

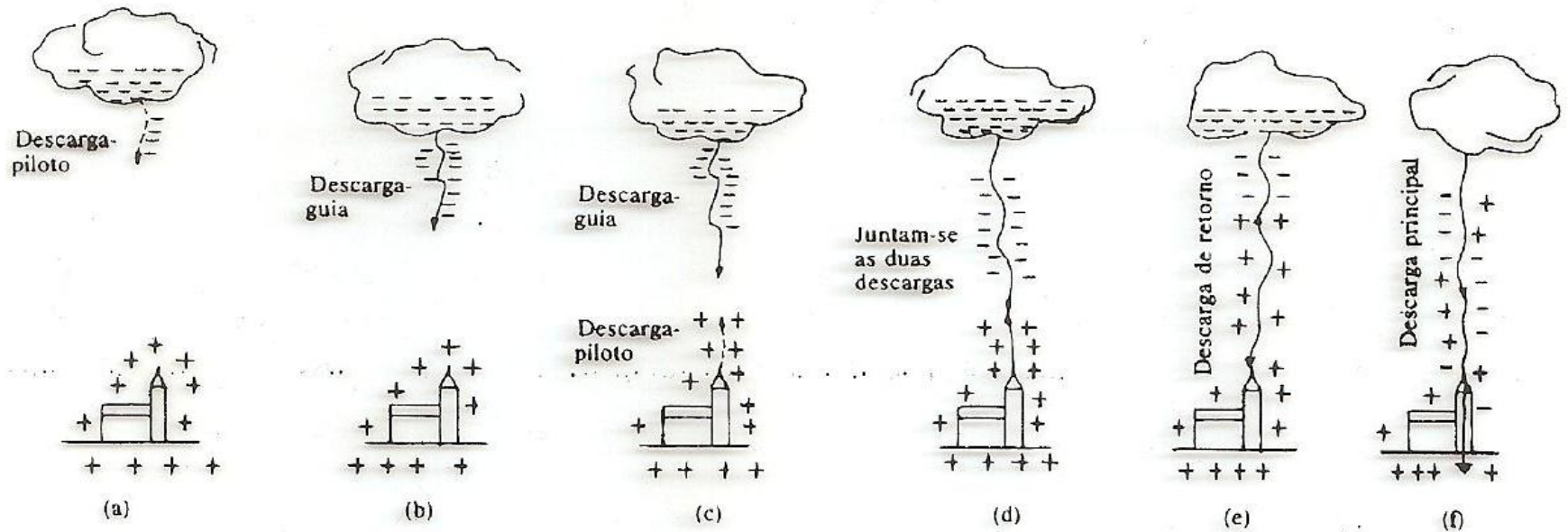
Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA

NBR 5419-1:2026

Princípios Gerais

Prof. Marcos Fergütz
Maio/2026

Formação das Descargas Atmosféricas



Fases sucessivas da formação na atmosfera de uma descarga elétrica.

