

MEMORIAL DESCRITIVO
RELATÓRIO DE ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO
PROJETO EXECUTIVO DE SPDA E ATERAMENTO

OBRA: EMEIEF PAULINO ROCON

ENDEREÇO: ROD. JOSIL ESPÍNDOLA AGOSTINI, 46, SANTA TERESA – ES

CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA TERESA

RESP. TÉCNICO: CLÁUDIO DE OLIVEIRA

ENGENHEIRO ELETRICISTA – CREA 14890/D

Vitória – ES
Fevereiro/2024

PÚBLICA

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	3
2 – OBJETIVO	4
3 – NORMAS	4
4 – ANTECEDENTES E DOCUMENTOS REFERENCIAIS	5
5 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
6 – ANÁLISE DE RISCO: ESCOLA	8
6.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS	8
6.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA	9
6.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES	12
6.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO	13
6.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R_1	13
7 – ANÁLISE DE RISCO: QUADRA	14
7.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS	14
7.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA	15
7.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES	18
7.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO	19
7.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R_1	19
8 – SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO	19
9 – DADOS TÉCNICOS DO SPDA	20
10 – DESCIDAS	21
11 – ATERRAMENTO	21
12 – OBSERVAÇÕES	21

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 influêncie;
- 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 e como será, caso haja a necessidade, a implementação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) na EMEIEF Paulino Rocon e edificações adjacentes localizados na Rodovia Josil Espíndola Agostini, 46 no município de 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

As estruturas analisadas apresentam medidas de segurança contra incêndios, com extintores, sinalização de emergência e instrução de evacuação à visitantes e funcionários. Haverá também a presença de um dispositivo de proteção contra surtos elétricos (DPS) Classe II presente em seu quadro geral de baixa tensão (QGBT) (consultar o memorial descritivo do Projeto de Instalações Elétricas).

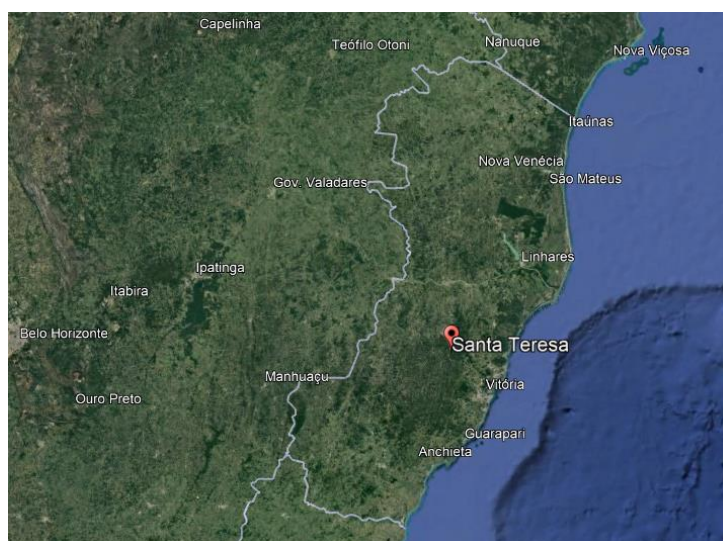
5 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No caso da EMEIEF Paulino Rocon, perda de vida humana (L1) é o principal fator de relevância.

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. Demais riscos não serão considerados.

