# Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA

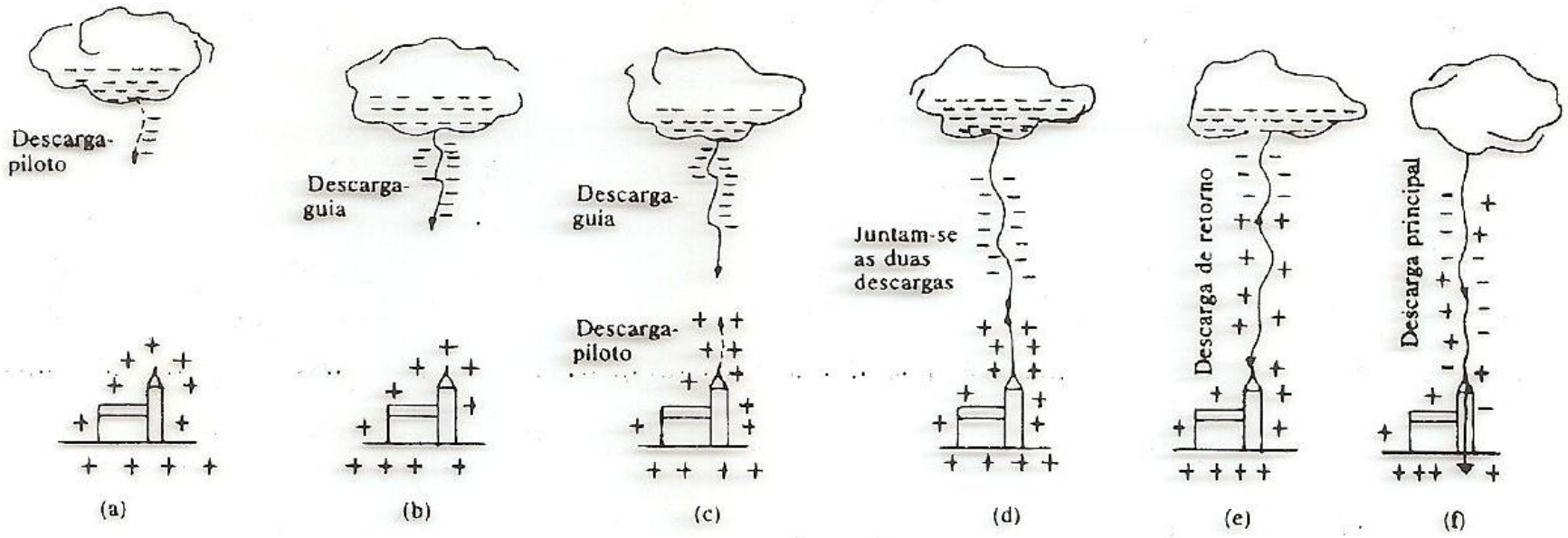
## NBR 5419-1:2026

Princípios Gerais

Prof. Marcos Fergütz

Novembro/2026

# Formação das Descargas Atmosféricas




Fases sucessivas da formação na atmosfera de uma descarga elétrica.