Teoria dos Saltos - Raio Nuvem-Solo

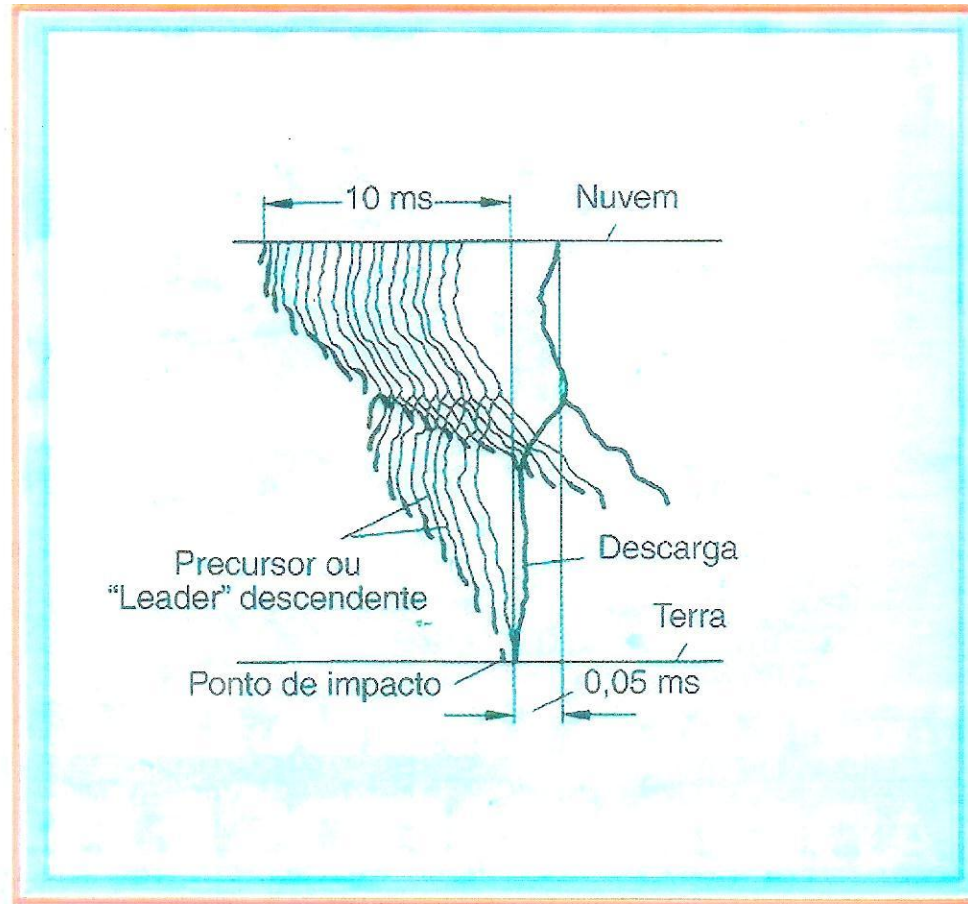


Fig. 1 – Registros fotográficos utilizados na determinação do método

Raios Solos-Nuvens



Fotografia da descarga por câmara fixa



Fotografia da mesma descarga por câmara de alta velocidade

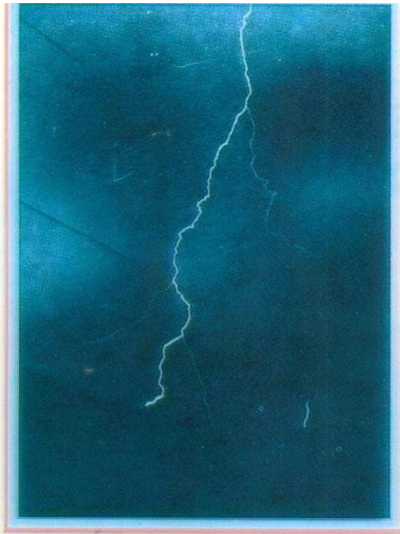


Fig. 3 – Desenvolvimento de precursor ascendente a partir do solo



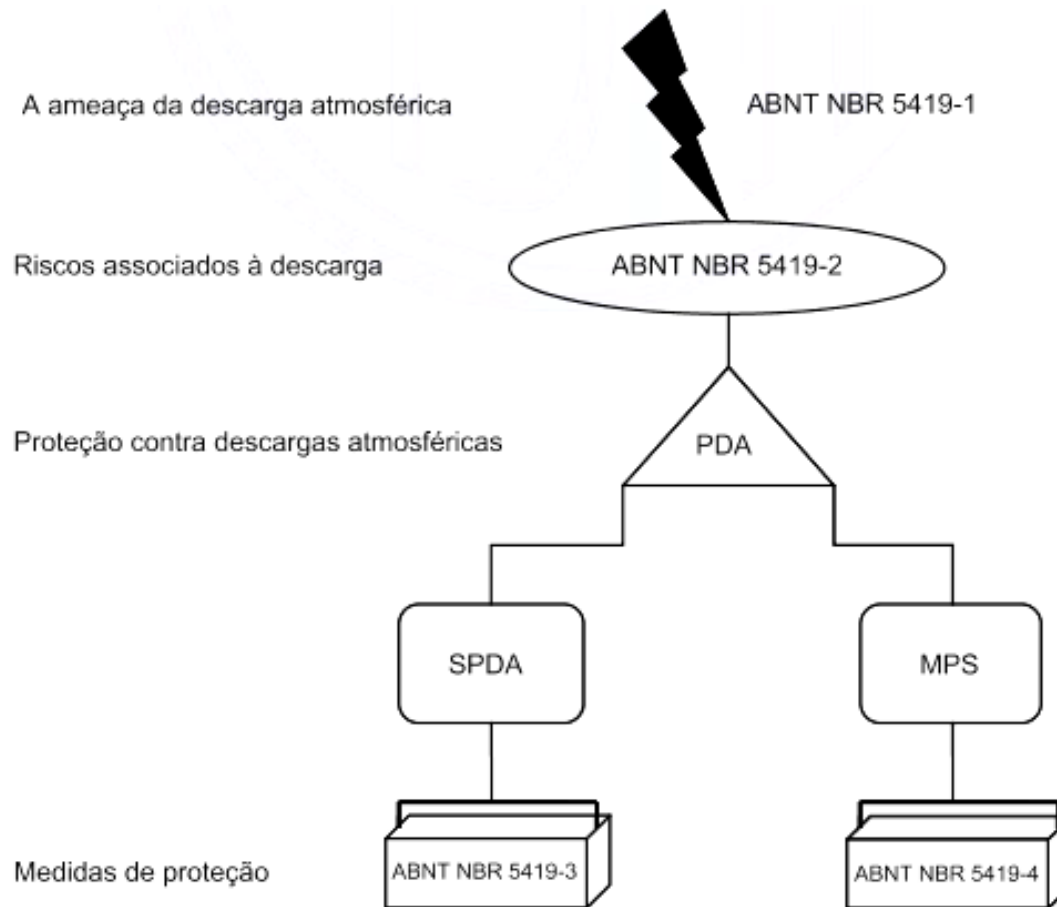
Fig. 5 – Precursores ascendentes originados na torre de comunicação do Monte San Salvatore, na Suíça



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



Estrutura da NBR5419/15



MEC 2612/10



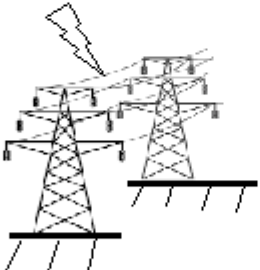

Figura 1 – Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419

NBR 5419-1:2015 – 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 (inclusive 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 Eletromagnetic Impulse**).
- Tipos de Perdas
 - L1: perda vida humana (inclusive 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 D2 D3	L1, L1, L3, L1 [†]
Próximo da Estrutura		S2	D3	L1 [†]
Nas Linhas elétricas/tubulações metálicas conectadas à Estrutura		S3	D1 D2 D3	L1, L1 [†] , L3, 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:

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

- 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 desenvolvida para avaliar quando uma proteção contra descargas atmosféricas é necessária.

Assim, a necessidade de SPDA se dará se:

$$\mathbf{F} > \mathbf{FT} \text{ (Frequência Tolerável)}$$

Se **F** > **FT**, então medidas serão 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 NBR5419/2015, 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 ($t < 2\text{ms}$)

