

A corrente corrigida é necessária para que se possa escolher o disjuntor e o cabeamento mais adequado para o circuito.

| CIRCUITO | DESCRIÇÃO | CORRENTE DE PROJETO CORRIGIDA | DISJUNTOR | CONDUTOR PRÉ DIMENSIONADO | CONDUTOR ADOTADO | |
|----------|--------------------|-------------------------------|-----------|---------------------------|--------------------|--------------|
| | | (A) | (A) | (mm ²) | (mm ²) | CORRENTE (A) |
| 1 | ILUMINAÇÃO | 1,70 | 10 | 1 | 1,5 | 15,5 |
| 2 | TUG'S | 11,81 | 16 | 1 | 2,5 | 21 |
| 3 | BOMBA RESERVATÓRIO | 15,47 | 16 | 1,5 | 2,5 | 21 |

Com todos os circuitos dimensionados foi possível realizar o equilíbrio de cargas, o qual está demonstrado na tabela seguinte.

| CIRCUITO | DESCRIÇÃO | POTÊNCIA APARENTE TOTAL | FASES | | |
|--------------------------|--------------------|-------------------------|-------|------|------|
| | | (VA) | A | B | C |
| 1 | ILUMINAÇÃO | 300 | | 300 | |
| 2 | TUG'S | 1200 | 1200 | | |
| 3 | BOMBA RESERVATÓRIO | 3900 | 1300 | 1300 | 1300 |
| EQUILÍBRIO DE FASES (VA) | | | 2500 | 1600 | 1300 |

ALIMENTAÇÃO

Para o circuito de alimentação os critérios adotados estão indicados na tabela a seguir:

| CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------|------------------------|-------|--------|--------------|
| TIPO DE CARGA | POTÊNCIA APARENTE | FATOR DE POTÊNCIA | POTÊNCIA ATIVA | Nº DE CIRCUITOS | FATOR DE DEMANDA | POTÊNCIA DEMANDADA (W) | | TENSÃO | CORRENTE (I) |
| | (VA) | | W | | | INDIVIDUAL | TOTAL | | |
| ILUM | 300 | 1 | 300 | 1 | 0,85 | 255,0 | 3.978 | 220 | 10,44 |
| TUG | 1200 | 0,8 | 960 | | 0,75 | 720,0 | | | |
| TUE | 3900 | 0,77 | 3000 | | 1 | 3.000,0 | | | |
| Seção do condutor do circuito de distribuição | | | 1 | | | | | | |
| Seção adotada | | | 4 | | | | | | |
| Corrente máxima suportada pela seção adotada | | | 25 | | | | | | |
| Disjuntor geral adotado para o QDLF | | | 25 | | | | | | |
| Carga total instalada | | | 4.260 | | | | | | |
| Carga total demandada | | | 3.978 | | | | | | |

ELETRODUTOS

As seções de eletrodutos adotadas foram de 20 mm para todas os caminhos. O caso mais crítico foi calculado para garantir o dimensionamento.

| DIMENSIONAMENTO DO ELÉTRODUTO | | |
|-------------------------------|---------------------|-----------------|
| Nº DE CONDUTORES | MAIOR Ø DO CIRCUITO | Ø CALCULADO |
| | mm ² | mm ² |
| 4 | 4 | 20 |

Paulo Eduardo Berta Bacilla
CPF: 255.312.839-53
CAE: A15164-5



PROJETO HIDROSSANITÁRIO

MEMORIAL DESCRITIVO

MPI 40TI – SOCIAL – GUARITA - RESERVATÓRIO

FASE: Projeto Básico

PROPRIETÁRIO: Prefeitura Municipal De Irati - PR

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Paulo Bacilla

CAU: 15164-5

INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

1. APRESENTAÇÃO

CONDIÇÕES GERAIS

Este documento tem como objetivo estabelecer os parâmetros, especificações e critérios a serem considerados na concepção do projeto hidrossanitário.

O projeto será implementado no município de Irati – PR, e contempla as seguintes unidades:

- 1- **Casa unifamiliar** geminada em alvenaria de 40,61 m² de área construída;
- 2- **Centro de convivência** em alvenaria com 218,62 m² de área construída;
- 3- **Guarita** em alvenaria com 13,84 m² de área construída.
- 4- **Reservatório** em alvenaria e concreto armado com 51,00 m² de área construída.

2. ÁGUA POTÁVEL

CONDIÇÕES GERAIS

O projeto de instalações Hidrossanitárias foi executado atendendo às exigências das normas **NBR – 5.626/98** - Instalação predial de água fria, **NBR 8.160/99** - Esgoto Sanitário (Sistema prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução), **NBR 10.844/89** - Instalações prediais de águas pluviais, **NBR 7229/93** – Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos e **NBR 13.969/97** – Tanques sépticos (unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação).

DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS

Todos os tubos e conexões serão em PVC rígido soldável, de fabricação "AMANCO", "TIGRE" ou EQUIVALENTE

3. INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

O projeto define um sistema de **distribuição direta** a partir de reservatórios elevados. O Barrilete de distribuição de água fria parte dos reservatórios e caminha sobre a laje até as colunas de distribuição de (AF).

Na guarita a distribuição se dá de forma diferente, ela vem direto do castelo d'água central e vai para os pontos de consumo sem passar em um reservatório individual [reservatório da unidade].

ALIMENTAÇÃO

A alimentação do reservatório central [Castelo D'água] parte da rede de distribuição da concessionária local, por meio de canalização de PVC rígido soldável, ou tubulação flexível própria para ligação predial.

Do reservatório (castelo d'água) ela parte para os reservatórios individuais de cada unidade com os diâmetros especificados no projeto de Águas.

RESERVATÓRIO INDIVIDUAIS

Os reservatórios serão em polietileno;

O Consumo de água foi calculado de acordo com a **tabela de consumos potenciais**, fornecida pela **SANEPAR**, onde leva-se em consideração o tipo de edificação a ser construída bem como sua área em m².

Segundo a **NBR 5.626/98** o volume de água reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para 24 horas de consumo normal pelo número total de usuários na edificação, sem considerar o volume de água para combate à incêndio.

Teremos, portanto, a seguinte composição:

- **Tipo** = Conjunto residencial até 50 m²;
- **Área construída total** = 43,14 m²;
- **Consumo provável** = 8,5 m³/mês

Logo:

$$\text{Reservatório} = 8,5 \frac{\text{m}^3}{\text{mês}} * \left(\frac{1.000 \text{ litros}}{1 \text{ m}^3 * 30 \text{ dias}} \right)$$

$$\text{Reservatório} = 283,33 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

O Reservatório adotado será de **310 litros**.

EXTRAVASOR E LIMPEZA

A tubulação extravasora sairá da lateral superior do reservatório, logo acima do nível de entrada da água. A tubulação de limpeza sairá pela parte inferior da lateral do reservatório. Ambas as tubulações serão em PVC rígido soldável e estarão unidas de maneira a escoar o fluído por um mesmo tubo, a tubulação de limpeza possuirá um registro esfera enquanto o extravasor não.

Os diâmetros dessas tubulações serão adotados de acordo com o item **5.2.8.5** da **NBR 5.626/98 (Instalação predial de água fria)**, onde explica que "Em reservatórios de pequena capacidade (por exemplo: para casas unifamiliares, pequenos edifícios comerciais, etc.), recomenda-se que o diâmetro da tubulação de extravasão seja maior que o da tubulação de alimentação", logo, o diâmetro adotado foi 1 acima da alimentação predial

- a) **Alimentação:** Ø 25mm;
- b) **Extravasor / Limpeza:** Ø 32mm.

ESPECIFICAÇÕES

Tubos de PVC

Tubo de resina de PVC – cloreto polivinila, obtido a partir do cloreto de vinila, do tipo ponta e bolsa, fabricado conforme estabelece a norma da ABNT destinada à execução de instalações prediais de água fria com funcionamento pela ação da gravidade e na temperatura ambiente.

Os tubos utilizados serão do tipo ponta lisa e bolsa, soldável marrom nos diâmetros indicados em projeto. A fabricação será da "AMANCO", "TIGRE" ou equivalente.

Conexões de PVC

Conexão de resina de PVC – cloreto polivinila, obtida de cloreto de vinila, do tipo soldável marrom, nos pontos de utilização deverá ser utilizada conexões do tipo soldável / roscável com bucha de latão.

