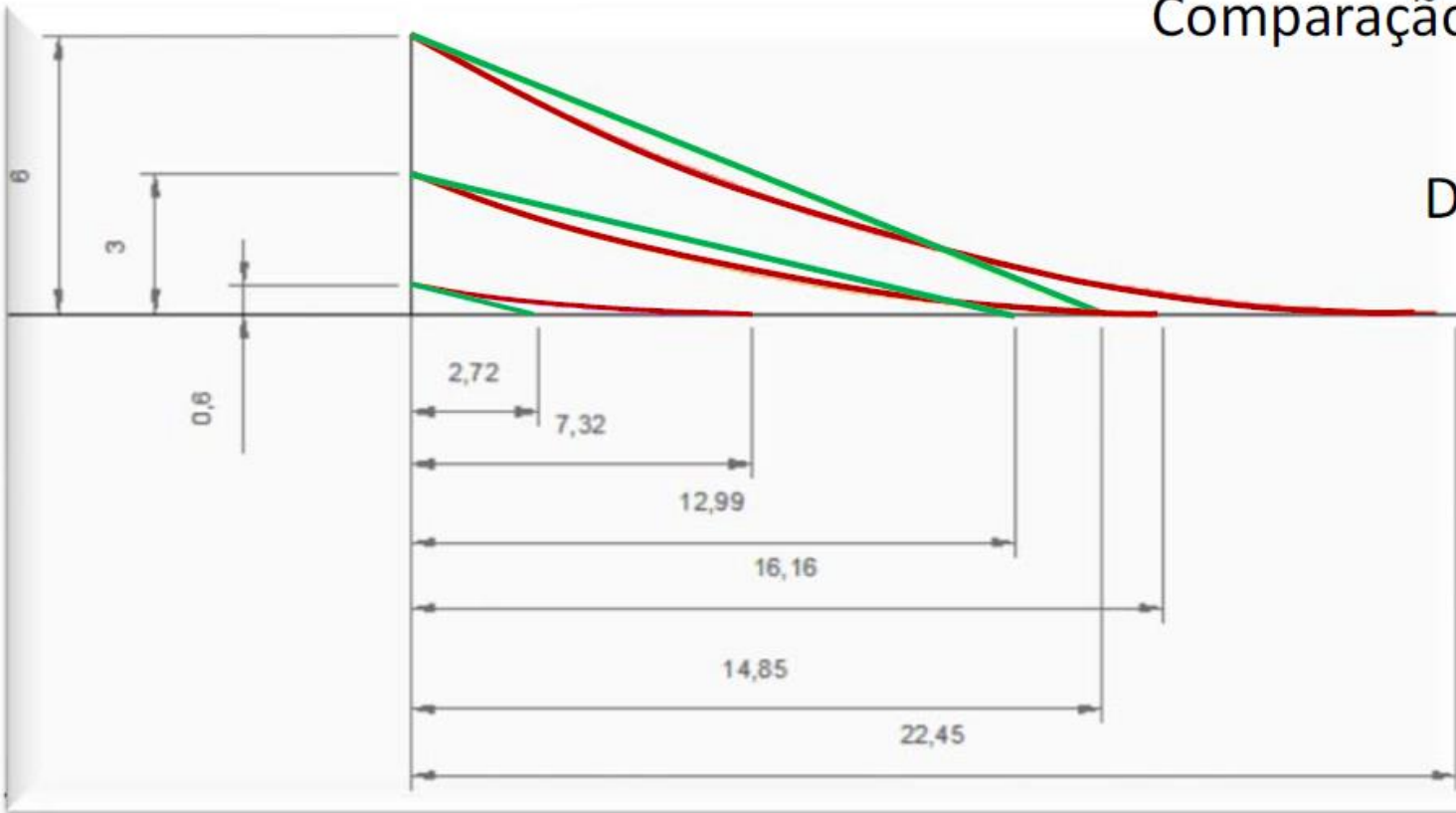
ANÁLISE DA PROTEÇÃO DE PRÉDIOS

ESFERAS ROLANTES CONSIDERAÇÕES

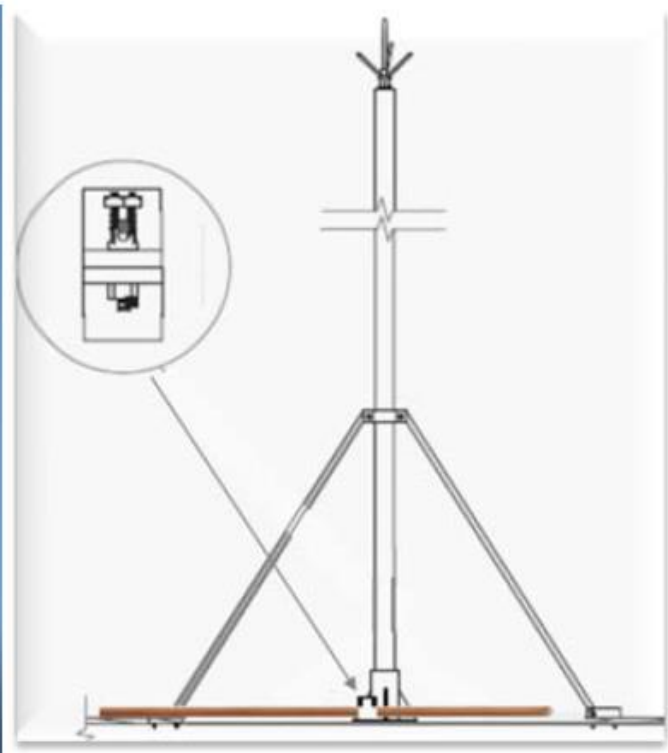
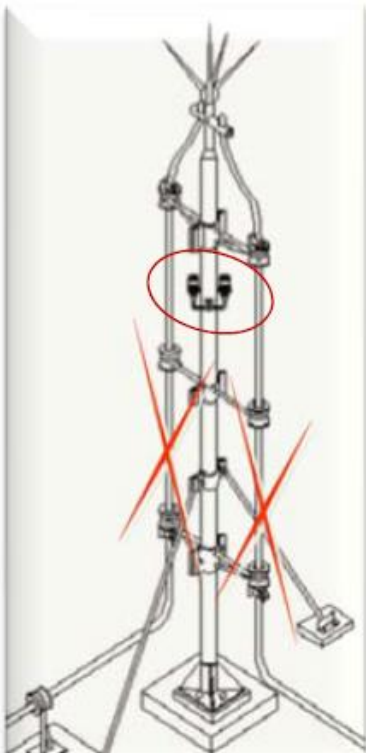
A instalação de **captação na lateral da parte superior das estruturas altas, acima de 60 m de altura**, (tipicamente a **20 % do topo da altura** da estrutura) deve ser considerada. Neste caso, o método da esfera rolante é aplicado somente para o posicionamento do subsistema de captação na parte superior da estrutura.



Comparação entre métodos
SPDA classe III
Dimensões em m



COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS CLASSE III



CAPTORES INDIVIDUAIS DEVEM SER INTERCONECTADOS AO NÍVEL DA COBERTURA PARA ASSEGURAR A DIVISÃO DE CORRENTE EM PELO MENOS DOIS CAMINHOS.

5.2 Subsistema de captação

5.2.1 Geral



A probabilidade de penetração da corrente da descarga atmosférica na estrutura é consideravelmente limitada pela presença de subsistemas de captação apropriadamente instalados.

Subsistemas de captação podem ser compostos por qualquer combinação dos seguintes elementos:

- hastes (incluindo mastros);
- condutores suspensos;
- condutores em malha.

Para estar conforme esta Norma, todos os tipos de subsistemas de captação devem ser posicionados de acordo com 5.2.2, 5.2.3 e Anexo A. Todos os tipos de elementos captadores devem cumprir na íntegra as exigências desta Norma.

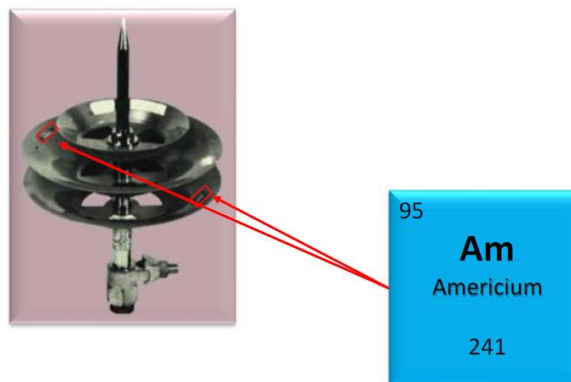
CAPTORES NÃO TRATADOS PELA 5419

CAPTORES

Captores PDCE: Para-raios Deionizador de Carga Eletrostática



Captorees radioativos: proibidos por lei



CAPTORES

A resolução CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear, 04/89 de 19/04/89 - Publicada no D.O.U. Diário Oficial da União, em 09/05/89, estabeleceu um prazo até 1993 para que todos os captorees radioativos fossem retirados e encaminhados àquela Comissão.

Portanto, desde 1993, captorees radioativos compondo a captação de um SPDA, por si só, já constituem uma ilegalidade.

SUBSISTEMA DE DESCIDA

SUBSISTEMA DE DESCIDA

O Subsistema de descida tem as seguintes finalidades:

- Subdividir a corrente do raio;
- Conduzir a corrente do raio até o solo;
- Reduzir riscos de centelhamentos;
- Reduzir os campos magnéticos no interior da estrutura.

CONDIÇÕES BÁSICAS

- Prover diversos caminhos paralelos para a corrente elétrica;
- O circuito deve ser mais curto e retilíneo possível;
- Usar as dimensões recomendadas (Tabela 6);

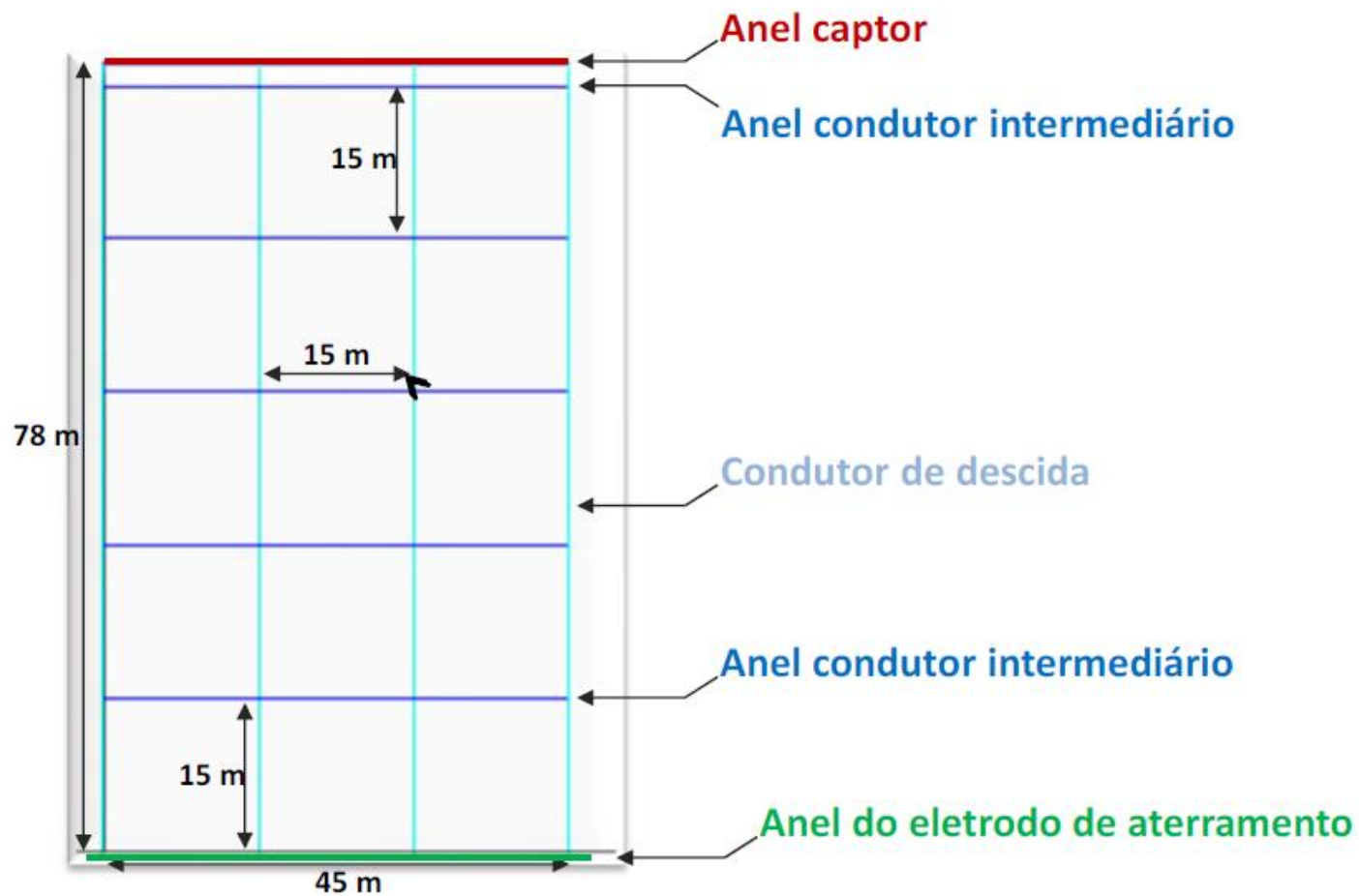
CONDIÇÕES BÁSICAS

- Para melhor distribuição das correntes das descargas atmosféricas devem ser consideradas interligações horizontais e os condutores de descida, ao nível do solo, e em intervalos entre **10 m a 20 m de altura de acordo com a Tabela 4**, para condutores de descida construídos em SPDA convencional;
- **Dar preferência de instalação para os cantos da edificação;**
- **Distribuir as demais descidas equidistantemente** de acordo com as distâncias dadas pelo nível de proteção escolhido. Observar as distâncias de segurança (s).

Tabela 4 – Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe de SPDA

Classe do SPDA	Distâncias m
I	10
II	10
III	15
IV	20
NOTA É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha no máximo 20 % além dos valores acima.	

