



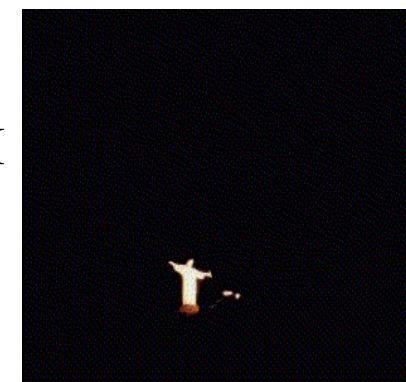
Universidade Federal do Espírito Santo
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Elétrica
Prof. Hélio Marcos André Antunes



Unidade 9: Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) – Aula 19



Instalações Elétricas I
Engenharia Elétrica



9.1- Descargas Atmosféricas

- O que são descargas atmosféricas?
 - São descargas elétricas que ocorrem entre a nuvem (-) e a terra (+), com uma corrente de elevada intensidade, podendo chegar até a 200 kA.
 - Quando ocorre, causa um fenômeno de rara beleza e perigo.



Descargas Atmosféricas

- As descargas atmosféricas são perigosas ?
- As descargas atmosféricas causam:
 - Sérias perturbações nas redes aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica;
 - Surtos de tensão (sobretensão).
 - Queima de equipamentos eletroeletrônicos.
 - Causam grandes danos materiais quando atingem residências, prédios, instalações comerciais e industriais;
 - Impõem sério risco de vida as pessoas e animais.
- Como podemos proteger as edificações das descargas atmosféricas ?
 - Por meio de um Sistema de Proteção Contra Descargas atmosféricas (SPDA).
 - Uso de Dispositivos de Proteção contra Surtos de Tensão (DPS).

Descargas atmosféricas

- Perguntas sobre raios:
- Pode-se operar aparelhos elétricos e telefônicos durante as tempestades ?
- É possível proteger equipamentos elétricos e telefônicos contra raios?
- Quais são as recomendações para se proteger dos raios?
 - Evitar locais descampados e descobertos;
 - Dentro de uma edificação, afastar-se de janelas metálicas, paredes, aparelhos elétricos e telefônicos;
 - Não entrar dentro de rios, lagos e mar;
 - Evitar ficar perto de cercas e estruturas elevadas (torres, caixa d'água, árvore, etc).

Descargas Atmosféricas

- O Brasil é campeão mundial em descargas atmosféricas, são cerca de 78 milhões de raios por ano.
- As descargas elétricas naturais causam um prejuízo anual de R\$ 1 bilhão por ano no Brasil.
- Entre 2000 e 2014, foram registradas 1.792 mortes por descargas elétricas, uma média anual de 120 vítimas.
- Segundo o INPE, Tocantins possui a maior incidência de descargas atmosféricas, com 20 raios por Km² por ano.
- No ES, Apicacá possui 2,46 raios por Km² por ano, a maior do estado.
- Fonte: INPE.
- Vamos analisar algumas fotos e relatos de acidentes relativos as descargas atmosféricas!

Descargas Atmosféricas



Árvore atingida por raio



Descarga lateral numa pequena casa

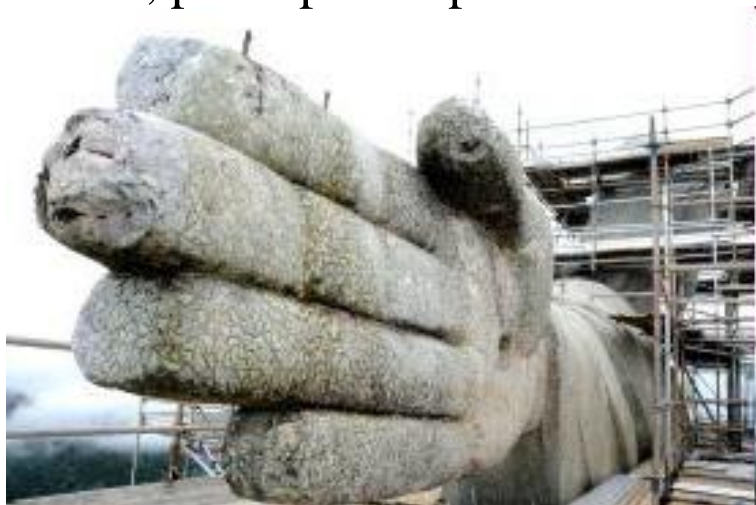


Descarga direta destruiu 30 metros de um telhado e lançou telhas a 80 metros



Descargas Atmosféricas

Cristo Redentor, castigado por raios, passa por ampla reforma



Raio destrói mansão no Alto do Capivari, em Campos do Jordão



Fonte: “Notícias sobre raios
<http://raiosnews.blogspot.com/>”

Descargas Atmosféricas

- Sobreaquecimento no ponto de impacto podendo dar início a pontos quentes (explosões, incêndio).