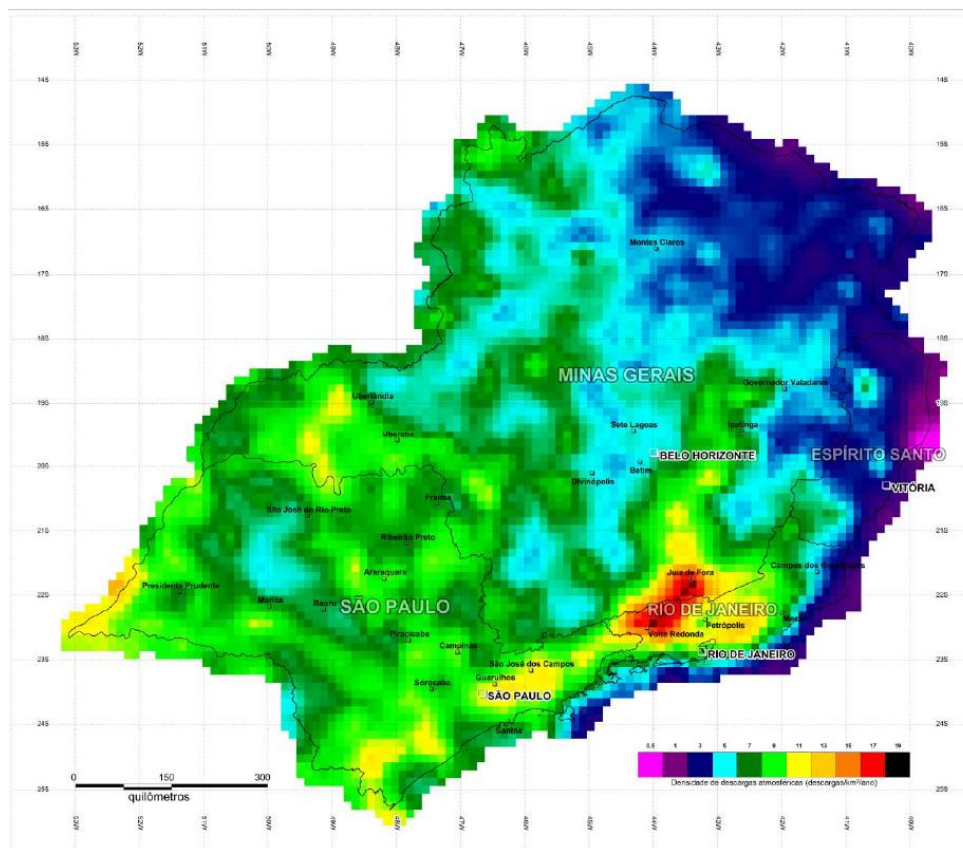
As edificações estão localizadas em território regular com estruturas de mesma altura, ou menores, em sua redondeza. A densidade de descargas atmosféricas para a terra na região em que a estrutura analisada está inserida é $N_G = 4$ descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano (este valor foi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

Figura 1 – Localização geográfica da estrutura analisada.



Fonte: Google Earth (2023).

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



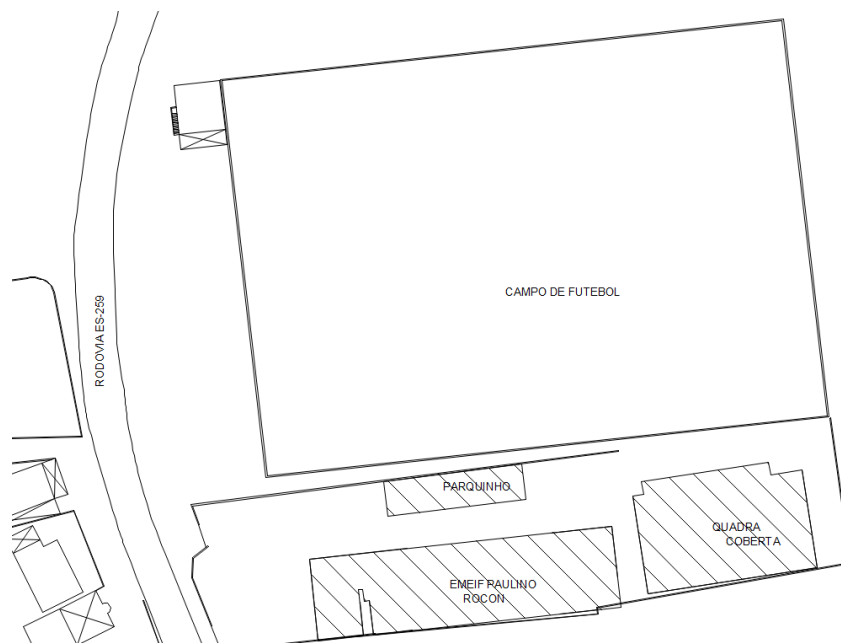
Fonte: ABNT NBR 5419-2 (2015).

A análise de gerenciamento de risco será realizada separadamente para duas edificações presentes nas dependências da EMEIEF Paulino Rocon sendo elas:

- o prédio da escola;
- e a quadra coberta;

Tais estruturas podem ser observadas e identificadas abaixo na Figura 3 e Figura 4.

Figura 3 – Planta de implantação com a identificação das estruturas analisadas.



Fonte: PMST (2023).

Figura 4 – Vista vertical das estruturas analisadas.



Fonte: Google Earth (2023).

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: ESCOLA

6.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS

Tabela 1 – Características ambientais e globais.

