

# Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA

## NBR 5419-2:2015

### Gerenciamento de Risco

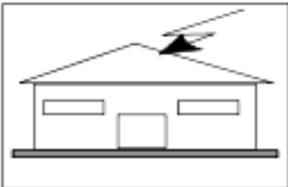
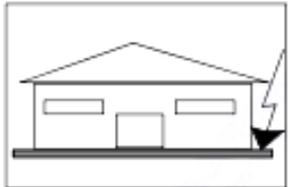
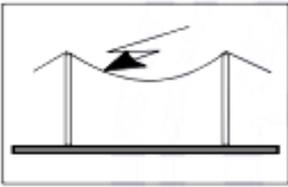
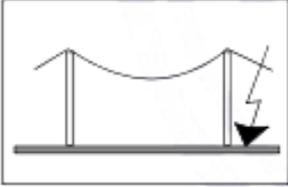
Prof. Marcos Fergütz  
Setembro/2016

## DANOS e PERDAS

Relembrando as definições de fontes de danos, tipos de danos e tipos de perdas, vistos no módulo sobre NBR5419-1, temos:

- 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 de entrada;
    - S4: Descargas atmosféricas próximas às linhas elétricas e/ou tubulações metálicas de entrada.
  
  - Tipos de Danos
    - D1: danos às pessoas devido a choque elétrico;
    - 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);
    - L2: perda de serviço ao público;
    - L3: perda de patrimônio cultural;
    - L4: perda de valor econômico (estrutura/conteúdo/atividades)
- } Perdas Sociais

**Tabela 1 – Fontes de danos, tipos de danos e tipos de perdas de acordo com o ponto de impacto**

Descarga atmosférica		Estrutura	
Ponto de impacto	Fonte de danos	Tipo de danos	Tipo de perdas
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>a</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>b</sup> , L2, L4
	S2	D3	L1 <sup>b</sup> , L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 <sup>a</sup> L1, L2, L3, L4 L1 <sup>b</sup> , L2, L4
	S4	D3	L1 <sup>b</sup> , L2, L4

<sup>a</sup> Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

<sup>b</sup> Somente para estruturas com risco de explosão ou para hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos podem imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Para cada tipo de perda (L) haverá um Risco (R) a ser calculado, o qual depende de componentes que podem ser agrupados de acordo com a fonte de danos (S) e o tipo de dano (D), conforme segue:

➤ **Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas na estruturas**

- a)  $R_A$ : componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora nas zonas até 3 m ao redor dos condutores de descidas. Perda de tipo L1 e, no caso de estruturas contendo animais vivos, as perdas do tipo L4 com possíveis perdas de animais podem também aumentar;

NOTA Em estruturas especiais, pessoas podem estar em perigo por descargas atmosféricas diretas (por exemplo, no nível superior de estacionamentos ou estádios). Recomenda-se que estes casos também sejam considerados utilizando os princípios desta Parte da ABNT NBR 5419.

- b)  $R_B$ : componente relativo a danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente. Todos os tipos de perdas (L1, L2, L3 e L4) podem aumentar;
- c)  $R_C$ : componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

➤ **Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas perto da estrutura**

- $R_M$ : componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

➤ **Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas a uma linha conectada à estrutura**

- a)  $R_U$ : componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura. Perda do tipo L1 e, no caso de propriedades agrícolas, perdas do tipo L4 com possíveis perdas de animais podem também ocorrer;
- b)  $R_V$ : componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura) devido à corrente da descarga atmosférica transmitida ou ao longo das linhas. Todos os tipos de perdas (L1, L2, L3 e L4) podem ocorrer;
- c)  $R_W$ : componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos, junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

NOTA 1 As linhas consideradas nesta análise são somente aquelas que entram na estrutura.

NOTA 2 Descargas atmosféricas em, ou perto de, tubulações não são consideradas como uma fonte de danos, uma vez que existe a interligação ao barramento de equipotencialização. Se o barramento de equipotencialização não existir, recomenda-se que este tipo de ameaça também seja considerado.

➤ **Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas perto de uma linha conectada à estrutura**

-  $R_Z$ : componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos, junto com o tipo L1, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

NOTA 1 As linhas consideradas nesta análise são somente aquelas que entram na estrutura.

NOTA 2 Descargas atmosféricas em ou perto de tubulações não são consideradas como uma fonte de danos, uma vez que existe a interligação ao barramento de equipotencialização. Se o barramento de equipotencialização não existir, recomenda-se que este tipo de ameaça também seja considerado.

## Tipos de Riscos e seus componentes

### ❖ R<sub>1</sub>: Risco de perda de vida humana

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^1 + R_{M1}^1 + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^1 + R_{Z1}^1$$

<sup>1</sup> Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais com equipamentos elétricos para salvar vidas ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possa por em perigo a vida humana.

### ❖ R<sub>2</sub>: Risco de perda de serviço ao público

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2}$$

### ❖ R<sub>3</sub>: Risco de perda de patrimônio cultural

$$R_3 = R_{B3} + R_{V3}$$

### ❖ R<sub>4</sub>: Risco de perda de valor econômico

$$R_4 = R_{A4}^2 + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4}^2 + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4}$$

<sup>2</sup> Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

A Tabela 3 da norma apresenta fatores que influenciam os componentes de risco, sendo necessário o levantamento de dados a respeito destes fatores.

Tabela 3 – Fatores que influenciam os componentes de risco

Características da estrutura ou dos sistemas internos (medidas de proteção)	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_U$	$R_V$	$R_W$	$R_Z$
Área de exposição equivalente	X	X	X	X	X	X	X	X
Resistividade da superfície do solo	X							
Resistividade do piso	X				X			
Restrições físicas, isolamento, avisos visíveis, equipotencialização do solo	X				X			
SPDA	X	X	X	X <sup>a</sup>	X <sup>b</sup>	X <sup>b</sup>		
Ligação ao DPS	X	X			X	X		
Interfaces isolantes			X <sup>c</sup>	X <sup>c</sup>	X	X	X	X
Sistema coordenado de DPS			X	X			X	X
Blindagem espacial			X	X				
Blindagem de linhas externas					X	X	X	X
Blindagem de linhas internas			X	X				
Precauções de roteamento			X	X				
Sistema de equipotencialização			X					
Precauções contra incêndios		X				X		
Sensores de fogo		X				X		
Perigos especiais		X				X		
Tensão suportável de impulso			X	X	X	X	X	X
<p><sup>a</sup> Somente para SPDA tipo malha externa.</p> <p><sup>b</sup> Devido a ligações equipotenciais.</p> <p><sup>c</sup> Somente se eles pertencem ao equipamento.</p>								

Os seguintes itens devem ser considerados para a análise de risco:

- ✓ A própria estrutura;
- ✓ As instalações na estrutura;
- ✓ O conteúdo da estrutura;
- ✓ As pessoas na estrutura ou nas zonas até 3m para fora desta;
- ✓ O meio ambiente afetado por danos na estrutura.

A norma estabelece limites para o risco, denominado Risco Tolerável ( $R_T$ ), dependendo da perda envolvida, conforme a Tabela 4, abaixo:

Tabela 4 – Valores típicos de risco tolerável  $R_T$

Tipo de perda		$R_T$ ( $y^{-1}$ )
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	$10^{-5}$
L2	Perda de serviço ao público	$10^{-3}$
L3	Perda de patrimônio cultural	$10^{-4}$

Para a perda de valor econômico (L4), os cálculos estão indicados no Anexo D, da norma, e segue uma análise custo/benefício. Em não havendo dados disponíveis para análise, deve ser utilizado o valor de  $R_T$  para L2.

Para avaliar a necessidade de proteção os riscos  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  devem ser calculados e comparados com os valores da Tabela 4. Então:

- ❖ Se  $R \leq R_T$ , não é necessária a proteção contra descargas atmosféricas;
- ❖ Se  $R > R_T$ , então medidas devem ser tomadas para se obter  $R \leq R_T$ .

## Cálculo e Análise dos Componentes de Risco

Conforme mencionado anteriormente, tem-se os seguintes componentes de riscos:  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$ ,  $R_M$ ,  $R_U$ ,  $R_V$ ,  $R_W$ ,  $R_Z$ , os quais deverão ser calculados e utilizados, no que for concernente, para o cálculo dos riscos  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ . Para tanto, há uma fórmula genérica para o cálculo das componentes, conforme segue:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X$$

onde

$N_X$  é o número de eventos perigosos por ano (ver também Anexo A);

$P_X$  é a probabilidade de dano à estrutura (ver também Anexo B);

$L_X$  é a perda consequente (ver também Anexo C).

O número  $N_X$  de eventos perigosos é afetado pela densidade de descargas atmosféricas para a terra ( $N_G$ ) e pelas características físicas da estrutura a ser protegida, sua vizinhança, linhas conectadas e o solo.

A probabilidade de dano  $P_X$  é afetada pelas características da estrutura a ser protegida, das linhas conectadas e das medidas de proteção existentes.

A perda consequente  $L_X$  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.

NOTA Quando o dano à estrutura devido à descarga atmosférica também envolver estruturas nas redondezas ou ao meio ambiente (por exemplo, emissões químicas ou radioativas), recomenda-se que a perda consequente seja adicionada ao valor de  $L_X$ .

