

**MEMORIAL DESCRITIVO – RELATÓRIO DE ANÁLISE E
GERENCIAMENTO DE RISCO
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS (SPDA)**

OBRA: ESCOLA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO INFANTIL E ENSINO
FUNDAMENTAL SEBASTIÃO JOSÉ PIVETTA

ENDEREÇO: RUA SÃO PAULO, S/Nº, VARZEA ALEGRE, SANTA TERESA – ES

CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA TERESA

RESP. TÉCNICO: CLÁUDIO DE OLIVEIRA
ENGENHEIRO ELETRICISTA – CREA 14890/D

Vitória – ES
Junho/2023

PÚBLICA

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	3
2 – OBJETIVO	4
3 – NORMAS	4
4 – ANTECEDENTES E DOCUMENTOS REFERENCIAIS	4
5 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
6 – ANÁLISE DE RISCO: BLOCO 01	6
6.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS	7
6.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA	8
6.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES	10
6.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO	11
6.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R1	11
7 – ANÁLISE DE RISCO: BLOCO 02	11
7.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS	11
7.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA	13
7.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES	15
7.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO	15
7.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R1	15
8 – VESTIÁRIOS	16
8.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS	16
8.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA	17
8.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES	19
8.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO	19
8.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R1	19
9 – QUADRA COBERTA	20
9.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS	20
9.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA	21
9.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES	23
9.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO	23
9.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R1	23
10 – RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	24

1 – INTRODUÇÃO

Descargas atmosféricas para a terra podem ser perigosas para as estruturas e para as linhas de energia e de sinal.

Os perigos para uma estrutura podem resultar em:

- danos à estrutura e ao seu conteúdo;
- falhas aos sistemas eletroeletrônicos associados,
- ferimentos a seres vivos dentro ou perto das estruturas.

Os efeitos consequentes dos danos e falhas podem ser estendidos às vizinhanças da estrutura ou podem envolver o meio ambiente.

Para reduzir as perdas devido às descargas atmosféricas, podem ser necessárias medidas de proteção. As mesmas devem ser determinadas pela análise de risco.

O risco, definido pela norma NBR 5419 como a provável perda média anual em uma estrutura devido às descargas atmosféricas, depende dos seguintes fatores:

- O número anual de descargas atmosféricas que influenciam a estrutura;
- A probabilidade de dano por alguma descarga atmosférica que influênciam;
- A quantidade média das perdas causadas.

As descargas atmosféricas que influenciam a estrutura podem ser divididas em:

- Descargas diretas à estrutura,
- Descargas próximas à estrutura, diretas às linhas conectadas (linhas de energia, linhas de telecomunicações) ou perto das linhas.

Descargas atmosféricas diretas à estrutura ou uma linha conectada podem causar danos físicos e perigo à vida.

Descargas atmosféricas próximas à estrutura ou à linha, assim como as descargas atmosféricas diretas à estrutura ou à linha, podem causar falhas dos sistemas eletroeletrônicos devido às sobretensões resultantes do acoplamento resistivo e indutivo destes sistemas com a corrente da descarga atmosférica.

Entretanto, as falhas causadas pelas sobretensões atmosféricas nas instalações do usuário e nas linhas de suprimento de energia podem também gerar sobretensões do tipo chaveamento nas instalações.

O número das descargas atmosféricas que influenciam a estrutura depende das dimensões e das características das estruturas e das linhas conectadas, das características do ambiente da estrutura e das linhas, assim como da densidade de

descargas atmosféricas para a terra na região onde estão localizadas a estrutura e as linhas.

A probabilidade de danos devido à descarga atmosférica depende da estrutura, das linhas conectadas, e das características da corrente da descarga atmosférica, assim como do tipo e da eficiência das medidas de proteção efetuadas.

O efeito das medidas de proteção resulta na probabilidade de redução de danos.

A decisão de prover uma proteção contra descargas atmosféricas pode ser tomada independentemente do resultado da análise de risco.

2 – OBJETIVO

O presente memorial descritivo tem por finalidade determinar a exigência, ou não, da implementação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), na EMEIEF Sebastião José Pivetta, localizada na Rua São Paulo, s/nº, Várzea Alegre, Distrito de Alto Santa Maria, Santa Teresa – ES.

Para determinar a necessidade de instalação de um SPDA, é aplicado o método apresentado na norma ABNT NBR 5419-2:2015, que permite analisar o risco de exposição direta, ou indireta, da estrutura a descargas atmosféricas.

3 – NORMAS

As normas utilizadas como referência para elaboração deste relatório foram:

- ABNT NBR 5419-1:2015 *“Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios gerais”*;
- ABNT NBR 5419-2:2015 *“Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – Parte 2: Gerenciamento de risco”*;
- ABNT NBR 5419-3:2015 *“Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida”*.
- ABNT NBR 5419-4:2015 *“Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas – Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura”*.