A fabricação será da "AMANCO", "TIGRE" ou equivalente.

4. INSTALAÇÕES DE ESGOTOS SANITÁRIOS

De acordo com a **NBR 8160/99**, o projeto define os elementos necessários para o escoamento do esgoto sanitário que será lançado na rede pública coletora própria para tal fim.

Tubos de PVC

Tubo de resina de PVC – cloreto polivinila, obtido a partir do cloreto de vinila, do tipo ponta e bolsa, fabricado conforme estabelecem a norma NBR 5660, e NBR 5668, destinado a execução de instalações prediais das águas do esgoto sanitário com funcionamento pela ação da gravidade e na temperatura ambiente.

Os tubos nos diâmetros 50 mm e superiores serão do tipo junta elástica com ponta lisa e bolsa com alojamento para anel de borracha para utilização no esgoto primário.

A fabricação será da "AMANCO", "TIGRE" ou equivalente.

Conexões de PVC

Conexão de resina de PVC – cloreto polivinila, obtido a partir do cloreto de vinila, do tipo ponta e bolsa, destinado a execução de instalações prediais das águas do esgoto sanitário com funcionamento pela ação da gravidade e na temperatura ambiente.

As conexões nos diâmetros nominais de 50 mm e superiores serão do tipo junta elástica com ponta lisa e bolsa com alojamento para anel de borracha.

A fabricação será da "AMANCO", "TIGRE" ou equivalente.

DECLIVIDADE

Tubulações de esgoto com diâmetro até **75 mm** devem possuir inclinação mínima de **2%** e as com diâmetros igual ou superior a **100 mm** devem possuir inclinação mínima de **1%**.

MANUTENÇÕES

Caixa de Gordura

A manutenção das caixas de gordura deverá ser feita a cada período de 30 (trinta) dias, ou sempre que se verificar anormalidades em seu funcionamento. Os detritos devem ser retirados, com uso de ferramentas e equipamentos adequados (pás, enxadas, e luvas de segurança), embalados em sacos plásticos invioláveis, e entregues ao caminhão de lixo no ato da coleta.

Manutenção dos reservatórios

Deverá ser feita a limpeza dos reservatórios a cada período de 6 meses ou sempre que houver suspeita de contaminação.

Caixa de inspeção / passagem e gordura.

Construção de acordo com detalhes de projeto, em alvenaria de tijolos maciços de barro ou blocos de concreto com espessura mínima de 10 cm.

- Profundidade mínima de 30 cm;
- Profundidade máxima de 100 cm;
- Tampa facilmente removível e permitindo perfeita vedação;
- Fundo das caixas de passagem e inspeção deverão ser construídas de modo a assegurar rápido escoamento e evitar formação de depósitos.



SPDA

MEMORIAL DESCRITIVO

FASE: Projeto Básico

PROPRIETÁRIO: Prefeitura Municipal De Irati - PR

RESPONSÁVEL TÉCNICO: Paulo Bacilla **CAU:** 15164-5

PROJETO SPDA

OBJETIVO

O presente memorial descritivo tem como objetivo, descrever as instalações de SPDA projetadas para o Condomínio do Idoso – Irati/PR

Por definição Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) protegem as edificações, equipamentos, instalações elétricas e de telecomunicações, reduzindo os danos impostos às estruturas, os impactos dos desligamentos e manutenções corretivas. Esses sistemas tem a função de proteção captando e direcionando a corrente elétrica proveniente da queda de raios para sistemas de aterramento (SOUZA, 2014).

CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

O projeto é caracterizado por um condomínio fechado com 40 residências térreas geminadas exclusivamente para moradias de pessoas idosas de baixa renda, será implementado no município de Irati – PR, e contempla as seguintes edificações:

- **Casa unifamiliar geminada** em alvenaria de 40,61 m², 4,60m de altura;
- **Centro de convivência** em alvenaria com 218,62 m², 6,50 m de altura;
- **Guarita** em alvenaria com 13,84 m², 4,00m de altura;
- **Quiosque** com 13,84 m², 4,00 m de altura;
- **Castelo D'água** em alvenaria e concreto armado com 51,00 m², 16,65 m de altura.

DEFINIÇÕES E NOMENCLATURAS

Descarga Atmosférica – Descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, constituindo em um ou mais impulsos de vários quilo/ampère;

Raio – Um dos impulsos elétricos de uma descarga;

Ponto de impacto – Ponto onde uma descarga atmosférica que atinge a terra, uma estrutura ou o sistema de proteção captor.

Eletrodo de Aterramento – Elemento ou conjunto ou conjunto de elementos do subsistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica a terra;

Eletrodo de aterramento em anel ou malha de aterramento – Eletrodo de aterramento formando um anel fechado em volta da edificação ou estrutura;

Descida – Parte do SPDA destinada a conduzir a corrente de descarga atmosférica desde o sistema captor até a malha de aterramento;

Captor – Componente pontiagudo instalado no topo da edificação, destinado a interceptar as descargas atmosféricas;

BEP – Barramento eqüipotencial de potência;

DPS – Dispositivo de proteção de surto destinado a limitar as sobretensões transitórias;

LEP – Ligação eqüipotencial principal;

TAP - Terminal de aterramento principal

NORMAS TÉCNICAS DE REFERÊNCIA

| | |
|----------------------------|--|
| ABNT NBR 5419/2015 | Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas |
| ABNT NBR 5410 | Instalações elétricas de baixa tensão |
| ABNT NBR 6326 | Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente" |
| ABNT NBR 13571 | Hastes de aterramento em aço cobreado e acessórios especificação |
| ABNT NBR15749: 2009 | Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento |

1. VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE SPDA NAS EDIFICAÇÕES

CONDIÇÕES GERAIS

Critério de avaliação da necessidade de proteção (SPDA)

Análise das edificações no Condomínio do Idoso-Irati/PR.

1.1 Casa unifamiliar geminada

Em alvenaria de 40,61 m², 4,60m de altura

Com base na ABNT NBR 5419-2, *item 4.3 Composição das componentes de Risco*, foram realizados os cálculos para o subitem a) R1: Risco de perda de vida humana.

R_1 : Risco de perda de vida humana:

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

¹ 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_A Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na estrutura)

R_B Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na estrutura)

R_C Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na estrutura)

R_M Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da estrutura)

- R_U Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_V Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_W Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_X Componente de risco para uma estrutura
 R_Z Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da linha)

Para cálculos de R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W , R_Z , foi utilizado o item **1.1 Análise dos componentes de risco** da **ABNT NBR 5419-2**, e seus subitens para encontrar as fórmulas referentes a cada termo, são listados a seguir:

1.1.1 Equação básica:

Cada componente de risco R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W e R_Z , como descrito em 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 e 4.2.5, pode ser expressa pela seguinte equação geral:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (5)$$

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).

1.1.2 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas na estrutura (S1);

- a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

- b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

- c) componente relacionado à falha de sistemas internos (D3)

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (8)$$

1.1.3 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas perto da estrutura (S2);

- componente relacionado à falha dos sistemas internos (D3):

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (9)$$

1.1.4 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas em uma linha conectada à estrutura (S3);

- a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (10)$$

- b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (11)$$

- c) componente relacionado à falha dos sistemas internos (D3)

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (12)$$

NOTA 1 Em muitos casos, N_{DJ} pode ser desprezado.

Para os respectivos cálculos como descrito no item 1.1 os termos N_x foram calculados junto ao anexo A, termos P_x anexo B e L_x anexo C, anexos referidos NBR 5419-2.

TERMOS N_x , REFERENTES AO ANEXO A.

1.1.5 Número de eventos perigosos para a estrutura (ND)

Termo ND referente ao cálculo de RA, RB e RC.