De uma forma compacta, a Tabela 6, da norma, apresenta as fórmulas específicas para cada componentes de risco.

Tabela 6 – Componentes de risco para diferentes tipos de danos e fontes de danos

Danos	Fonte de danos			
	S1 Descarga atmosférica na estrutura	S2 Descarga atmosférica perto da estrutura	S3 Descarga atmosférica na linha conectada	S4 Descarga atmosférica perto da linha conectada
D1 Ferimentos a seres vivos devido a choque elétrico	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$		$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$	
D2 Danos físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$		$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$	
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	$R_C = N_D \times P_C \times L_C$	$R_M = N_M \times P_M \times L_M$	$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$	$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$

Os parâmetros N são obtidos no Anexo A, os parâmetros P no Anexo B e os parâmetros L no Anexo C, da norma. Nestes Anexos, se obtêm as fórmulas para os cálculos dos parâmetros e tabelas com valores a serem utilizados nos cálculos.

A título de ilustração, serão apresentados os detalhes para o cálculo de  $R_A$ .

O componente  $R_A$  está relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1):

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

➤ Determinação de  $N_D$

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$$

➤ Fator de utilização da estrutura (Tabela A.1)

➤ Área de exposição equivalente em m<sup>2</sup> (Figura A.1, A.2 e A.3)

➤ Densidade de descarga atmosféricas para a terra em 1/km<sup>2</sup>xano (Mapas)

➤ Determinação de  $P_A$

$$P_A = P_{TA} \times P_B$$

➤ Fator que depende do nível de proteção do SPDA (Tabela B.2)

➤ Fator que depende das medidas de proteção adicionais contra tensões de toque e passo (Tabela B.1)

➤ Determinação de  $L_A$

$$L_A = r_t \times L_T \times \left( \frac{n_Z}{n_t} \right) \times t_Z / 8760$$

Número de pessoas na zona (dado de projeto)

Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em h/ano(dado de projeto)

Número total de pessoas na estrutura (dado de projeto)

Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a evento perigoso (Tabela C.2)

Fator de redução da perda de vida humana dependendo do solo/piso (Tabela C.3)

De forma geral, a Tabela 6, da norma, apresenta as fórmulas para calcular todas as componentes de risco para diferentes tipos e fontes de danos .

Tabela 6 – Componentes de risco para diferentes tipos de danos e fontes de danos

Danos	Fonte de danos			
	S1 Descarga atmosférica na estrutura	S2 Descarga atmosférica perto da estrutura	S3 Descarga atmosférica na linha conectada	S4 Descarga atmosférica perto da linha conectada
D1 Ferimentos a seres vivos devido a choque elétrico	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$		$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$	
D2 Danos físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$		$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$	
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	$R_C = N_D \times P_C \times L_C$	$R_M = N_M \times P_M \times L_M$	$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$	$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$

A avaliação e cálculo dos fatores pertinentes à uma edificação residencial serão mostrados em exemplo mais adiante.

## - Divisão da estrutura em zonas Zs

Para uma avaliação mais precisa a estrutura pode ser dividida em zonas Zs, o que pode facilitar a avaliação de determinados parâmetros. As zonas são principalmente definidas por:

- Tipo de solo ou piso ( $R_A$  e  $R_U$ );
- Compartimentos à prova de fogo ( $R_B$  e  $R_V$ );
- Blindagem espacial ( $R_C$  e  $R_M$ ).

Zonas adicionais podem ser definidas dependendo do **lay out** dos sistemas internos ( $R_C$  e  $R_M$ ), medidas de proteção existentes ou a instalar e valores de perdas  $L_x$ .

Ainda, a divisão em zonas deve levar em conta a exequibilidade da implementação das medidas de proteção adequadas.

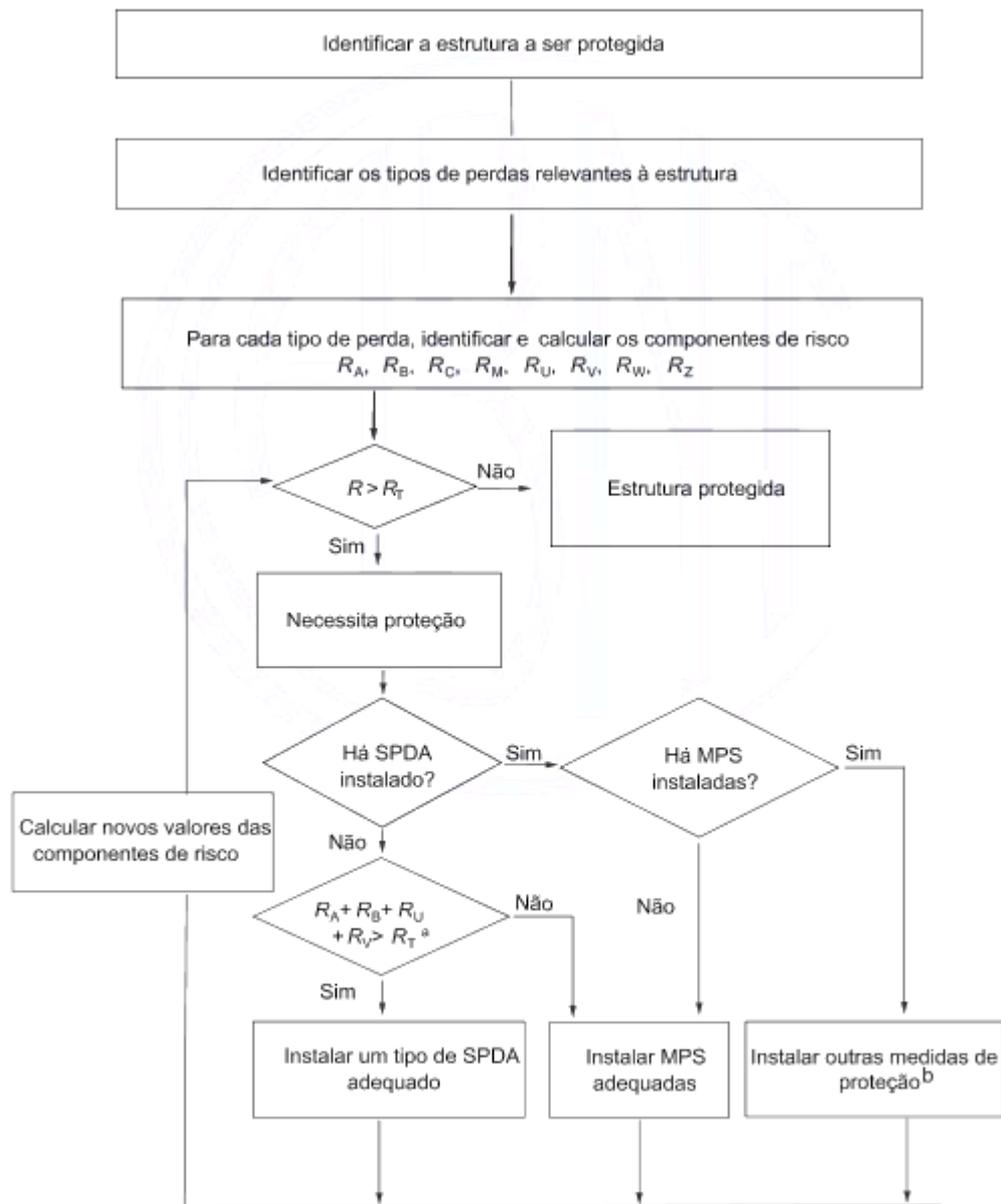
As zonas Zs podem ser as zonas ZPRs definidas na 5419-1 e 5419-4.

## - Divisão de uma linha em seções S<sub>L</sub>

Na avaliação dos componentes de risco devido à descargas na ou perto de uma linha, esta pode ser dividida em seções, sendo principalmente definidas por:

- ❖ Tipo da linha (aérea ou enterrada);
- ❖ Fatores que afetem a área de exposição equivalente ( $C_D$ ,  $C_E$  e  $C_T$ );
- ❖ Características da linha (blindada, não blindada, resistência da blindagem).

Para executar a avaliação de risco há de se seguir o fluxograma abaixo:



<sup>a</sup> Se  $R_A + R_B < R_T$ , um SPDA completo não é necessário; neste caso DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 são suficientes.

<sup>b</sup> Ver Tabela 3.