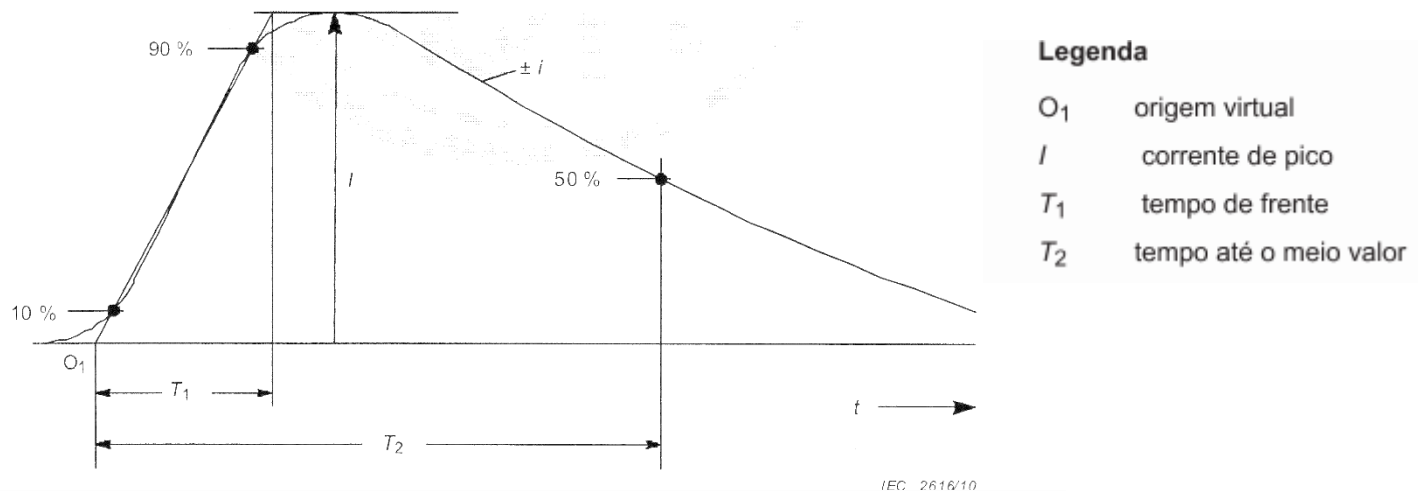


Figura A.1 – Definições dos parâmetros de um impulso de corrente (tipicamente $T_2 < 2\text{ms}$)

- Componentes Longos ($t > 2\text{ms}$)

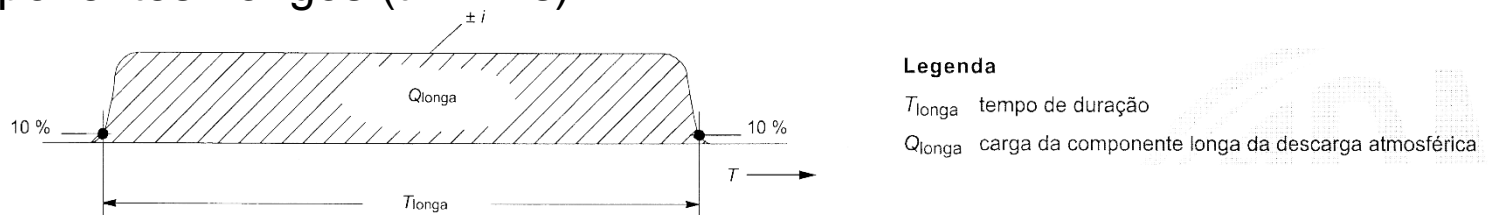


Figura A.2 – Definições dos parâmetros da componente longa (tipicamente $2\text{ms} < T_{\text{longa}} < 1\text{s}$)

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:

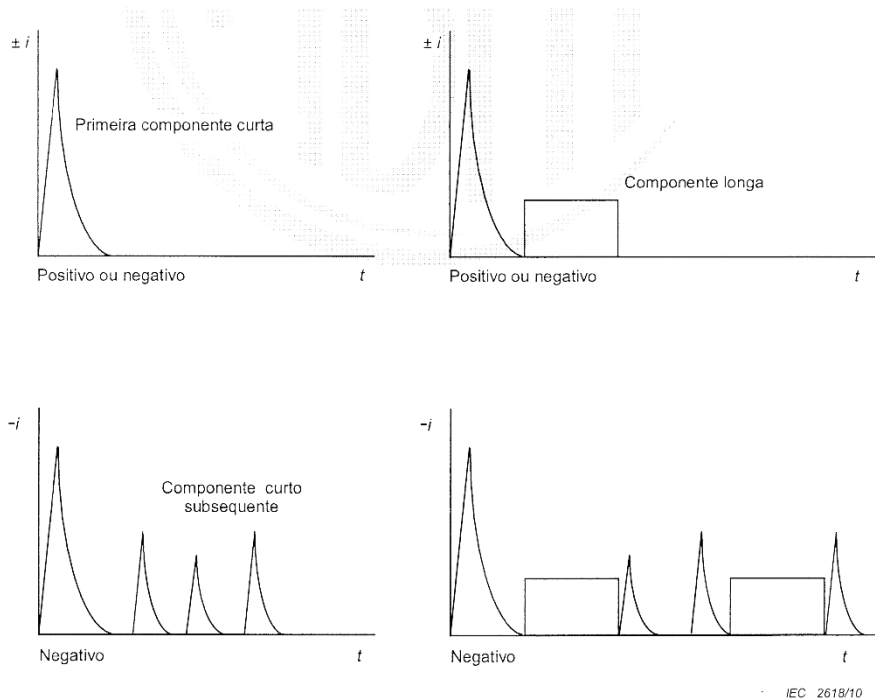


Figura A.3 – Possíveis componentes de descargas atmosféricas descendentes (típicas em locais planos e em estruturas baixas)