4 – ANTECEDENTES E DOCUMENTOS REFERENCIAIS

Não há nenhum tipo de instalação de SPDA na estrutura analisada ou documentação referencial que comprove a sua existência. Entretanto, há a presença

de um para-raios tipo Franklin (a aproximadamente 15 metros do solo) na edificação ao lado da escola (Correio Várzea Alegre).

A escola apresenta medidas de segurança contra incêndios, com extintores, sinalização de emergência e instrução de evacuação aos funcionários. Também apresenta um dispositivo de proteção contra surtos elétricos (DPS) classe II presente em seu quadro geral de baixa tensão (QGBT).

5 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

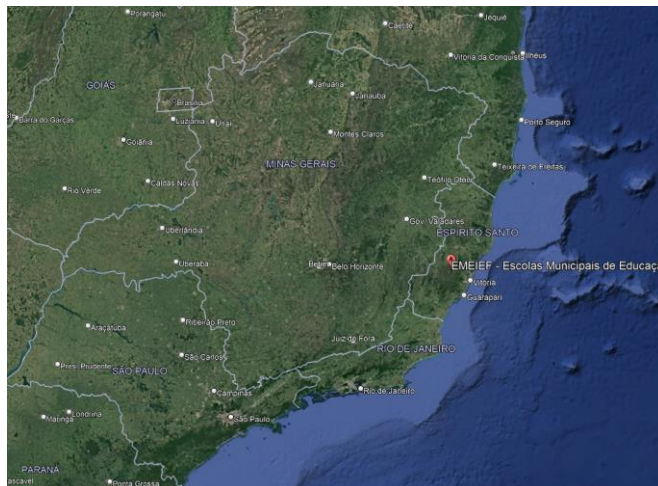
No caso da EMEIEF Sebastião José Pivetta, perda de vida humana (L1) e perda de valores econômicos (L4) são fatores relevantes.

Isto é requisito para a avaliação da necessidade de proteção. Implicando em determinar somente o risco R_1 para perda de vida humana (L1) com os componentes de risco R_A , R_B , R_U e R_V (de acordo com a Tabela 2, da ABNT NBR 5419-2:2015) e para comparar com o risco $R_T = 10^{-5}$ (de acordo com a Tabela 4, da ABNT NBR 5419-2:2015). As medidas de proteção adequadas para mitigar estes riscos devem ser selecionadas.

O risco R_4 para perda econômica (L4) não será considerado.

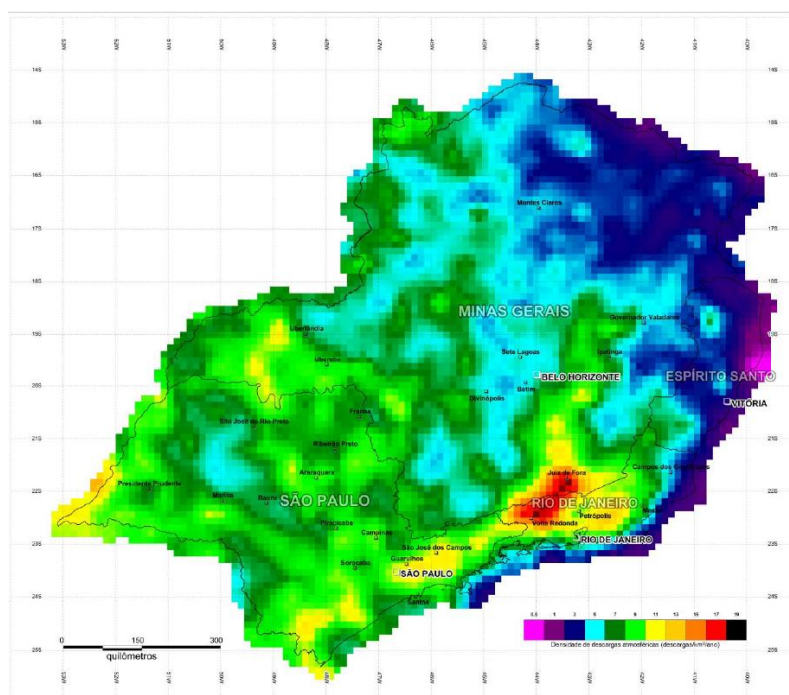
A escola está localizada em um território irregular com estruturas de mesma altura, ou menores, em sua redondeza. A densidade de descargas atmosféricas para a terra na região em que a estrutura analisada está inserida é $N_G = 4$ descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano (este valor foi obtido de acordo com o mapa da Figura 2).

Figura 1 – Localização geográfica da estrutura analisada (19°53'44"S/40°45'46"O).



Fonte: Google Earth (2023).

Figura 2 – Densidade de descargas atmosféricas N_G – Mapa da região Sudeste
(descargas atmosféricas/km²/ano)



Fonte: ABNT NBR 5419-2 (2015).