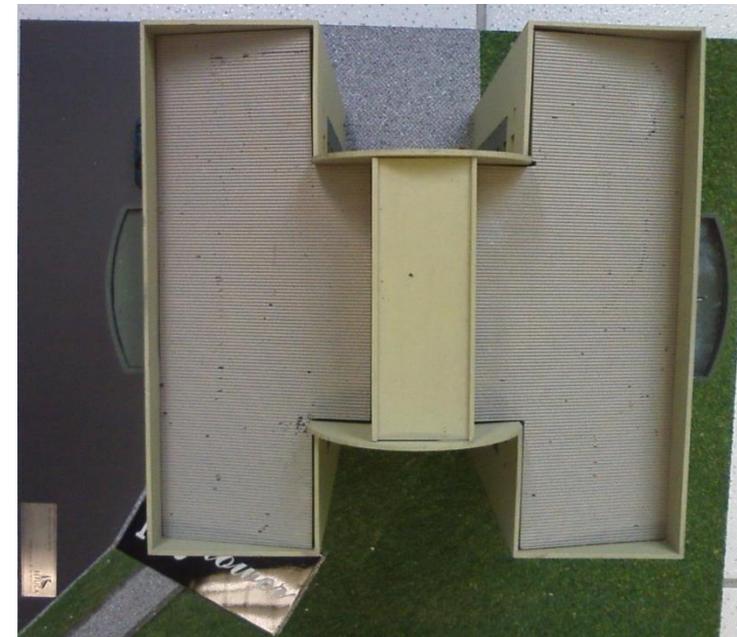
## Exemplo para um Edifício Residencial



Frontal



Lateral



Superior

Dados: edifício com 32 unidades residenciais; total de pessoas na estrutura 120, localizado em Joinville/SC, em território plano com estruturas de mesma altura na redondeza, Altura Mínima ( $H_m$ ) de 25,5m, Altura Total ( $H_p$ ) de 29,5m, Comprimento ( $L$ ) de 22,5m e Largura ( $W$ ) de 23m. Linhas de energia(200m) e de telefonia(100m) aéreas e sem blindagem.

Considerações: calcular somente o risco  $R_1$  para perda de vidas humanas (L1) com componentes  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_u$  e  $R_v$ , a ser comparado com risco  $R_T = 10^{-5}$

**Avaliação econômica não realizada, pois o risco  $R_4$  para perdas econômicas não foi considerado.**

# Cálculo das Componentes de Risco

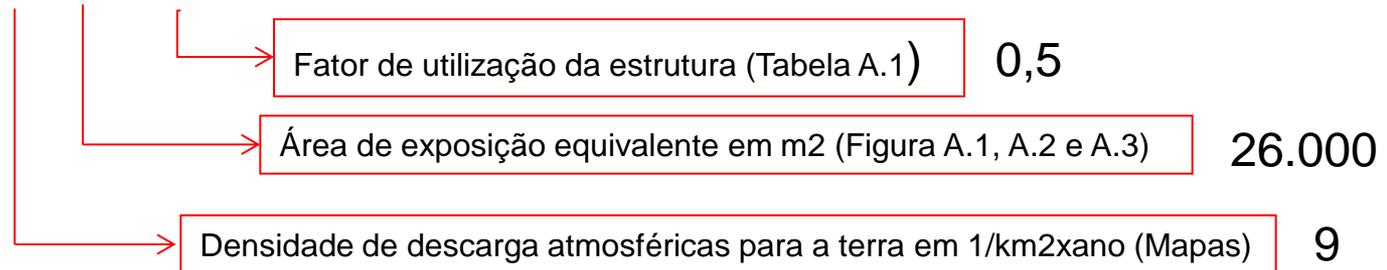
## Riscos devido às descargas atmosféricas na estrutura (S1)

### 1 - Componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque ( $R_A$ )

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

#### ➤ Determinação de $N_D$

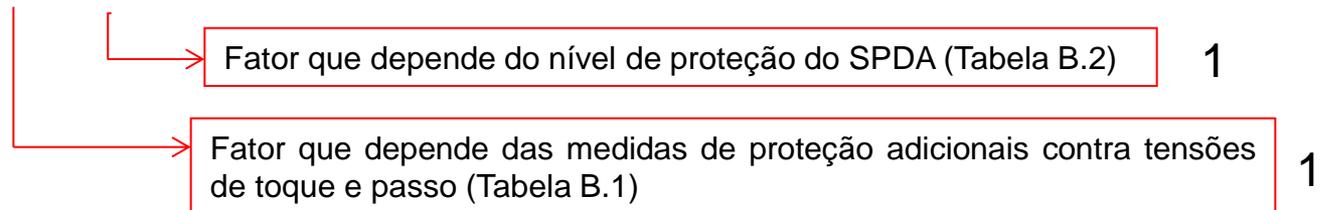
$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$$



$$N_D = 9 \times 26.000 \times 0,5 \times 10^{-6} \Rightarrow N_D = 0,117$$

#### ➤ Determinação de $P_A$

$$P_A = P_{TA} \times P_B$$



$$P_A = 1 \times 1 = 1$$

➤ Determinação de  $L_A$

$$L_A = r_t \times L_T \times \left( \frac{n_z}{n_t} \right) \times \left( t_z / 8760 \right)$$

Número de pessoas na zona (dado de projeto) **120**  
 Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em h/ano (dado de projeto) **8.760h**  
 Número total de pessoas na estrutura (dado de projeto) **120**  
 Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a evento perigoso (Tabela C.2)  **$10^{-2}$**   
 Fator de redução da perda de vida humana dependendo do solo/piso (Tabela C.3)  **$10^{-3}$**

$$L_A = 10^{-3} \times 10^{-2} \times \left( \frac{120}{120} \right) \times (8760 / 8760) \Rightarrow L_A = 10^{-5}$$

Assim, se pode calcular o valor de  $R_A$ :

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \Rightarrow R_A = 0,117 \times 1 \times 10^{-5} \Rightarrow R_A = 1,17 \times 10^{-6}$$

## 2 - Componente relacionado a danos físicos ( $R_B$ )

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

$N_D$  já foi determinado anteriormente e vale 0,117

### ➤ Determinação de $P_B$

O valor de  $P_B$  é obtido da Tabela B.2 →  $P_B = 1$

### ➤ Determinação de $L_B$

$$L_B = r_p \times r_f \times h_Z \times L_F \times \left( \frac{n_Z}{n_t} \right) \times \left( t_Z / 8760 \right)$$

Diagram illustrating the determination of  $L_B$  with associated values:

- Número de pessoas na zona (dado de projeto) 120
- Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em h/ano (dado de projeto) 8.760h
- Número total de pessoas na estrutura (dado de projeto) 120
- Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos devido a evento perigoso (Tabela C.2)  $10^{-2}$
- Fator de aumento da perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente (Tabela C.6) 5
- Fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou explosão da estrutura (Tabela C.5)  $10^{-2}$
- Fator de redução da perda a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio (Tabela C.4) 0,5

$$L_B = 0,5 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-2} \times \left( \frac{120}{120} \right) \times \left( \frac{8760}{8760} \right) \Rightarrow L_B = 25 \times 10^{-5}$$

$$\text{Então: } R_B = 0,117 \times 1 \times 25 \times 10^{-5} \Rightarrow R_B = 2,93 \times 10^{-5}$$

## Riscos devido às descargas atmosféricas em linha conectada à estrutura (S3)

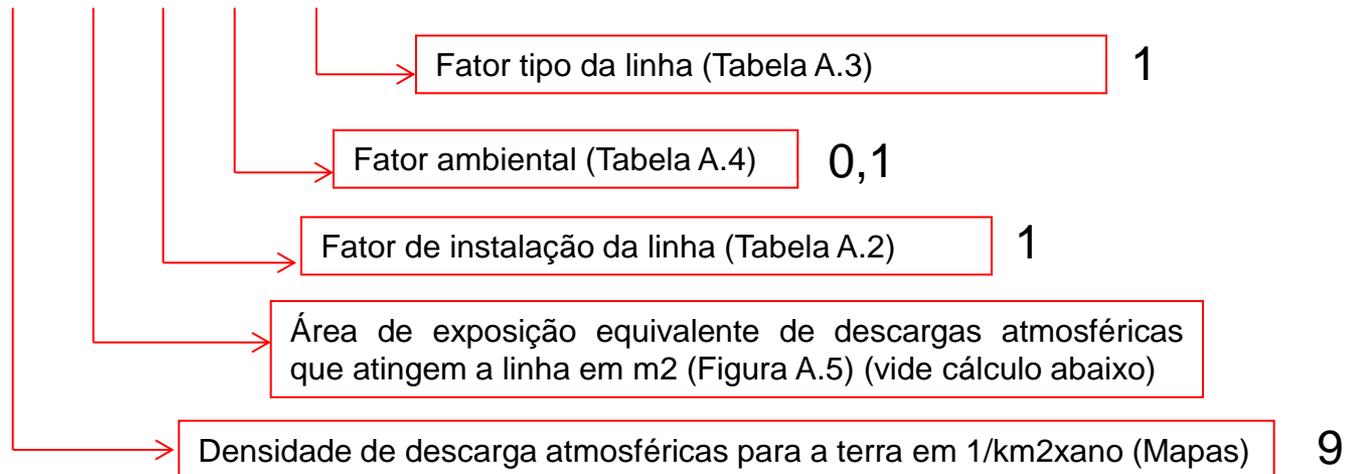
### Linha de Energia

1 - Componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque ( $R_{UP}$ )

$$R_{UP} = (N_{LP} + N_{DJP}) \times P_{UP} \times L_{UP}$$

➤ Determinação de  $N_{LP}$  (número de sobretensões não inferiores a 1kV na seção da linha)

$$N_{LP} = N_G \times A_{LP} \times C_{LP} \times C_{EP} \times C_{TP} \times 10^{-6}$$



Para o cálculo de  $A_{LP}$ , se tem pela norma :  $A_{LP} = 40 \times L_{LP}$

Segundo os dados da edificação o comprimento da linha de energia é de 200m.