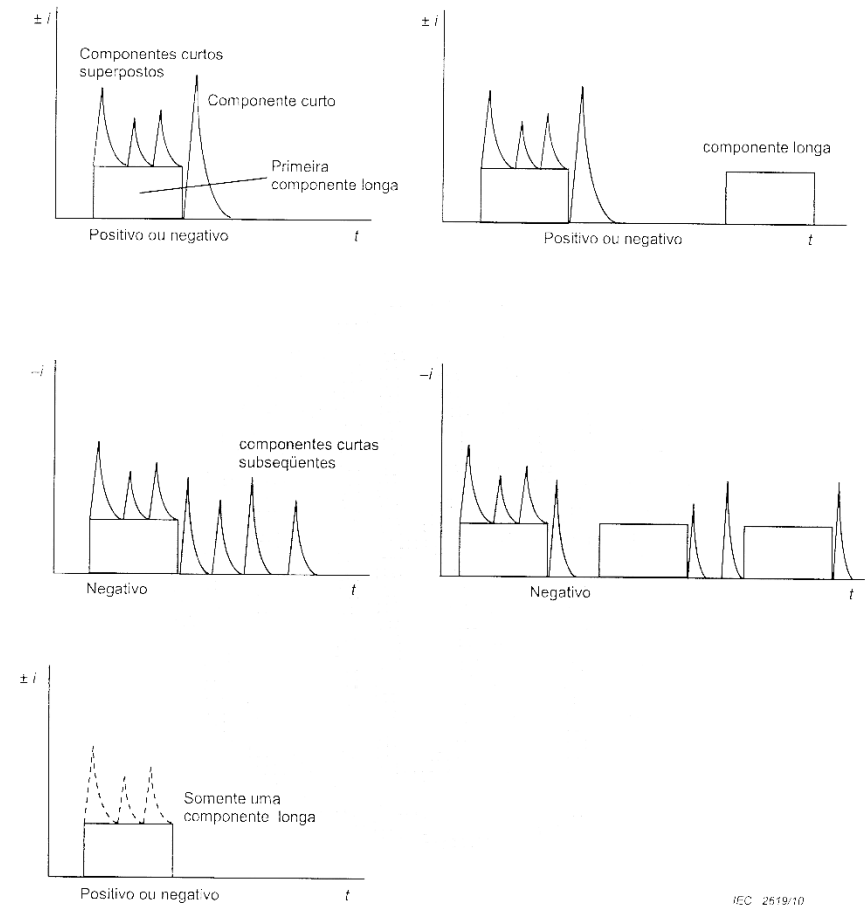


Figura A.4 – Possíveis componentes de descargas atmosféricas ascendentes (típicas de estruturas mais altas ou expostas)

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	$\mu s / \mu s$	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	di/dt	kA/ μs	100	75	50	
Parâmetros de tempo	T_1 / T_2	$\mu s / \mu s$	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	di/dt	kA/ μs	200	150	100	
Parâmetros de tempo	T_1 / T_2	$\mu s / \mu s$	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