TABELA 4



EXEMPLO – CLASSE III

INSTALAÇÃO

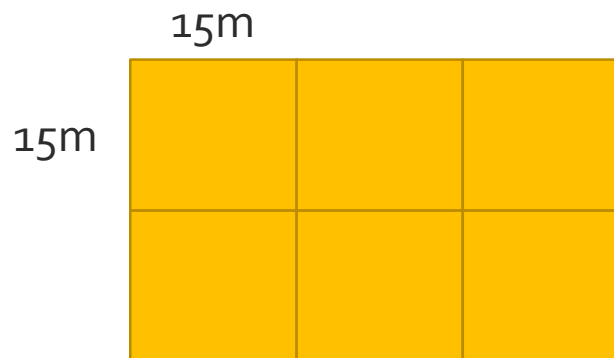
- se a parede é feita de material **não combustível**, os condutores de descida podem ser posicionados na **superfície ou dentro da parede**;
- se a parede for feita **de material combustível**, os condutores de descida podem ser posicionados na **superfície da parede**, desde que a elevação de temperatura devido à passagem da corrente da descarga atmosférica **neste não seja perigosa** para o material da parede;
- se a parede for feita de **material prontamente combustível** e a elevação da temperatura dos condutores de descida for perigosa, os condutores de descida devem ser instalados de forma a ficarem **distantes da parede, pelo menos 0,1 m**. Os suportes de montagem podem estar em contato com a parede.

EXEMPLO

- Projetar um SPDA com as seguintes características:
 - Método de Faraday
 - Classe III
 - Dados do local a ser protegido:
 - Prédio com altura de 20m, largura de 30 m e comprimento de 45 m

RESOLUÇÃO

- Projetar um SPDA com as seguintes características:
 - Método de Faraday
 - Classe III → distância de 15m
 - Dados do local a ser protegido:
 - Prédio com altura de 20m, largura de 30 m e comprimento de 45 m
- $Q_m = 45/15 + 1 = 4$ → Comprimento
- $Q_m = 30/15 + 1 = 3$ → Largura



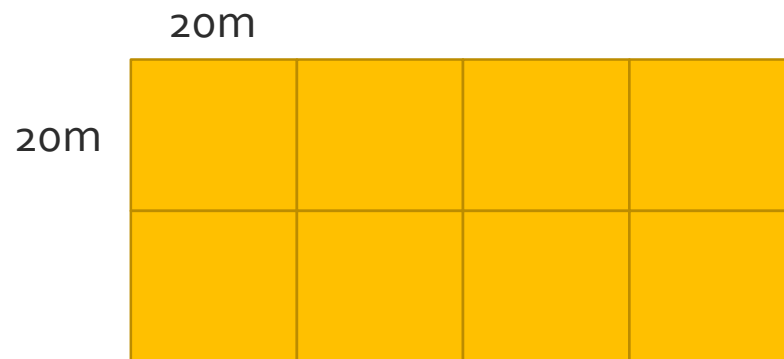
- Quantidade de descida
- $Q_d = \text{perímetro}/15 = 150/15 = 10$ descidas

EXERCÍCIO

- Projetar um SPDA com as seguintes características:
 - Método de Faraday
 - Classe IV
 - Dados do local a ser protegido:
 - Prédio com altura de 20 m, largura de 40 m e comprimento de 80 m

RESOLUÇÃO

- Projetar um SPDA com as seguintes características:
 - Método de Faraday
 - Classe IV → distância de 20m
 - Dados do local a ser protegido:
 - Prédio com altura de 20m, largura de 40 m e comprimento de 80 m
- $Q_m = 80/20 + 1 = 5 \rightarrow$ Comprimento
- $Q_M = 40/20 + 1 = 3 \rightarrow$ Largura



Quantidade de descida

$$Q_d = \text{perímetro}/20 = 240/20 = 12 \text{ descidas}$$

ATERRAMENTO

ATERRAMENTO

- Os parâmetros relacionados ao eletrodo de aterramento dependem prioritariamente dos valores de um solo conhecido (estratificado e modelado em camadas).

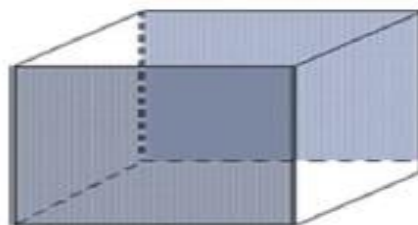
SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Resistividade e estratificação do solo

Resistividade elétrica do solo, resistência específica do solo ou, simplesmente, resistividade do solo

Resistência entre faces opostas do volume do solo, consistindo de um cubo homogêneo e isótropo cuja aresta mede uma unidade de comprimento.



ABNT NBR 7117

165

Resistividade média do solo a uma dada profundidade

Valor de resistividade resultante da avaliação das condições locais e do tratamento estatístico dos resultados de diversas medições de resistividade do solo para aquela profundidade, efetuada numa determinada área ou local, e que possa ser considerado como representativo das características elétricas do solo.

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Resistividade e estratificação do solo

O solo é um meio, geralmente, heterogêneo de modo que o valor de sua resistividade varia de local para local em função do:

- ✓ tipo;
- ✓ nível de umidade;
- ✓ profundidade das camadas;
- ✓ idade de formação geológica
- ✓ temperatura;
- ✓ salinidade e outros fatores naturais.

Fatores externos:

- ✓ contaminação,
- ✓ compactação, etc

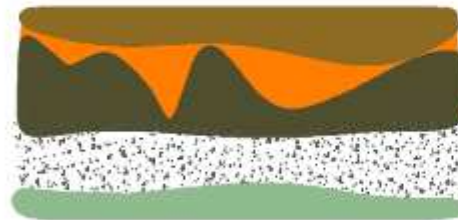
Valores de comparação para avaliação preliminar com base na resistividade mínima

ρ mínima ($\Omega.m$)	Classificação do solo
> 1000	Solo pouco condutivo
100 a 1000	Solo "normal"
< 100	Solo condutivo

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Resistividade e estratificação do solo

O valor de resistividade do solo é determinado através de medições, cujos resultados recebem um tratamento matemático, de modo a se obter um modelo de solo estratificado em camadas paralelas, de diferentes resistividades (ρ) e espessuras (e) definidas.



Solo Real



Modelo Matemático

Basicamente, os métodos que utilizam sondagem elétrica procuram determinar a distribuição vertical de resistividade, abaixo do ponto em estudo, resultando então em camadas horizontais, geralmente causadas por processos sedimentares.

A NBR 7117 apresenta vários métodos de ensaio.

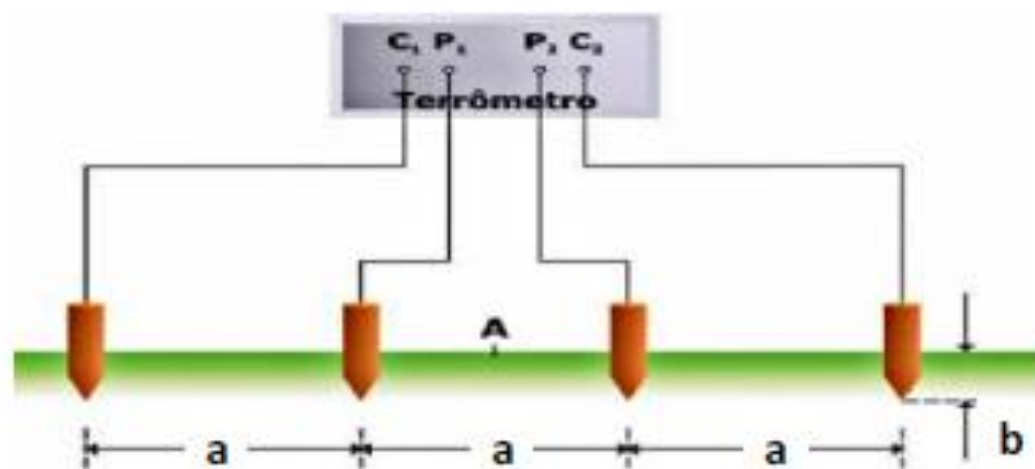
O método comumente utilizado no país é o método dos quatro eletrodos, com o Arranjo de Wenner.

O método dos quatro eletrodos é o mais aplicado para medição da resistividade média de grandes volumes de terra. O melhor momento para se executar esse ensaio é com o solo livre de interferências (logo após terraplanagens e antes da inserção de tubulações ou de fundações).

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Resistividade e estratificação do solo

Pequenos eletrodos são cravados no solo a pequenas profundidades, alinhados e espaçados em intervalos não necessariamente iguais. A corrente de ensaio I é injetada entre os dois eletrodos externos e a diferença de potencial V é medida entre os dois eletrodos internos com um potenciômetro ou um voltímetro de alta impedância. No arranjo de Wenner os eletrodos são igualmente espaçados. C_1 e C_2 são os eletrodos de corrente. A tensão é medida entre os eletrodos P_1 e P_2 do arranjo.



Onde:

A – ponto médio de referencia

a – espaçamento entre eletrodos

b – profundidade dos eletrodos

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Resistividade e estratificação do solo

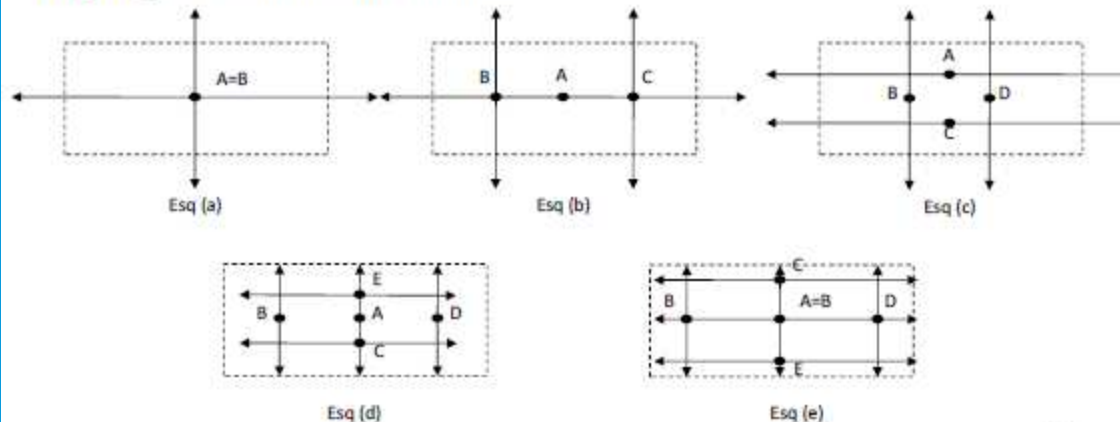
Número e localização das linhas de medição

Área do terreno (m ²)	Número mínimo de linhas de medição	Croquis para as linhas de medição
$S \leq 1.000$	2	Esquema (a)
$1.000 < S \leq 2.000$	3	Esquema (b)
$2.000 < S \leq 5.000$	4	Esquema (c)
$5.000 < S \leq 10.000$	5	Esquema (d)
$10.000 < S \leq 20.000$	6	Esquema (e)

Para medições em áreas acima de 20.000 m² deve-se dividir o terreno remanescente em áreas de até 10.000 m², acrescentando-se linhas de medição equivalentes às descritas na tabela. Assim, para uma área de 25.000 m² deve-se executar $(6 + 4) = 10$ linhas de medição.

174

Disposição das linhas de ensaio

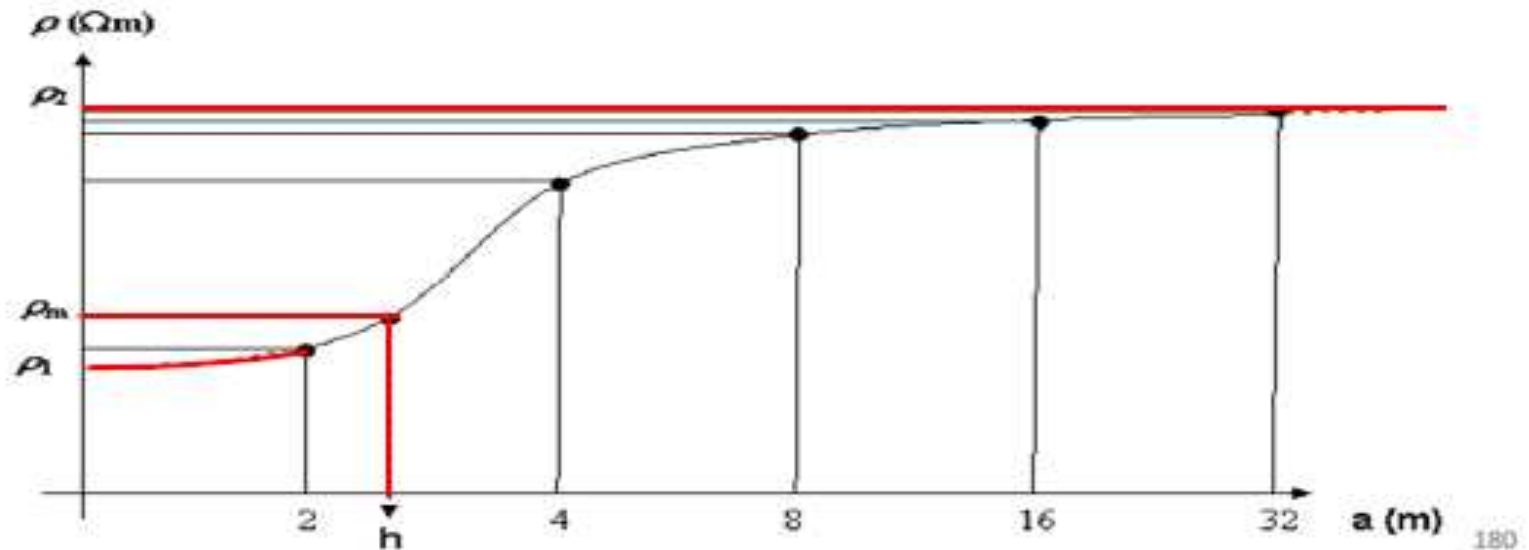


175

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Estratificação do solo – Método gráfico simplificado

Determinam-se as resistividades e profundidades das camadas com a seguinte rotina:



SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Estratificação do solo – Método gráfico simplificado