$$A_{LP} = 40 \times 200 = 8.000 m^2$$

$N_{DJ} = 0$ , pois não há estrutura adjacente

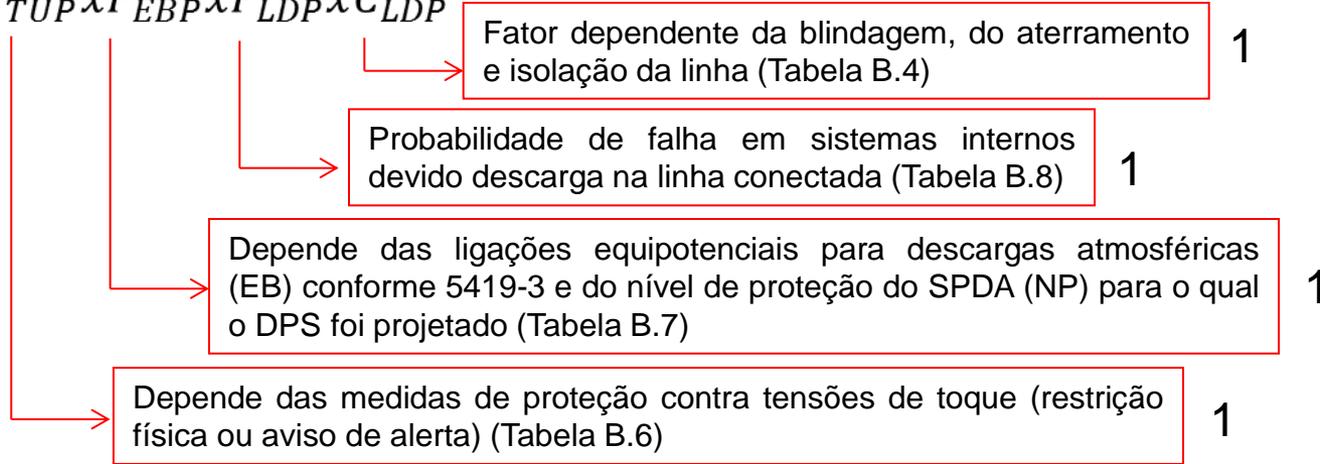
Para  $N_{LP}$ , tem-se:  $N_{LP} = 9 \times 8.000 \times 1 \times 0,1 \times 1 \times 10^{-6} \Rightarrow N_{LP} = 7,2 \times 10^{-3}$

➤ Determinação de  $P_{UP}$

$$P_{UP} = P_{TUP} \times P_{EBP} \times P_{LDP} \times C_{LDP}$$

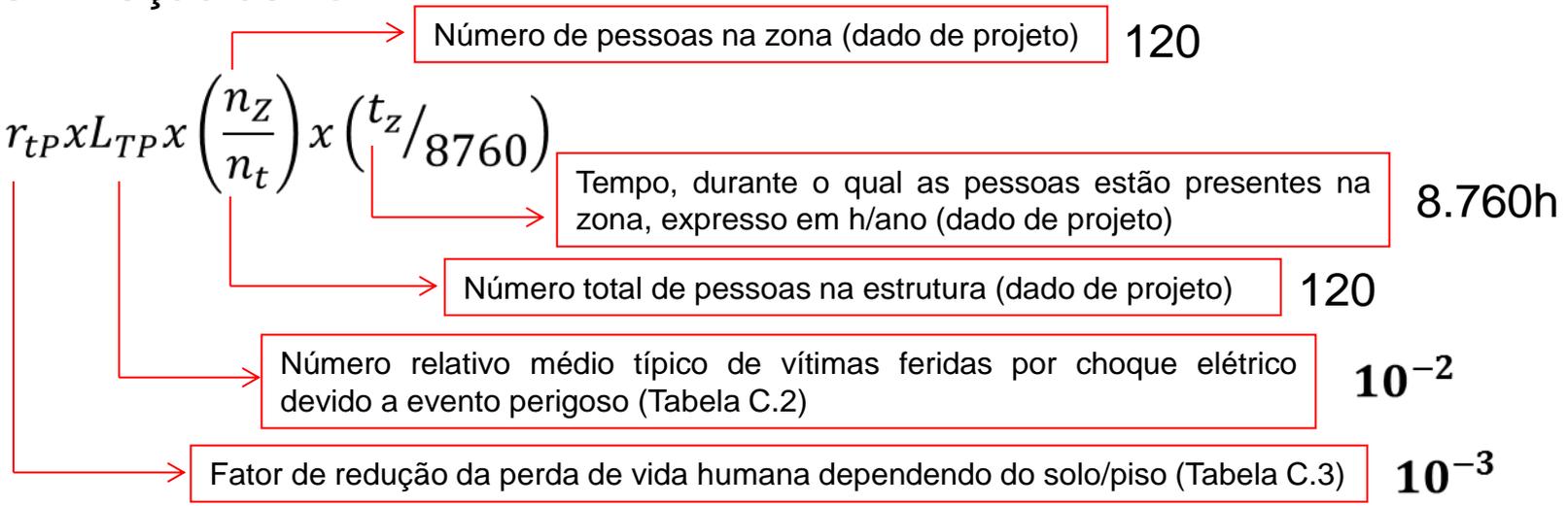
Então:

$$P_{UP} = 1$$



➤ Determinação de  $L_{UP}$

$$L_{UP} = r_{tP} \times L_{TP} \times \left(\frac{n_z}{n_t}\right) \times \left(\frac{t_z}{8760}\right)$$



$$L_{UP} = 10^{-3} \times 10^{-2} \times \left(\frac{120}{120}\right) \times \left(\frac{8760}{8760}\right) \Rightarrow L_{UP} = 10^{-5}$$

Portanto:  $R_{UP} = (7,2 \times 10^{-3} + 0) \times 1 \times 10^{-5} \Rightarrow R_{UP} = 7,2 \times 10^{-8}$

## 2 - Componente relacionado a danos físicos ( $R_{VP}$ )

$$R_{VP} = (N_{LVP} + N_{DJVP}) \times P_{VP} \times L_{VP}$$

➤ Determinação de  $N_{LVP}$  (número de sobretensões não inferiores a 1kV na seção da linha)

Já calculado anteriormente:  $N_{LVP} = 7,2 \times 10^{-3}$   $N_{DJVP} = 0$ , pois não há estrutura adjacente

➤ Determinação de  $P_{VP}$

$$P_{VP} = P_{EBP} \times P_{LDP} \times C_{LDP}$$

onde os valores das variáveis já foram determinados para  $P_u$  e são todos unitários.

Então:  $P_{VP} = 1$

➤ Determinação de  $L_{VP}$

Segundo a norma:  $L_V = L_B$  Então,  $L_{VP} = 25 \times 10^{-5}$

Portanto:  $R_{VP} = 7,2 \times 10^{-3} \times 1 \times 25 \times 10^{-5} \Rightarrow R_{VP} = 1,8 \times 10^{-6}$

## Riscos devido às descargas atmosféricas em linha conectada à estrutura (S3)

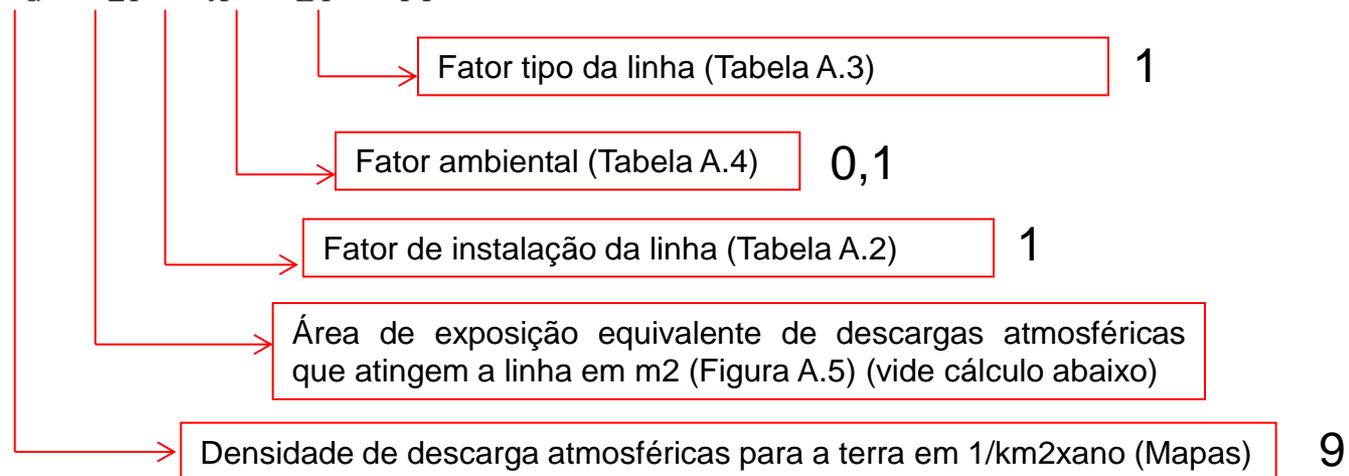
### Linha de Sinal - Telefonia

1 - Componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque ( $R_{UT}$ )

$$R_{UT} = (N_{LT} + N_{DJT}) \times P_{UT} \times L_{UT}$$

➤ Determinação de  $N_{LT}$  (número de sobretensões não inferiores a 1kV na seção da linha)

$$N_{LT} = N_G \times A_{LT} \times C_{IT} \times C_{ET} \times C_{TT} \times 10^{-6}$$