Fonte: Proj. de Instalações Elétricas/Domingos Leite Filho/2001

# Teoria dos Saltos - Raio Nuvem-Solo

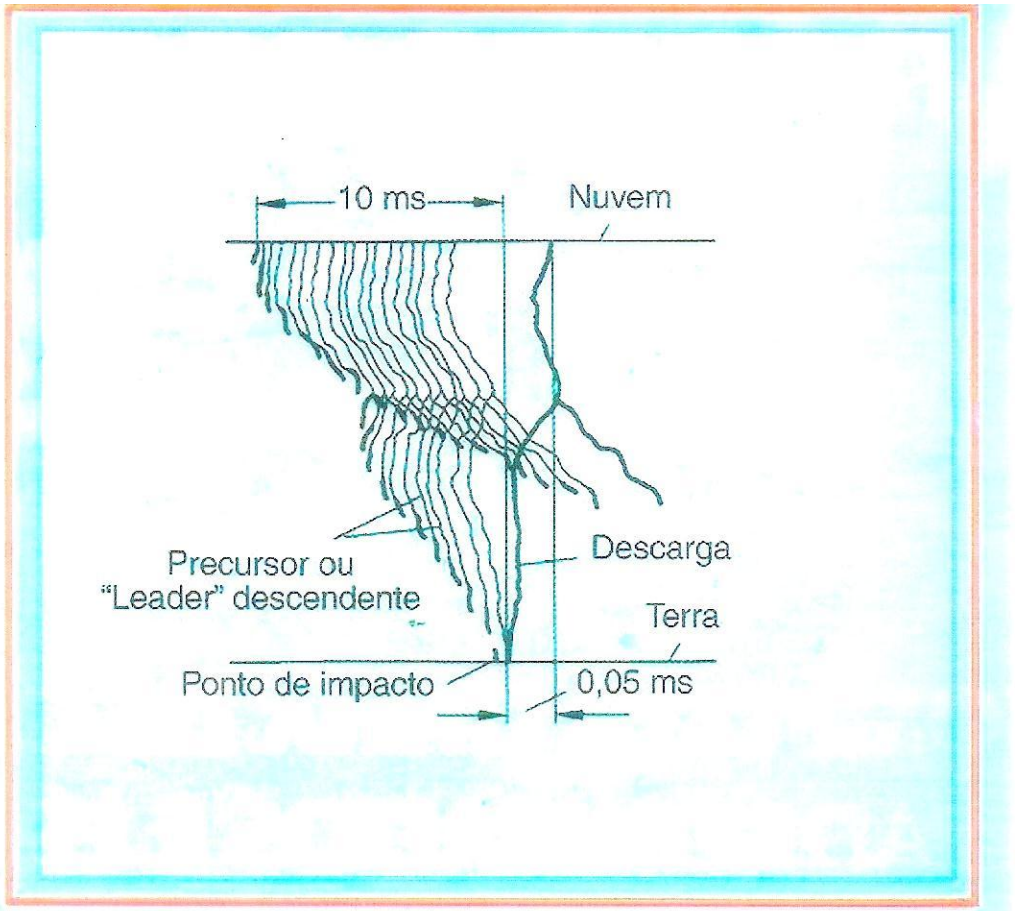
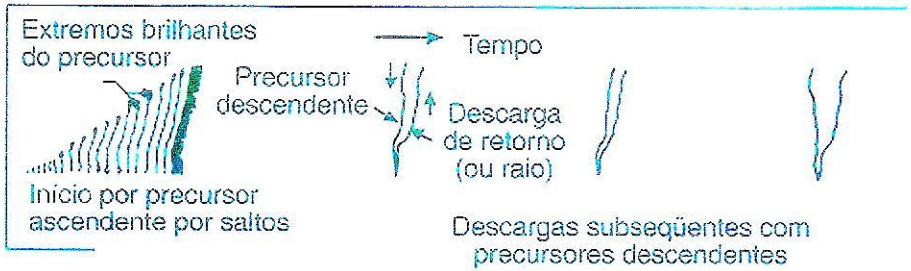



*Fig. 1 – Registros fotográficos utilizados na determinação do método*

# Raios Solos-Nuvens



Fotografia da descarga por câmara fixa




Fotografia da mesma descarga por câmara de alta velocidade



*Fig. 3 – Desenvolvimento de precursor ascendente a partir do solo*



*Fig. 5 – Precursores ascendentes originados na torre de comunicação do Monte San Salvatore, na Suíça*



Raio ascendente em antena instalada no Pico Jaraguá – São Paulo/SP – março/2012
Imagem: INPE/ELAT