A análise de gerenciamento de risco será realizada separadamente para quatro estruturas presentes nas dependências da escola, sendo elas:

- Bloco 01;
- Bloco 02;
- Vestiários;
- Quadra Coberta;

OBS: Os comprimentos das linhas que adentram as edificações (energia e sinal) são definidos até o primeiro nó, partindo-se da estrutura. Apesar de, efetivamente, as linhas de energia e sinal que adentram a edificação serem enterradas e com comprimentos inferiores a 1000 metros, considerou-se este valor para fins de análise do risco. Cabe ressaltar que tal medida foi adotada como margem de segurança na realização dos cálculos.

6 – ANÁLISE DE RISCO: BLOCO 01

Dados para o Bloco 01 e redondeza são dados na Tabela 1.

6.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS

Tabela 1 – Bloco 01: características ambientais e globais.

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)	Figura F.2	N_G	4,0	Anexo F
Dimensões da estrutura (m)		L, W, H	29, 51, 5	
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos mais altos	C_D	0,25	Tabela A.1
SPDA	Nenhuma	P_B	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial	DPS classe II	P_{EB}	0,02	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	K_{S1}	1	Equação (B.5)

Dados para as linhas que adentram e seus sistemas internos conectados são dados para linha de energia na Tabela 2 e para linhas de sinais na Tabela 3.

Tabela 2 – Bloco 01: linha de energia.

Parâmetro de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)		L_L	1000	
Fator de instalação	Enterrado	C_I	0,5	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha BT	C_T	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4
Blindagem da linha (Ω/km)	Não blindada	R_S	–	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	C_{LD}	1	Tabela B.4
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Nenhuma	L_J, W_J, H_J	–	
Fator de localização da estrutura adjacente	Nenhuma	C_{DJ}	–	Tabela A.1
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)		U_W	2,5	
	Parâmetros resultantes	K_{S4}	0,4	Equação (B.7)
		P_{LD}	1	Tabela B.8
		P_{LI}	0,3	Tabela B.9

Tabela 3 – Bloco 01: linha de sinal.

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)		L_L	1000	
Fator de instalação	Enterrado	C_I	0,5	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha de sinal	C_T	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4
Blindagem da linha (Ω/km)	Não blindada	R_S	–	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	C_{LD}	1	Tabela B.4
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Nenhuma	L_J, W_J, H_J	–	
Fator de localização da estrutura adjacente	Nenhuma	C_{DJ}	–	Tabela A.1
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)		U_W	1,5	
	Parâmetros resultantes	K_{S4}	0,67	Equação (B.7)
		P_{LD}	1	Tabela B.8
		P_{LI}	0,5	Tabela B.9

6.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA

As seguintes zonas principais podem ser definidas:

- Z_1 (zona externa à estrutura)
- Z_2 (zona interna à estrutura)

Para zona Z_1 , é assumido que nenhuma pessoa estará fora do bloco. Entretanto, o risco de choque em pessoas $R_A = 0$. Porque R_A é a componente de risco somente fora do bloco, a zona Z_1 pode ser desconsiderada completamente.

Dentro do bloco, somente uma zona Z_2 é definida levando em consideração que:

- considerou-se o tipo de piso mais crítico;
- há, nesta zona, ambos os sistemas internos (energia e sinal);
- não há nenhuma blindagem espacial;
- a estrutura é considerada um único compartimento à prova de fogo,
- perdas são assumidas como correspondente aos valores médios típicos

da Tabela C.1 (ABNT NBR 5419-2:2015).

Na zona interna do bloco, é considerado um número total estimado de 270 pessoas (240 alunos e 30 funcionários) levando em conta o desenho apresentado em projeto arquitetônico.

Para estimar o tempo de presença médio na estrutura foram tomadas as seguintes considerações:

- assumindo que atividades são realizadas na estrutura entre as 07 horas às 19 horas, tem-se uma média semanal de ≈ 60 horas/semana;
- um ano possui aproximadamente 52 semanas;

Logo, o tempo de presença médio foi estimado como:

$$t_z = 60 \cdot 52 = 3120 \text{ horas/ano}$$

Tabela 5 – Bloco 01: distribuição de pessoas por zona.

Zona	Número de pessoas	Tempo da presença
Z ₁ (zona externa)	0	0
Z ₂ (zona interna)	270	3120
Total	n_t = 270	t_z = 3120

O fator resultante válido para zona Z₂ é reportado na Tabela 6.

Tabela 6 – Bloco 01: fator válido para a zona Z₂ (dentro da escola).

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		Agricultura, concreto	r_t	10^{-2}	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma	P_{TA}	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma	P_{TU}	1	Tabela B.6
Risco de incêndio		Normal	r_f	10^{-2}	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Extintores, rotas de fuga	r_p	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Nenhuma	K_{S2}	1	Equação (B.6)
Energia	Fiação interna	Não blindada (laço dos condutores em um mesmo eletroduto)	K_{S3}	0,2	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum	P_{SPD}	1	Tabela B.3
Telecom	Fiação interna	Não blindada (grandes laços > 10m ²)	K_{S3}	1	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum	P_{SPD}	1	Tabela B.3
L1: perda de vida humana		Perigo especial: nível médio de pânico	h_z	5	Tabela C.6
		D1: devido à tensão de toque e passo	L_T	10^{-2}	Tabela C.2

	D2: devido a danos físicos	L_F	10^{-1}	
Fator para pessoas na zona	$n_z/n_t \times t_z/8\,760 =$	–	0,36	
	Parâmetros resultantes	L_A	$3,56 \times 10^{-5}$	Equação (C.1)
		L_U	$3,56 \times 10^{-5}$	Equação (C.2)
		L_B	$8,90 \times 10^{-4}$	Equação (C.3)
		L_V	$8,90 \times 10^{-4}$	Equação (C.3)

6.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES

Cálculos são dados na Tabela 7 para as áreas de exposição equivalentes e na Tabela 8 para número de eventos perigosos esperados.