N_D pode ser avaliado como o produto:

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

onde

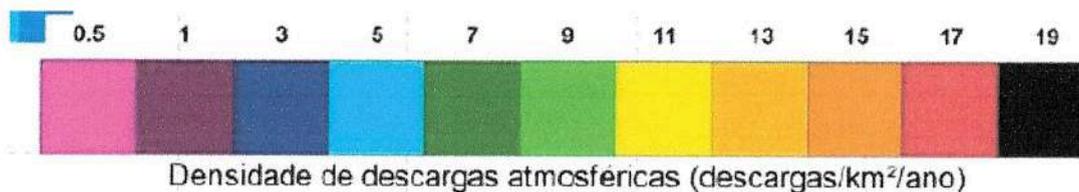
N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_D é a área de exposição equivalente da estrutura, expressa em metro quadrado (m^2) (ver Figura A.5);

C_D é o fator de localização da estrutura (ver Tabela A.1).

$$ND = 6 * 1443,070835 * 0,25 * 10^{-6} = 0,002164606$$

$N_G \rightarrow$ Mapas Impressos: Brasil e as cinco regiões brasileiras (Anexo F NBR 5419-2)



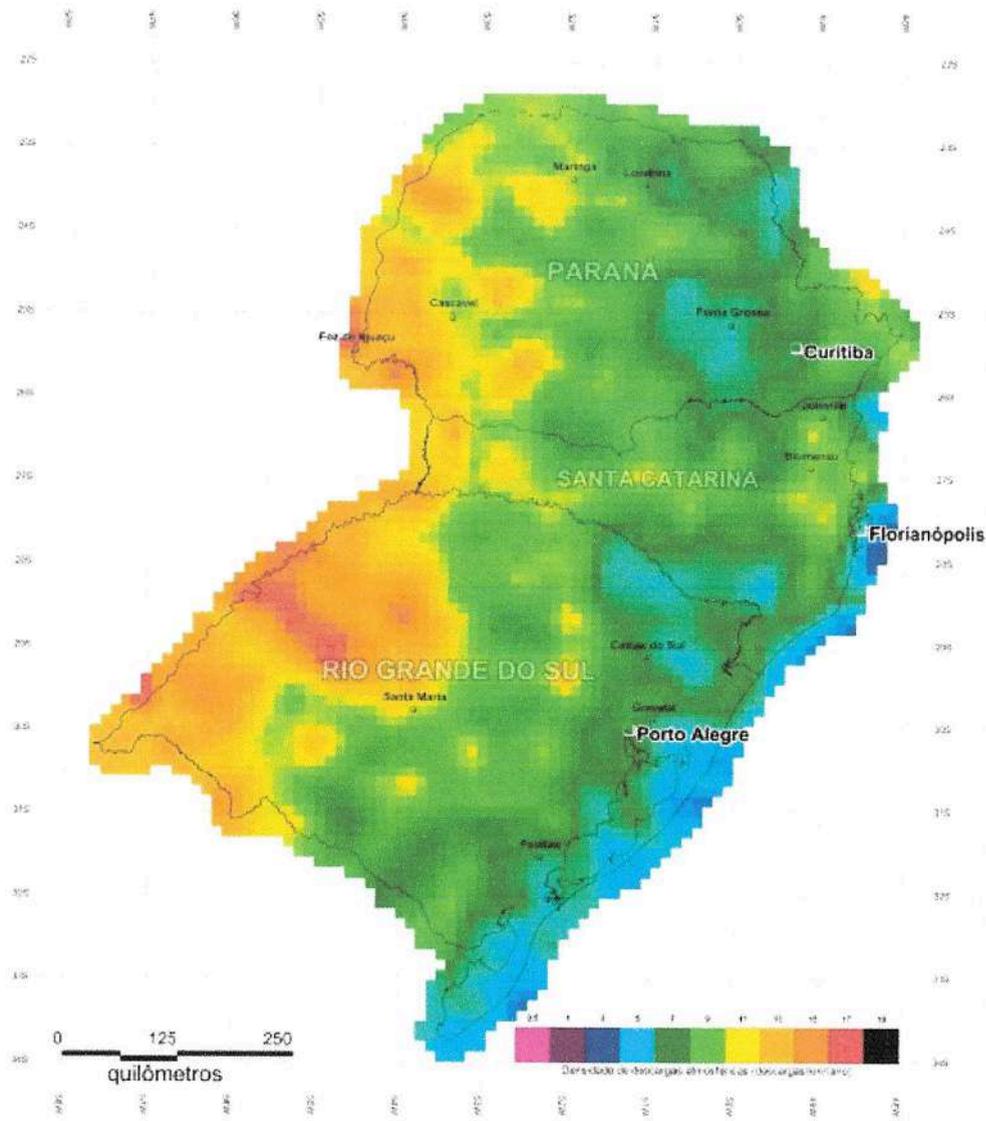


Figura F.6 – Densidade de descargas atmosféricas N_G – Mapa da região sul (descargas atmosféricas/km²/ano)

N_G ADOTADO $\rightarrow 6$ (DESCARGAS/KM²/ANO)

$A_D \rightarrow$ ITEM A.2.1.1 ESTRUTURA RETANGULAR, ANEXO A, ABNT NBR 5419-2

A.2.1.1 Estrutura retangular

Para uma estrutura retangular isolada com comprimento L , largura W , e altura H em um solo plano, a área de exposição equivalente é dada por:

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

| | |
|-----|-------|
| L = | 15,58 |
| W = | 8,66 |
| H = | 4,7 |
| | |

AD = 1443,070835

CD Adotado → Em acordo com a Tabela A.1 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 |

CD → 0,25.

1.1.6 Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura (NM)

Termo NM referente ao cálculo de RM.

N_M pode ser avaliado como o produto:

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6}$$

onde

N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_M é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem perto da estrutura, expressa em metro quadrado (m^2).

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$$

$$A_M = 2 \times 500 \times (15,58 + 8,66) + \pi \times 500^2 = 809638,2$$

$$N_M = 6 \times 809638,2 \times 10^{-6} = 4,857829$$

1.1.7 Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha (NL)

Termo NL referente ao cálculo de RU, RV e RW.

TERCASA CONSTRUTORA
MEMORIAL DESCRITIVO - PROJETO SPDA



Uma linha pode consistir em diversas seções. Para cada seção da linha, o valor de N_L pode ser avaliado por:

$$N_L = N_G \times A_L \times C_1 \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.8)$$

onde

N_L é o número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV (1/ano) na seção da linha;

N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_L é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem a linha, expressa em metro quadrado (m^2). (ver Figura A.5);

C_1 é o fator de instalação da linha (ver Tabela A.2);

C_T é o fator tipo de linha (ver Tabela A.3);

C_E é o fator ambiental (ver Tabela A.4);

Com a área de exposição equivalente para a linha:

$$A_L = 40 \times L_L \quad (A.9)$$

onde

L_L é o comprimento da seção da linha, expresso em metros (m).

Onde o comprimento da seção da linha é desconhecido, pode ser assumido $L_L = 1\,000$ m.

$$A_L = 40 \times 1000 = 40000$$

Tabela A.2 – Fator de instalação da linha C_1

| Roteamento | C_1 |
|---|-------|
| 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 |

$$N_L = 6 \times 40000 \times 0,01 \times 0,5 \times 1 \times 10^{-6} = 0,0002$$

1.1.8 Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha (NI)

Termo **NI** referente ao cálculo de **RZ**.

Uma linha pode consistir em diversas seções. Para cada seção da linha, o valor de N_i pode ser avaliado por

$$N_i = N_G \times A_i \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (\text{A.10})$$

onde

- N_i é o número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV (1/ano) na seção da linha;
- N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);
- A_i é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas para a terra perto da linha, expressa em metro quadrado (m^2) (ver Figura A.5);
- C_i é o fator de instalação (ver Tabela A.2);
- C_T é o fator tipo da linha (ver Tabela A.3);
- C_E é o fator ambiental (ver Tabela A.4).

Com a área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto da linha

$$A_i = 4\,000 \times L_L \quad (\text{A.11})$$

onde

- L_L é o comprimento da seção da linha, expresso em metros (m).

$$NI = NL$$

TERMOS PX, REFERENTES AO ANEXO B.

1.1.9 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico (PA)

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (\text{B.1})$$

onde

- P_{TA} depende das medidas de proteção adicionais contra tensões de toque e passo, como as listadas na Tabela B.1. Valores de P_{TA} são obtidos na Tabela B.1.
- P_B depende do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual o SPDA de acordo com o ABNT NBR 5419-3 foi projetado. Valores de P_B são obtidos na Tabela B.2.

$$PA = 0,01 * 1 = 0,01$$

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 |

1.1.10 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos (PB)

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 |

1.1.11 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar falhas a sistemas internos (PC)

A probabilidade P_C de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar falha dos sistemas internos é dada por:

$$P_C = P_{SPD} \times C_{LD} \quad (B.2)$$

P_{SPD} depende do sistema coordenado de DPS conforme a ABNT NBR 5419-4 e do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados. Valores de P_{SPD} são fornecidos na Tabela B.3.