Fonte: www.google.com.br/imagem

# Estrutura da NBR5419/26

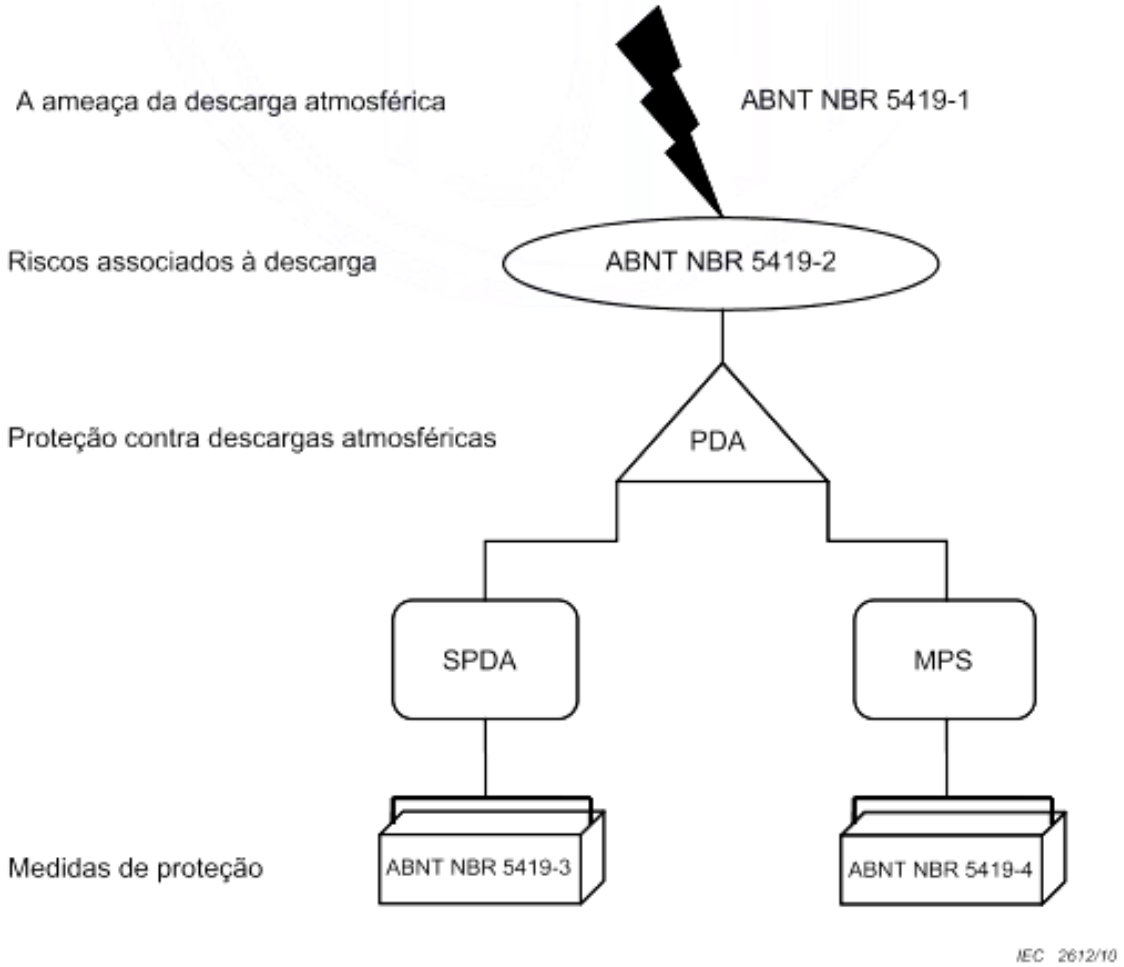


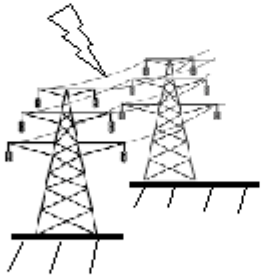
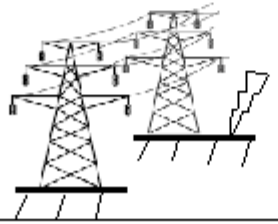

**Figura 1 – Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419**

# NBR 5419-1:2026 – Princípio Gerais

Esta primeira parte da 5419 se presta a fazer uma apresentação geral de conceitos que serão desenvolvidos nas partes subsequentes (2, 3 e 4).

- Fontes de Danos
  - S1: Descargas atmosféricas na estruturas;
  - S2: Descargas atmosféricas nas proximidades da estrutura;
  - S3: Descarga atmosféricas nas linhas elétricas e/ou tubulações metálicas que se conectam ou saem da estrutura;
  - S4: Descargas atmosféricas próximas às linhas elétricas e/ou tubulações metálicas que se conectam ou saem da estrutura.
- Tipos de Danos
  - D1: danos às pessoas devido a choque elétrico (acoplamento resistivo ou indutivo);
  - D2: danos físicos devido aos efeitos da corrente da descarga (incluso centelhamento) como fogo, explosão, destruição mecânica e liberação de produtos químicos;
  - D3: falhas de sistemas internos devido ao pulso eletromagnético devido à descarga atmosférica (***LEMP – Lightning Eletromagnectic Impulse***).
- Tipos de Perdas
  - L1: perda vida humana (incluso danos permanentes);
  - L3: perda de patrimônio cultural, sendo que o valor do patrimônio em risco abrange a estrutura e o conteúdo (valor econômico e o cultural);

Tabela relacionando DANOS e PERDA para estruturas e com diferentes pontos de impacto

| Localização do Impacto | | Fonte de Dano | Tipo de Dano | Tipo de Perda |
|---|---|---|---|---|
| Na Estrutura |  | S1 | D1<br>D2<br>D3 | L1,<br>L1, L3,<br>L1† |
| Próximo da Estrutura |  | S2 | D3 | L1† |
| Nas Linhas elétricas/tubulações metálicas conectadas á Estrutura |  | S3 | D1<br>D2<br>D3 | L1,<br>L1†, L3,<br>L1† |
| Próximo de Linhas elétricas ou tubulações metálicas |  | S4 | D3 | L1† |

† Somente para estruturas com risco de explosão ou outras estruturas nas quais falhas em sistemas internos colocam a vida humana diretamente em perigo.

- Necessidade de SPDA para Reduzir o Risco **R**

A necessidade de proteção contra descargas atmosféricas em dada estrutura deve ser avaliada de modo a reduzir as perdas L1 e L3;

Uma análise de risco, segundo NBR5419-2, deve ser desenvolvidas para avaliar quando uma estrutura necessita de proteção contra descargas atmosféricas. Os riscos a serem avaliados, são:

- R1: risco de perda de vida ou danos permanentes em seres humanos;
- R3: risco de perda de patrimônio cultural.

NOTAS (Item 6.2.2):
1- o risco R2, vigente na edição anterior da norma, foi substituído pela Frequência de Danos F;
2- O risco R4 passou a ter caráter informativo, sendo de uso opcional, estando tratado no Anexo D da NBR5419-2:2026.