ρ/ρ_1	M_s		ρ/ρ_1	M_s		ρ/ρ_1	M_s
0,001	0,684		0,70	0,938		14,5	1,413
0,002	0,684		0,75	0,948		15,0	1,416
0,003	0,685		0,80	0,959		15,5	1,418
0,003	0,685		0,85	0,970		16,0	1,421
0,004	0,686		0,90	0,981		16,5	1,423
0,005	0,686		0,95	0,990		17,0	1,425
0,005	0,686		1,0	1,000		17,5	1,427
0,006	0,687		1,5	1,078		18,0	1,429
0,007	0,687		2,0	1,134		18,5	1,430
0,008	0,688		2,5	1,177		19	1,432
0,009	0,688		3,0	1,210		20	1,435
0,010	0,689		3,5	1,237		30	1,456
0,015	0,691		4,0	1,260		40	1,467
0,02	0,694		4,5	1,278		50	1,474
0,03	0,699		5,0	1,294		60	1,479
0,04	0,704		5,5	1,308		70	1,482
0,05	0,710		6,0	1,320		80	1,484
0,06	0,715		6,5	1,331		90	1,486
0,07	0,720		7,0	1,334		100	1,488
0,08	0,724		7,5	1,349		110	1,489
0,09	0,729		8,0	1,356		120	1,490

ρ/ρ_1	M_s		ρ/ρ_1	M_s		ρ/ρ_1	M_s
0,10	0,734		8,5	1,363		130	1,491
0,15	0,757		9,0	1,369		140	1,492
0,20	0,778		9,5	1,375		150	1,493
0,25	0,798		10,0	1,380		160	1,494
0,30	0,817		10,5	1,385		180	1,495
0,35	0,835		11,0	1,390		200	1,496
0,40	0,852		11,5	1,394		240	1,497
0,45	0,868		12,0	1,398		280	1,498
0,50	0,883		12,5	1,401		350	1,499
0,55	0,897		13,0	1,404		450	1,500
0,60	0,911		13,5	1,408		640	1,501
0,65	0,924		14,0	1,410		1 000	1,501

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Estratificação do solo – Método gráfico simplificado

Exemplo:

Considerando-se:

$\rho_2 = 400 \, \Omega\text{m}$ e $\rho_1 = 100 \, \Omega\text{m}$, obtém-se $\rho_2/\rho_1 = 4$.

Com este valor de ρ_2/ρ_1 , procurar M_0 na tabela, obtendo $M_0 = 1,26$.

Então, $\rho_m = 1,26 \times 100 = 126 \, \Omega\text{m}$;

com o valor obtido para ρ_m e volta-se à curva e obtém-se no eixo das abscissas $a(\text{m})$ o valor de h .

Neste caso, $h = 2,7 \, \text{m}$.

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Variação da resistividade x parâmetros apresentados

Meio	Faixa de resistividades Ωm
Água do mar	menor que 10
Alagadiço, limo, húmus, lama	até 150
Água destilada	300
Argila	300 – 5 000
Calcário	500 – 5 000
Areia	1 000 – 8 000
Granito	1 500 – 10 000
Basalto	a partir de 10 000
Concreto	Molhado*: 20 – 100
	Úmido: 300 – 1 000
	Seco: 3 000 – 2 000 000
* A categoria "molhado" é típica de aplicação em ambientes externos. Valores inferiores a 50 Ωm são considerados altamente corrosivos.	

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Subsistema de Aterramento – parte 3

Tipos de eletrodos admitidos:

- 
- ✓ aterramento natural pelas fundações, em geral as armaduras de aço das fundações;
 - ✓ Fundação descontínua interligada por condutor apropriado;
 - ✓ condutores horizontais formando um anel ;
 - ✓ condutores (complementares) verticais ou inclinados;
 - ✓ condutores (complementares) horizontais radiais;

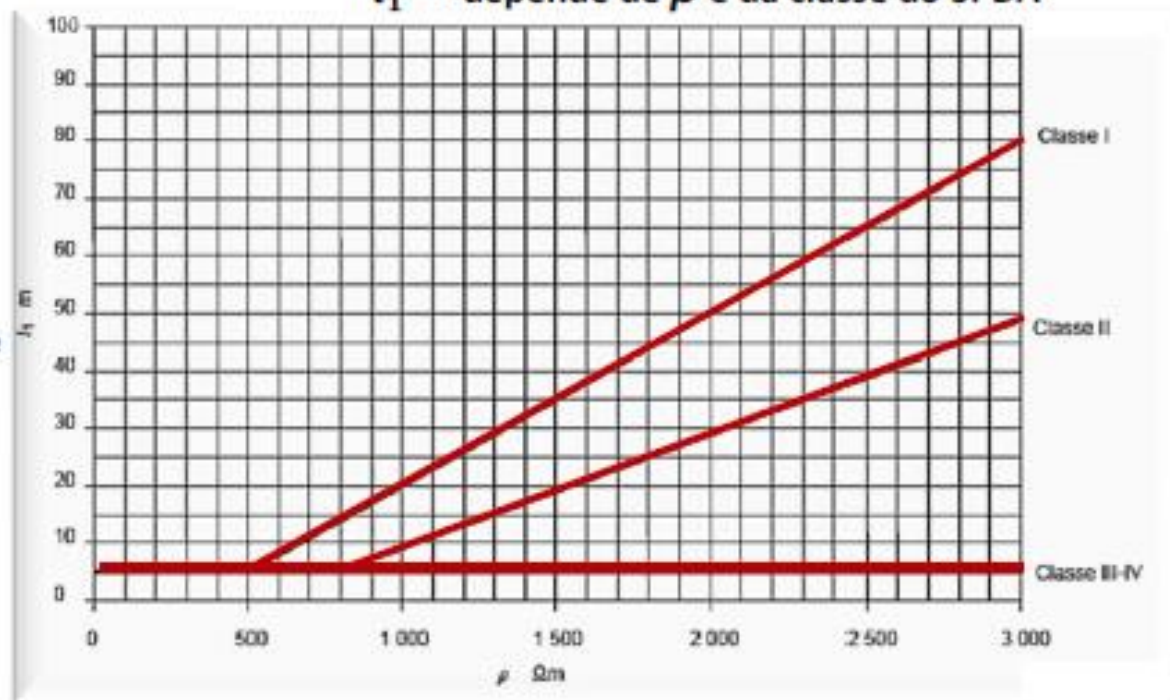
SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Subsistema de Aterramento – parte 3

Dimensionamento:

$l_1 \rightarrow$ depende de ρ e da classe do SPDA

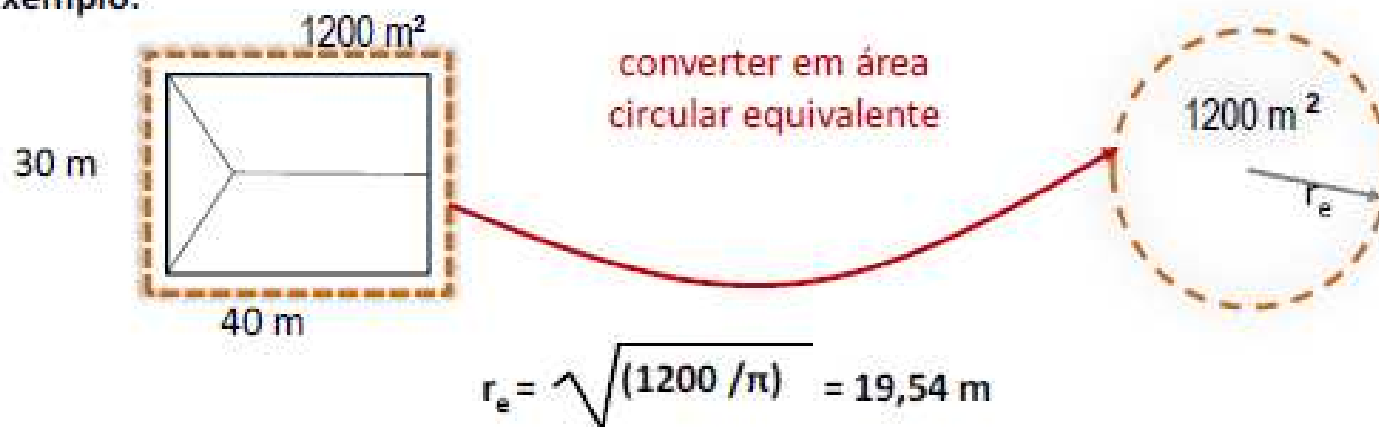
Figura 3 – Comprimento mínimo l_1 do eletrodo de aterramento de acordo com a classe do SPDA



SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Subsistema de Aterramento – parte 3

Exemplo:



Para o eletrodo de aterramento em anel ou interligando a fundação descontínua, o raio médio r_e da área abrangida pelos eletrodos não pode ser inferior ao valor l_1 .

$$r_e \geq l_1$$

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Subsistema de Aterramento – parte 3

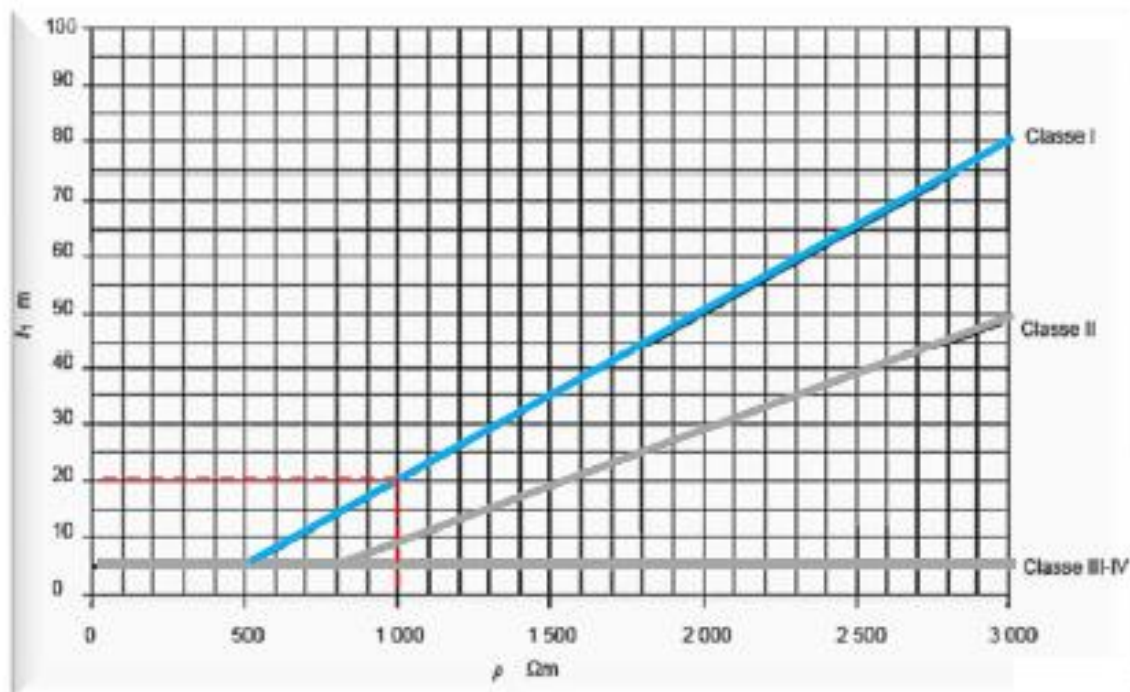
$l_1 \rightarrow$ depende de ρ e da classe do SPDA

Exemplo:

$$l_1 = 20 \text{ m}$$

$$r_e = 19,55 \text{ m}$$

$$\text{Diferença} = 0,45 \text{ m}$$



SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Subsistema de Aterramento – parte 3

Se $r_e < l_1$:

Adicionar eletrodos:

$$l_r = l_1 - r_e \quad \text{eletrodos horizontais adicionais}$$

$$l_v = \frac{(l_1 - r_e)}{2} \quad \text{eletrodos verticais adicionais}$$

Consideração válida para eletrodo posicionado na mesma camada ou quando a segunda camada tiver resistividade menor que a da primeira.

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Subsistema de Aterramento – parte 3

Instalação:

- ✓ O eletrodo de aterramento em anel deve ser enterrado na profundidade de no mínimo 0,5 m e ficar posicionado à distância aproximada de 1 m ao redor das paredes externas.
- ✓ A profundidade de enterramento e o tipo de eletrodos de aterramento devem ser constituídos de forma a minimizar os efeitos da corrosão e dos efeitos causados pelo ressecamento do solo e assim estabilizar a qualidade e a efetividade do conjunto.

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Subsistema de Aterramento – parte 3

Instalação:

- ✓ Eletrodos adicionais, quando necessários, podem ser conectados ao eletrodo de aterramento em anel, e devem ser localizados o mais próximo possível dos pontos onde os condutores de descida forem conectados.
- ✓ No caso da impossibilidade técnica da construção do anel externo à edificação, este pode ser instalado internamente. Para isto, devem ser tomadas medidas visando minimizar os riscos causados por tensões superficiais (Seção 8).