Fogo na refinaria

Um raio atingiu, na madrugada de ontem, um tanque de óleo diesel da Refinaria de Paulínia (Replan), na região de Campinas. Só depois de 12 horas de muito trabalho, os bombeiros da cidade, ajudados por equipes de outros

locais, conseguiram acabar com as chamas. O reservatório ficou destruído e foram queimados 7,5 milhões de litros de combustível. Foi o maior acidente ocorrido na refinaria, em seus 21 anos. Não houve feridos.

Descargas Atmosféricas

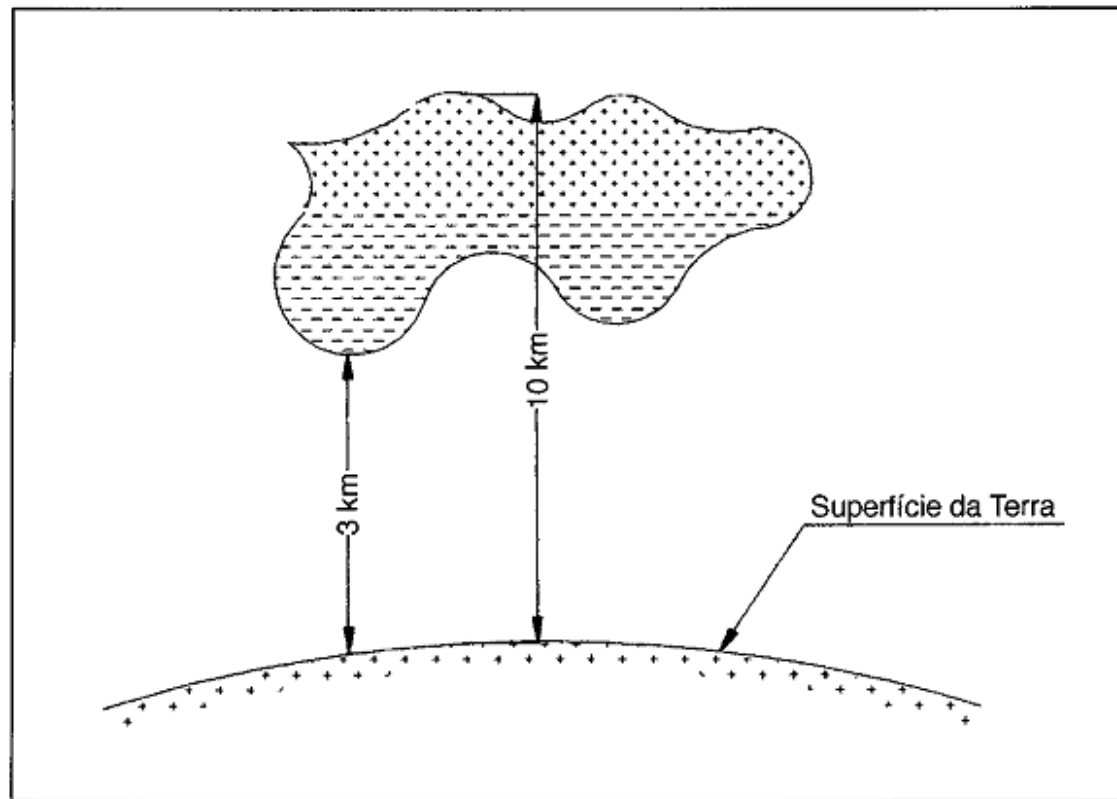
- Efeitos das descargas atmosféricas nas estruturas: NBR 5419-1/2015