C_{LD} é um fator que depende das condições da blindagem, aterramento e isolamento da linha a qual o sistema interno está conectado. Valores de C_{LD} são fornecidos na Tabela B.4.

$$PC = 1 * 1 = 1$$

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 |

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 multiterrado | 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 |

1.1.12 Probabilidade de uma descarga atmosférica perto de uma estrutura causar falhas em sistemas internos (PM)

Para sistemas internos com equipamentos não conformes com a suportabilidade de tensão dados nas normas específicas de produto, $P_M = 1$ deve ser assumido.

1.1.13 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (PU)

O valor de P_U é dado por:

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.8)$$

onde

P_{TU} depende das medidas de proteção contra tensões de toque, como restrições físicas ou avisos visíveis de alerta. Valores de P_{TU} são dados na Tabela B.6;

P_{EB} depende das ligações equipotenciais para descargas atmosféricas (EB) conforme a ABNT NBR 5419-3 e do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual o DPS foi projetado. Valores de P_{EB} são dados na Tabela B.7;

P_{LD} é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descargas atmosféricas na linha conectada dependendo das características da linha. Valores de P_{LD} são dados na Tabela B.8;

C_{LD} é um fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha. Valores de C_{LD} são dados na Tabela B.4.

$$PU = 0,01 * 0,01 * 1 * 1 = 0,0001$$

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^{-1} |
| Isolação elétrica | 10^{-2} |
| Restrições físicas | 0 |

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 |

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 ou sinal | 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 |

1.1.14 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos (PV)

O valor de P_V é dado por:

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.9})$$

onde

P_{EB} depende da ligação equipotencial para descarga atmosférica (EB) conforme a ABNT NBR 5419-3 e o nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados. Valores de P_{EB} são dados na Tabela B.7;

P_{LD} é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica em uma linha conectada dependendo das características da linha. Valores de P_{LD} são dados na Tabela B.8;

C_{LD} é um fator que depende da blindagem, aterramento e condições de isolamento da linha. Valores de C_{LD} são dados na Tabela B.4.

$$PV = 0,01 * 1 * 1 = 0,01$$

1.1.15 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar falha de sistemas internos (PW)

O valor de P_W é dado por:

$$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (\text{B.10})$$

onde

P_{SPD} depende do sistema coordenado de DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 e o nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados. Valores de P_{SPD} são dados na Tabela B.3;

P_{LD} é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica em uma linha conectada dependendo das características da linha. Valores de P_{LD} são dados na Tabela B.8;

C_{LD} é um fator que depende das condições da blindagem, do aterramento e da isolamento da linha. Valores de C_{LD} são dados na Tabela B.4.

$$Pw = 1 * 1 * 1 = 1$$

1.1.16 Probabilidade de uma descarga atmosférica perto de uma linha que entra na estrutura causar falha dos sistemas internos (PZ)

O valor de P_Z é dado por:

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (B.11)$$

onde

P_{SPD} depende do sistema coordenado de DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 e do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados. Valores de P_{SPD} são dados na Tabela B.3;

P_{LI} é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos. Valores de P_{LI} são dados na Tabela B.9;

C_{LI} é um fator que depende das condições da blindagem, do aterramento e da isolamento da linha. Valores de C_{LI} são dados na Tabela B.4.

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 multiterrado | 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 |

$$PZ = 1 * 1 * 1 = 1$$

TERMOS LX, REFERENTES AO ANEXO C.

Tabela C.1 – Tipo de perda L1: Valores da perda para cada zona

| Tipo de dano | Perda típica | Equação |
|--------------|---|---------|
| D1 | $L_A = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_z / 8760$ | (C.1) |
| D1 | $L_U = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_z / 8760$ | (C.2) |
| D2 | $L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_Z / n_t \times t_z / 8760$ | (C.3) |
| D3 | $L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_Z / n_t \times t_z / 8760$ | (C.4) |

onde

- L_T é número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2);
- L_F é número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2);
- L_O é número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2);
- r_t é um fator de redução da perda de vida humana dependendo do tipo do solo ou piso (ver Tabela C.3);
- r_p é um fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio (ver Tabela C.4);
- r_f é um fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão da estrutura (ver Tabela C.5);
- h_z é um fator de aumento da perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente (ver Tabela C.6);
- n_Z é o número de pessoas na zona;
- n_t é o número total de pessoas na estrutura;
- t_z é o tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em horas por ano.

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 | 10 ⁻¹ | Risco de explosão |
| | 10 ⁻¹ | Hospital, hotel, escola, edifício cívico |
| | 5 × 10 ⁻² | Entretenimento público, igreja, museu |
| | 2 × 10 ⁻² | Industrial, comercial |
| | 10 ⁻² | Outros |
| D3 falhas de sistemas internos | 10 ⁻¹ | Risco de explosão |
| | 10 ⁻² | Unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital |
| | 10 ⁻³ | Outras partes de hospital |

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

| Tipo de superfície ^b | Resistência de contato $k \Omega^a$ | r_t |
|---------------------------------|--|-----------|
| Agricultura, concreto | ≤ 1 | 10^{-2} |
| Marmore, cerâmica | 1 – 10 | 10^{-3} |
| Cascalho, tapete, carpete | 10 – 100 | 10^{-4} |
| Asfalto, linóleo, madeira | ≥ 100 | 10^{-5} |

^a Valores medidos entre um eletrodo de 400 cm² comprimido com uma força uniforme de 500 N e um ponto considerado no infinito.
^b 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.

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 ^a | 0,2 |

^a Somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 min.

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 |

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 |

nz = 1

nt = 2

tz=0,65*8760 = 5694

| | |
|--------------|------------|
| La = | 0,00000325 |
| LU= | 0,00000325 |
| LB=LV= | 0,01625 |
| LC=LM=LW=LZ= | 0,00325 |

Cálculos referentes a item **6. Análise dos componentes de risco ABNT NBR 5419-2**

| | | |
|----------|------|-------------|
| Item 6.2 | RA = | 1,40699E-11 |
| | RB = | 7,03497E-06 |
| | RC = | 7,03497E-08 |
| Item 6.3 | RM = | 0,015787944 |
| Item 6.4 | RU = | 6,5E-14 |
| | RV = | 3,25E-08 |
| | RW = | 6,5E-09 |
| Item 6.5 | Rz = | 6,5E-09 |

Retornando ao item 4.3 temos:

R_1 : Risco de perda de vida humana:

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

¹ 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.

$$R_1 = (1,4 * 10^{-11}) + (7,035 * 10^{-6}) + (6,5 * 10^{-14}) + (3,25 * 10^{-8})$$

$$R_1 = 7,07 * 10^{-6}$$

Como parâmetro de verificação foi avaliado o R_r , o qual representa um risco tolerável, presente no item **5.3 Risco Tolerável**, da NBR 5419-2. Utilizou-se o parâmetro L1 que representa a perda de vida humana e ferimentos permanentes.

5.3 Risco tolerável R_T

É de responsabilidade da autoridade que tenha jurisdição identificar o valor do risco tolerável.

Valores representativos de risco tolerável R_T , onde as descargas atmosféricas envolvem perdas de vida humana ou perda de valores sociais ou culturais, são fornecidos na Tabela 4.