Para o cálculo de  $A_{LT}$ , se tem pela norma :  $A_{LT} = 40 \times L_{LT}$

Segundo os dados da edificação o comprimento da linha de sinal é de 100m.

$$A_{LP} = 40 \times 100 = 4.000 m^2$$

$N_{DJT} = 0$ , pois não há estrutura adjacente

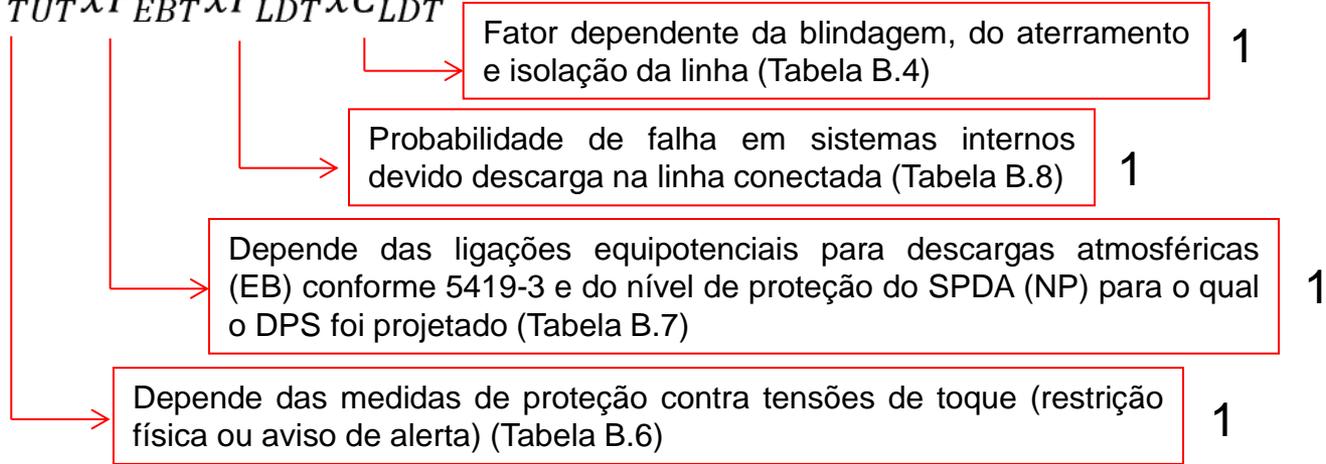
Para  $N_{LT}$ , tem-se:  $N_{LT} = 9 \times 4.000 \times 1 \times 0,1 \times 1 \times 10^{-6} \Rightarrow N_{LT} = 3,6 \times 10^{-3}$

➤ Determinação de  $P_{UT}$

$$P_{UT} = P_{TUT} \times P_{EBT} \times P_{LDT} \times C_{LDT}$$

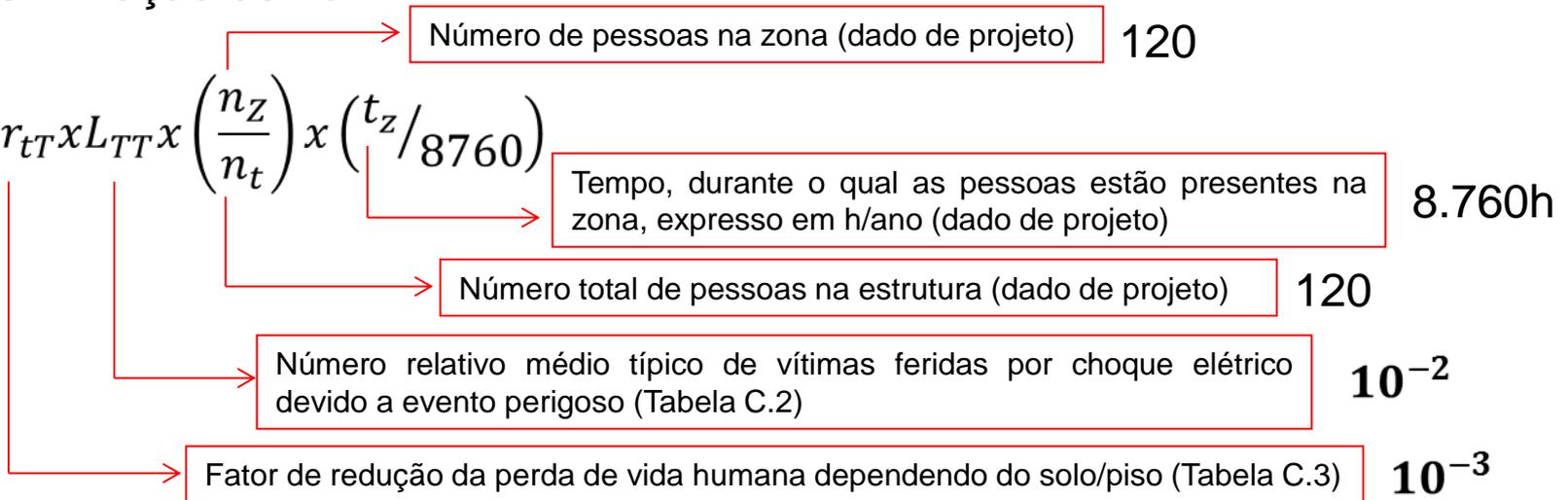
Então:

$$P_{UT} = 1$$



➤ Determinação de  $L_{UT}$

$$L_{UT} = r_{tT} \times L_{TT} \times \left( \frac{n_z}{n_t} \right) \times \left( \frac{t_z}{8760} \right)$$



$$L_{UT} = 10^{-3} \times 10^{-2} \times \left( \frac{120}{120} \right) \times \left( \frac{8760}{8760} \right) \Rightarrow L_{UT} = 10^{-5}$$

Portanto:  $R_{UT} = (3,6 \times 10^{-3} + 0) \times 1 \times 10^{-5} \Rightarrow R_{UT} = 3,6 \times 10^{-8}$

## 2 - Componente relacionado a danos físicos ( $R_{VT}$ )

$$R_{VT} = (N_{LT} + N_{DJT}) \times P_{VT} \times L_{VP} T$$

➤ Determinação de  $N_{LT}$  (número de sobretensões não inferiores a 1kV na seção da linha)

Já calculado anteriormente:

$$N_{LT} = 3,6 \times 10^{-3}$$

$N_{DJ} = 0$ , pois não há estrutura adjacente

➤ Determinação de  $P_{VP}$

$$P_{VT} = P_{EBT} \times P_{LDT} \times C_{LDT}$$

onde os valores das variáveis já foram determinados para  $P_u$  e são todos unitários.

Então:  $P_{VT} = 1$

➤ Determinação de  $L_{VT}$

Segundo a norma:

$$L_V = L_B$$

Então,  $L_{VT} = 25 \times 10^{-5}$

Portanto:  $R_{VT} = 3,6 \times 10^{-3} \times 1 \times 25 \times 10^{-5} \Rightarrow R_{VT} = 0,9 \times 10^{-6}$

Para a avaliação dos riscos de perda de vida humana ( $R_1$ ) para a zona interna da estrutura predial em questão, deve-se resolver a equação:

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + (R_{UP1} + R_{UT1}) + (R_{VP1} + R_{VT1})$$

Os valores calculados foram:  $R_{A1} = 1,17 \times 10^{-6}$        $R_{B1} = 2,93 \times 10^{-5}$

$$R_{UP1} = 7,2 \times 10^{-8} \quad R_{VP1} = 1,8 \times 10^{-6} \quad R_{UT1} = 3,6 \times 10^{-8} \quad R_{VT1} = 0,9 \times 10^{-6}$$

Então:  $R_1 = 1,17 \times 10^{-6} + 2,93 \times 10^{-5} + 7,2 \times 10^{-8} + 1,8 \times 10^{-6} + 3,6 \times 10^{-8} + 0,9 \times 10^{-6} = 3,3 \times 10^{-5}$

Lembrando que o valor típico de risco tolerável ( $R_T$ ) referente à perdas de vidas humanas ou ferimentos permanentes é  $10^{-5}$ , então:

$$R_1 > R_T \rightarrow 3,3 \times 10^{-5} > 10^{-5}$$

Portanto, há que se observar quais providências são possíveis para que se reduza  $R_1$  para um valor inferior a  $10^{-5}$ .

Analisando os componentes de cálculo de  $R_1$ , observa-se que apenas a componentes  $R_B$  tem ordem de grandeza  $10^{-5}$ ; os demais componentes já tem ordem de grandeza menor, ou seja, qualquer medida que busque reduzi-los, traria pouca ou nenhuma influência na redução de  $R_1$ . Assim, há que se avaliar o que se poderia fazer para reduzir  $R_B$ .

Relembrando que  $R_B$  é calculado por:  $R_B = N_D \times P_B \times L_B$

Devemos fazer uma análise de cada um dos fatores, para levantar os possíveis ajustes que poderiam influenciar no cálculo do risco  $R_1$ , de forma a levá-lo para um valor abaixo do risco tolerável ( $1 \times 10^{-5}$ ).