Tabela 7 – Bloco 01: áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

	Símbolo	Resultado m ²	Referência Equação	Equação
Estrutura	A_D	$4,59 \times 10^3$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	A_M	–	(A.7)	Não relevante
Linha de energia	$A_{L/P}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{I/P} = 4000 \times L_L$
	$A_{DJ/P}$	–	(A.2)	Não relevante
Linha de sinal	$A_{L/T}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/T} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{I/T} = 4000 \times L_L$
	$A_{DJ/T}$	–	(A.2)	Não relevante

Tabela 8 – Bloco 01: número anual de eventos perigosos esperados.

	Símbolo	Resultado 1/ano	Referência Equação	Equação
Estrutura	N_D	$4,59 \times 10^{-3}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	N_M	–	(A.6)	Não relevante
Linha de energia	$N_{L/P}$	$4,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	4,00	(A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/P}$	0	(A.5)	Não relevante
Linha de sinal	$N_{L/T}$	$4,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$

	$N_{I/T}$	4,00	(A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/T}$	0	(A.5)	Não relevante

6.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO

6.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R1

O risco R1 pode ser expresso por meio da seguinte soma de componentes:

$$R_1 = R_A + R_B + R_{U/P} + R_{V/P} + R_{U/T} + R_{V/T}$$

Componentes envolvidos e avaliação do risco total são dados na Tabela 9.

Tabela 9 – Bloco 01: risco R_1 para estrutura não protegida (valores $\times 10^{-5}$)

Tipo de danos	Símbolo	Z_1	Z_2	Estrutura
D1 Ferimentos devido a choque	R_A	–	$1,63 \times 10^{-2}$	$\approx 0,02$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	–	$5,70 \times 10^{-3}$	$\approx 0,01$
D2 Danos físicos	R_B	–	$4,08 \times 10^{-1}$	$\approx 0,41$
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$	–	$1,42 \times 10^{-1}$	$\approx 0,14$
Total		–	$5,73 \times 10^{-1}$	$R_1 \approx 0,58$
Tolerável		$R_1 > R_T$: proteção contra descargas atmosféricas é requerida		$R_T = 1$

Porque $R_1 \approx 0,58 \times 10^{-5}$ é inferior ao valor tolerável $R_T = 10^{-5}$, a proteção contra descargas atmosféricas para a estrutura **não é requerida**.

7 – ANÁLISE DE RISCO: BLOCO 02

Dados para o Bloco 02 e arredondados são dados na Tabela 1.

7.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS

Tabela 10 – Bloco 02: características ambientais e globais.

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)	Figura F.2	N_G	4,0	Anexo F
Dimensões da estrutura (m)		L, W, H	33, 16, 10	

Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	C_D	0,5	Tabela A.1
SPDA	Nenhuma	P_B	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial	DPS classe II	P_{EB}	0,02	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	K_{S1}	1	Equação (B.5)

Dados para as linhas que adentram e seus sistemas internos conectados são dados para linha de energia na Tabela 11 e para linhas de sinais na Tabela 12.

Tabela 11 – Bloco 02: linha de energia.

Parâmetro de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)		L_L	1000	
Fator de instalação	Enterrado	C_I	0,5	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha BT	C_T	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4
Blindagem da linha (Ω/km)	Não blindada	R_S	–	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolação	Nenhuma	C_{LD}	1	Tabela B.4
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Nenhuma	L_J, W_J, H_J	–	
Fator de localização da estrutura adjacente	Nenhuma	C_{DJ}	–	Tabela A.1
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)		U_W	2,5	
	Parâmetros resultantes	K_{S4}	0,4	Equação (B.7)
		P_{LD}	1	Tabela B.8
		P_{LI}	0,3	Tabela B.9

Tabela 12 – Bloco 02: linha de sinal.