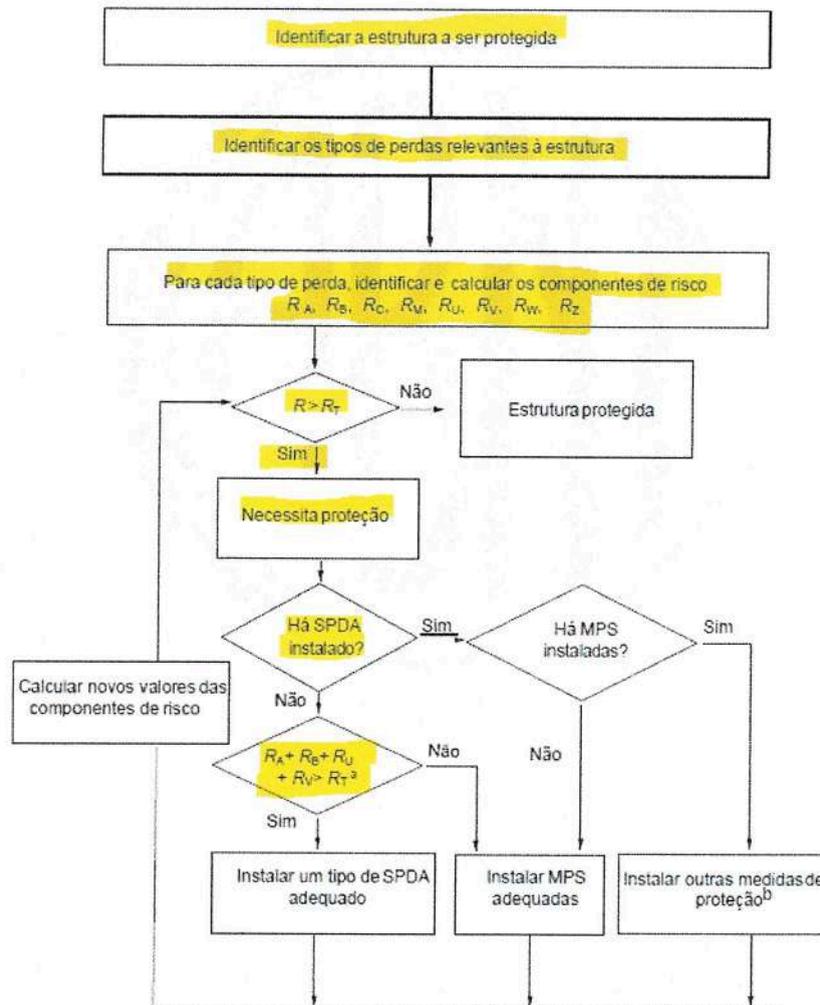
Tabela 4 – Valores típicos de risco tolerável R_T

| | 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} |

Em princípio, para perda de valor econômico (L4), a rotina a ser seguida é a comparação custo/benefício dada no Anexo D. Se os dados para esta análise não estão disponíveis, o valor representativo de risco tolerável $R_T = 10^{-3}$ pode ser utilizado.

Utilizando também dos itens **5.4 Procedimento específico para avaliar a necessidade de proteção**, onde afirma-se que se $R \leq R_T$, a proteção contra a descarga atmosférica não é necessária, e **5.5 Procedimento para avaliar o custo da eficiência da proteção**, onde **em seu corpo de texto afirma que se $RA + RB < R_T$, um SPDA completo não é necessário; neste caso DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 são suficientes.**

Devido ao R calculado ser menor que o valor R_T segue o caminho adotado pelo fluxograma do item **5.5 Procedimento para avaliar o custo da eficiência da proteção**.



^a 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.

1.2 Centro Comunitário (Social)

Com base na ABNT NBR 5419-2, **item 4.3 Composição das componentes de Risco**, foram realizados os cálculos para o subitem a) R1: Risco de perda de vida humana.

R_1 : Risco de perda de vida humana:

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

¹ 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_A Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na estrutura)
- R_B Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na estrutura)
- R_C Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na estrutura)
- R_M Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da estrutura)

- R_U Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_V Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_W Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_X Componente de risco para uma estrutura
 R_Z Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da linha)

Para cálculos de R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W , R_Z , foi utilizado o item **6. Análise dos componentes de risco** da **ABNT NBR 5419-2**, e seus subitens para encontrar as fórmulas referentes a cada termo, são listados a seguir:

1.2.1 Equação básica;

Cada componente de risco R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W e R_Z , como descrito em 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 e 4.2.5, pode ser expressa pela seguinte equação geral:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (5)$$

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).

1.2.2 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas na estrutura (S1);

- a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

- b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

- c) componente relacionado à falha de sistemas internos (D3)

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (8)$$

1.2.3 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas perto da estrutura (S2);

- componente relacionado à falha dos sistemas internos (D3):

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (9)$$

1.2.4 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas em uma linha conectada à estrutura (S3);

a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (10)$$

b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (11)$$

c) componente relacionado à falha dos sistemas internos (D3)

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (12)$$

NOTA 1 Em muitos casos, N_{DJ} pode ser desprezado.

Para os respectivos cálculos como descrito no item 6.1 os termos N_x foram calculados junto ao anexo A, termos P_x anexo B e L_x anexo C, anexos referidos NBR 5419-2.

1.2.5 Termos N_x , referentes ao Anexo A.

Número de eventos perigosos para a estrutura (ND)

Termo ND referente ao cálculo de RA, RB e RC.

N_D pode ser avaliado como o produto:

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

onde

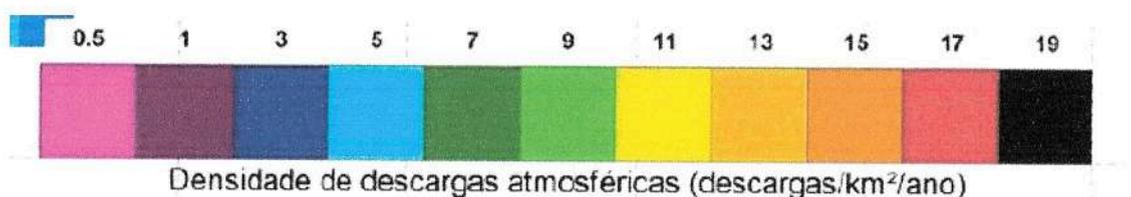
N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_D é a área de exposição equivalente da estrutura, expressa em metro quadrado (m^2) (ver Figura A.5);

C_D é o fator de localização da estrutura (ver Tabela A.1).

$$ND = 6 * 2561,87 * 0,25 * 10^{-6} = 0,003842806$$

$N_G \rightarrow$ Mapas Impressos: Brasil e as cinco regiões brasileiras (Anexo F NBR 5419-2)



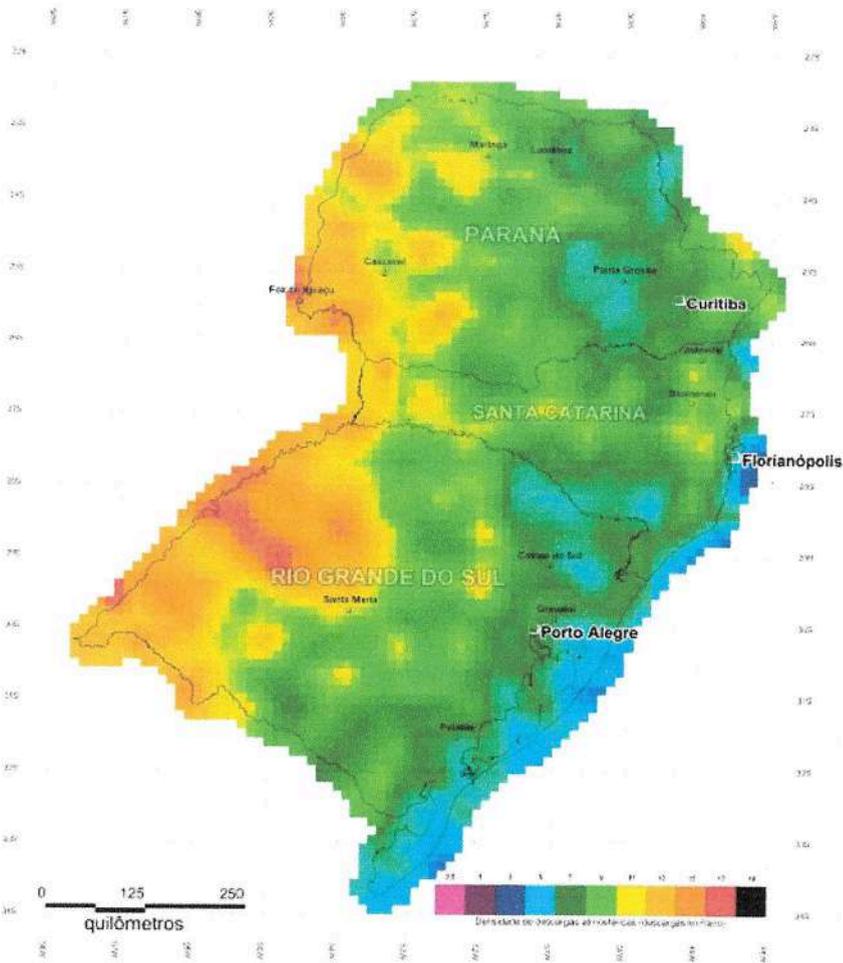


Figura F.6 – Densidade de descargas atmosféricas N_G – Mapa da região sul (descargas atmosféricas/km²/ano)

N_G adotado $\rightarrow 6$ (descargas/km²/ano)

$A_D \rightarrow$ ITEM A.2.1.1 Estrutura retangular, ANEXO A, ABNT NBR 5419-2

A.2.1.1 Estrutura retangular

Para uma estrutura retangular isolada com comprimento L , largura W , e altura H em um solo plano, a área de exposição equivalente é dada por:

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

| | |
|------|---------|
| L = | 23,74 |
| W = | 15,4 |
| H = | 5,59 |
| AD = | 2561,87 |

CD Adotado → Em acordo com a Tabela A.1 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 |

CD → 0,25.