**TERRÔMETRO E
TERRÔMETRO ALICATE**

EQUIPAMENTOS
DE MEDIÇÃO

Atende a Norma NBR 5419 - 2015



MILIOHMÍMETRO OU
MICROOHMÍMETRO

EQUIPAMENTOS
DE MEDIÇÃO

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

**Ensaio para eletrodos de aterramento convencionais
segundo a NBR 5419:2015**

Ensaaios

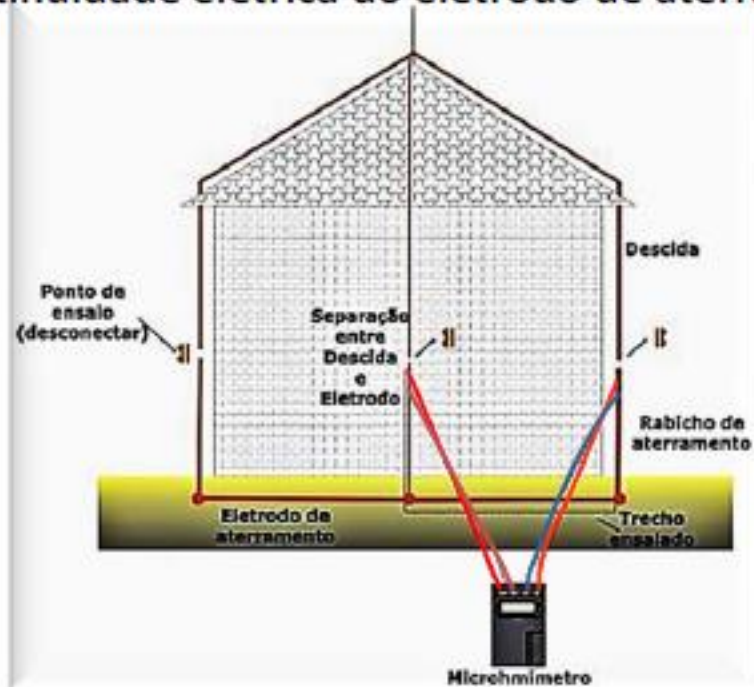
Continuidade elétrica do eletrodo de aterramento:

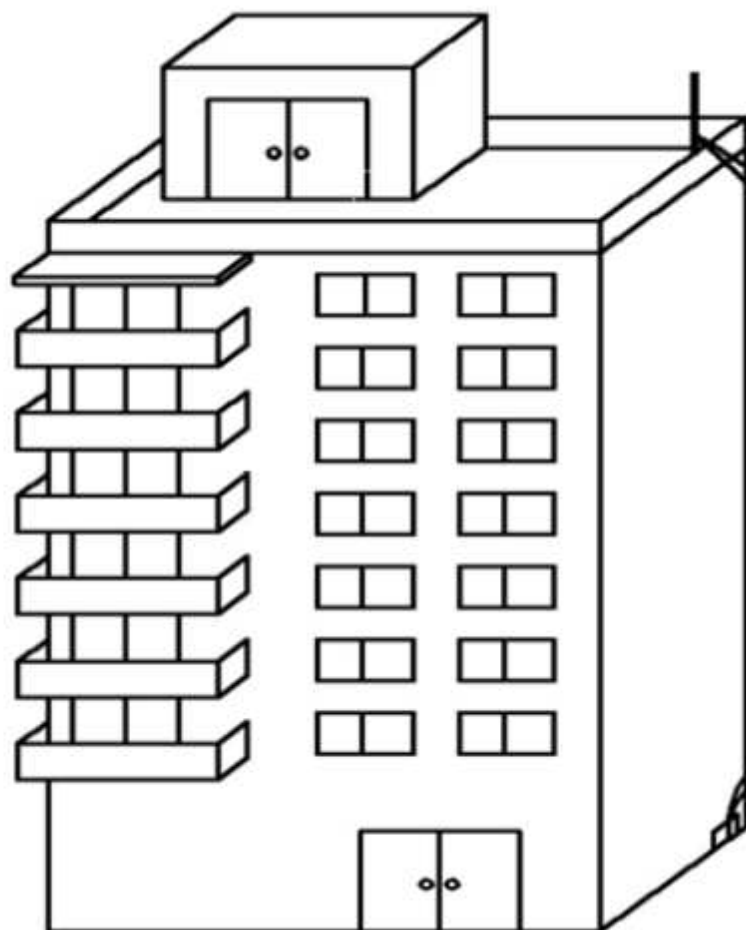
Parte do procedimento do ensaio para medição de continuidade elétrica das armaduras pode ser aplicada aos condutores do subsistema de aterramento do SPDA a fim de comprovar a continuidade elétrica dos trechos sob ensaio, o que fornece parâmetros para determinação da integridade física do eletrodo de aterramento e suas conexões. Neste caso, os valores de validação devem ser compatíveis com parâmetros relacionados ao tipo de material usado (resistividade do condutor relacionada ao comprimento do trecho ensaiado).

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

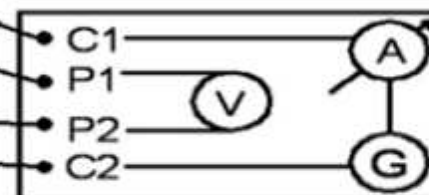
Ensaio

Continuidade elétrica do eletrodo de aterramento:





Croqui para um trecho da
medição, anexo F, parte 3,
NBR 5419:2015



SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Resistência do Eletrodo de Aterramento Princípios

A obsessão pela busca de um baixo valor de resistência ôhmica em um sistema de aterramento tem um motivo técnico. Porém esse motivo tem sido distorcido desde o princípio do conceito até os absurdos que vemos e ouvimos atualmente.

O VALOR DA RESISTÊNCIA ÔHMICA DO ATERRAMENTO DEVE SER O MAIS BAIXO POSSÍVEL CONSIDERANDO O TIPO DE TERRENO NO QUAL O MESMO VAI SER INSTALADO.

SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Resistência do Eletrodo de Aterramento Princípios

SÃO MAIS IMPORTANTES O ARRANJO E AS DIMENSÕES DO ELETRODO DE ATERRAMENTO QUE O VALOR DA RESISTÊNCIA ÔHMICA DO ATERRAMENTO.

POR QUE EXIGIR VALOR DA RESISTENCIA ÔHMICA EM UM ELETRODO DE ATERRAMENTO?

COMPONENTES E MATERIAIS

Componentes e Materiais

Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No concreto ou reboco	No concreto armado	Resistência	Aumentado por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Cobre	Maciço Encordoadado Como cobertura	Maciço Encordoadado Como cobertura	Maciço Encordoadado Como cobertura	Não permitido	Boa em muitos ambientes	Compostos sulfurados Materiais orgânicos Altos conteúdos de cloretos	—
Aço galvanizado a quente	Maciço Encordoadado	Maciço Encordoadado	Maciço Encordoadado	Maciço Encordoadado	Aceitável no ar, em concreto e em solos salubres	Altos conteúdos de cloretos	Cobre
Aço inoxidável	Maciço Encordoadado	Maciço Encordoadado	Maciço Encordoadado	Maciço Encordoadado	Bom em muitos ambientes	Altos conteúdos de cloretos	—
Aço revestido por cobre	Maciço Encordoadado	Maciço Encordoadado	Maciço Encordoadado	Não permitido	Bom em muitos ambientes	Compostos sulfurados	—

COMPONENTES E MATERIAIS

Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No concreto ou reboco	No concreto armado	Resistência	Aumentado por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Alumínio	Maciço Encordoados	Não permitido	Não permitido	Não permitido	Bom em atmosferas contendo baixas concentrações de sulfuretos e cloretos	Soluções alcalinas	Cobre

NOTA 1 Esta tabela fornece somente um guia geral. Em circunstâncias especiais, considerações de imunização de corrosão mais cuidadosas são requeridas.

NOTA 2 Condutores encordoados são mais vulneráveis à corrosão do que condutores sólidos. Condutores encordoados são também vulneráveis quando eles entram ou saem nas posições concreto/terra.

NOTA 3 Aço galvanizado a quente pode ser oxidado em solo argiloso, úmido ou com solo salgado.

CAPTAÇÃO E DESCIDA

Material	Configuração	Área da seção mínima mm ²	Comentários ^d
Cobre	Fita maciça	35	Espessura 1,75 mm
	Arredondado maciço ^d	35	Diâmetro 6 mm
	Encordado	35	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Alumínio	Fita maciça	70	Espessura 3 mm
	Arredondado maciço	70	Diâmetro 9,5 mm
	Encordado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço cobreado IACS 30 % ^e	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordado	50	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio cobreado IACS 64 %	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,6 mm
Aço galvanizado a quente ^a	Fita maciça	50	Espessura mínima 2,5 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordado	50	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço inoxidável ^c	Fita maciça	50	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordado	70	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm

ATERRAMENTO

Material	Configuração	Dimensões mínimas ^f		Comentários ^f
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordoado ^o	—	50 mm ²	Diâmetro de cada fio cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço ^o	—	50 mm ²	Diâmetro 8 mm
	Fita maciça ^o	—	50 mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	—	
	Tubo	20 mm	—	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço ^{a, b}	16 mm	Diâmetro 10 mm	—
	Tubo ^{a b}	25 mm	—	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça ^a	—	90 mm ²	Espessura 3 mm
	Encordoado	—	70 mm ²	—
Aço cobreado	Arredondado Maciço ^d	12,7 mm	70 mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
	Encordoado ^g			
Aço inoxidável ^e	Arredondado maciço	15 mm	Diâmetro 10 mm	Espessura mínima 2 mm
	Fita maciça		100 mm ²	

COMPONENTES E MATERIAIS

Conexões entre componentes

O conector de ensaio (e outras informações)

Cobre nu # 35 mm²

Conector de ensaio

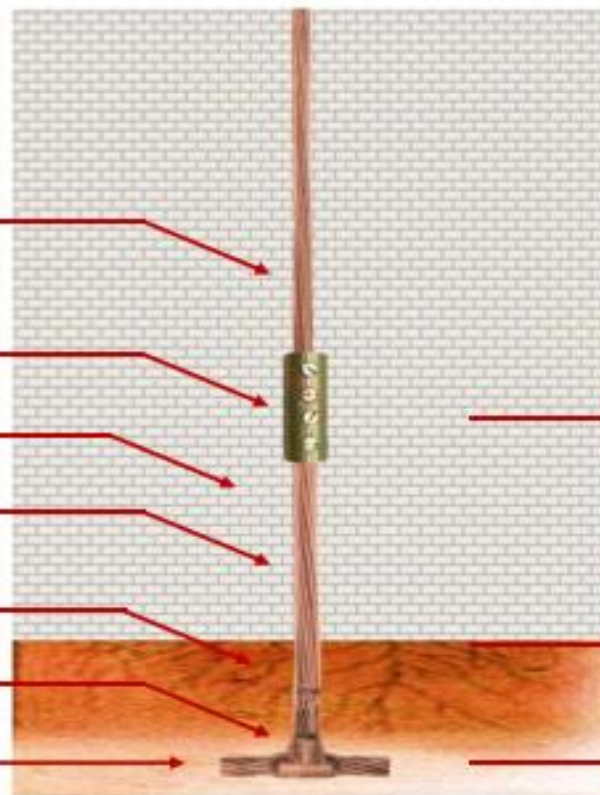
PVC ?

Cobre nu # 50 mm²

Caixa de inspeção?

Solda exotérmica

Cobre nu # 50 mm²



Subsistema
de
descida

1,5 m

Subsistema
de
aterrament
o

0,5 m

COMPONENTES E MATERIAIS

Obrigatoriedade do PVC



ELEMENTOS NATURAIS SPDA

Captação e descidas: Quaisquer elementos condutores que do ponto de vista físico que possam ser atingidos por raios, devem ser considerados como parte do SPDA (externo ou interno)

Devem ser analisados:

- compatibilidade com materiais, dimensões
- .- proximidade com outras estruturas
- continuidade elétrica

Ter fixação definitiva, ou sua remoção deve alterar a característica da estrutura.

ELEMENTOS NATURAIS SPDA

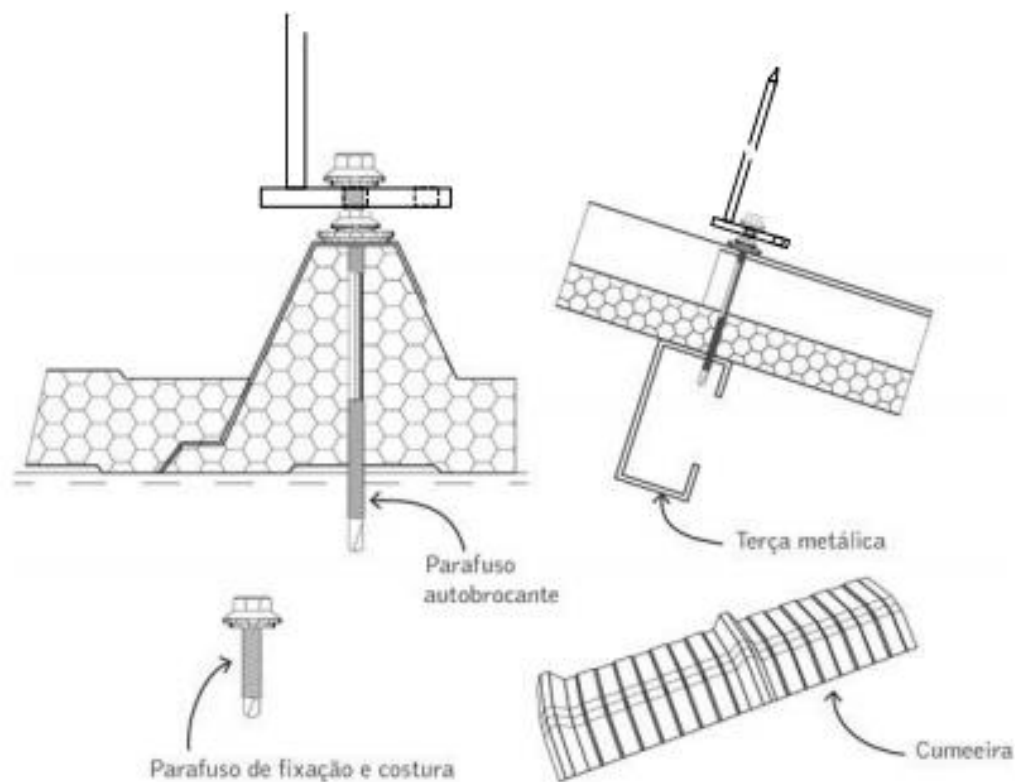
Elementos naturais – parte 3

Tabela 3 – Espessura mínima de chapas metálicas ou tubulações metálicas em sistemas de captação

Classe do SPDA	Material	Espessura ^a <i>t</i> mm	Espessura ^b <i>t'</i> mm
I a IV	Chumbo	–	2,0
	Aço (inoxidável, galvanizado a quente)	4 → 5	0,5
	Titânio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Alumínio	7	0,65
	Zinco	–	0,7
^a <i>t</i> previne perfuração, pontos quentes ou ignição.			
^b <i>t'</i> somente para chapas metálicas, se não for importante prevenir a perfuração, pontos quentes ou problemas com ignição.			