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)		L_L	1000	
Fator de instalação	Enterrado	C_I	0,5	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha de sinal	C_T	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4
Blindagem da linha (Ω/km)	Não blindada	R_S	–	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolação	Nenhuma	C_{LD}	1	Tabela B.4
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Nenhuma	L_J, W_J, H_J	–	

Fator de localização da estrutura adjacente	Nenhuma	C_{DJ}	–	Tabela A.1
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)		U_W	1,5	
	Parâmetros resultantes	K_{S4}	0,67	Equação (B.7)
		P_{LD}	1	Tabela B.8
		P_{LI}	0,5	Tabela B.9

7.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA

As seguintes zonas principais podem ser definidas:

- a) Z_1 (zona externa à estrutura)
- b) Z_2 (zona interna à estrutura)

Para zona Z_1 , é assumido que nenhuma pessoa estará fora do bloco. Entretanto, o risco de choque em pessoas $R_A = 0$. Porque R_A é a componente de risco somente fora do bloco, a zona Z_1 pode ser desconsiderada completamente.

Dentro do bloco, somente uma zona Z_2 é definida levando em consideração que:

- considerou-se o tipo de piso mais crítico;
- há, nesta zona, ambos os sistemas internos (energia e sinal);
- não há nenhuma blindagem espacial;
- a estrutura é considerada um único compartimento à prova de fogo,
- perdas são assumidas como correspondente aos valores médios típicos

da Tabela C.1 (ABNT NBR 5419-2:2015).

Na zona interna do bloco, é considerado um número total estimado de 310 pessoas (280 alunos e 30 funcionários) levando em conta o desenho apresentado em projeto arquitetônico.

Para estimar o tempo de presença médio na estrutura foram tomadas as seguintes considerações:

- assumindo que atividades são realizadas na estrutura entre as 07 horas às 19 horas, tem-se uma média semanal de aproximadamente 60 horas por semana;
- um ano possui aproximadamente 52 semanas;

Logo, o tempo de presença médio foi estimado como:

$$t_z = 60 \cdot 52 = 3120 \text{ horas/ano}$$

Tabela 13 – Bloco 02: distribuição de pessoas por zona.

Zona	Número de pessoas	Tempo da presença
Z ₁ (zona externa)	0	0
Z ₂ (zona interna)	310	3120
Total	$n_t = 310$	$t_z = 3120$

O fator resultante válido para zona Z₂ é reportado na Tabela 6.

 Tabela 14 – Bloco 02: fator válido para a zona Z₂ (dentro da escola).

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		Agricultura, concreto	r_t	10^{-2}	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma	P_{TA}	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma	P_{TU}	1	Tabela B.6
Risco de incêndio		Normal	r_f	10^{-2}	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Extintores, rotas de fuga	r_p	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Nenhuma	K_{S2}	1	Equação (B.6)
Energia	Fiação interna	Não blindada (laço dos condutores em um mesmo eletroduto)	K_{S3}	0,2	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum	P_{SPD}	1	Tabela B.3
Telecom	Fiação interna	Não blindada (grandes laços > 10m ²)	K_{S3}	1	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum	P_{SPD}	1	Tabela B.3
L1: perda de vida humana		Perigo especial: nível médio de pânico	h_z	5	Tabela C.6
		D1: devido à tensão de toque e passo	L_T	10^{-2}	Tabela C.2
		D2: devido a danos físicos	L_F	10^{-1}	
Fator para pessoas na zona		$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 =$	–	0,36	
Parâmetros resultantes			L_A	$3,56 \times 10^{-5}$	Equação (C.1)
			L_U	$3,56 \times 10^{-5}$	Equação (C.2)
			L_B	$8,90 \times 10^{-4}$	Equação (C.3)

		L_v	$8,90 \times 10^{-4}$	Equação (C.3)
--	--	-------	-----------------------	---------------

7.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES

Cálculos são dados na Tabela 15 para as áreas de exposição equivalentes e na Tabela 16 para número de eventos perigosos esperados.

Tabela 15 – Bloco 02: áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

	Símbolo	Resultado m ²	Referência Equação	Equação
Estrutura	A_D	$6,30 \times 10^3$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	A_M	–	(A.7)	Não relevante
Linha de energia	$A_{L/P}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{I/P} = 4000 \times L_L$
	$A_{DJ/P}$	0	(A.2)	Não relevante
Linha de sinal	$A_{L/T}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/T} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{I/T} = 4000 \times L_L$
	$A_{DJ/T}$	0	(A.2)	Não relevante

Tabela 16 – Bloco 02: número anual de eventos perigosos esperados.

	Símbolo	Resultado 1/ano	Referência Equação	Equação
Estrutura	N_D	$1,29 \times 10^{-2}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	N_M	–	(A.6)	Não relevante
Linha de energia	$N_{L/P}$	$4,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	4,00	(A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/P}$	0	(A.5)	Não relevante
Linha de sinal	$N_{L/T}$	$4,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{I/T}$	4,00	(A.10)	$N_{I/T} = N_G \times A_{I/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/T}$	0	(A.5)	Não relevante

7.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO

7.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R1

O risco R1 pode ser expresso por meio da seguinte soma de componentes:

$$R_1 = R_A + R_B + R_{U/P} + R_{V/P} + R_{U/T} + R_{V/T}$$

Componentes envolvidos e avaliação do risco total são dados na Tabela 17.