1.2.6 Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura (NM)

Termo NM referente ao cálculo de RM.

N_M pode ser avaliado como o produto:

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6}$$

onde

N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_M é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem perto da estrutura, expressa em metro quadrado (m^2).

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$$

$$A_M = 2 \times 500 \times (23,74 + 15,4) + \pi \times 500^2 = 824538,2$$

$$N_M = 6 \times 824538,2 \times 10^{-6} = 4,95$$

1.2.7 Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha (NL)

Termo NL referente ao cálculo de RU, RV e RW.

TERCASA CONSTRUTORA
MEMORIAL DESCRITIVO - PROJETO SPDA



Uma linha pode consistir em diversas seções. Para cada seção da linha, o valor de N_L pode ser avaliado por:

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.8)$$

onde

N_L é o número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV (1/ano) na seção da linha;

N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_L é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem a linha, expressa em metro quadrado (m^2). (ver Figura A.5);

C_I é o fator de instalação da linha (ver Tabela A.2);

C_T é o fator tipo de linha (ver Tabela A.3);

C_E é o fator ambiental (ver Tabela A.4);

Com a área de exposição equivalente para a linha:

$$A_L = 40 \times L_L \quad (A.9)$$

onde

L_L é o comprimento da seção da linha, expresso em metros (m).

Onde o comprimento da seção da linha é desconhecido, pode ser assumido $L_L = 1\,000$ m.

$$AL = 40 \times 1000 = 40000$$

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 |

$$NL = 6 \times 40000 \times 0,01 \times 0,5 \times 1 \times 10^{-6} = 0,0002$$

1.2.8 Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha (NI)

Termo NI referente ao cálculo de RZ.

Uma linha pode consistir em diversas seções. Para cada seção da linha, o valor de N_i pode ser avaliado por

$$N_i = N_G \times A_i \times C_1 \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.10)$$

onde

- N_i é o número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV (1/ano) na seção da linha;
- N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);
- A_i é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas para a terra perto da linha, expressa em metro quadrado (m^2) (ver Figura A.5);
- C_1 é o fator de instalação (ver Tabela A.2);
- C_T é o fator tipo da linha (ver Tabela A.3);
- C_E é o fator ambiental (ver Tabela A.4).

Com a área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto da linha

$$A_i = 4\,000 \times L_L \quad (A.11)$$

onde

- L_L é o comprimento da seção da linha, expresso em metros (m).

$$NI = NL$$

Termos P_x , referentes ao Anexo B.

1.2.9 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico (P_A)

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (B.1)$$

onde

- P_{TA} depende das medidas de proteção adicionais contra tensões de toque e passo, como as listadas na Tabela B.1. Valores de P_{TA} são obtidos na Tabela B.1.
- P_B depende do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual o SPDA de acordo com o ABNT NBR 5419-3 foi projetado. Valores de P_B são obtidos na Tabela B.2.

$$P_A = 0,01 \times 1 = 0,01$$

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 |

1.2.10 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos (PB)

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 |

1.2.11 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar falhas a sistemas internos (PC)

A probabilidade P_C de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar falha dos sistemas internos é dada por:

$$P_C = P_{SPD} \times C_{LD} \quad (B.2)$$

P_{SPD} depende do sistema coordenado de DPS conforme a ABNT NBR 5419-4 e do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados. Valores de P_{SPD} são fornecidos na Tabela B.3.

C_{LD} é um fator que depende das condições da blindagem, aterramento e isolamento da linha a qual o sistema interno está conectado. Valores de C_{LD} são fornecidos na Tabela B.4.

$$PC = 1 * 1 = 1$$

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 |

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 |

1.2.12 Probabilidade de uma descarga atmosférica perto de uma estrutura causar falhas em sistemas internos (PM)

Para sistemas internos com equipamentos não conformes com a suportabilidade de tensão dados nas normas específicas de produto, $P_M = 1$ deve ser assumido.

1.2.13 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico (PU)

O valor de P_U é dado por:

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.8)$$

onde

P_{TU} depende das medidas de proteção contra tensões de toque, como restrições físicas ou avisos visíveis de alerta. Valores de P_{TU} são dados na Tabela B.6;

P_{EB} depende das ligações equipotenciais para descargas atmosféricas (EB) conforme a ABNT NBR 5419-3 e do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual o DPS foi projetado. Valores de P_{EB} são dados na Tabela B.7;

P_{LD} é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descargas atmosféricas na linha conectada dependendo das características da linha. Valores de P_{LD} são dados na Tabela B.8;

C_{LD} é um fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha. Valores de C_{LD} são dados na Tabela B.4.

$$P_U = 0,01 * 0,01 * 1 * 1 = 0,0001$$

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^{-1} |
| Isolação elétrica | 10^{-2} |
| Restrições físicas | 0 |

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 |

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 ou sinal | 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 |

1.2.14 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos (PV)

O valor de P_V é dado por:

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.9)$$

onde

P_{EB} depende da ligação equipotencial para descarga atmosférica (EB) conforme a ABNT NBR 5419-3 e o nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados. Valores de P_{EB} são dados na Tabela B.7;

P_{LD} é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica em uma linha conectada dependendo das características da linha. Valores de P_{LD} são dados na Tabela B.8;

C_{LD} é um fator que depende da blindagem, aterramento e condições de isolamento da linha. Valores de C_{LD} são dados na Tabela B.4.

$$P_V = 0,01 * 1 * 1 = 0,01$$

1.2.15 Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha causar falha de sistemas internos (P_W)

O valor de P_W é dado por:

$$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} \quad (B.10)$$

onde

P_{SPD} depende do sistema coordenado de DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 e o nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados. Valores de P_{SPD} são dados na Tabela B.3;

P_{LD} é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica em uma linha conectada dependendo das características da linha. Valores de P_{LD} são dados na Tabela B.8;

C_{LD} é um fator que depende das condições da blindagem, do aterramento e da isolamento da linha. Valores de C_{LD} são dados na Tabela B.4.

$$P_W = 1 * 1 * 1 = 1$$

1.2.16 Probabilidade de uma descarga atmosférica perto de uma linha que entra na estrutura causar falha dos sistemas internos (P_Z)

O valor de P_Z é dado por:

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} \quad (B.11)$$

onde

P_{SPD} depende do sistema coordenado de DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 e do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual os DPS foram projetados. Valores de P_{SPD} são dados na Tabela B.3;

P_{LI} é a probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos. Valores de P_{LI} são dados na Tabela B.9;

C_{LI} é um fator que depende das condições da blindagem, do aterramento e da isolamento da linha. Valores de C_{LI} são dados na Tabela B.4.

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 |

$$PZ = 1 * 1 * 1 = 1$$

Termos Lx, referentes ao Anexo C.