ELEMENTOS NATURAIS SPDA

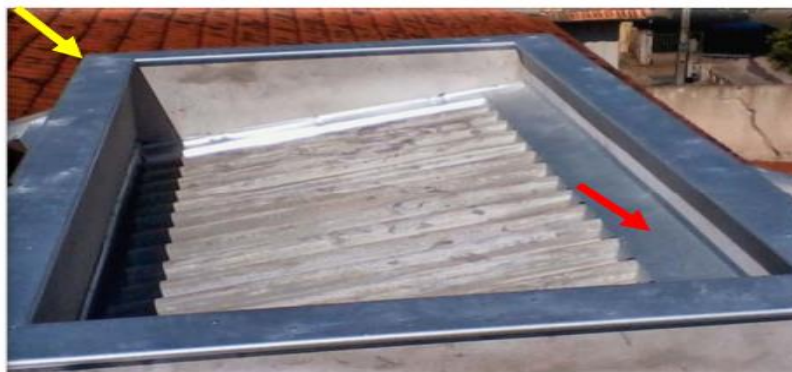
Elementos naturais – parte 3



ELEMENTOS NATURAIS SPDA

Ex: Rufo

Deve fazer parte,
mas não deve ser
a captação.



ELEMENTOS NATURAIS SPDA

Coberturas, suas estruturas e pilares metálicos: podem ser considerados como elementos naturais



ELEMENTOS NATURAIS SPDA

Componentes naturais as instalações metálicas, desde que:

1- Tubulações contendo misturas inflamáveis ou explosivas não podem ser consideradas como um componente natural de descida se as gaxetas nos acoplamentos dos flanges não forem metálicas ou se os lados dos flanges não forem apropriadamente conectados. Instalações metálicas podem ser revestidas com material isolante;

2-Eletrodos de aterramento naturais: As armaduras de aço interconectadas nas fundações de concreto, ou outras estruturas metálicas subterrâneas disponíveis, podem ser utilizadas como eletrodos de aterramento, desde que sua continuidade elétrica seja garantida. Os métodos para garantir essa continuidade são idênticos aos utilizados para os condutores de descida.

ELEMENTOS NATURAIS SPDA

Interligação entre armadura do pilar e a viga intermediária de amarração



SPDA INTERNO

PARTE 4

OBJETIVO

O SPDA interno deve **evitar a ocorrência de centelhamentos perigosos dentro do volume de proteção** e da estrutura a ser protegida devido à corrente da descarga atmosférica **que flui pelo SPDA externo ou em outras partes condutivas da estrutura.**

Pode ocorrer centelhamentos perigosos entre o SPDA externo e outros componentes, como:

- as instalações metálicas;
- os sistemas internos;
- as partes condutivas externas e linhas conectadas à estrutura.

MÉTODOS DE PROTEÇÃO

O centelhamento perigoso entre diferentes partes pode ser evitado por meio de:

- ligações equipotenciais (equipotencialização), ou
- isolamento elétrica entre as partes (utilização de “s”)

EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

Equipotencialização para fins de proteção contra descargas atmosféricas:

A equipotencialização é obtida por meio da interligação do SPDA com:

- instalações metálicas,
- sistemas internos,
- partes condutoras externas e linhas elétricas conectadas à estrutura.

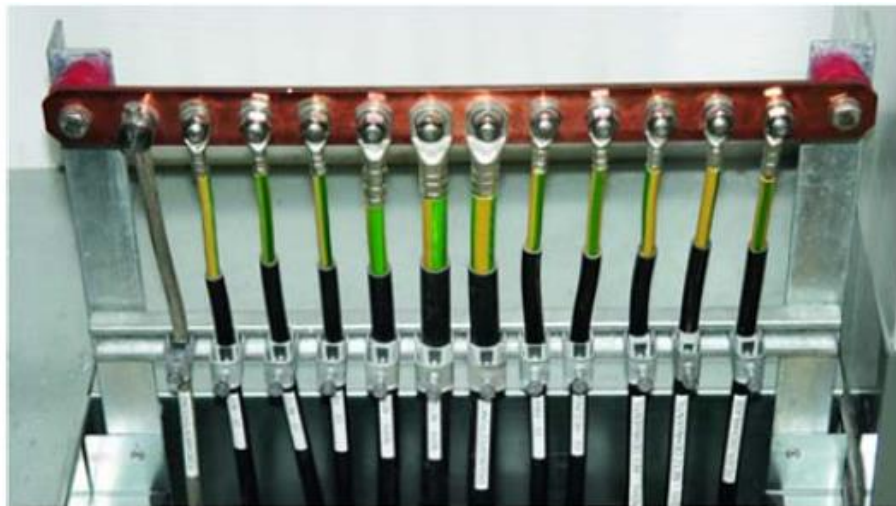
Devem ser considerados os efeitos causados quando uma equipotencialização é estabelecida com sistemas internos para fins de proteção, pois uma parte da corrente da descarga atmosférica pode fluir por tais sistemas.

EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

Conceito: Conjunto de medidas para minimizar Δv a níveis suportáveis por instalações e seres vivos.

EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

O barramento (elemento) de equipotencialização deve ser interligado e coordenado com outros barramentos de equipotencialização existentes na estrutura. No primeiro nível da coordenação, esse barramento deve ser sempre o BEP.

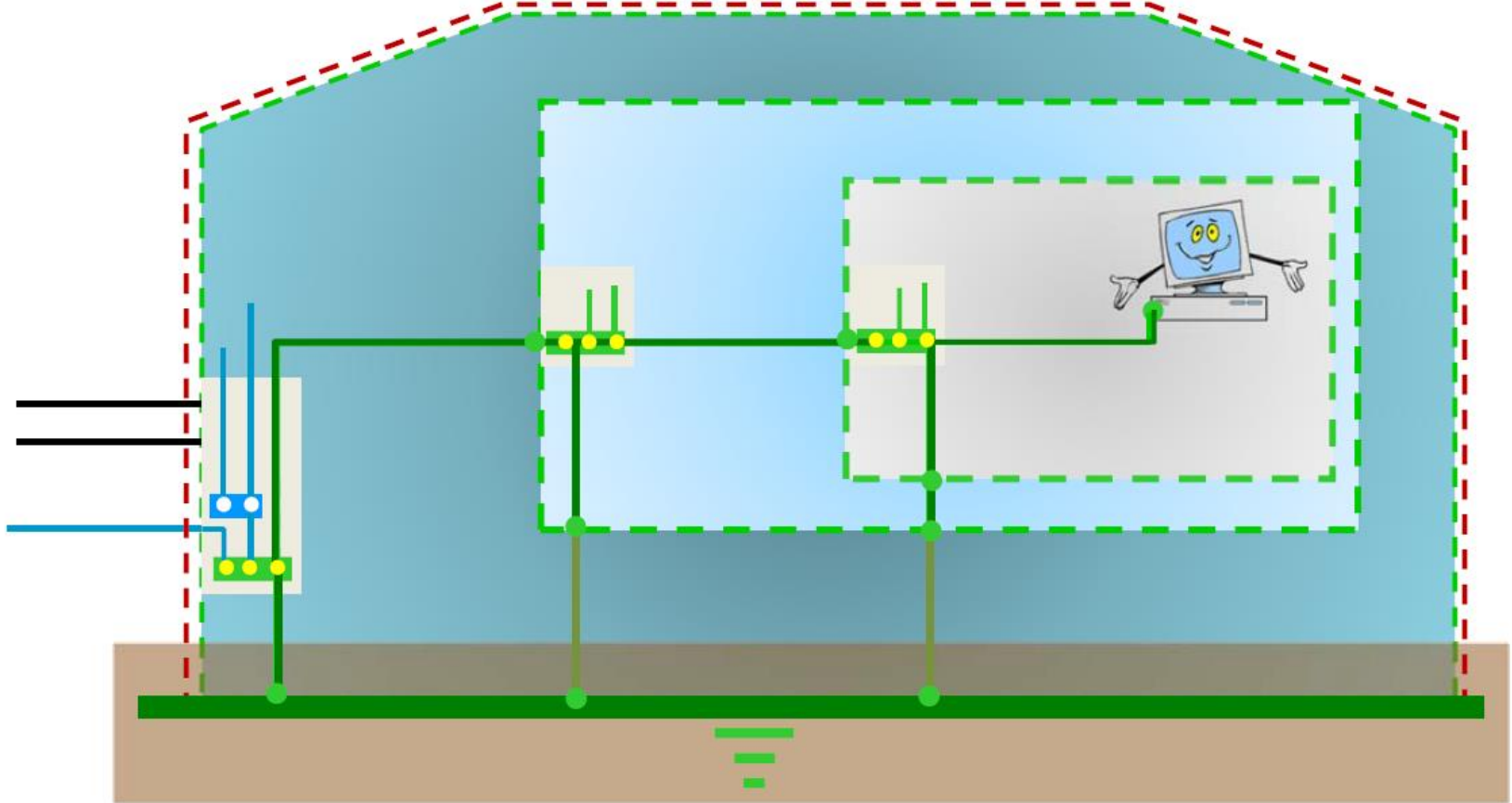


EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

Para um SPDA externo, não isolado, devem ser realizadas equipotencializações nos seguintes locais:

- na base da estrutura ou próximo do nível do solo. Os condutores de ligação devem ser conectados a uma barra de ligação construída e instalada de modo a permitir fácil acesso para inspeção. **O barramento de equipotencialização principal (BEP) deve ser ligado ao sistema de aterramento.**

SPDA Interno



SPDA INTERNO

Tabela 8|– Dimensões mínimas dos condutores que interligam diferentes barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL) ou que ligam essas barras ao sistema de aterramento

Nível do SPDA	Modo de instalação	Material	Área da seção reta mm²
I a IV	Não enterrado	Cobre	16
		Alumínio	25
		Aço galvanizado a fogo	50
	Enterrado	Cobre	50
		Alumínio	Não aplicável
		Aço galvanizado a fogo	80

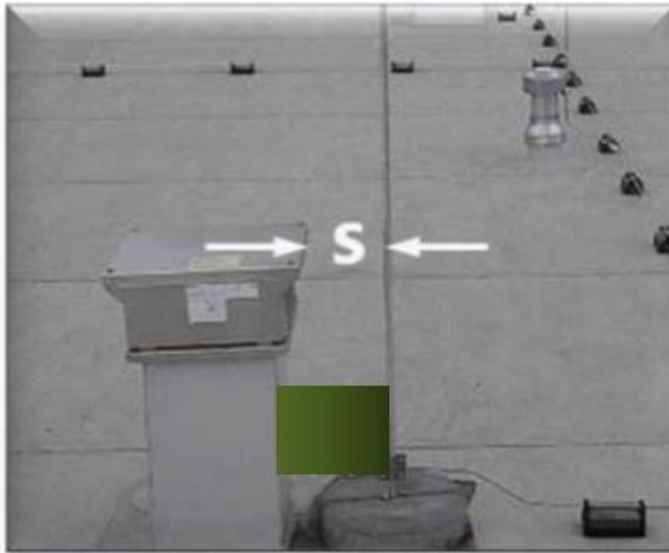
TABELA 8 – PARTE 4

Tabela 9 – Dimensões mínimas dos condutores que ligam as instalações metálicas internas aos barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL)

Nível do SPDA	Material	Área da seção reta mm²
I a IV	Cobre	6
	Alumínio	10
	Aço galvanizado a fogo	16

TABELA 9 – PARTE 4

A isolação elétrica entre o subsistema de captação ou de descida e as partes metálicas estruturais, instalações metálicas e sistemas internos pode ser obtida pela adoção de uma distância entre as partes, superior à distância de segurança “s”:



ISOLAÇÃO ELÉTRICA POR DISTÂNCIA DE SEGURANÇA →
EVITAR CENTELHAMENTO POR
DISTANCIAMENTO

DISTÂNCIA DE SEGURANÇA

$$s = k_i \cdot \frac{K_c}{K_m} \cdot l(m)$$

Isolação elétrica por distância de segurança → evitar centelhamento por distanciamento onde:

- k_i - depende classe do SPDA (Tabela 10);
- k_c - depende da corrente do raio que flui pelas descidas (Tabela 12 e Anexo C);
- k_m - é dado em função do material isolante (Tabela 11 e Anexo C); e
- l - é o comprimento expresso em metros (m), ao longo do subsistema de captação ou de descida, desde o ponto onde a distância de segurança deve ser considerada até a equipotencialização mais próxima (desconsiderar l para telhados metálicos contínuos se usados como captor natural).