Para tanto, vamos voltar ao ponto onde os fatores foram definidos/calculados, para realizar a análise.

Dá análise realizada, se pode concluir:

- ✓ Para os fatores  $N_D$  (0,117) e  $L_B$  ( $25 \times 10^{-5}$ ) não há o que alterar de forma a contribuir com a redução de  $R_B$ ;
- ✓ Para  $P_B$ , se pode observar que na Tabela B.2, se tomarmos a inclusão de SPDA com nível IV ( $P_B=0,2$ ) ou III ( $P_B=0,1$ ), se terá uma excelente contribuição para a redução de  $R_B$ ;

Se assumirmos um SPDA nível III, o que é a prática de mercado para edifícios residenciais, então:  $R_B = 0,117 \times 0,1 \times 25 \times 10^{-5} \Rightarrow R_B = 2,93 \times 10^{-6}$

Recalculando o valor de  $R_1$ , tem-se:

$$R_1 = 1,17 \times 10^{-6} + 2,93 \times 10^{-6} + 7,2 \times 10^{-8} + 1,8 \times 10^{-6} + 3,6 \times 10^{-8} + 0,9 \times 10^{-6} = 6,91 \times 10^{-6}$$

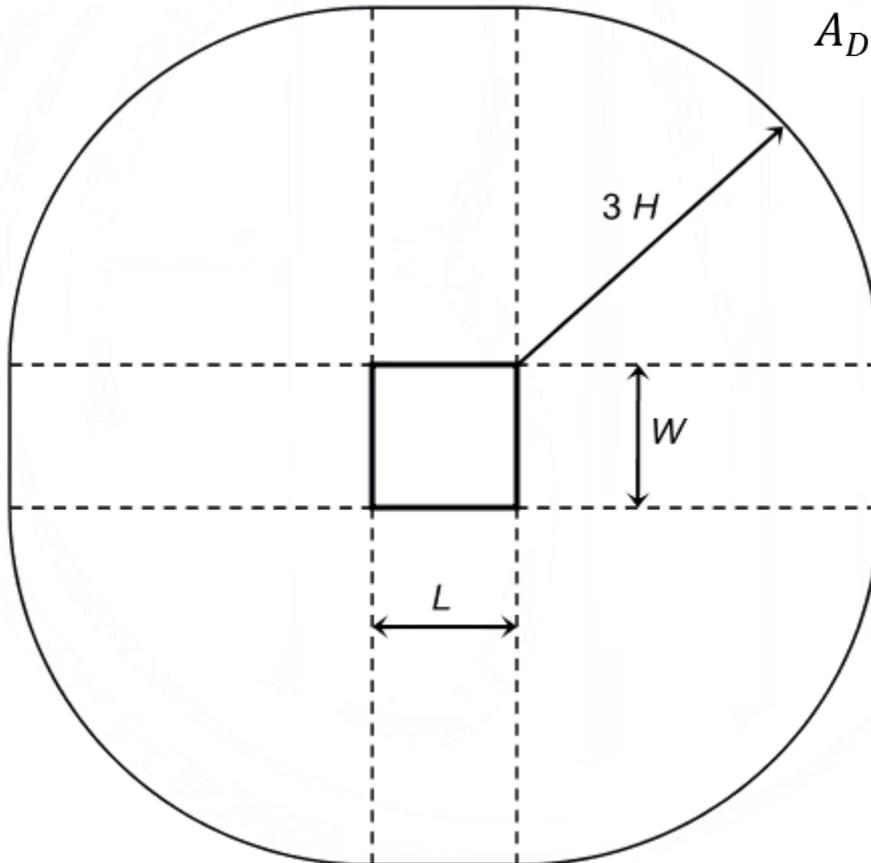
Se fosse utilizado SPDA nível IV, se teria:  $P_B = 0,2$   $R_B = 5,85 \times 10^{-6}$   $R_1 = 9,83 \times 10^{-6}$

Portanto, nos dois casos se obtém um valor menor que o risco tolerável. Assim, se fará o desenvolvimento de um projeto de SPDA nível III para a edificação em estudo.



# Área de Exposição Equivalente ( $A_D$ )

- Estrutura retangular e isolada



$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$$

- Estrutura com forma complexa

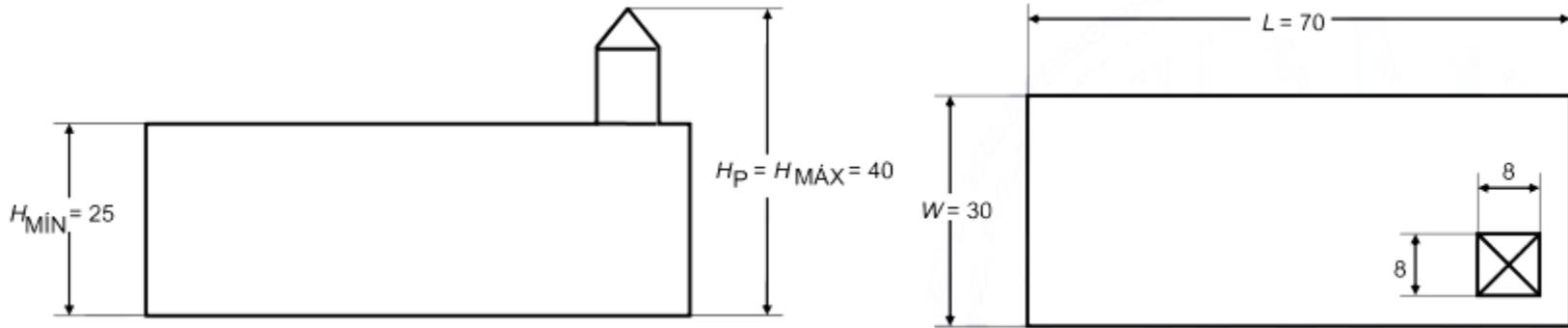


Figura A.2 – Estrutura com forma complexa

Calcular  $A_D$  com o  $H_{MIN}$  da estrutura e calcular uma área  $A_D'$  com a altura da saliência utilizando a fórmula:  $A_D' = \pi x (3xH_P)^2$

Sobrepondo as áreas calculadas, obtém-se a área total.

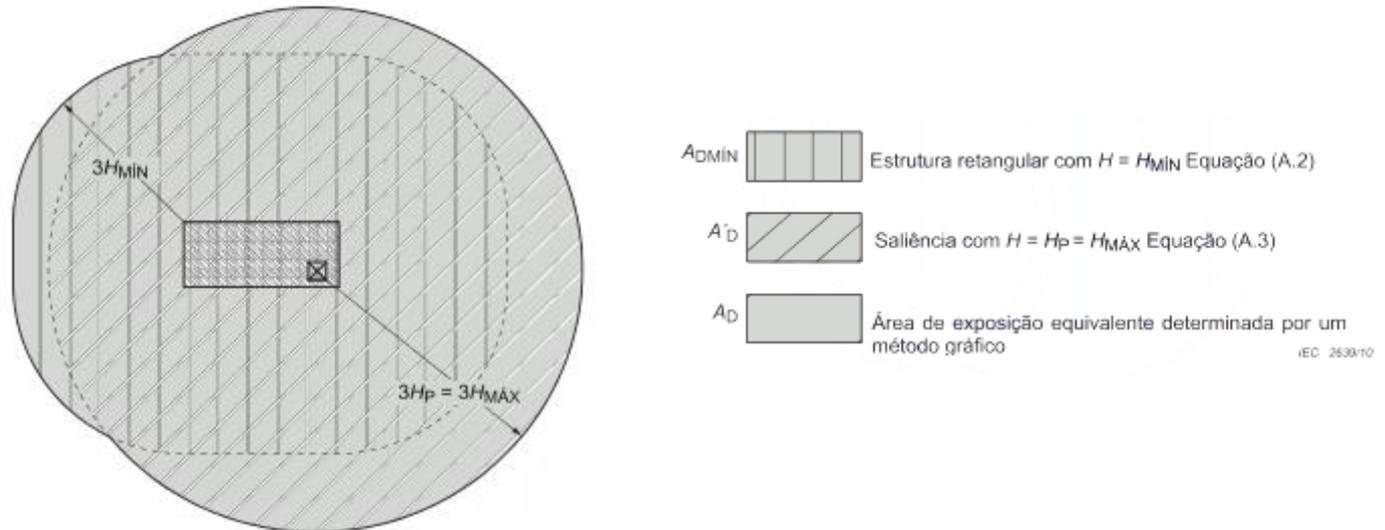


Figura A.3 – Diferentes métodos para determinar a área de exposição equivalente para uma dada estrutura

Para o edifício em questão, podemos calcular as áreas de exposição  $A_D$  e  $A'_D$ .

Considerando: Altura Mínima ( $H_m$ ) de 25,5m, Altura Total ( $H_p$ ) de 29,5m, Comprimento ( $L$ ) de 22,5m e Largura ( $W$ ) de 23m.