Há que se avaliar os riscos $R_1$ e $R_3$, determinando o risco **R**. Assim, a necessidade de SPDA se dará se:

$$\mathbf{R} > R_T \quad \text{(Risco Tolerável)}$$

- Necessidade de PDA para Reduzir a Frequência de Danos **F**

A necessidade de sistema interno ser protegido contra descargas atmosféricas em dada estrutura deve ser avaliada de modo a reduzir **F**;

Uma análise de **F**, segundo NBR5419-2, deve ser desenvolvidas para avaliar quando uma proteção contra descargas atmosféricas é necessária.

Assim, a necessidade de SPDA se dará se:

**F** > FT (Frequência Tolerável)

Se **F** > FT, então medidas deverão ser adotadas para reduzir **F** para FT.

NOTA:
Informações sobre avaliação de risco e procedimento para avaliar medidas de proteção estão definidas na NBR5419-2:2026.

# Medidas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA)

- Para reduzir danos à pessoas devido ao choque elétrico:
  - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)
  - Isolação das parte condutoras expostas;
  - Equipotencialização através de aterramento em malha (reticulado);
  - Restrições físicas e avisos;
  - Ligação equipotencial para descargas atmosféricas (LE).

Nota: risco de perda devida reduzido se aumentado a resistência de contato da superfície do solo e o uso de eletrodo de aterramento reticulado; as medidas são relevantes, principalmente, para estrutura com SPDA; detectores de tempestades podem auxiliar a reduzir risco de perda de vida.

- Para reduzir danos físicos:
  - Subsistema de captação, de descida e de aterramento;

Nota: limitação da propagação do fogo (compartimentos á prova, extintores, hidrantes, alarme) reduzem os danos físicos;

- Para reduzir falhas dos sistemas eletro-eletrônicos:
  - ✓ Aterramento e equipotencialização;
  - ✓ Blindagem magnética;
  - ✓ Roteamento da fiação;
  - ✓ Interfaces isolantes;
  - ✓ DPS coordenado.

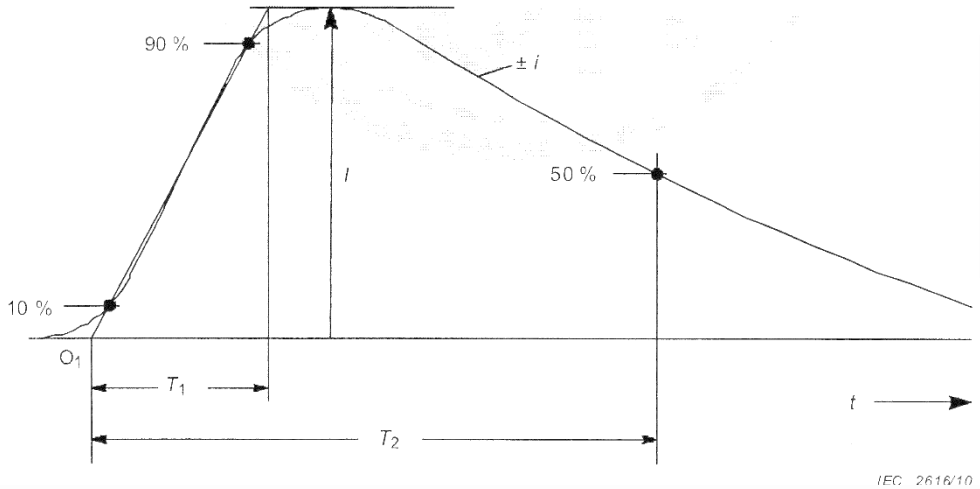
Nota: Para danos Tipo S1, as medidas são eficientes se a estrutura for protegida por SPDA;.

- Níveis de Proteção

Para efeitos da nova versão da NBR5419/2026, foi definido um conjunto de parâmetros relativos à corrente de descarga. A atribuição de diferentes valores aos parâmetros acarreta na definição de 4 Níveis de Proteção (NP).

## Componentes da Corrente de Descarga Atmosférica

- Impulso (t < 2ms)

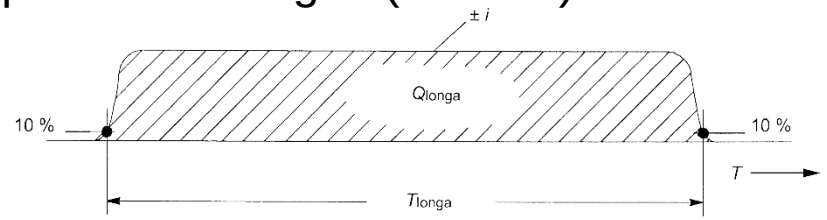



**Legenda**

| | |
|---|---|
| $O_1$ | origem virtual |
| $I$ | corrente de pico |
| $T_1$ | tempo de frente |
| $T_2$ | tempo até o meio valor |