Tabela 1 – Efeitos das descargas atmosféricas nos vários tipos de estruturas

Tipo de estrutura de acordo com sua finalidade e/ou conteúdo	Efeitos das descargas atmosféricas
Casa de moradia	Perfuração da isolação das instalações elétricas, incêndio e danos materiais. Danos normalmente limitados a objetos expostos ao ponto de impacto ou no caminho da corrente da descarga atmosférica. Falha de equipamentos e sistemas elétricos e eletrônicos instalados (exemplos: aparelhos de TV, computadores, <i>modems</i> , telefones etc.).
Teatro ou cinema Hotel Escola <i>Shopping centers</i> Áreas de esportes	Danos em instalações elétricas que tendem a causar pânico (por exemplo, iluminação elétrica) Falhas em sistemas de alarme de incêndio, resultando em atrasos nas ações de combate a incêndio.
Estação de telecomunicações Estação de geração e transmissão de energia elétrica	Interrupções inaceitáveis de serviços ao público.

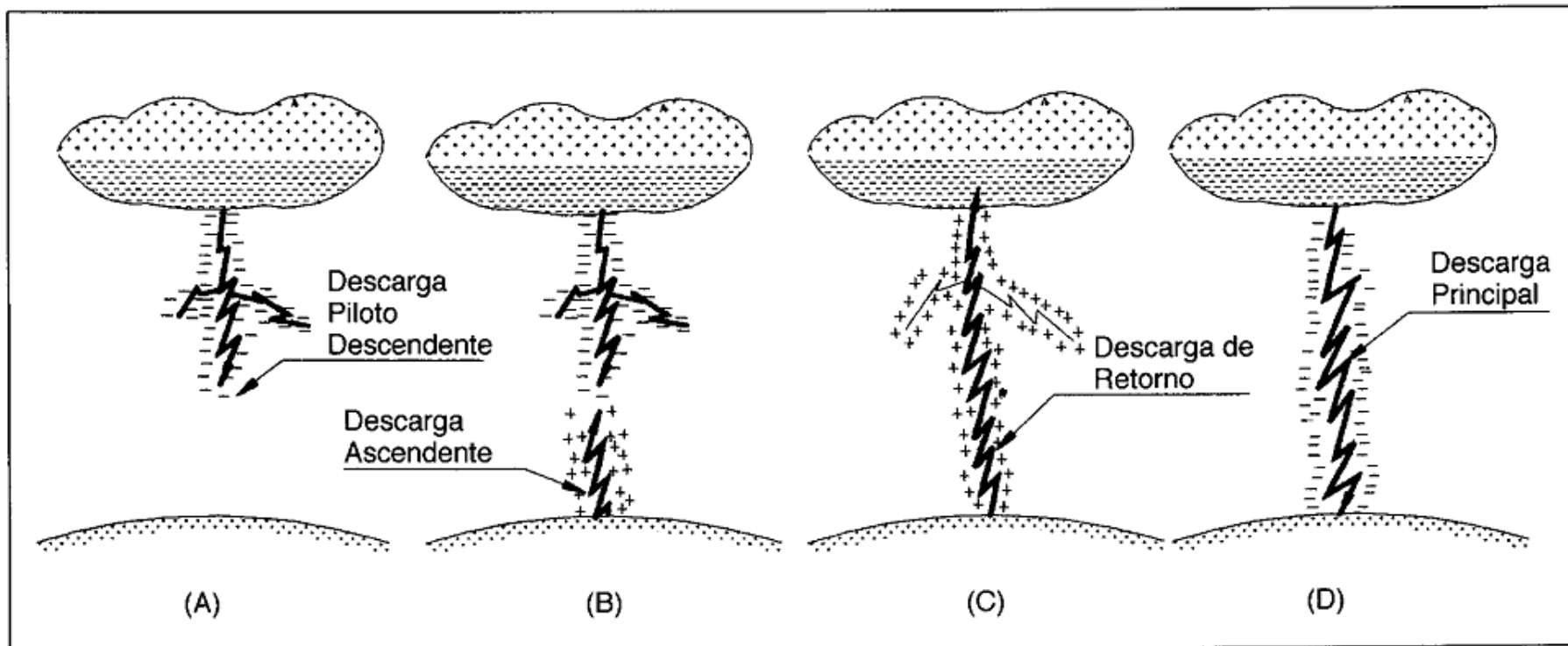
9.2- Formação das Descargas Atmosféricas

- Como são formadas as descargas atmosféricas?
 - Distribuição das cargas elétricas das nuvens e no solo.