Tabela 17 – Bloco 02: risco R_1 para estrutura não protegida (valores $\times 10^{-5}$)

Tipo de danos	Símbolo	Z_1	Z_2	Estrutura
D1 Ferimentos devido a choque	R_A	–	$2,24 \times 10^{-2}$	$\approx 0,02$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	–	$5,70 \times 10^{-3}$	$\approx 0,01$
D2 Danos físicos	R_B	–	$5,61 \times 10^{-1}$	$\approx 0,56$
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$	–	$1,42 \times 10^{-1}$	$\approx 0,14$
Total		–	$7,31 \times 10^{-1}$	$R_1 \approx 0,73$
Tolerável		$R_1 > R_T$: proteção contra descargas atmosféricas é requerida		$R_T = 1$

Porque $R_1 \approx 0,73 \times 10^{-5}$ é inferior ao valor tolerável $R_T = 10^{-5}$, a proteção contra descargas atmosféricas para a estrutura **não é requerida**.

8 – VESTIÁRIOS

Dados para os vestiários e redondeza são dados na Tabela 18.

8.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS

Tabela 18 – Vestiários: características ambientais e globais.

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)	Figura F.2	N_G	4,0	Anexo F
Dimensões da estrutura (m)		L, W, H	8, 8, 3	
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos mais altos	C_D	0,25	Tabela A.1
SPDA	Nenhuma	P_B	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial	DPS classe II	P_{EB}	0,02	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	K_{S1}	1	Equação (B.5)

Dados para as linhas que adentram e seus sistemas internos conectados são dados para linha de energia na Tabela 19.

Tabela 19 – Vestiários: linha de energia.

Parâmetro de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)		L_L	1000	
Fator de instalação	Enterrado	C_I	0,5	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha BT	C_T	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4
Blindagem da linha (Ω/km)	Não blindada	R_S	–	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	C_{LD}	1	Tabela B.4
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Nenhuma	L_J, W_J, H_J	–	
Fator de localização da estrutura adjacente	Nenhuma	C_{DJ}	–	Tabela A.1
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)		U_W	2,5	
	Parâmetros resultantes	K_{S4}	0,4	Equação (B.7)
		P_{LD}	1	Tabela B.8
		P_{LI}	0,3	Tabela B.9

8.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA

As seguintes zonas principais podem ser definidas:

- Z_1 (zona externa à estrutura)
- Z_2 (zona interna à estrutura)

Para zona Z_1 , é assumido que nenhuma pessoa estará fora dos vestiários. Entretanto, o risco de choque em pessoas $R_A = 0$. Porque R_A é a componente de risco somente fora dos vestiários, a zona Z_1 pode ser desconsiderada completamente.

Dentro dos vestiários, somente uma zona Z_2 é definida levando em consideração que:

- considerou-se o tipo de piso mais crítico;
- há, nesta zona, um sistema interno de energia;
- não há nenhuma blindagem espacial;
- a estrutura é considerada um único compartimento à prova de fogo,
- perdas são assumidas como correspondente aos valores médios típicos

da Tabela C.1 (ABNT NBR 5419-2:2015).

Na zona interna dos vestiários, é considerado um número total estimado de 18 pessoas (9 no vestiário masculino e 9 no vestiário feminino) levando em conta o desenho apresentado em projeto arquitetônico.

Para estimar o tempo de presença médio na estrutura foram tomadas as seguintes considerações:

- tempo médio máximo para se utilizar o vestiário (banho e/ou necessidades fisiológicas) estimado em aproximadamente 40 minutos (20 minutos antes e 20 minutos depois da prática esportiva);
- eventos esportivos e/ou aulas de educação física na semana estimado em aproximadamente 12 aulas/eventos por semana (turmas do ensino infantil + turmas do ensino fundamenta);
- um ano possui aproximadamente 52 semanas;

Logo, o tempo de presença médio foi estimado como:

$$t_z = 0,67 \cdot 12 \cdot 52 \approx 416 \text{ h/ano}$$

Tabela 20 – Vestiários: Distribuição de pessoas por zona.

Zona	Número de pessoas	Tempo da presença
Z ₁ (zona externa)	0	0
Z ₂ (zona interna)	18	416
Total	n_t = 18	t_z = 416

O fator resultante válido para zona Z₂ é reportado na Tabela 21.

Tabela 21 – Vestiários: fator válido para a zona Z₂ (dentro dos vestiários).

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		Agricultura, concreto	r_t	10^{-2}	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma	P_{TA}	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma	P_{TU}	1	Tabela B.6
Risco de incêndio		Normal	r_f	10^{-2}	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Extintores, rotas de fuga	r_p	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Nenhuma	K_{S2}	1	Equação (B.6)
Energia	Fiação interna	Não blindada (laço dos condutores em um mesmo eletroduto)	K_{S3}	0,2	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum	P_{SPD}	1	Tabela B.3
L1: perda de vida humana		Perigo especial: baixo nível de pânico	h_z	2	Tabela C.6

	D1: devido à tensão de toque e passo	L_T	10^{-2}	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	L_F	10^{-2}	
Fator para pessoas na zona	$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 =$	—	0,05	
	Parâmetros resultantes	L_A	$4,75 \times 10^{-6}$	Equação (C.1)
		L_B	$4,75 \times 10^{-6}$	Equação (C.2)
		L_U	$4,75 \times 10^{-6}$	Equação (C.3)
		L_V	$4,75 \times 10^{-6}$	Equação (C.3)

8.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES

Cálculos são dados na Tabela 22 para as áreas de exposição equivalentes e na Tabela 23 para número de eventos perigosos esperados.