**Figura A.1 – Definições dos parâmetros de um impulso de corrente (tipicamente $T_2$ < 2 ms)**

- Componentes Longos (t > 2ms)




**Legenda**

| | |
|---|---|
| $T_{longa}$ | tempo de duração |
| $Q_{longa}$ | carga da componente longa da descarga atmosférica |

**Figura A.2 – Definições dos parâmetros da componente longa (tipicamente 2 ms < $T_{longa}$ < 1 s)**

As componentes das descargas se diferenciam pela polaridade (positiva/negativa) e de suas posições durante a descarga, as quais podem ser: primeira componente, componente subsequente e superposta. Segundo a NBR5419-1, as componentes possíveis, são:

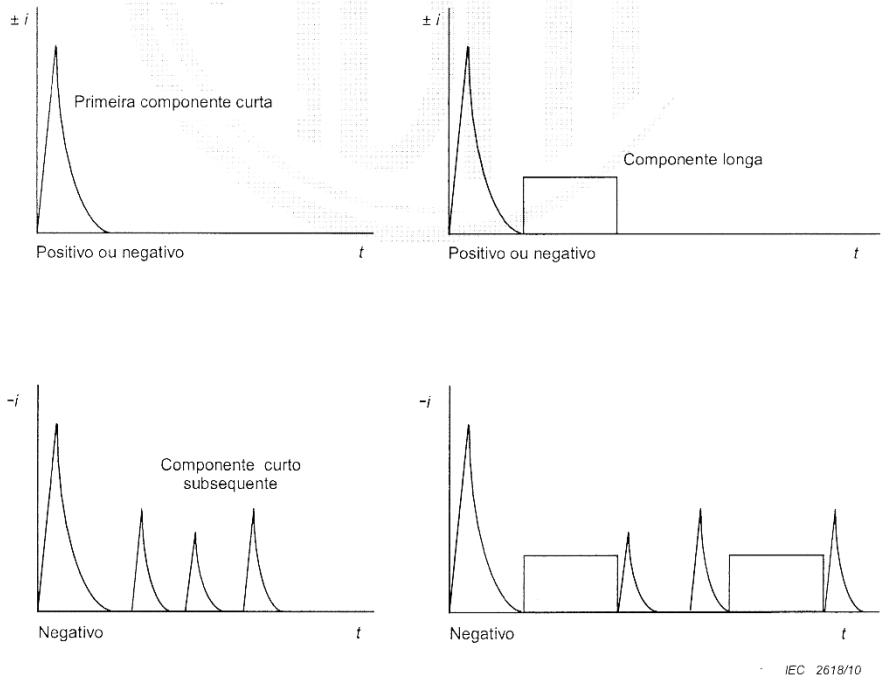



**Figura A.3 – Possíveis componentes de descargas atmosféricas descendentes (típicas em locais planos e em estruturas baixas)**

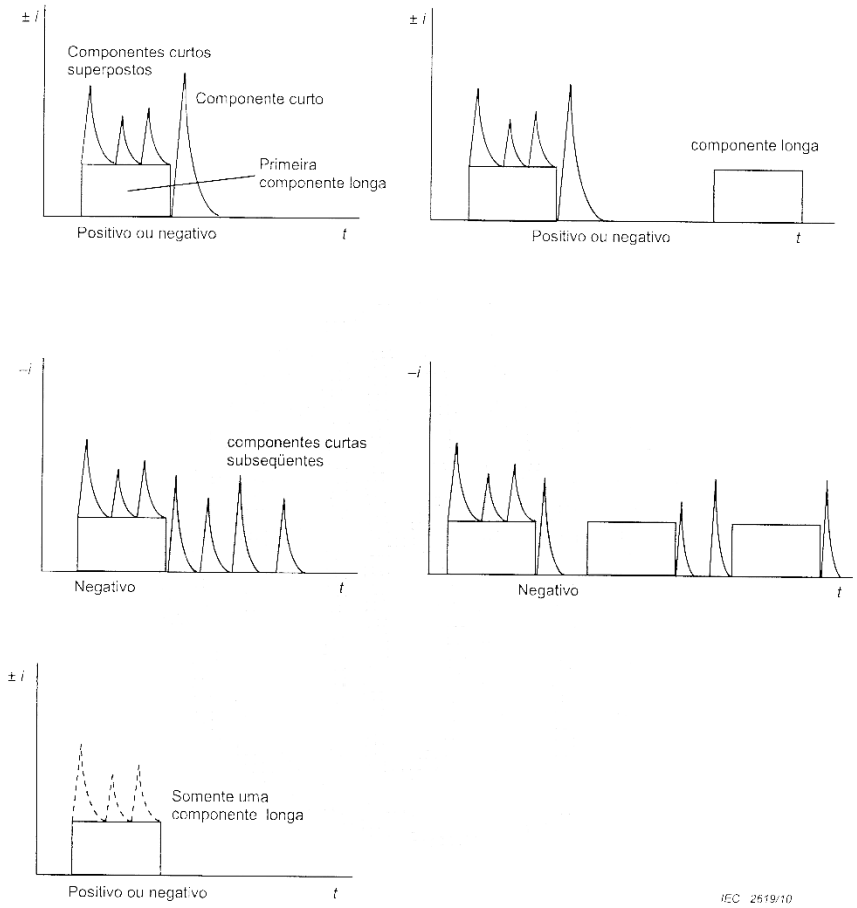



**Figura A.4 – Possíveis componentes de descargas atmosféricas ascendentes (típicas de estruturas mais altas ou expostas)**