Tabela C.1 – Tipo de perda L1: Valores da perda para cada zona

| Tipo de dano | Perda típica | Equação |
|--------------|---|---------|
| D1 | $L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$ | (C.1) |
| D1 | $L_U = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$ | (C.2) |
| D2 | $L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$ | (C.3) |
| D3 | $L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_z / n_t \times t_z / 8760$ | (C.4) |

onde

- L_T é número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2);
- L_F é número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2);
- L_O é número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2);
- r_t é um fator de redução da perda de vida humana dependendo do tipo do solo ou piso (ver Tabela C.3);
- r_p é um fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio (ver Tabela C.4);
- r_f é um fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão da estrutura (ver Tabela C.5);
- h_z é um fator de aumento da perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente (ver Tabela C.6);
- n_z é o número de pessoas na zona;
- n_t é o número total de pessoas na estrutura;
- t_z é o tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em horas por ano.

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 |
| | | 5×10^{-2} Entretenimento público, igreja, museu |
| | | 2×10^{-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 |

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

| Tipo de superfície ^b | Resistência de contato $k \Omega$ ^a | r_t |
|---------------------------------|--|-----------|
| Agricultura, concreto | ≤ 1 | 10^{-2} |
| Marmore, cerâmica | 1 – 10 | 10^{-3} |
| Cascalho, tapete, carpete | 10 – 100 | 10^{-4} |
| Asfalto, linóleo, madeira | ≥ 100 | 10^{-5} |

^a Valores medidos entre um eletrodo de 400 cm² comprimido com uma força uniforme de 500 N e um ponto considerado no infinito.

^b 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.

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 ^a | 0,2 |

^a Somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 min.

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 |

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 |

$n_z = 40$

$n_t = 80$

$t_z = 0,20 * 8760 = 1752$

| | |
|---------------------------|----------|
| $L_a =$ | 0,000001 |
| $L_U =$ | 0,000001 |
| $L_B = L_V =$ | 0,0002 |
| $L_C = L_M = L_W = L_Z =$ | 0,0001 |

Cálculos referentes a item **6. Análise dos componentes de risco ABNT NBR 5419-2**

| | | |
|--|------|-------------|
| | RA = | 3,84281E-11 |
| | RB = | 7,68561E-07 |
| | RC = | 3,84281E-07 |
| | RM = | 0,000494723 |
| | RU = | 2E-14 |
| | RV = | 4E-10 |
| | RW = | 0,00000002 |
| | RZ = | 0,00000002 |

Retornando ao item 4.3 temos:

R_1 : Risco de perda de vida humana:

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

¹ 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.

$$R_1 = (3,84 * 10^{-11}) + (7,68 * 10^{-7}) + (2 * 10^{-14}) + (4 * 10^{-8})$$

$$R_1 = 7,69 * 10^{-7}$$

Como parâmetro de verificação foi avaliado o R_T , o qual representa um risco tolerável, presente no item **5.3 Risco Tolerável**, da NBR 5419-2. Utilizou-se o parâmetro L_1 que representa a perda de vida humana e ferimentos permanentes.

5.3 Risco tolerável R_T

É de responsabilidade da autoridade que tenha jurisdição identificar o valor do risco tolerável.

Valores representativos de risco tolerável R_T , onde as descargas atmosféricas envolvem perdas de vida humana ou perda de valores sociais ou culturais, são fornecidos na Tabela 4.

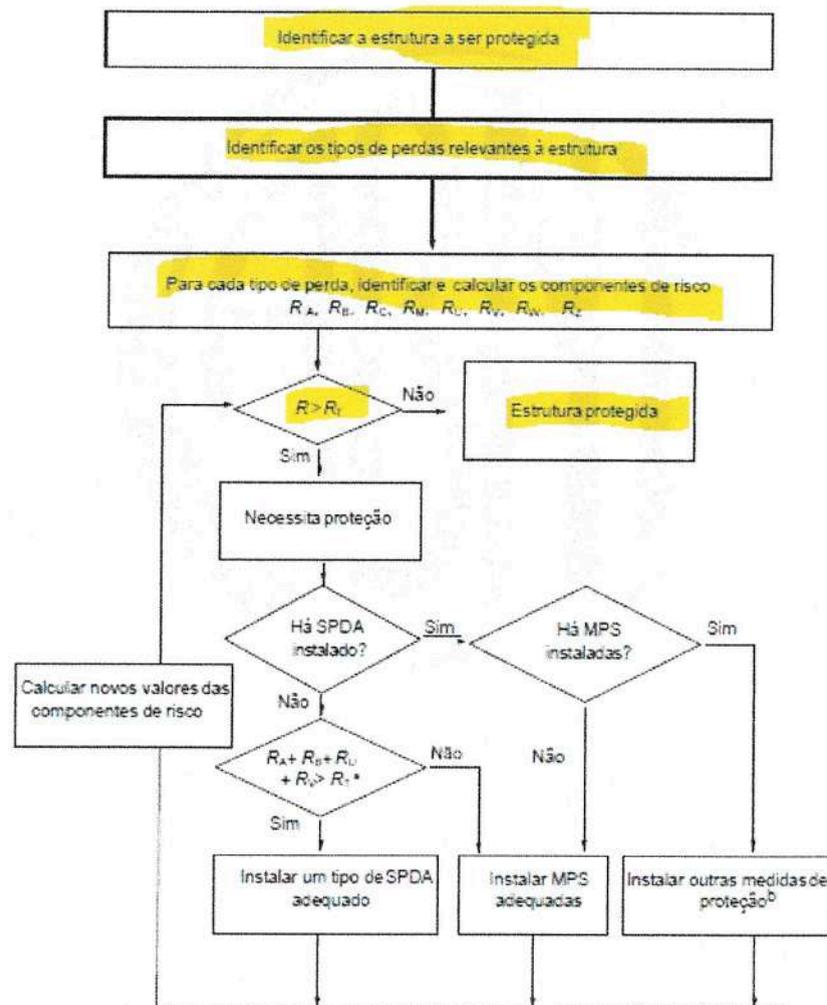
Tabela 4 – Valores típicos de risco tolerável R_T

| 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} |

Em princípio, para perda de valor econômico (L4), a rotina a ser seguida é a comparação custo/benefício dada no Anexo D. Se os dados para esta análise não estão disponíveis, o valor representativo de risco tolerável $R_T = 10^{-3}$ pode ser utilizado.

Utilizando também dos itens **5.4 Procedimento específico para avaliar a necessidade de proteção**, onde afirma-se que se $R \leq R_T$, a proteção contra a descarga atmosférica não é necessária, e **5.5 Procedimento para avaliar o custo da eficiência da proteção**, onde em seu corpo de texto afirma que 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.

Devido ao R calculado ser menor que o valor R_T segue o caminho adotado pelo fluxograma do item **5.5 Procedimento para avaliar o custo da eficiência da proteção**.



^a 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.

^b Ver Tabela 3.

1.3 Reservatório D'água

Com base na ABNT NBR 5419-2, **item 4.3 Composição das componentes de Risco**, foram realizados os cálculos para o subitem a) R1: Risco de perda de vida humana.

R_1 : Risco de perda de vida humana:

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

¹ 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_A Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na estrutura)

R_B Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na estrutura)

R_C Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na estrutura)

R_M Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da estrutura)

- R_U Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_V Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_W Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na linha conectada)
 R_X Componente de risco para uma estrutura
 R_Z Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da linha)

Para cálculos de R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W , R_Z , foi utilizado o item **6. Análise dos componentes de risco** da **ABNT NBR 5419-2**, e seus subitens para encontrar as fórmulas referentes a cada termo, são listados a seguir:

6.1 Equação básica:

Cada componente de risco R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W e R_Z , como descrito em 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 e 4.2.5, pode ser expressa pela seguinte equação geral:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (5)$$

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).

6.2 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas na estrutura (S1):

- a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (6)$$

- b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (7)$$

- c) componente relacionado à falha de sistemas internos (D3)

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (8)$$

6.3 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas perto da estrutura (S2):

- componente relacionado à falha dos sistemas internos (D3):

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (9)$$

6.4 Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas em uma linha conectada à estrutura (S3):

a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (10)$$

b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (11)$$

c) componente relacionado à falha dos sistemas internos (D3)

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (12)$$

NOTA 1 Em muitos casos, N_{DJ} pode ser desprezado.

Para os respectivos cálculos como descrito no item 6.1 os termos N_x foram calculados junto ao anexo A, termos P_x anexo B e L_x anexo C, anexos referidos NBR 5419-2.

TERMOS N_X , REFERENTES AO ANEXO A.

Número de eventos perigosos para a estrutura (ND)

Termo ND referente ao cálculo de RA, RB e RC.