- A nuvem tem característica bipolar.
- Rigidez dielétrica do ar é rompida com 1kV/mm.

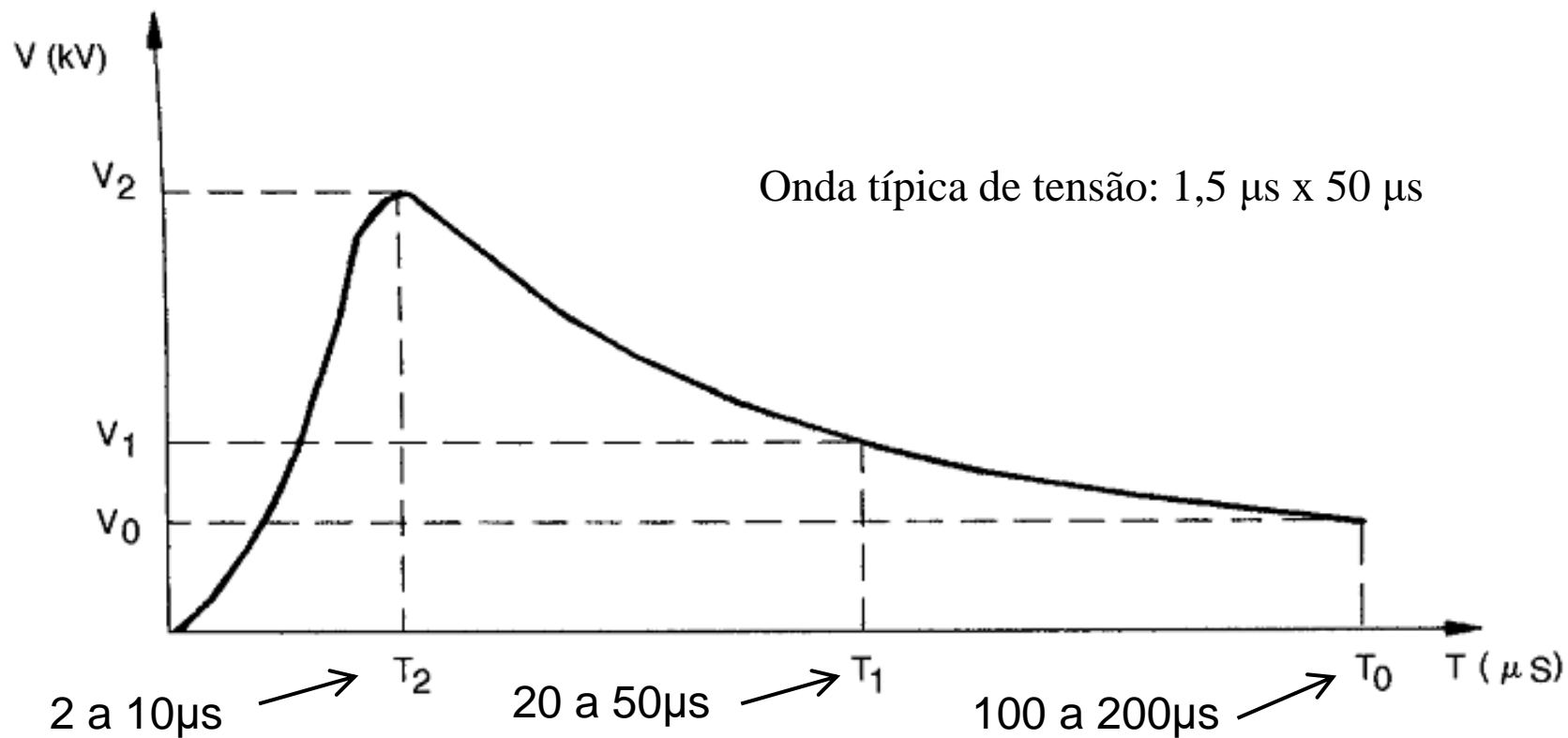
Formação das Descargas Atmosféricas



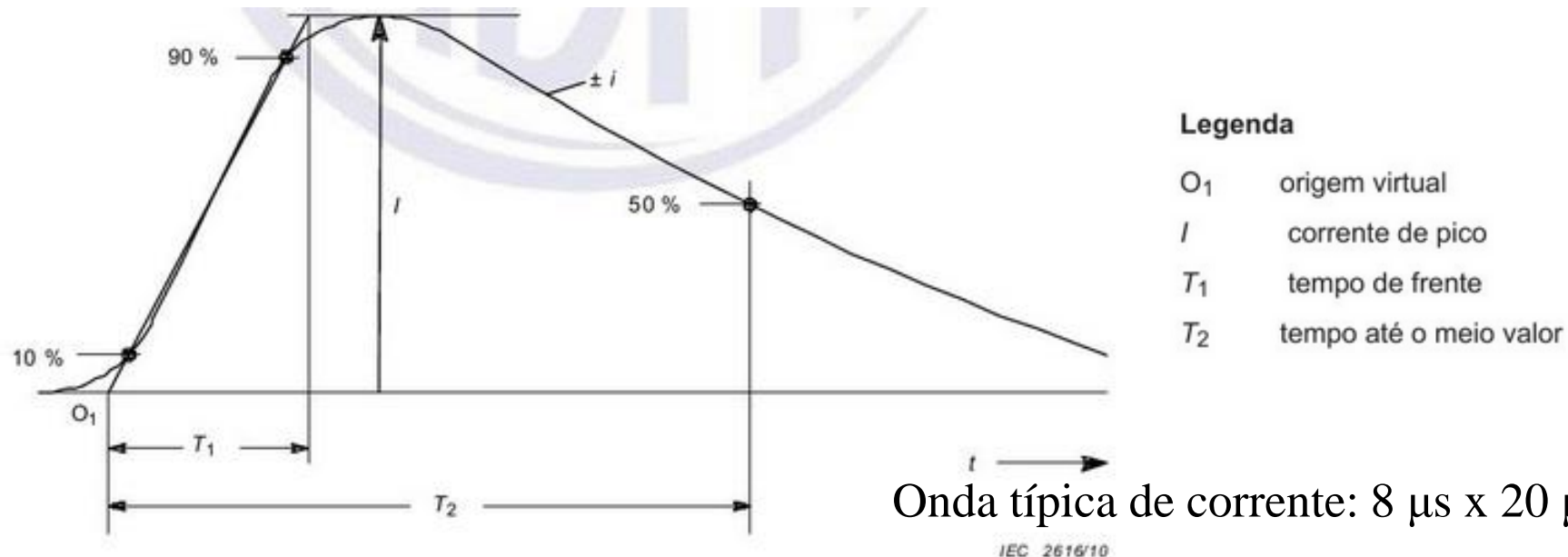
- Relâmpago: é o clarão muito intenso e rápido proveniente de uma descarga atmosférica.
- Trovão: é o ruído resultante da onda de choque provocada pelo aquecimento instantâneo do ar ao ser atravessado por um raio.

Descargas Atmosféricas

- Como é a forma típica de onda de uma descarga atmosférica?



Descargas Atmosféricas



- As probabilidades de ocorrência de valores de pico das descargas atmosféricas, segundo a NBR 5419:2015, são:
 - $95 \% \leq 5 \text{ kA}$;
 - $80 \% \leq 20 \text{ kA}$;
 - $60 \% \leq 30 \text{ kA}$;
 - $20 \% \leq 60 \text{ kA}$;
 - $10 \% \leq 80 \text{ kA}$.

9.3- NBR 5419:2015

- A nova NBR 5419 foi dividida em quatro partes:
 - **Parte 1 (Princípios gerais):** é analisado a ameaça da descarga atmosférica. Apresenta informações relativas aos efeitos das descargas, valores de corrente da descarga atmosférica, etc.
 - **Parte 2 (Gerenciamento de risco):** são analisados os riscos associados à descarga atmosférica. Apresenta a forma de calcular o risco devido às descargas atmosféricas e obter a informação da necessidade ou não de um SPDA.
 - **Parte 3 (Danos físicos a estrutura e perigo à vida):** é a parte onde se determina quais os materiais serão utilizados no SPDA e métodos de proteção.
 - **Parte 4 (Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura):** são analisadas as proteções, com descargas atmosféricas que se originam na rede. Apresenta dados sobre uso de DPS nas estruturas e zonas de proteção.