**Tabela 3 – 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 | $T_1$ / $T_2$ | µs / µs | 10/350 | | | |
| **Primeiro impulso negativo[a]** | | | **NP** | | | |
| **Parâmetros da corrente** | **Símbolo** | **Unidade** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Valor de pico | $I$ | kA | 100 | 75 | 50 | |
| Taxa média de variação | d$i$/d$t$ | kA/µs | 100 | 75 | 50 | |
| Parâmetros de tempo | $T_1$ / $T_2$ | µs / µs | 1/200 | | | |
| **Impulso subsequente** | | | **NP** | | | |
| **Parâmetros da corrente** | **Símbolo** | **Unidade** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Valor de pico | $I$ | kA | 50 | 37,5 | 25 | |
| Taxa média de variação | d$i$/d$t$ | kA/µs | 200 | 150 | 100 | |
| Parâmetros de tempo | $T_1$ / $T_2$ | µs / µs | 0,25/100 | | | |
| **Componente longa da descarga atmosférica** | | | **NP** | | | |
| **Parâmetros da corrente** | **Símbolo** | **Unidade** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Carga da componente longa | $Q_{longa}$ | C | 200 | 150 | 100 | |
| Parâmetros de tempo | $T_{longa}$ | s | 0,5 | | | |
| **Descarga atmosférica** | | | **NP** | | | |
| **Parâmetros da corrente** | **Símbolo** | **Unidade** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Carga da descarga atmosférica | $Q_{flash}$ | C | 300 | 225 | 150 | |

[a] O uso desta forma de onda de corrente é de interesse para cálculos somente, não para ensaios.

**Tabela 4 – Valores mínimos dos parâmetros das descargas atmosféricas e respectivos raios da esfera rolante, correspondentes aos níveis de proteção (NP)**

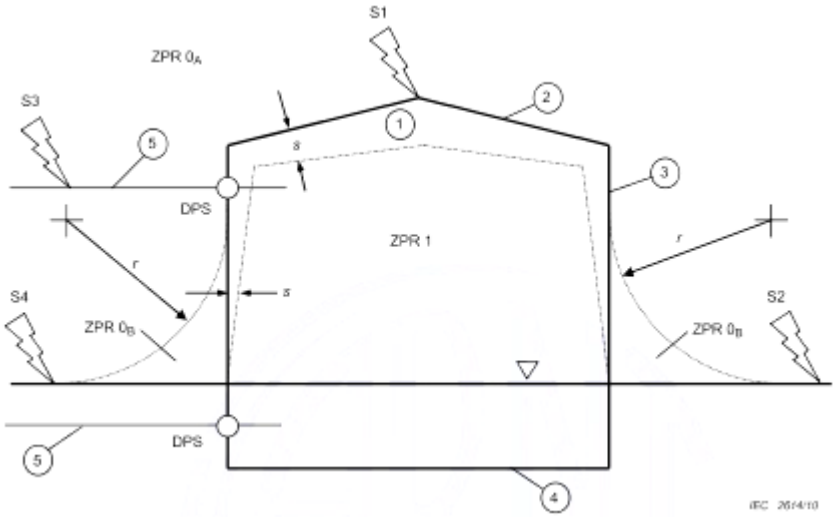
| Critérios de interceptação | | | NP | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Símbolo** | **Unidade** | **I** | **II** | **III** | **IV** |
| Corrente de pico mínima | $I$ | kA | 3 | 5 | 10 | 16 |
| Raio da esfera rolante | $r$ | m | 20 | 30 | 45 | 60 |

# Proteção Contra Danos Físicos e Risco de Vida

Para se proteger uma estrutura contra danos físicos e risco de vida, há que se lançar mão de um SPDA.

- Um SPDA é composto de:
  - Sistema Externo de Proteção: constituído por subsistemas de captação, descida e aterramento, com a função de captar a descarga, conduzir a corrente de forma segura até dispersá-la na terra ;
  - Sistema Interno de Proteção: constituído em ligações equipotenciais e/ou isolação elétrica (distância de segurança) do sistema externo, com o objetivo de evitar o centelhamento perigoso na estrutura.