N_D pode ser avaliado como o produto:

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \quad (A.4)$$

onde

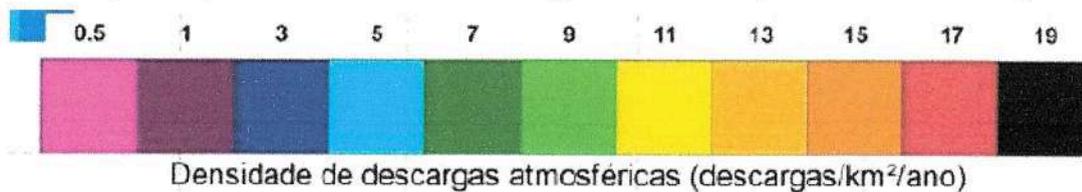
N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_D é a área de exposição equivalente da estrutura, expressa em metro quadrado (m^2) (ver Figura A.5);

C_D é o fator de localização da estrutura (ver Tabela A.1).

$$ND = 6 * 8641,12777 * 1,0 * 10^{-6} = 0,0518$$

$N_G \rightarrow$ Mapas Impressos: Brasil e as cinco regiões brasileiras (Anexo F NBR 5419-2)



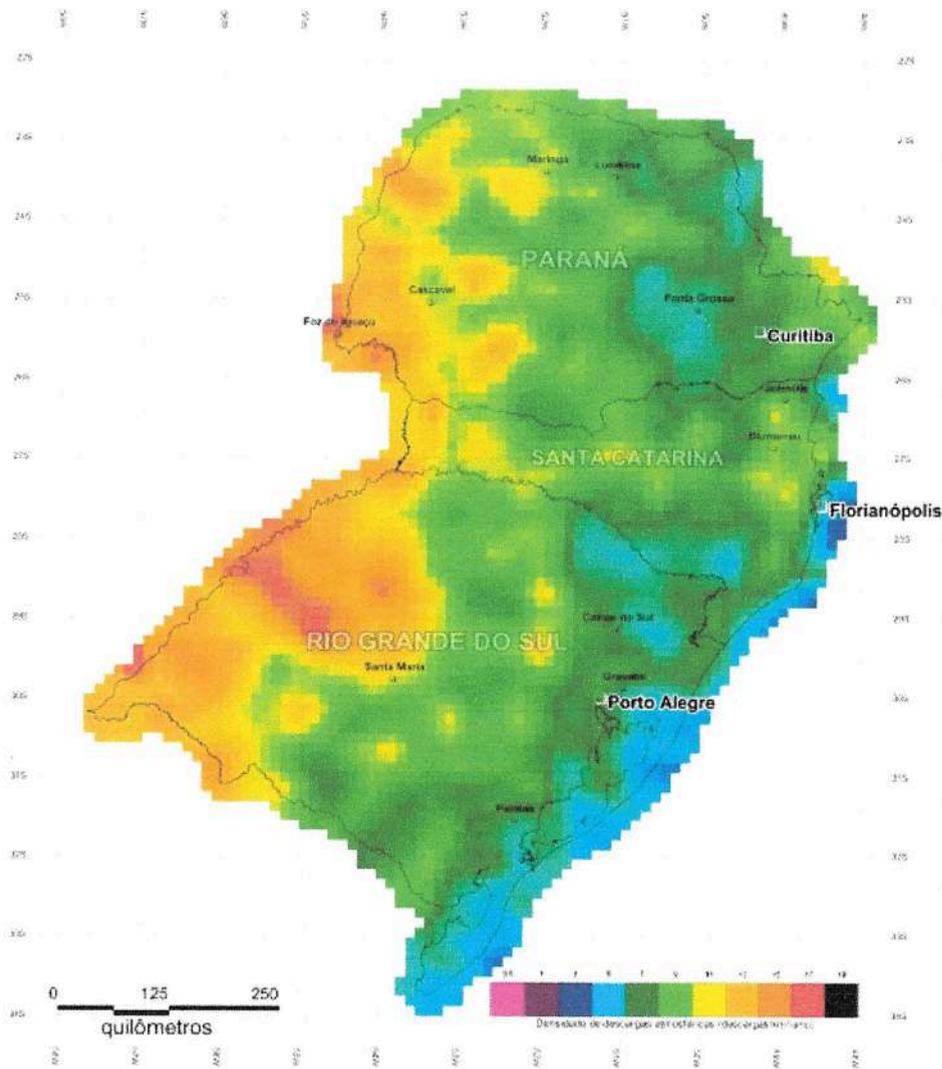


Figura F.6 – Densidade de descargas atmosféricas N_G – Mapa da região sul (descargas atmosféricas/km²/ano)

N_G ADOTADO → 6 (DESCARGAS/KM²/ANO)

A_D → ITEM A.2.1.1 ESTRUTURA RETANGULAR, ANEXO A, ABNT NBR 5419-2

A.2.1.1 Estrutura retangular

Para uma estrutura retangular isolada com comprimento L , largura W , e altura H em um solo plano, a área de exposição equivalente é dada por:

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

| | |
|---------|---------|
| L = | 4,56 |
| W = | 4,56 |
| H = | 16,52 |
| A_D = | 8641,13 |

CD Adotado → Em acordo com a Tabela A.1 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 |

$C_D \rightarrow 1,00$.

Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura (NM)

Termo NM referente ao cálculo de RM.

N_M pode ser avaliado como o produto:

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6}$$

onde

N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_M é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem perto da estrutura, expressa em metro quadrado (m^2).

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$$

$$A_M = 2 \times 500 \times (4,56 + 4,56) + \pi \times 500^2 = 794518,2$$

$$N_M = 6 \times 794518,2 \times 10^{-6} = 4,767$$

Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha (NL)

Termo NL referente ao cálculo de RU, RV e RW.

Uma linha pode consistir em diversas seções. Para cada seção da linha, o valor de N_L pode ser avaliado por:

$$N_L = N_G \times A_L \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.8)$$

onde

N_L é o número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV (1/ano) na seção da linha;

N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);

A_L é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem a linha, expressa em metro quadrado (m^2). (ver Figura A.5);

C_i é o fator de instalação da linha (ver Tabela A.2);

C_T é o fator tipo de linha (ver Tabela A.3);

C_E é o fator ambiental (ver Tabela A.4);

Com a área de exposição equivalente para a linha:

$$A_L = 40 \times L_L \quad (A.9)$$

onde

L_L é o comprimento da seção da linha, expresso em metros (m).

Onde o comprimento da seção da linha é desconhecido, pode ser assumido $L_L = 1\ 000$ m.

$$A_L = 40 \times 1000 = 40000$$

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 |

2.

$$N_L = 6 \times 40000 \times 0,01 \times 0,5 \times 1 \times 10^{-6} = 0,0002$$

Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha (NI)

Termo NI referente ao cálculo de RZ.

Uma linha pode consistir em diversas seções. Para cada seção da linha, o valor de N_i pode ser avaliado por

$$N_i = N_G \times A_i \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-6} \quad (A.10)$$

onde

- N_i é o número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV (1/ano) na seção da linha;
- N_G é a densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2 \times \text{ano}$);
- A_i é a área de exposição equivalente de descargas atmosféricas para a terra perto da linha, expressa em metro quadrado (m^2) (ver Figura A.5);
- C_i é o fator de instalação (ver Tabela A.2);
- C_T é o fator tipo da linha (ver Tabela A.3);
- C_E é o fator ambiental (ver Tabela A.4).

Com a área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto da linha

$$A_i = 4\,000 \times L_L \quad (A.11)$$

onde

- L_L é o comprimento da seção da linha, expresso em metros (m).

$$NI = NL$$

TERMOS PX, REFERENTES AO ANEXO B.

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico (P_A)

$$P_A = P_{TA} \times P_B \quad (B.1)$$

onde

- P_{TA} depende das medidas de proteção adicionais contra tensões de toque e passo, como as listadas na Tabela B.1. Valores de P_{TA} são obtidos na Tabela B.1.
- P_B depende do nível de proteção contra descargas atmosféricas (NP) para o qual o SPDA de acordo com o ABNT NBR 5419-3 foi projetado. Valores de P_B são obtidos na Tabela B.2.

$$P_A = 1 * 0,1 = 0,1$$

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 |