—

NBR 5419-2015

- Estrutura da norma NBR 5419-2015:

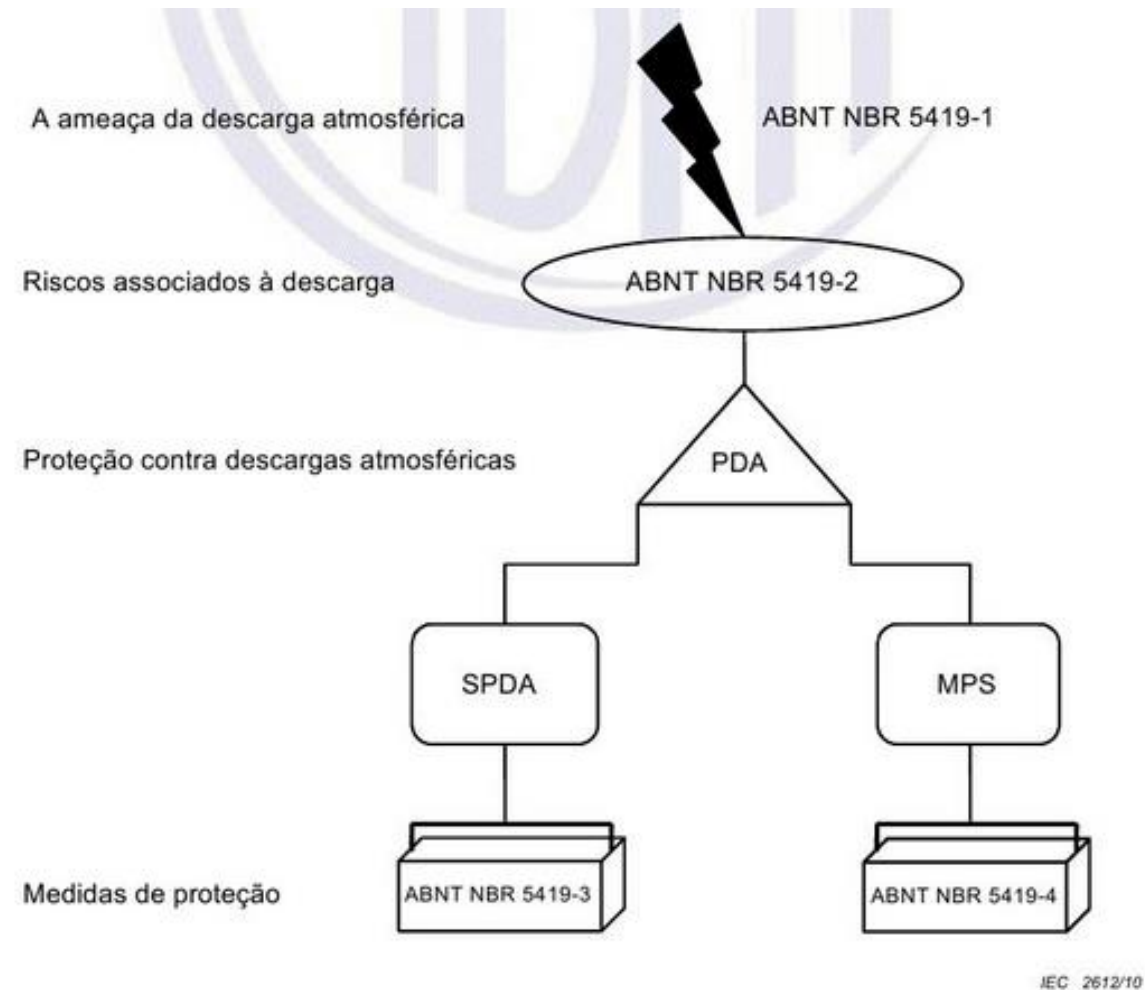


Figura 1 – Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419

NBR 5419-2015

- Restrições de utilização da NBR 5419-2015:
 - sistemas ferroviários;
 - veículos, aviões e navios;
 - plataformas *offshore*;
 - tubulações subterrâneas de alta pressão;
 - tubulações e linhas elétricas de energia e de sinal quando colocadas fora da estrutura.