Tabela 10 – Isolação do SPDA externo – Valores do coeficiente k_i

Nível de proteção do SPDA	K_i
I	0,08
II	0,06
III e IV	0,04

Tabela 11 – Isolação do SPDA externo – Valores do coeficiente k_m

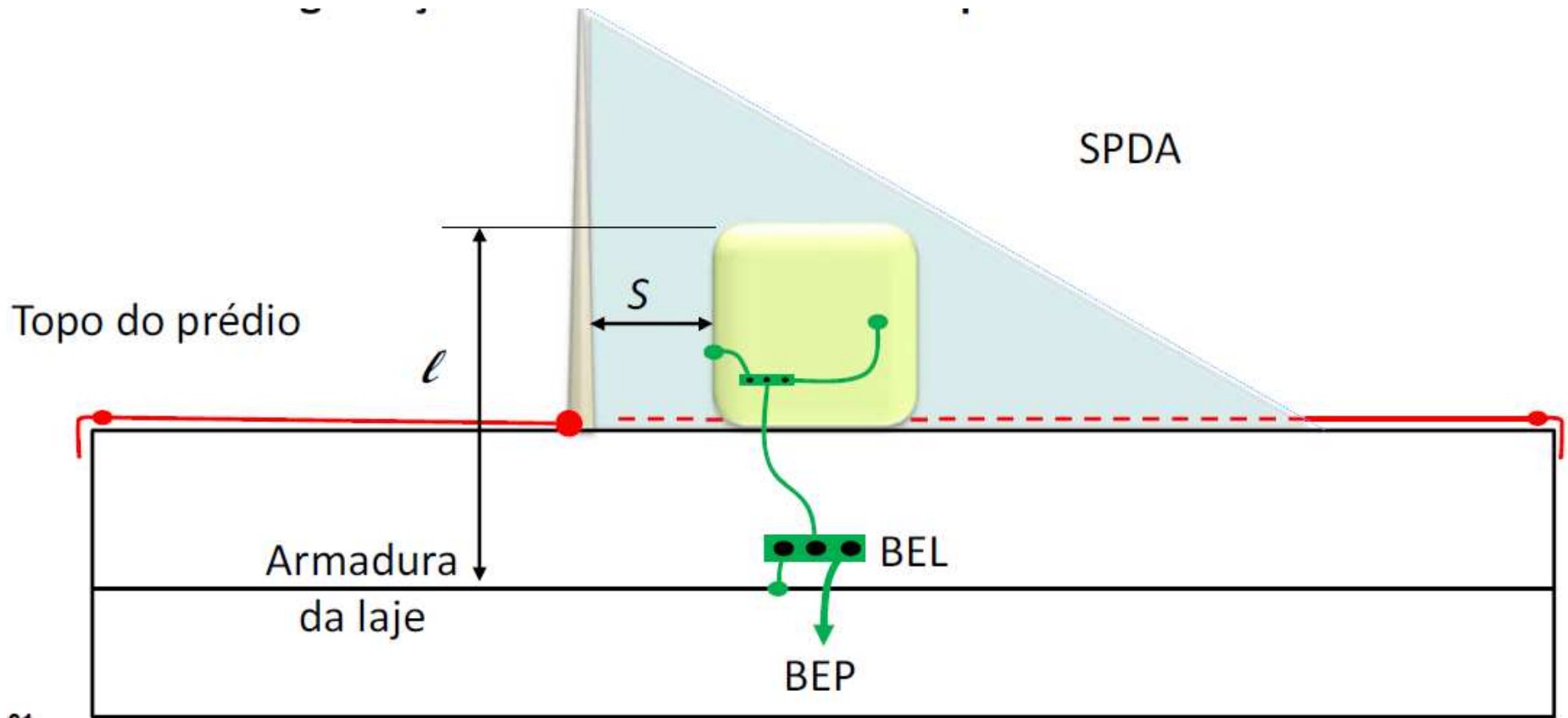
Material	K_m
Ar	1
Concreto, tijolos	0,5
NOTA 1 No caso de vários materiais isolantes estarem em serie, é uma boa prática usar o menor valor de k_m. NOTA 2 A utilização de outros materiais isolantes está sob consideração.	

TABELA 10 E 11 – PARTE 4

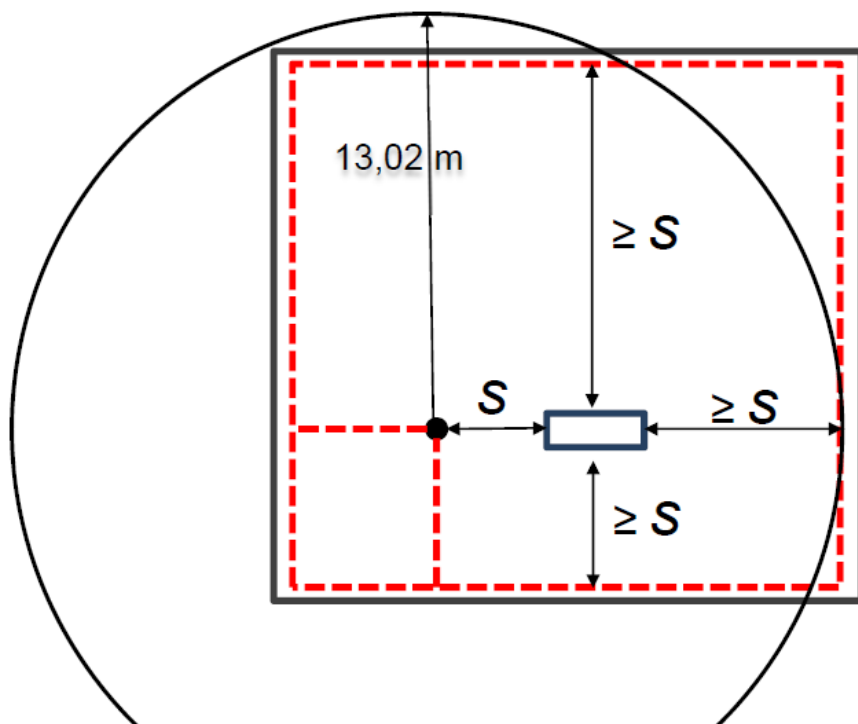
Tabela 12 – Isolação do SPDA externo – Valores aproximados do coeficiente k_c

Numero de descidas n	k_c
1 (somente para SPDA isolado)	1
2	0,66
3 ou mais	0,44

TABELA 12 – PARTE 4



DISTÂNCIA DE SEGURANÇA → EVITAR CENTELHAMENTO
POR DISTÂNCIAMENTO



DISTÂNCIA DE
SEGURANÇA

MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA TENSÕES DE TOQUE E PASSO PARTE 4

SEÇÃO 8, PARTE 3

Em certas condições, a proximidade dos condutores de descida de um SPDA, externo à estrutura, pode trazer risco de vida mesmo que o SPDA tenha sido projetado e construído de acordo com a Norma.

OS RISCOS SÃO REDUZIDOS A NÍVEIS TOLERÁVEIS QUANDO:

Probabilidade de aproximação de pessoas, ou a duração da presença delas fora da estrutura e próximas (3m) aos condutores de descida



Sinalização e /ou barreiras (S)

Subsistema de descida consistir em pelo menos dez caminhos naturais devidamente interconectados



Armaduras ou elementos metálicos

A resistividade da camada superficial do solo, até 3 m de distância dos condutores de descida, for $\geq 100 \text{ k}\Omega\cdot\text{m}$



Brita - 10 a 15 cm
Asfalto - 5 cm

OS RISCOS SÃO REDUZIDOS A NÍVEIS TOLERÁVEIS QUANDO:

Condutores de descida expostos sendo isolados



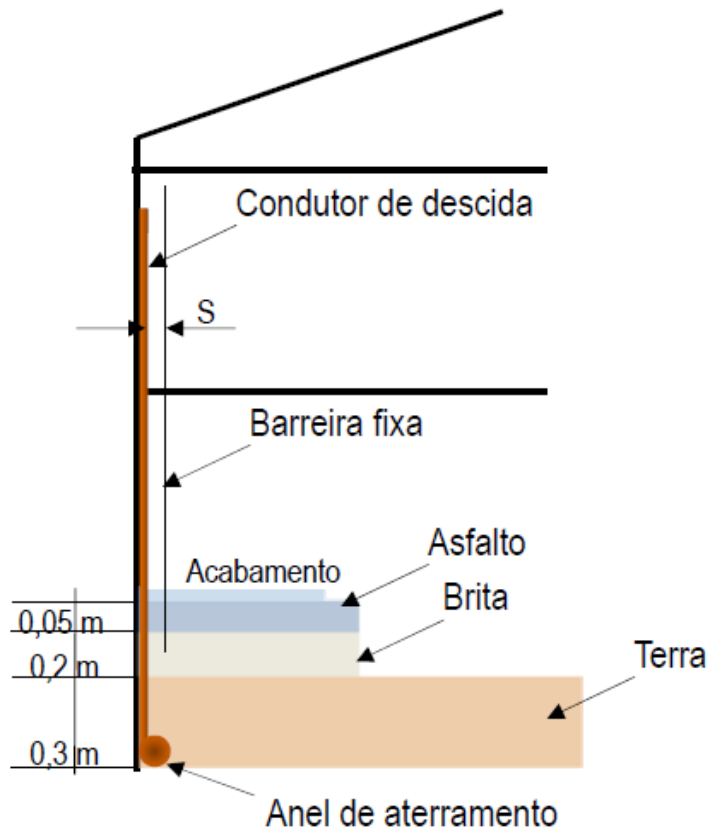
Materiais que suportem uma tensão de ensaio de 100 kV, 1,2/50 μ s

Escoamento das correntes melhorado

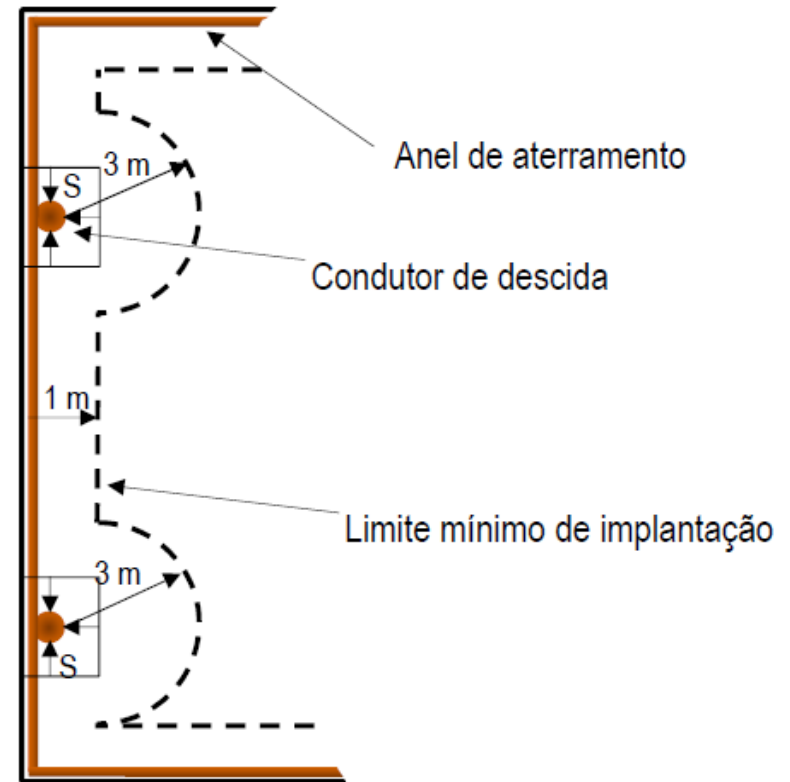


construção de eletrodo de aterramento reticulado complementar no entorno do condutor de descida.

OS RISCOS SÃO REDUZIDOS A NÍVEIS TOLERÁVEIS QUANDO:



LATERAL



PLANTA

MPS - MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS - PARTE 4

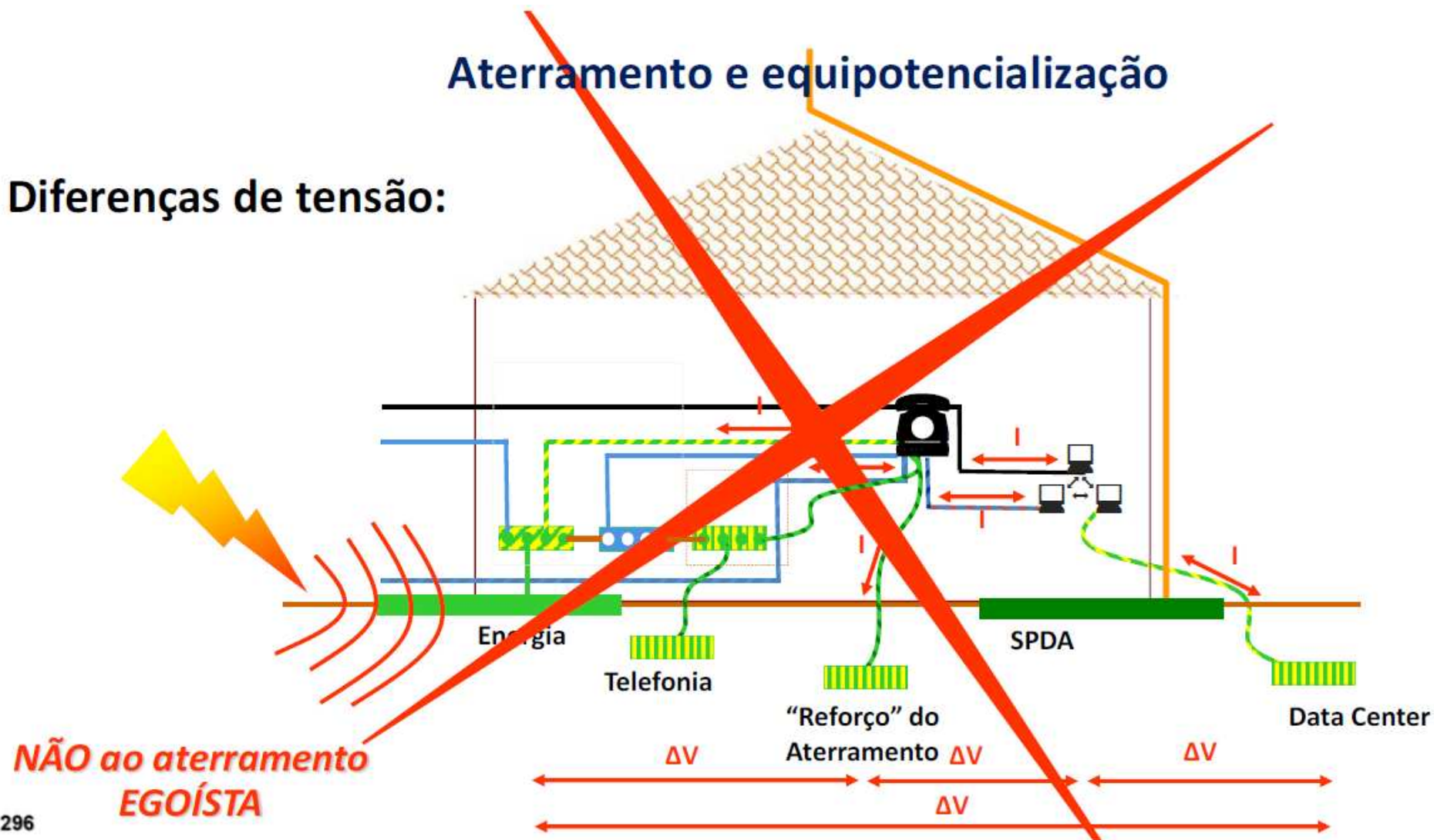
ZONA DE PROTEÇÃO CONTRA RAIO

Sistemas elétricos e eletrônicos estão sujeitos a danos devido a impulsos eletromagnéticos causados pelas descargas atmosféricas (LEMP). Portanto, para evitar danos nos sistemas internos, é necessária a adoção de MPS.