Tabela 22 – Vestiários: áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

	Símbolo	Resultado m ²	Referência Equação	Equação
Estrutura	A_D	$6,06 \times 10^2$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	A_M	—	(A.7)	Não relevante
Linha de energia	$A_{L/P}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{I/P} = 4000 \times L_L$
	$A_{DJ/P}$	0	(A.2)	Não relevante

Tabela 23 – Vestiários: número anual de eventos perigosos esperados.

	Símbolo	Resultado 1/ano	Referência Equação	Equação
Estrutura	N_D	$6,06 \times 10^{-4}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	N_M	—	(A.6)	Não relevante
Linha de energia	$N_{L/P}$	$4,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	4,00	(A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/P}$	0	(A.5)	Não relevante

8.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO

8.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R1

O risco R_1 pode ser expresso por meio da seguinte soma de componentes:

$$R_1 = R_A + R_B + R_{U/P} + R_{V/P}$$

Componentes envolvidos e avaliação do risco total são dados no Tabela 24.

Tabela 24 – Risco R_1 para estrutura não protegida (valores $\times 10^{-5}$)

Tipo de danos	Símbolo	Z_1	Z_2	Estrutura
D1 Ferimentos devido a choque	R_A	–	$2,88 \times 10^{-4}$	$\approx 0,0003$
	$R_U = R_{U/P}$	–	$3,80 \times 10^{-4}$	$\approx 0,0004$
D2 Danos físicos	R_B	–	$2,88 \times 10^{-4}$	$\approx 0,0003$
	$R_V = R_{V/P}$	–	$3,80 \times 10^{-4}$	$\approx 0,0004$
Total		–	$1,34 \times 10^{-3}$	$R_1 \approx 0,0014$
Tolerável		$R_1 > R_T$: proteção contra descargas atmosféricas é requerida		$R_T = 1$

Porque $R_1 = 0,0014 \times 10^{-5}$ é inferior ao valor tolerável $R_T = 10^{-5}$, a proteção contra descargas atmosféricas para a estrutura **não é requerida**.

9 – QUADRA COBERTA

Dados para a Quadra e redondeza são dados na Tabela 25.

9.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS

Tabela 25 – Quadra: características ambientais e globais.

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)	Figura F.2	N_G	4,0	Anexo F
Dimensões da estrutura (m)		L, W, H	23, 29, 13	
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos mais altos	C_D	0,25	Tabela A.1
SPDA	Nenhuma	P_B	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial	DPS classe II	P_{EB}	0,02	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	K_{S1}	1	Equação (B.5)

Dados para as linhas que adentram e seus sistemas internos conectados são dados para linha de energia na Tabela 26.

Tabela 26 – Quadra: linha de energia.

Parâmetro de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)		L_L	1000	
Fator de instalação	Enterrado	C_I	0,5	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha BT	C_T	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	C_E	0,5	Tabela A.4
Blindagem da linha (Ω/km)	Não blindada	R_S	–	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolação	Nenhuma	C_{LD}	1	Tabela B.4
		C_{LI}	1	
Estrutura adjacente	Nenhuma	L_J, W_J, H_J	–	
Fator de localização da estrutura adjacente	Nenhuma	C_{DJ}	–	Tabela A.1
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)		U_W	2,5	
	Parâmetros resultantes	K_{S4}	0,4	Equação (B.7)
		P_{LD}	1	Tabela B.8
		P_{LI}	0,3	Tabela B.9

9.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA

As seguintes zonas principais podem ser definidas:

- Z_1 (zona externa à estrutura)
- Z_2 (zona interna à estrutura)

Para zona Z_1 , é assumido que nenhuma pessoa estará fora da quadra. Entretanto, o risco de choque em pessoas $R_A = 0$. Porque R_A é a componente de risco somente fora da quadra, a zona Z_1 pode ser desconsiderada completamente.

Dentro da quadra, somente uma zona Z_2 é definida levando em consideração que:

- considerou-se o tipo de piso mais crítico;
- há, nesta zona, um sistema interno de energia;
- não há nenhuma blindagem espacial;
- a estrutura é considerada um único compartimento à prova de fogo,
- perdas são assumidas como correspondente aos valores médios típicos

da Tabela C.1 (ABNT NBR 5419-2:2015).

Na zona interna da quadra, é considerado um número total estimado de 25 pessoas (20 competidores, 2 técnicos e 3 árbitros) levando em conta o tamanho da quadra e os esportes que ali são praticados (futsal, handebol, basquete e vôlei).