9.4 –Princípios Gerais

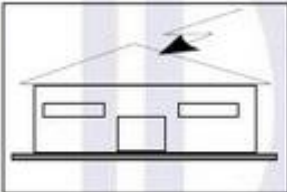
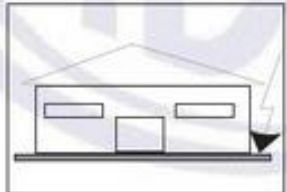
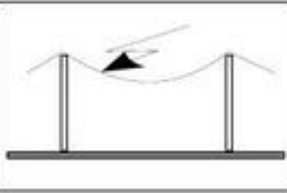
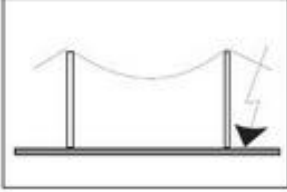
- Fonte dos danos (S):
 - A corrente da descarga atmosférica é a principal fonte de dano.
 - As seguintes fontes são distintas pelo ponto de impacto:
 - a) S_1 : descargas atmosféricas na estrutura;
 - b) S_2 : descargas atmosféricas perto da estrutura;
 - c) S_3 : descargas atmosféricas na linha;
 - d) S_4 : descargas atmosféricas perto da linha.
- Tipos de danos (D):
 - A descarga atmosférica pode causar danos dependendo das características da estrutura a ser protegida.
 - É usual distinguir entre três tipos básicos de danos:
 - a) D_1 : ferimentos aos seres vivos por choque elétrico;
 - b) D_2 : danos físicos;
 - c) D_3 : falhas de sistemas eletroeletrônicos.

Princípios Gerais

- Tipos de perdas (L):
 - Cada tipo de dano, sozinho ou em combinação com outros, pode produzir diferentes perdas em uma estrutura a ser protegida.
 - Os seguintes tipos de perdas devem ser levados em consideração:
 - a) L_1 : perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes);
 - b) L_2 : perda de serviço ao público;
 - c) L_3 : perda de patrimônio cultural;
 - d) L_4 : perda de valores econômicos (estrutura, conteúdo e perdas de atividades).
 - As perdas L_1 a L_3 são do tipo sociais.

Princípios Gerais

Tabela 2 – Danos e perdas relevantes para uma estrutura para diferentes pontos de impacto da descarga atmosférica

Ponto de impacto		Fonte de dano	Tipo de dano	Tipo de perda
Estrutura		S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Nas proximidades de uma estrutura		S2	D3	L1 ^b , L2, L4
Linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Proximidades de uma linha elétrica ou tubulação metálica		S4	D3	L1 ^b , L2, L4
^a Somente para propriedades onde pode haver perdas de animais. ^b Somente para estruturas com risco de explosão, hospitais ou outras estruturas nas quais falhas em sistemas internos colocam a vida humana diretamente em perigo.				

Avaliação da Necessidade de Proteção

- Risco

- O risco, R , é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que pode aparecer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado.
- Os riscos a serem avaliados em uma estrutura são:
 - a) R_1 : risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes);
 - b) R_2 : risco de perda de serviço ao público;
 - c) R_3 : risco de perda de patrimônio cultural;
 - d) R_4 : risco de perda de valores econômicos.

Avaliação da Necessidade de Proteção

- Necessidade de SPDA:
 - Devem ser avaliados os riscos R_1 , R_2 e R_3 , determinando o risco \mathbf{R} . Assim, a necessidade do SPDA se dará se:
 - $\mathbf{R} > R_T$, onde $\mathbf{R} = R_1 + R_2 + R_3$.
- Vantagem econômica do SPDA
 - Avaliação do risco R_4 para determinar o custo da perda econômica com e sem medidas de proteção.
 - A proteção é conveniente se:
$$C_{RL} + C_{PM} < C_L$$
 - C_{RL} : custos das perdas residuais.
 - C_{PM} : custo das medidas de proteção.
 - C_L : custo da perda sem medidas de proteção.

Medidas de Proteção

- Ações para reduzir danos a pessoas devido ao choque elétrico:
 - Isolação das parte condutoras expostas;
 - Equipotencialização através de aterramento em malha;
 - Restrições físicas e avisos;
 - Ligação equipotencial para descargas atmosféricas (LE).
- Medidas para reduzir os danos físicos:
 - Subsistema de captação, de descida e de aterramento;
 - Equipotencialização para descargas atmosféricas;
 - Isolação elétrica: distância de segurança.