- Zonas de Proteção contra Raio (ZPR) definida por SPDA




**Legenda**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Estrutura | S1 | descarga atmosférica na estrutura |
| 2 | Subsistema de captação | S2 | descarga atmosférica próxima da estrutura |
| 3 | Subsistema de descida | S3 | descarga atmosférica nas linhas que se conectam à estrutura |
| 4 | Subsistema de aterramento | S4 | descarga atmosférica próximo de linhas que se conectam à estrutura |
| 5 | Linhas elétricas conectadas à estrutura | *r* | raio da esfera rolante |
| 6 | Tubulação metálica | *s* | distância de segurança contra centelhamento perigoso |

▽ nível do piso

○ ligação equipotencial por meio de *DPS*

*ZPR* $0_A$ descarga atmosférica direta, corrente total da descarga atmosférica, campo magnético total

*ZPR* $0_B$ é pouco provável a ocorrência de descarga atmosférica, direta, corrente parcial da descarga atmosférica, ou corrente induzida, campo magnético total

*ZPR* 1 não há descarga atmosférica direta; corrente de surto e campo magnético são atenuados

NOTA É importante observar que o volume protegido na *ZPR* 1 respeita a distância de segurança *s*.

A norma reconhece que a proteção contra danos físicos e risco de vida é efetiva quando a estrutura estiver dentro de uma ZPR 0**B** (Item 8.4.1).

# Proteção para Reduzir as Falhas de Sistemas Internos

A proteção contra LEMP visando reduzir os riscos de falhas dos sistemas eletroeletrônicos internos devem limitar as sobretensões:

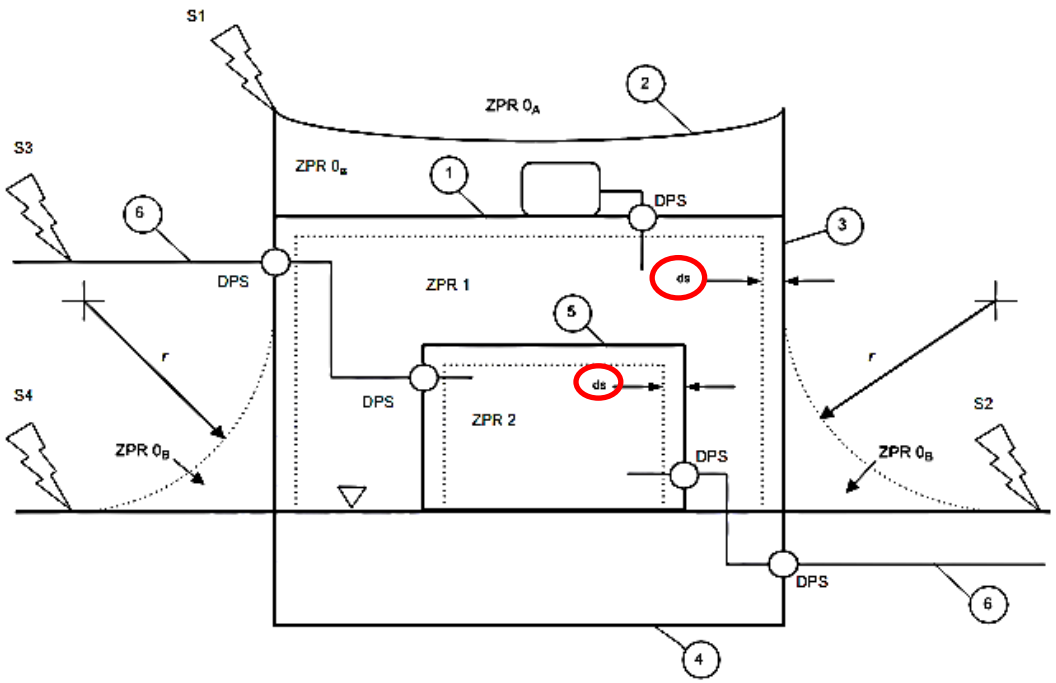
- ✓ devido a descargas na estrutura, resultando de acoplamentos resistivos e indutivos;
- ✓ Devido a descargas próximas a estrutura, resultando de acoplamento indutivo;
- ✓ Transmitidas por linhas que adentram a estrutura, em função de descargas nas linhas e/ou nas proximidades destas;

E, limitar campo magnético acoplado diretamente aos aparelhos/equipamentos.

Para tanto, o sistema deve estar dentro de uma ZPR1 ou superior, sendo que isto se dá à partir da aplicação de Medidas de Proteção contra Surto (MPS). As MPS's são constituídas de blindagem magnética, roteamento adequado das linhas elétricas, ligação equipotencial, interfaces isolantes e DPS coordenados.

A aplicação de MPS originam ZPR's, de modo que uma ZPR a jusante de uma MPS apresenta uma redução significativas dos LEMP, em comparação com a ZPR a montante.