Usando  $H_m$  pode-se calcular:

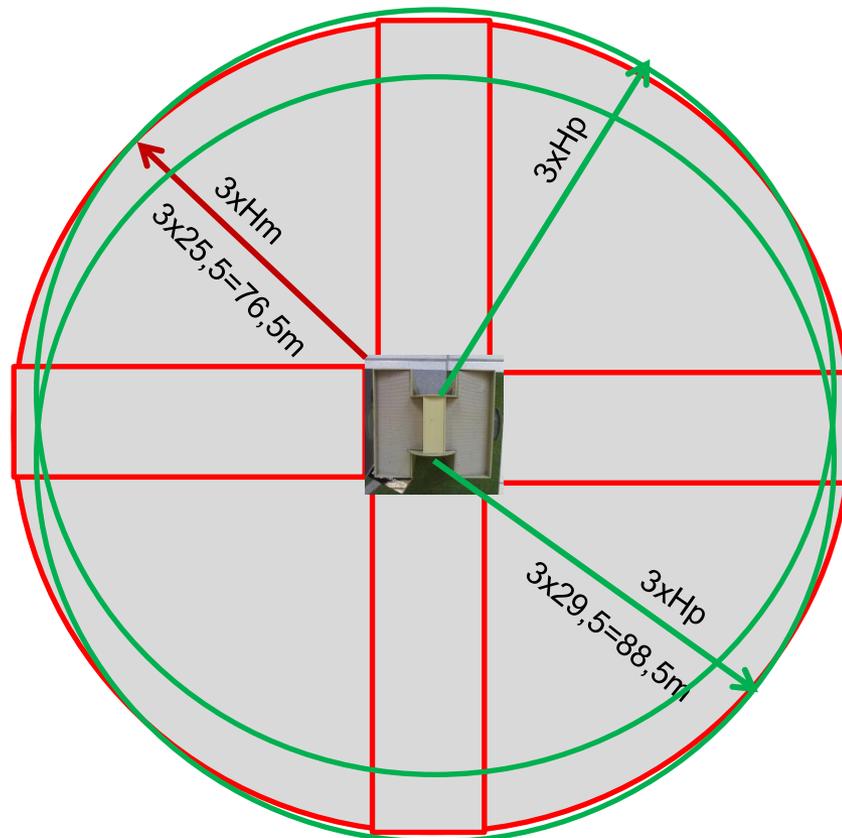
$$A_D = LxW + 2x(3xH_m)x(L + W) + \pi x(3H_m)^2$$

$$A_D = 25.864m^2$$

Usando  $H_p$  pode-se calcular:

$$A'_D = \pi x(3H_p)^2$$

$$A'_D = 24.606m^2$$



Pode-se observar que a área resultante está praticamente contida em  $A_D$  (cinza) e, portanto, para facilitar os cálculos posteriores, se fará um arredondamento na área  $A_D$ , buscando incorporar as duas pequenas áreas delimitadas entre o círculo vermelho e os dois em verde. Considerando  $A_D = 26.000m^2$ .

# Tabelas e Figuras do Anexo A

Tabela A.1 – Fator de localização da estrutura  $C_D$

Localização relativa	$C_D$
Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças	1
Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte	2

Tabela A.2 – Fator de instalação da linha  $C_I$

Roteamento	$C_I$
Aéreo	1
Enterrado	0,5
Cabos enterrados instalados completamente dentro de uma malha de aterramento (ABNT NBR 5419-4:2015, 5.2).	0,01

Tabela A.3 – Fator tipo de linha  $C_T$

Instalação	$C_T$
Linha de energia ou sinal	1
Linha de energia em AT (com transformador AT/BT)	0,2

Tabela A.4 – Fator ambiental da linha  $C_E$

Ambiente	$C_E$
Rural	1
Suburbano	0,5
Urbano	0,1
Urbano com edifícios mais altos que 20 m.	0,01

NOTA 1 A resistividade do solo afeta a área de exposição equivalente  $A_L$  de seções enterradas. Em geral, quanto maior a resistividade do solo, maior a área de exposição equivalente ( $A_L$  proporcional a  $\sqrt{\rho}$ ). O fator de instalação da Tabela A.2 é baseada em  $\rho = 400 \Omega\text{m}$ .

NOTA 2 Maiores informações sobre a área de exposição equivalente  $A_I$  para linhas de sinal podem ser encontradas na ITU-T Recomendação K.47.

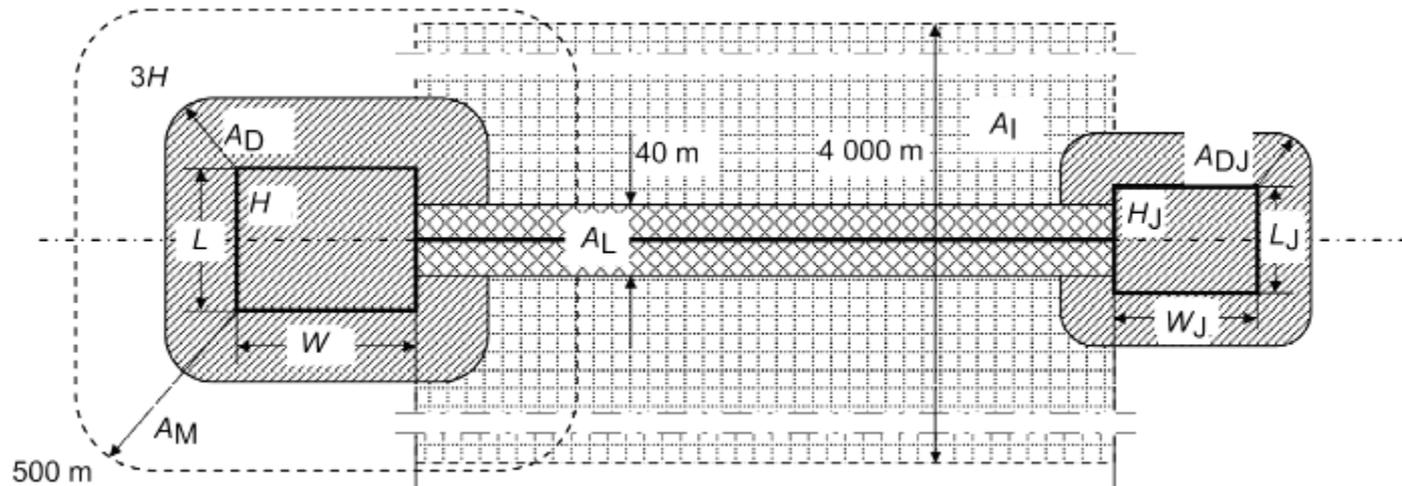


Figura A.5 – Áreas de exposição equivalentes ( $A_D$ ,  $A_M$ ,  $A_I$ ,  $A_L$ )

**Tabela B.1 – Valores de probabilidade  $P_{TA}$  de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo perigosas**

Medida de proteção adicional	$P_{TA}$
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos de alerta	$10^{-1}$
Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas))	$10^{-2}$
Equipotencialização efetiva do solo	$10^{-2}$
Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida	0

**Tabela B.4 – Valores dos fatores  $C_{LD}$  e  $C_{LI}$  dependendo das condições de blindagem aterramento e isolamento**

Tipo de linha externa	Conexão na entrada	$C_{LD}$	$C_{LI}$
Linha aérea não blindada	Indefinida	1	1
Linha enterrada não blindada	Indefinida	1	1
Linha de energia com neutro multiaterrado	Nenhuma	1	0,2
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,3
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,1
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0
Cabo protegido contra descargas atmosféricas ou cabeamento em dutos para cabos protegido contra descargas atmosféricas, eletrodutos metálicos ou tubos metálicos	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	0	0
(Nenhuma linha externa)	Sem conexões com linhas externas (sistemas independentes)	0	0
Qualquer tipo	Interfaces isolantes de acordo com a ABNT NBR 5419-4	0	0

NOTA 3 Na avaliação da probabilidade  $P_C$ , valores de  $C_{LD}$  da Tabela B.4 referem-se aos sistemas internos blindados; para sistemas internos não blindados,  $C_{LD} = 1$  pode ser assumido.

NOTA 4 Para sistemas internos não blindados:

- não conectados a linhas externas (sistemas independentes); ou
- conectados a linhas externas por meio de interfaces isolantes; ou
- conectados a linhas externas consistindo em cabo protegido contra descargas atmosféricas ou sistemas com cabeamento em dutos para cabos protegido contra descargas atmosféricas, eletrodutos metálicos ou tubos metálicos, interligados no mesmo barramento de equipotencialização que os equipamentos, um sistema coordenado de DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 não é necessário para reduzir  $P_C$ , desde que a tensão induzida  $U_i$  não for maior que a tensão suportável  $U_w$  do sistema interno ( $U_i \leq U_w$ ). Para avaliação da tensão induzida  $U_i$  ver ABNT NBR 5419-4:2015, Anexo A.

**Tabela B.2 – Valores de probabilidade  $P_B$  dependendo das medidas de proteção para reduzir danos físicos**

Características da estrutura	Classe do SPDA	$P_B$
Estrutura não protegida por SPDA	—	1
Estrutura protegida por SPDA	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Estrutura com subsistema de captação conforme SPDA classe I e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descida natural		0,01
Estrutura com cobertura metálica e um subsistema de captação, possivelmente incluindo componentes naturais, com proteção completa de qualquer instalação na cobertura contra descargas atmosféricas diretas e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descidas natural		0,001

NOTA 1 Valores de  $P_B$  diferentes daqueles fornecidos na Tabela B.2 são possíveis, se baseados em uma investigação detalhada considerando os requisitos de dimensionamento e critérios de interceptação definidos na ABNT NBR 5419-1.