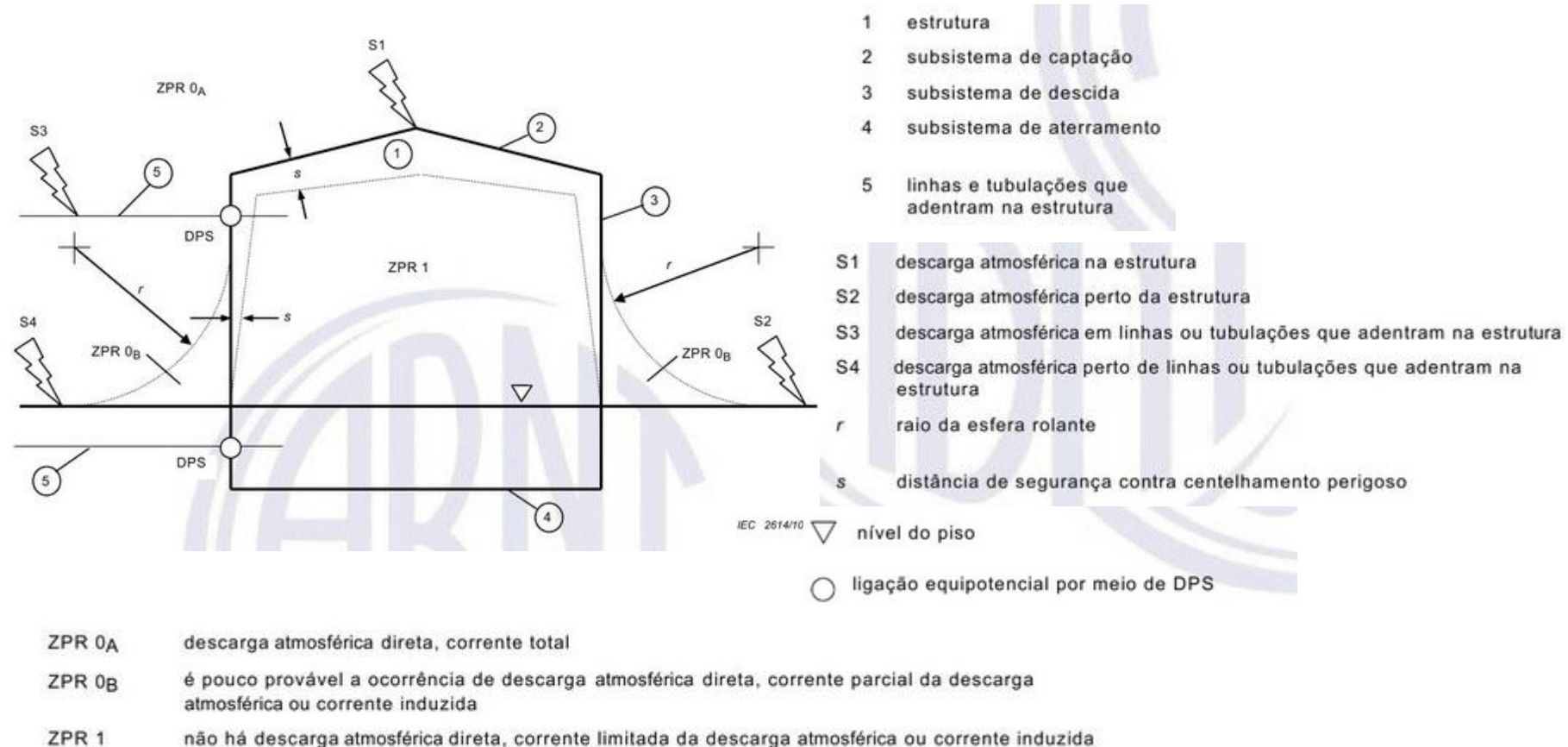
Proteção contra Danos Físicos e Risco de Vida

- Para se proteger uma estrutura contra danos físicos e risco de vida, deve haver um SPDA.
- Um SPDA é composto por:
 - Sistema externo de proteção: constituído por subsistemas de captação, descida e aterramento, com a função de captar a descarga elétrica, conduzir a corrente de forma segura até dispersá-la na terra, podendo ser:



Proteção contra Danos Físicos e Risco de Vida

- Zonas de Proteção contra Raio (ZPR) definida pelo SPDA:



- A norma reconhece que a proteção contra danos físicos e risco de vida é efetiva quando a estrutura estiver dentro de uma ZPR 0B.