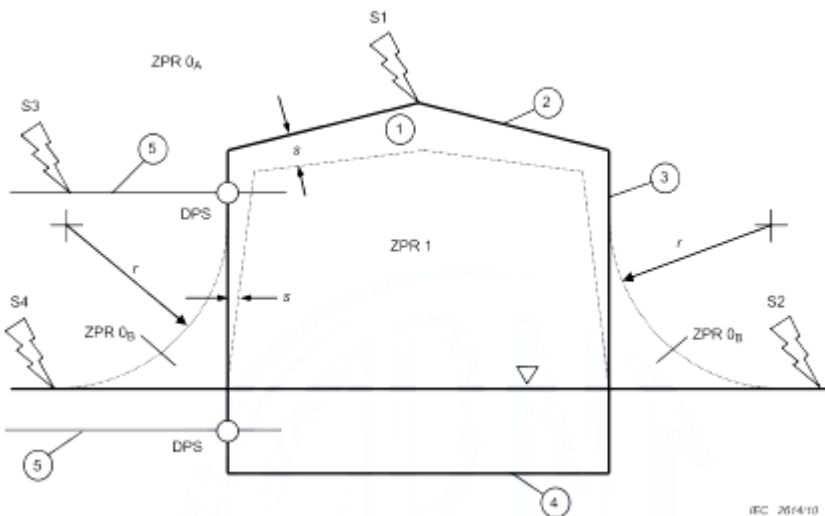
Proteção Contra Danos Físicos e Risco de Vida

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 isolamento elétrico (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 0A	descarga atmosférica direta, corrente total da descarga atmosférica, campo magnético total		
ZPR 0B	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 0B (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:

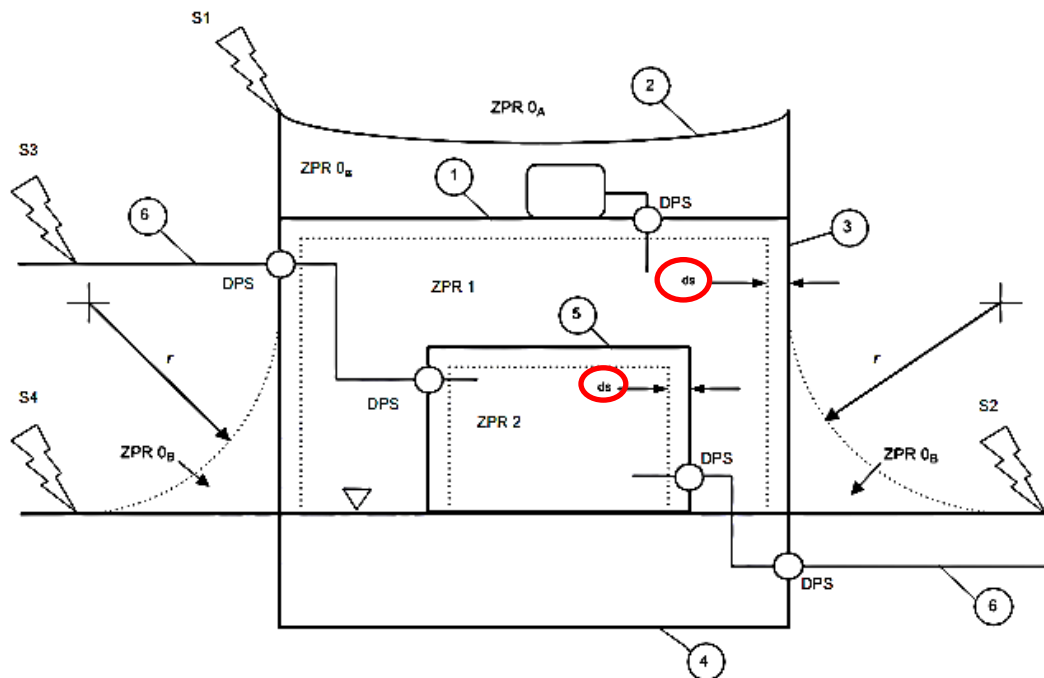
- ✓ devido a descargas na estrutura, resultando de acoplamentos resistivos e indutivos;
- ✓ Devido a descargas próximas a estrutura, resultando de acoplamento indutivo;
- ✓ Transmitidas por linhas que adentram a estrutura, em função de descargas nas linhas e/ou nas proximidades destas;

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 10/350 μs	kA 8/20 μs	kA 8/20 μs	kA 8/20 μs	kA 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 $Z_p = 50 \Omega$. Para linhas com apenas dois condutores, os valores podem ser dobrados. Já para linhas enterradas em solos com baixa resistividade ($\rho < 250 \Omega\text{m}$), 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 ($\rho \geq 3\ 000 \Omega\text{m}$). 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.