NOTA 2 As características do SPDA, incluindo aquelas de DPS para ligação equipotencial para descarga atmosférica, são descritas na ABNT NBR 5419-3.

**Tabela B.3 – Valores de probabilidade de  $P_{SPD}$  em função do NP para o qual os DPS foram projetados**

NP	$P_{SPD}$
Nenhum sistema de DPS coordenado	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 2	0,005 – 0,001

NOTA 1 Um sistema de DPS coordenado é efetivo na redução de  $P_C$  somente em estruturas protegidas por um SPDA ou estruturas com colunas metálicas contínuas ou com colunas de concreto armado atuando como um SPDA natural, onde os requisitos de interligação e aterramento descritos na ABNT NBR 5419-3 forem satisfeitos.

NOTA 2 Os valores de  $P_{SPD}$  podem ser reduzidos para os DPS que tenham características melhores de proteção (maior corrente nominal  $I_N$ , menor nível de proteção  $U_P$  etc.) comparados com os requisitos definidos para NP I nos locais relevantes da instalação (ver ABNT NBR 5419-1:2015, Tabela A.3 para informação das probabilidades de corrente da descarga atmosférica e ABNT NBR 5419-1:2015, Anexo E e ABNT NBR 5419-4:2015, Anexo D ou a divisão da corrente da descarga atmosférica). Os mesmos anexos podem ser utilizados para DPS que tenham maiores probabilidades  $P_{SPD}$ .

**Tabela B.5 – Valor do fator  $K_{S3}$  dependendo da fiação interna**

Tipo de fiação interna	$K_{S3}$
Cabo não blindado – sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços <sup>a</sup>	1
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços <sup>b</sup>	0,2
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar laços <sup>c</sup>	0,01
Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos <sup>d</sup>	0,000 1

<sup>a</sup> Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios (área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>),  
<sup>b</sup> Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço da ordem de 10 m<sup>2</sup>).  
<sup>c</sup> Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço da ordem de 0,5 m<sup>2</sup>).  
<sup>d</sup> Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento de equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barramento equipotencialização.

**Tabela B.7 – Valor da probabilidade  $P_{EB}$  em função do NP para o qual os DPS foram projetados**

NP	$P_{EB}$
Sem DPS	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 4	0,005 – 0,001

NOTA 4 Os valores de  $P_{EB}$  podem ser reduzidos para DPS que tenham melhores características de proteção (correntes nominais maiores  $I_N$ , níveis de proteção menores  $U_P$  etc.) comparados com os requisitos definidos para NP I nos locais relevantes da instalação (ver ABNT NBR 5419-1:2015, Tabela A.3, para informações da probabilidade de correntes de descargas atmosféricas, e ABNT NBR 5419-1:2015, Anexo E, e ABNT NBR 5419-4, Anexo D, para divisão da corrente da descarga atmosférica). Os mesmos anexos podem ser utilizados para DPS que tenha probabilidades maiores que  $P_{EB}$ .

**Tabela B.9 – Valores da probabilidade  $P_{LI}$  dependendo do tipo da linha e da tensão suportável de impulso  $U_W$  dos equipamentos**

Tipo da linha	Tensão suportável $U_W$ em kV				
	1	1,5	2,5	4	6
Linhas de energia	1	0,6	0,3	0,16	0,1
Linhas de sinais	1	0,5	0,2	0,08	0,04

NOTA Avaliações mais precisas de  $P_{LI}$  podem ser encontradas na IEC/TR 62066:2002, para linhas de energia, e na ITU-T Recomendação K.46, para linhas de sinais.

NOTA 2 Quando DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-3 são instalados para ligação equipotencial na entrada da linha, aterramento e interligação de acordo com a ABNT NBR 5419-4 podem aumentar a proteção.

**Tabela B.6 – Valores da probabilidade  $P_{TU}$  de uma descarga atmosférica em uma linha que adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque perigosas**

Medida de proteção	$P_{TU}$
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos visíveis de alerta	10 <sup>-1</sup>
Isolação elétrica	10 <sup>-2</sup>
Restrições físicas	0

NOTA 3 Se mais de uma medida for tomada, o valor de  $P_{TU}$  será o produto dos valores correspondentes.

**Tabela B.8 – Valores da probabilidade  $P_{LD}$  dependendo da resistência  $R_S$  da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso  $U_W$  do equipamento**

Tipo da linha	Condições do roteamento, blindagem e interligação	Tensão suportável $U_W$ em kV					
		1	1,5	2,5	4	6	
Linhas de energia	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	1	1	1	1	1	
	Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	$5 \Omega/\text{km} < R_S \leq 20 \Omega/\text{km}$	1	1	0,95	0,9	0,8
		$1 \Omega/\text{km} < R_S \leq 5 \Omega/\text{km}$	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
	$R_S \leq 1 \Omega/\text{km}$	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02	

NOTA 5 Em áreas suburbanas/urbanas, uma linha de energia em BT utiliza tipicamente cabos não blindados enterrados enquanto que uma linha de sinal utiliza cabos blindados enterrados (com um mínimo de 20 condutores, uma resistência da blindagem de 5  $\Omega/\text{km}$ , diâmetros do fio de cobre de 0,6 mm). Em áreas rurais, uma linha de energia em BT utiliza cabos aéreos não blindados enquanto que as linhas de sinal utilizam cabos não blindados aéreos (diâmetro do fio de cobre: 1 mm). Uma linha de energia de AT enterrada utiliza tipicamente um cabo blindado com uma resistência da blindagem da ordem de 1  $\Omega/\text{km}$  a 5  $\Omega/\text{km}$ .



Tabela C.2 – Tipo de perda L1: Valores médios típicos de  $L_T$ ,  $L_F$  e  $L_O$

Tipos de danos	Valor de perda típico		Tipo da estrutura
D1 ferimentos	$L_T$	$10^{-2}$	Todos os tipos
D2 danos físicos	$L_F$	$10^{-1}$	Risco de explosão
		$10^{-1}$	Hospital, hotel, escola, edifício cívico
		$5 \times 10^{-2}$	Entretenimento público, igreja, museu
		$2 \times 10^{-2}$	Industrial, comercial
		$10^{-2}$	Outros
D3 falhas de sistemas internos	$L_O$	$10^{-1}$	Risco de explosão
		$10^{-2}$	Unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital
		$10^{-3}$	Outras partes de hospital

NOTA 1 Os valores da Tabela C.2 se referem ao atendimento contínuo de pessoas na estrutura.

NOTA 2 No caso de uma estrutura com risco de explosão, os valores para  $L_F$  e  $L_O$  podem necessitar de uma avaliação mais detalhada, considerando o tipo de estrutura, risco de explosão, o conceito de zona de áreas perigosas e as medidas para encontrar o risco.

Tabela C.4 – Fator de redução  $r_p$  em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio

Providências	$r_p$
Nenhuma providência	1
Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	0,5
Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático <sup>a</sup>	0,2

<sup>a</sup> Somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 min.

Se mais de uma providência tiver sido tomada, recomenda-se que o valor de  $r_p$  seja tomado com o menor dos valores relevantes.

Em estruturas com risco de explosão,  $r_p = 1$  para todos os casos.

Tabela C.3 – Fator de redução  $r_t$  em função do tipo da superfície do solo ou piso

Tipo de superfície <sup>b</sup>	Resistência de contato $k \Omega$ <sup>a</sup>	$r_t$
Agricultura, concreto	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marmor, cerâmica	1 – 10	$10^{-3}$
Cascalho, tapete, carpete	10 – 100	$10^{-4}$
Asfalto, linóleo, madeira	$\geq 100$	$10^{-5}$

<sup>a</sup> Valores medidos entre um eletrodo de 400 cm<sup>2</sup> comprimido com uma força uniforme de 500 N e um ponto considerado no infinito.  
<sup>b</sup> Uma camada de material isolante, por exemplo, asfalto, de 5 cm de espessura (ou uma camada de cascalho de 15 cm de espessura) geralmente reduz o perigo a um nível tolerável.

PIOR CASO

Tabela C.5 – Fator de redução  $r_f$  em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura

Risco	Quantidade de risco	$r_f$
Explosão	Zonas 0, 20 e explosivos sólidos	1
	Zonas 1, 21	$10^{-1}$
	Zonas 2, 22	$10^{-3}$
Incêndio	Alto	$10^{-1}$
	Normal	$10^{-2}$
	Baixo	$10^{-3}$
Explosão ou incêndio	Nenhum	0

NOTA 4 No caso de uma estrutura com risco de explosão, o valor para  $r_f$  pode necessitar de uma avaliação mais detalhada.

Tabela C.6 – Fator  $h_z$  aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial

Tipo de perigo especial	$h_z$
Sem perigo especial	1
Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	2
Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)	5
Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pessoas imobilizadas, hospitais)	5
Alto nível de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes maior que 1 000 pessoas)	10