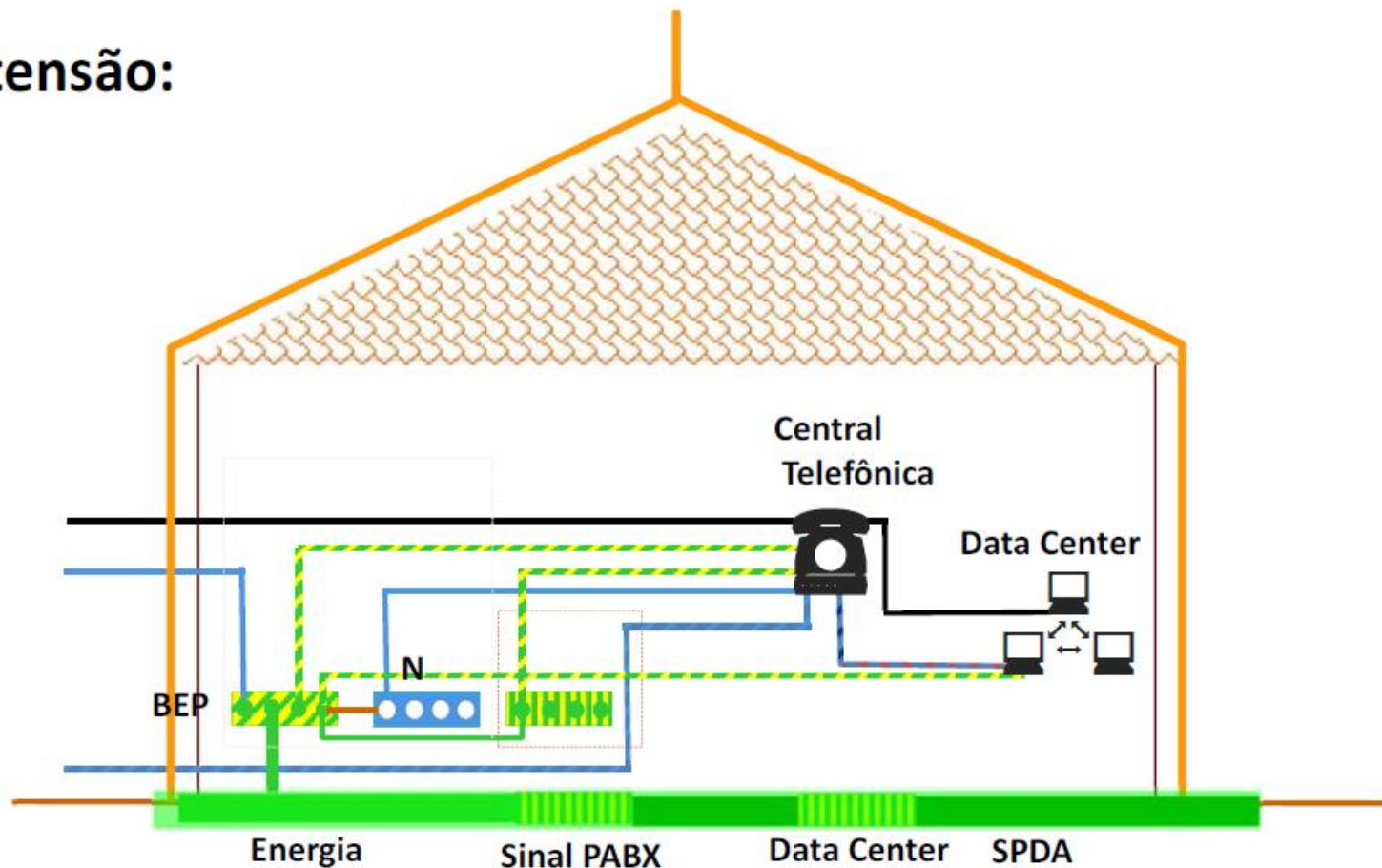
A proteção contra LEMP é baseada no conceito de zonas de proteção contra raios (ZPR).

Aterramento e equipotencialização

Diferenças de tensão:



Diferenças de tensão:



Infraestrutura de aterramento

COMPONENTES DA EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

Componentes da equipotencialização		Material ^a	Seção transversal mm ²
Barras de equipotencialização (cobre, aço cobreado ou aço galvanizado)		Cu	50
		Fe	50
Condutores para conexão de barras de equipotencialização para o subsistema de aterramento		Cu	50
		Fe	80
Condutores para conexão entre barras de equipotencialização (Conduzindo total ou parte significativa da corrente da descarga atmosférica)		Cu	16
		Al	25
		Fe	50
Condutores para conexão de partes metálicas internas da instalação para as barras de equipotencialização (conduzindo uma parcela da corrente de raio)		Cu	6
		Al	10
		Fe	16
Condutores de aterramento para os DPS (conduzindo a totalidade ou parte significativa da corrente da descarga atmosférica) ^b	Classe I	Cu	16
	Classe II		6
	Classe III		1
	Outros DPS ^c		1

DPS – DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS

INSTALAÇÃO

A proteção dos sistemas internos contra surtos necessita uma abordagem sistemática consistindo na coordenação de DPS para as linhas de energia e sinal. As regras para a seleção e instalação de um sistema coordenado de DPS são similares para ambos os casos.

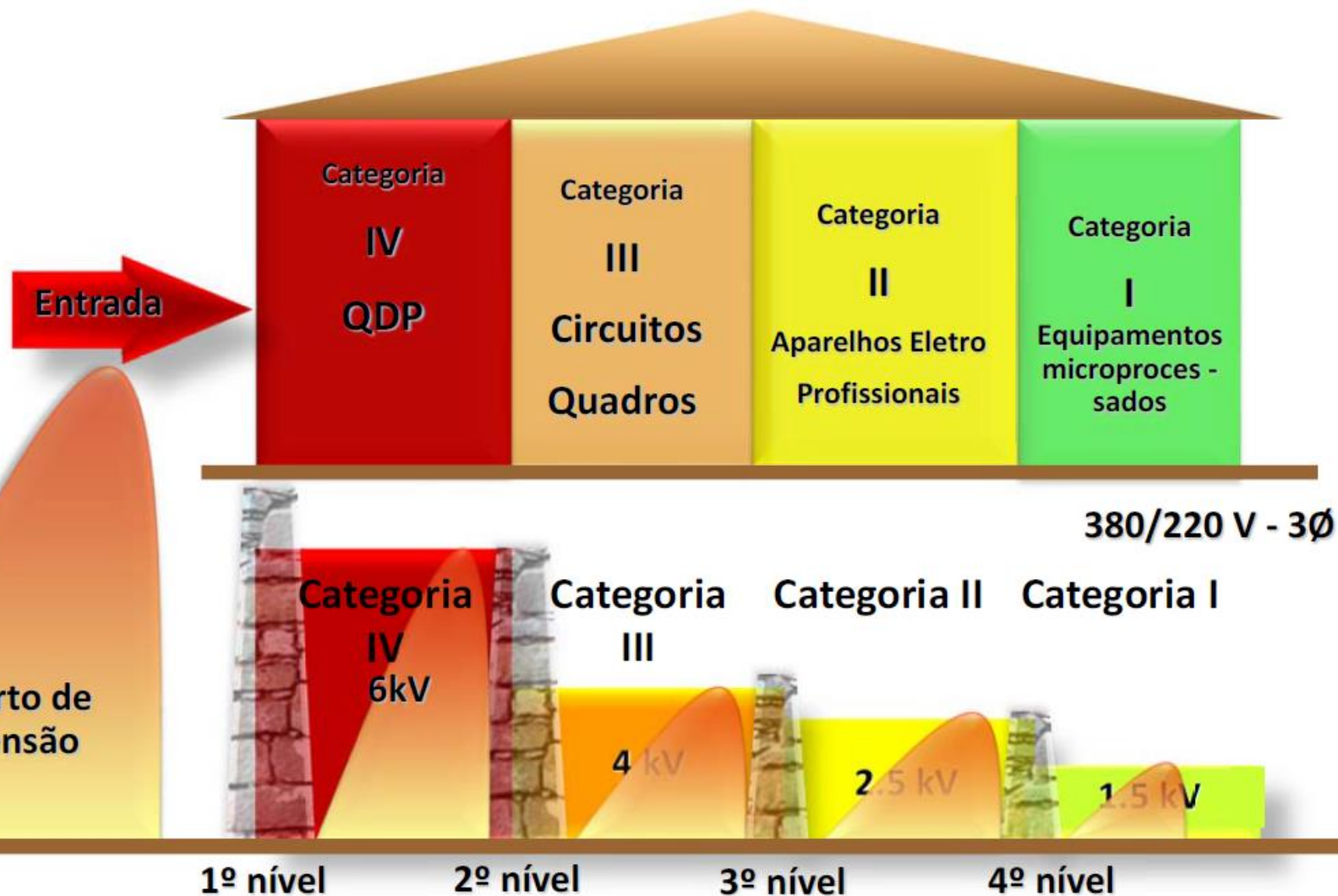
- em MPS utilizando o conceito de zonas de proteção contra raios, com mais do que uma zona interna (ZPR 1, ZPR 2 e zonas adicionais), os DPS devem ser localizados no ponto em que a linha entra em cada ZPR

SUPORTABILIDADE DO SURTO – TABELA 31

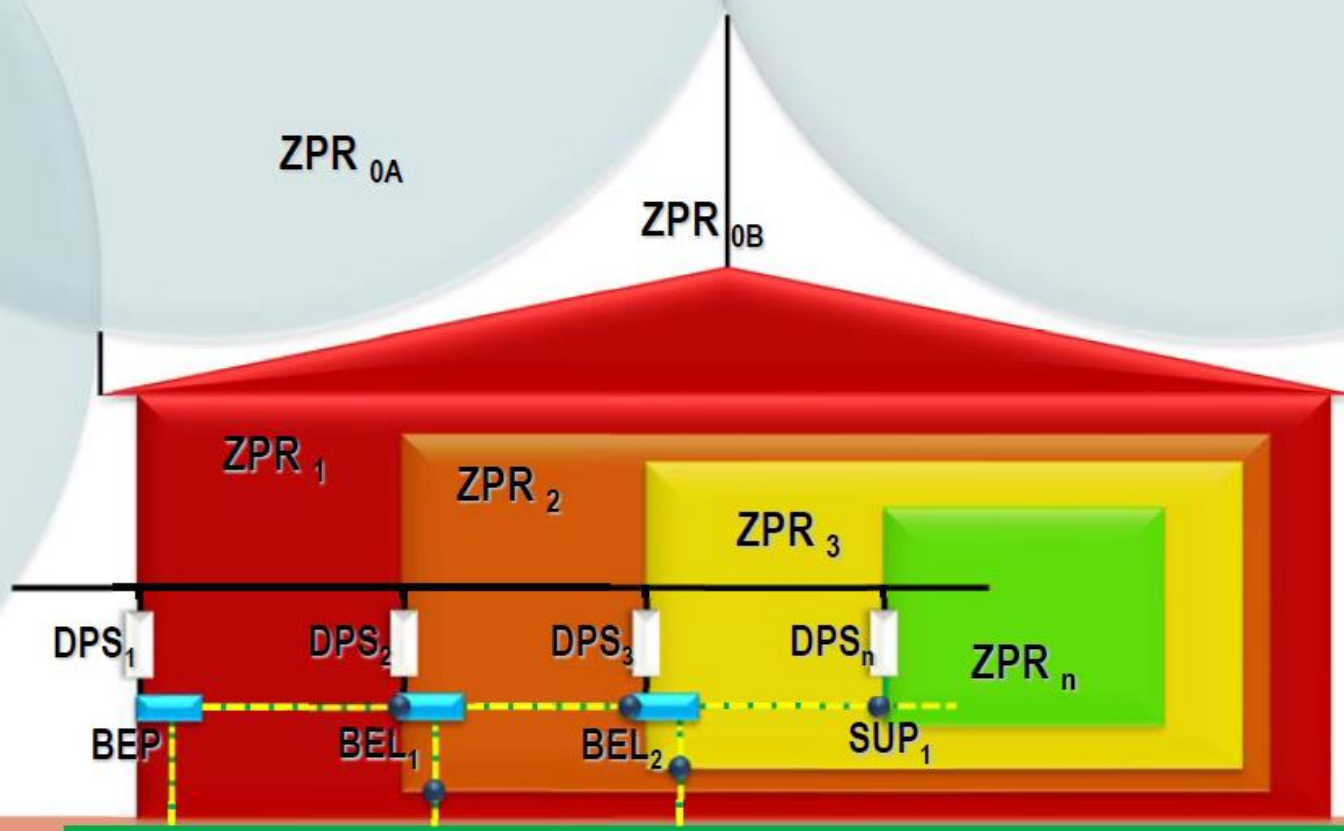
Tabela 31 - Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação
Tensão de impulso suportável requerida (kV)

Tensão nominal da instalação (V)		Tensão de impulso suportável requerida (kV)			
		Categoria de produto			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Produto a ser utilizado na entrada da instalação ⁽⁴⁾	Produto a serem utilizados em circuitos de distribuição e circuitos terminais ⁽³⁾	Equipamentos de utilização ⁽²⁾	Produtos especialmente protegidos ⁽¹⁾
		Categoria de suportabilidade a impulsos			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115-230 120-240 127-254	4	2,5	1,5	0,8
220/380 230/400 277/480	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5

NÍVEIS DO SURTO



Redução de corrente e campo a cada ZPR



FUNÇÃO DO DPS

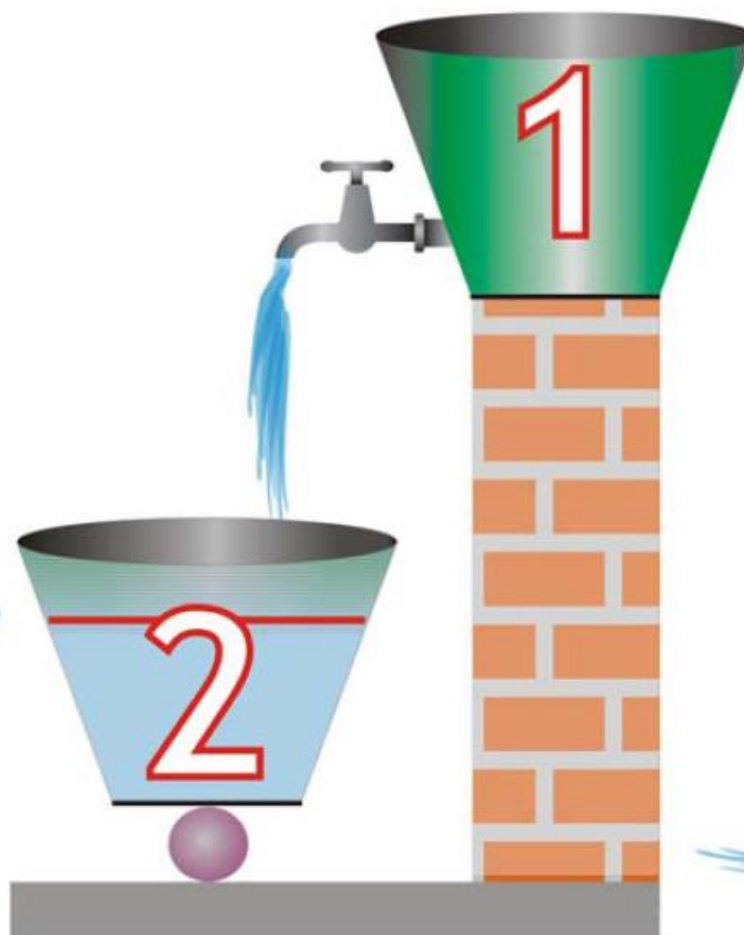
Equipotencializar sistemas e minimizar os surtos de tensão em uma linha energizada causando a mínima perturbação do fluxo de corrente.