- Zonas de Proteção contra Raio (ZPR) definida por SPDA




**Legenda**

| | |
|---|---|
| 1 | Blindagem da *ZPR* 1 |
| 2 | Subsistema de captação |
| 3 | Subsistema de descida |
| 4 | Subsistema de aterramento |
| 5 | Blindagem da *ZPR* 2 |
| 6 | Linhas elétricas que se conectam à estrutura |
| ▽ | nível do piso |
| ○ | ligação equipotencial para descargas atmosféricas, por meio de *DPS* |
| S1 | descarga atmosférica na estrutura |
| S2 | descarga atmosférica próxima da estrutura |
| S3 | descarga atmosférica nas linhas que se conectam à estrutura |
| S4 | descarga atmosférica próximo de linhas que se conectam à estrutura |
| *r* | raio da esfera rolante |
| ds | afastamento para a blindagem |

| | |
|---|---|
| *ZPR* $0_A$ | descarga atmosférica direta, corrente total da descarga atmosférica, campo magnético total |
| *ZPR* $0_B$ | é pouco provável a ocorrência de descarga atmosférica, direta, corrente parcial da descarga atmosférica, ou corrente induzida, campo magnético total |
| *ZPR* 1 | não há descarga atmosférica direta; corrente de surto e campo magnético são atenuados |
| *ZPR* 2 | não há descarga atmosférica direta; corrente induzida e campo magnético são ainda mais atenuados |
| NOTA | É importante observar que os volumes protegidos na *ZPR* 1 e *ZPR* 2 respeitam o afastamento para a blindagem ds. |

Salienta-se que neste material se tratou de mostrar os principais conceitos que a NBR5419-1:2026 apresenta em seu corpo e no Anexo A.

Fica a indicação de leitura dos Anexos B, C, D e E, os quais são informativos e trazem informações complementares.

FIM

**Tabela E.1 – Correntes típicas de surto devido a descargas atmosféricas em linhas de energia em baixa tensão**

| *NP* | Linhas de energia em baixa tensão | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Descargas atmosféricas diretas e próximas à linha | | Descarga atmosférica próximo da estrutura [a] | Descarga atmosférica na estrutura [b, f] | Descarga atmosférica na estrutura |
| | Fonte de danos S3[c] | Fonte de dano S4[d] | Fonte de dano S2 | Fonte de dano S1 (acoplamento indutivo) | Fonte de dano S1[e] (acoplamento resistivo) |
| | kA | kA | kA | kA | kA |
| | 10/350 µs | 8/20 µs | 8/20 µs | 8/20 µs | 10/350 µs |
| III e IV | 5 | 2,5[g] | 0,1[f] | 5 | 12,5 |
| II | 7,5 | 3,75[g] | 0,15[f] | 7,5 | 18,75 |
| I | 10 | 5[g] | 0,2[f] | 10 | 25 |

NOTA Todos os valores referem-se a cada condutor da linha.

[a] Para outras características de laço e estrutura (área de laço da ordem de 50 m², largura igual a 0,5 m), os valores devem ser multiplicados pelos fatores $k_{S1}$, $k_{S2}$ e $k_{S3}$ (ver ABNT NBR 5419-2:2026, B.4).

[b] Para outras características de laço e estrutura (área de laço da ordem de 50 m², largura igual a 0,5 m), os valores devem ser multiplicados pelos fatores $k_{S1}$, $k_{S2}$ e $k_{S3}$ (ver ABNT NBR 5419-2:2026, B.4).

[c] Os valores apresentados são relevantes para as primeiras descargas (de uma descarga atmosférica) positivas e negativas em caso de impacto direto na linha aérea trifásica com condutores de neutro, considerando uma impedância de aterramento dos postes da linha de $Z_p$ = 50 Ω. Para linhas com apenas dois condutores, os valores podem ser dobrados. Já para linhas enterradas em solos com baixa resistividade ($\rho$ < 250 Ωm), os valores podem ser reduzidos pela metade.

[d] Os valores apresentados são relevantes para as primeiras descargas (de uma descarga atmosférica) positivas e negativas em linhas aéreas localizadas em solos de alta resistividade ($\rho \geq 3\,000$ Ωm). No caso de linhas enterradas ou linhas aéreas em solos de baixa resistividade, os valores podem ser significativamente reduzidos.

[e] Os valores atuais são relevantes para as primeiras descargas (de uma descarga atmosférica) positivas e negativas e são aplicáveis quando $n$ = 1, considerando uma linha de serviço com condutores trifásicos mais condutor de neutro ($n'$ = 4) e um fator de divisão $k_e$ = 0,5. Informações mais detalhadas podem ser encontradas em E.2.

[f] Geralmente, os *DPS* projetados para S1 (acoplamento indutivo) cobrem a necessidade de eventos S2 e S4.

[g] Os valores reportados nessa coluna estão estabelecidos na IEC 60364-5-53 e são associados a probabilidades significativamente mais baixas do que os valores de outras colunas. Esses valores só podem ser utilizados quando não é realizada uma análise de risco específica. Para probabilidades associadas, ver ABNT NBR 5419-2.