Para estimar o tempo de presença médio na estrutura foram tomadas as seguintes considerações:

- tempo médio máximo de duração de partidas ≈ 40 minutos;
- eventos esportivos e/ou aulas de educação física na semana ≈ 12 aulas/eventos por semana (turmas do ensino infantil + turmas do ensino fundamenta);
- um ano ≈ 52 semanas;

Logo, o tempo de presença médio foi estimado como:

$$t_z = 0,67 \cdot 12 \cdot 52 \approx 416 \text{ h/ano}$$

Tabela 27 – Quadra: distribuição de pessoas por zona.

Zona	Número de pessoas	Tempo da presença
Z ₁ (zona externa)	0	0
Z ₂ (zona interna)	25	416
Total	$n_t = 25$	$t_z = 416$

O fator resultante válido para zona Z₂ é reportado na Tabela 28.

Tabela 28 – Quadra: fator válido para a zona Z₂.

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		Agricultura, concreto	r_t	10^{-2}	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma	P_{TA}	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma	P_{TU}	1	Tabela B.6
Risco de incêndio		Baixo	r_f	10^{-3}	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Extintores	r_p	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Nenhuma	K_{S2}	1	Equação (B.6)
Energia	Fiação interna	Não blindada (laço dos condutores em um mesmo eletroduto)	K_{S3}	0,2	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum	P_{SPD}	1	Tabela B.3
L1: perda de vida humana		Perigo especial: baixo nível de pânico	h_z	2	Tabela C.6

	D1: devido à tensão de toque e passo	L_T	10^{-2}	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	L_F	10^{-2}	
Fator para pessoas na zona	$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 =$	—	0,05	
	Parâmetros resultantes	L_A	$4,75 \times 10^{-6}$	Equação (C.1)
		L_B	$4,75 \times 10^{-6}$	Equação (C.2)
		L_U	$4,75 \times 10^{-7}$	Equação (C.3)
		L_V	$4,75 \times 10^{-7}$	Equação (C.3)

9.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES

Cálculos são dados na Tabela 29 para as áreas de exposição equivalentes e na Tabela 30 para número de eventos perigosos esperados.

Tabela 29 – Quadra: áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

	Símbolo	Resultado m ²	Referência Equação	Equação
Estrutura	A_D	$9,50 \times 10^3$	(A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	A_M	—	(A.7)	Não relevante
Linha de energia	$A_{L/P}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$A_{I/P} = 4000 \times L_L$
	$A_{DJ/P}$	—	(A.2)	Não relevante

Tabela 30 – Quadra: número anual de eventos perigosos esperados.

	Símbolo	Resultado 1/ano	Referência Equação	Equação
Estrutura	N_D	$9,50 \times 10^{-3}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	N_M	—	(A.6)	Não relevante
Linha de energia	$N_{L/P}$	$4,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	4,00	(A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{DJ/P}$	—	(A.5)	Não relevante

9.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO

9.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R1

O risco R_1 pode ser expresso por meio da seguinte soma de componentes:

$$R_1 = R_A + R_B + R_{U/P} + R_{V/P}$$

Componentes envolvidos e avaliação do risco total são dados na Tabela 31.

Tabela 31 – Risco R_1 para estrutura não protegida (valores $\times 10^{-5}$)

Tipo de danos	Símbolo	Z_1	Z_2	Estrutura
D1 Ferimentos devido a choque	R_A	–	$4,51 \times 10^{-3}$	$\approx 0,0045$
	$R_U = R_{U/P}$	–	$3,80 \times 10^{-4}$	$\approx 0,0004$
D2 Danos físicos	R_B	–	$4,51 \times 10^{-4}$	$\approx 0,0005$
	$R_V = R_{V/P}$	–	$3,80 \times 10^{-5}$	≈ 0
Total		–	$5,38 \times 10^{-8}$	$R_1 \approx 0,0054$
Tolerável		$R_1 > R_T$: proteção contra descargas atmosféricas é requerida		$R_T = 1$

Porque $R_1 = 0,0054 \times 10^{-5}$ é inferior ao valor tolerável $R_T = 10^{-5}$, a proteção contra descargas atmosféricas para a estrutura **não é requerida**.

10 – RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado neste memorial, a existência de extintores de incêndio, rotas de fuga e de um DPS nível II no quadro geral de baixa tensão são suficientes para que o risco R_1 (perda de vida humana) apresente valores toleráveis, conforme os parâmetros definidos na ABNT NBR 5419:2015, nas edificações da escola. Portanto, não se faz necessária a adoção de medidas adicionais de proteção contra descargas atmosféricas nessas instalações.



Cláudio de Oliveira | Engenheiro Eletricista
CREA ES – 14890/D



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 15/04/2026 12:55:37 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por ADAUBERTO DO MEIRELES JUNIOR (GESTOR(A) DE PROJETOS - GERCAPRE - SMPE - PMST)
Valor Legal: CÓPIA SIMPLES | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/d/2026-1596TB>