- Efeitos Diretos:
 - Escoamento das correntes para o aterramento equipotencialização local (por edificação)
- Efeitos Indiretos:
 - Atenuação dos impulsos de tensão

Características:

Comutadores de tensão

Nível de desequilíbrio



Características:

Comutadores de tensão



Características:

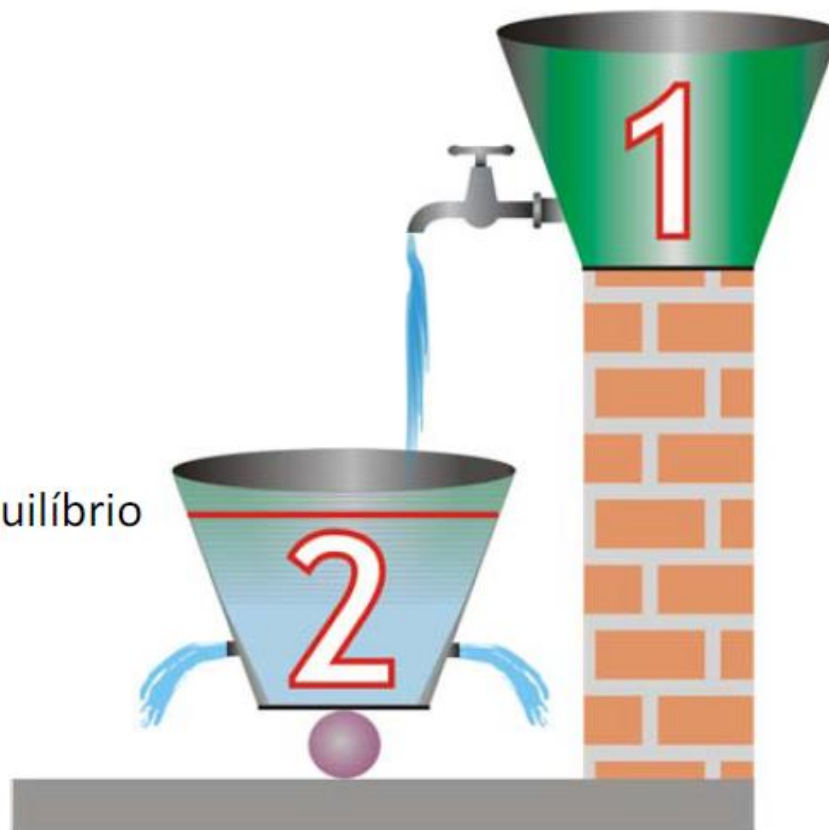
Comutadores de tensão



Características:

Atenuadores de tensão

Nível de desequilíbrio



Características:

Atenuadores de tensão

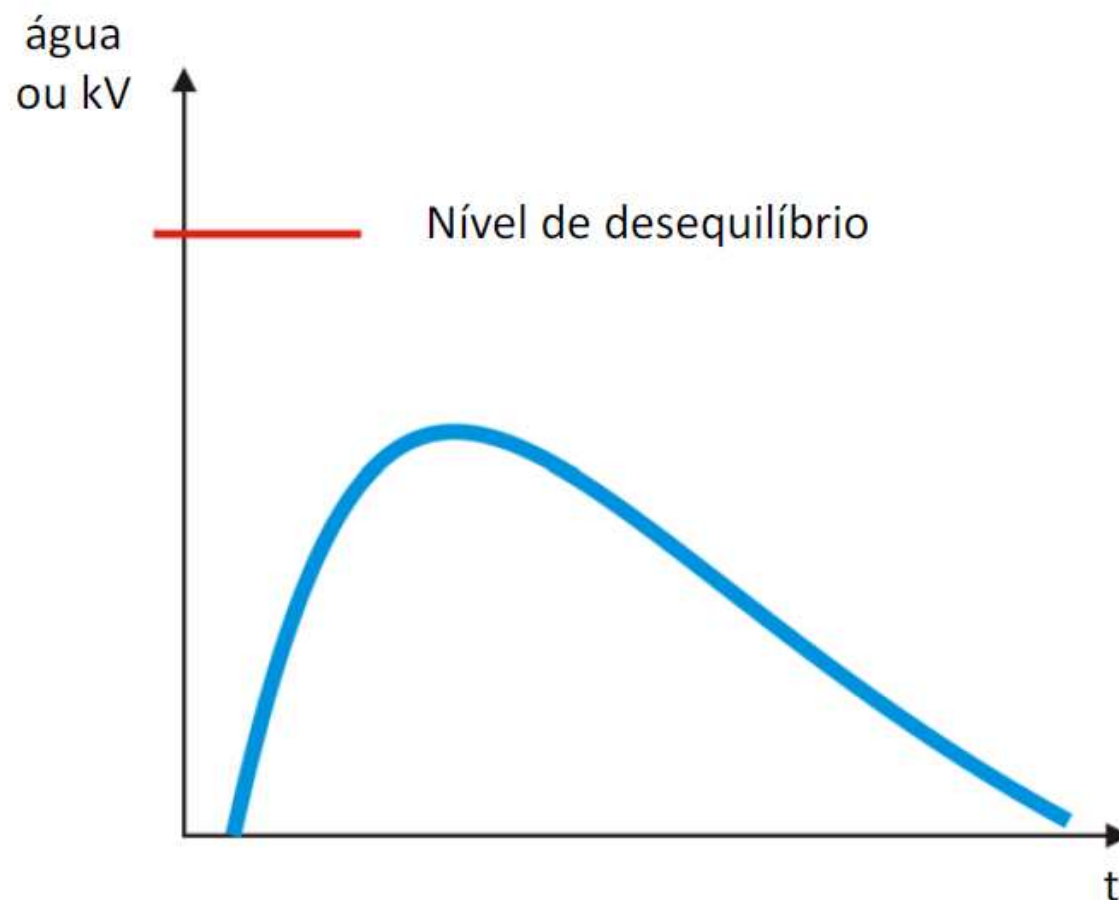


Tabela 12 – Isolação do SPDA externo – Valores aproximados do coeficiente k_c

Numero de descidas n	k_c
1 (somente para SPDA isolado)	1
2	0,66
3 ou mais	0,44

EXERCÍCIO DISTANC. DE SEGURANÇA (S)

Qual o valor de segurança para um sistema com NP I, isolamento a Ar e com 2 condutores de descida. Distancia do BEL de 3 metros.

$$s = k_i \cdot \frac{K_c}{K_m} \cdot l(m)$$

Tabela 10 – Isolação do SPDA externo – Valores do coeficiente k_i

Nível de proteção do SPDA	K_i
I	0,08
II	0,06
III e IV	0,04

Tabela 11 – Isolação do SPDA externo – Valores do coeficiente k_m

Material	K_m
Ar	1
Concreto, tijolos	0,5

NOTA 1 No caso de vários materiais isolantes estarem em serie, é uma boa prática usar o menor valor de k_m .

NOTA 2 A utilização de outros materiais isolantes está sob consideração.

ROTEIRO BÁSICO PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO

ROTEIRO - PROJETO

1. Conhecer local (estrutura) a ser protegido através de levantamento completo;
2. Desenvolver a análise de risco:
 - 2.1 Determinar o nível de proteção;
 - 2.2 Determinar as medidas adicionais de proteção:
 - 2.2.1 Tensões superficiais (toque e passo);
 - 2.2.2 Centelhamento (Equipotencialização ou "S")
3. Escolher o método, executar o cálculo e posicionar a captação;
4. Determinar o numero e posicionar os condutores de descida;
5. Calcular o eletrodo de aterramento:
 - 5.1 Estratificar o solo (quando possível);
 - 5.2 Estimar um eletrodo para um valor escolhido de resistividade
6. Repetir a análise do item 2.2 com o SPDA (ext e int) já determinado;

ROTEIRO - PROJETO

7. Definir ZPRs

7.1 Equipotencialização e aterramento (SPDA + Instalação elétrica);

7.1.1 Especificação dos DPSs;

7.1.2 Coordenação dos DPSs;

7.1.3 Instalação e posicionamento dos DPSs;

7.2 Considerações sobre blindagem;

7.3 Considerações sobre o encaminhamento dos cabos

PDA INSPEÇÃO, MANUTENÇÃO E DOCUMENTAÇÃO

PREMISSAS

A eficácia de qualquer PDA depende da sua instalação, manutenção e métodos de ensaio utilizados.

Inspeções, ensaios e manutenção não podem ser realizados durante a ameaça de tempestades.

OBJETIVO DAS INSPEÇÕES

Assegurar que:

- o SPDA de acordo com o projeto baseado na NBR 5419:2015;
- todos os componentes do SPDA estão em boas condições e são capazes de cumprir suas funções;
- qualquer nova construção ou reforma que altere as condições iniciais previstas em projeto além de novas tubulações metálicas, linhas de energia e sinal que adentrem a estrutura e que estejam incorporados ao SPDA externo e interno se enquadrem nesta Norma.

ORDEM DAS INSPEÇÕES

Inspeções devem ser feitas na seguinte ordem:

- Quando houver suspeita de queda de raio no local;
- periodicamente, realizada por profissional habilitado e capacitado a exercer esta atividade, com emissão de documentação pertinente, em intervalos determinados, assim relacionados:

PERIODICIDADE DAS INSPEÇÕES

- um ano, para estruturas contendo munição ou explosivos, ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa (regiões litorâneas, ambientes industriais com atmosfera agressiva etc.), ou ainda estruturas pertencentes a fornecedores de serviços considerados essenciais (energia, água, telecomunicações etc.);
- três anos, para as demais estruturas

O QUE CHECAR?

- deterioração e corrosão dos captosres, condutores de descida e conexões;
- condição das equipotencializações;
- corrosão dos eletrodos de aterramento;
- verificação da integridade física dos condutores do eletrodo de aterramento para os subsistemas de aterramento não naturais (ensaio de continuidade).

O QUE CHECAR?

- se não existem acréscimos ou alterações que necessitam medidas de proteção adicionais;
- se não existe indicação de danos nos DPSs, e na proteção contra sobrecorrentes agregada;
- se os roteamentos apropriados dos condutores e as distâncias de segurança estão conforme projeto;

Executar medição de continuidade elétrica nos elementos de equipotencialização e aterramento que não são visíveis.

O QUE CHECAR?

- existência de maus contatos entre componentes, condutores e conexões;
- comprometimento de parte do sistema devido à corrosão, principalmente ao nível do solo;
- se os condutores de equipotencialização e blindagens dos cabos estão intactos e devidamente interligados;

MANUTENÇÃO

A regularidade das inspeções é condição fundamental para a confiabilidade da PDA.

- SPDA → O responsável pela estrutura deve ser informado de todas as irregularidades observadas por meio de relatório técnico emitido após cada inspeção periódica. Cabe ao profissional emitente da documentação recomendar, baseado nos danos encontrados, o prazo de manutenção no sistema, que pode variar desde “imediato” a “item de manutenção preventiva”.
- MPS → Após a inspeção, todos os problemas relacionados no relatório, incluindo discrepâncias na documentação, devem ser corrigidos imediatamente.

DOCUMENTAÇÃO

A seguinte documentação técnica deve ser mantida no local, ou em poder dos responsáveis pela manutenção do SPDA:

- verificação de necessidade do SPDA (externo e interno), além da seleção do respectivo nível de proteção para a estrutura;
- desenhos em escala mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA externo e interno;
- Informações sobre medidas para criação das ZPRs;
- quando aplicável, os dados sobre a natureza e a resistividade do solo; constando detalhes relativos à estratificação do solo, ou seja, o número de camadas, a espessura e o valor da resistividade de cada uma;

DOCUMENTAÇÃO

- registro de ensaios realizados no eletrodo de aterramento e outras medidas tomadas em relação a prevenção contra as tensões de toque e passo. Verificação da integridade física do eletrodo (continuidade elétrica dos condutores) e se o emprego de medidas adicionais no local foi necessário para mitigar tais fenômenos (acréscimo de materiais isolantes, afastamento do local etc.), descrevendo-o.
- As informações obtidas nas inspeções devem complementar a documentação com no mínimo a situação geral das MPSs, qualquer alteração feita na instalação quando comparada a documentação das medidas originais e o resultado dos ensaios executados.

DUVIDAS?

Instagram:
@thiagoharaimundo

Sorteio
12 de Setembro

Google Home

WWW.
CASASOLAR
INTELIGENTE.
COM.BR



FIM

Obrigado pela atenção!

Thiago Raimundo – thiago henrique_mm@yahoo.com.br