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)		N_G	4	Anexo F
Dimensões da estrutura (m)		L, W, H	57, 16, 9	
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 – 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	Rural	C_E	1	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 – 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	Rural	C_E	1	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:

- a) Z_1 (zona externa à estrutura)
 - considerou-se o tipo de piso mais crítico;
 - nesta zona, não serão consideradas as interferências das linhas de energia e sinal;
- b) Z_2 (zona interna à estrutura)
 - 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 da escola foi considerado um número total estimado de 180 pessoas (entre alunos e funcionários). Na zona externa é considerado um número total de 20 pessoas.

Tabela 4 – Distribuição de pessoas por zona.

Zona	Número de pessoas	Tempo da presença
Z ₁ (zona externa)	20	8760
Z ₂ (zona interna)	180	8760
Total	$n_t = 200$	–

Os fatores resultantes válidos para as zonas Z₁ e Z₂ são reportados na Tabela 5 e na Tabela 6.

 Tabela 5 – Fator válido para a zona Z₁ (área externa).

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
Risco de incêndio	Nenhum	r_f	0	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Nenhuma	r_p	1	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	K_{S2}	1	Equação (B.6)
L1: perda de vida humana	Perigo especial: nenhum	h_z	1	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	–	
Fator para pessoas na zona	$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 =$	–	0,10	
	Parâmetros resultantes	L_A	$1,00 \times 10^{-5}$	Equação (C.1)
		L_U	$1,00 \times 10^{-5}$	Equação (C.2)

Tabela 6 – Fator válido para a zona Z_2 (área interna).

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, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	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		$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 =$	–	0,90	
		Parâmetros resultantes	L_A	$9,00 \times 10^{-5}$	Equação (C.1)
			L_U	$9,00 \times 10^{-5}$	Equação (C.2)
			L_B	$2,25 \times 10^{-3}$	Equação (C.3)
			L_V	$2,25 \times 10^{-3}$	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 – Áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

	Símbolo	Resultado m ²	Referência Equação	Equação
Estrutura	A_D	$7,09 \times 10^3$	(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)	Não relevante
	$A_{DJ/P}$	–	(A.2)	Não relevante
Linha de sinal	$A_{L/T}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/T} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$4,00 \times 10^6$	Não relevante	Não relevante
	$A_{DJ/T}$	–	(A.2)	Não relevante

Tabela 8 – Número anual de eventos perigosos esperados.

	Símbolo	Resultado 1/ano	Referência Equação	Equação
Estrutura	N_D	$7,09 \times 10^{-3}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	N_M	–	(A.6)	Não relevante
Linha de energia	$N_{L/P}$	$8,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	8,00	(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	$N_{L/T}$	$8,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{I/T}$	8,00	(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

6.4 – DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTEÇÃO

6.4.1 – CÁLCULO DO RISCO R_1

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

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

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

Tabela 9 – 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	0,007	0,068	$\approx 0,071$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	–	0,029	$= 0,029$
D2 Danos físicos	R_B	–	1,596	$= 1,596$
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$	–	0,720	$= 0,720$
Total		0,007	2,409	$R_1 \approx 2,416$
Tolerável		$R_1 > R_T$: proteção contra descargas atmosféricas é requerida		$R_T = 1$

Devido ao fato que $R_1 \approx 2,416 \times 10^{-5}$ é maior que o valor tolerável $R_T = 10^{-5}$, a proteção contra descargas atmosféricas para esta estrutura **será necessária**.

7 – ANÁLISE DE RISCO: QUADRA

7.1 – DADOS RELEVANTES E CARACTERÍSTICAS

Tabela 10 – Características ambientais e globais.

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)		N_G	4	Anexo F
Dimensões da estrutura (m)		L, W, H	32, 18, 11	
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 – 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	Rural	C_E	1	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 12 – 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	Rural	C_E	1	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

7.2 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA

As seguintes zonas principais podem ser definidas:

- a) Z_1 (zona externa à estrutura)
 - considerou-se o tipo de piso mais crítico;
 - nesta zona, não serão consideradas as interferências das linhas de energia e sinal;
- b) Z_2 (zona interna à estrutura)
 - 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 da quadra é considerado um número total estimado de 180 pessoas. Na zona externa é considerado um número total de 20 pessoas.

Tabela 13 – Distribuição de pessoas por zona.

Zona	Número de pessoas	Tempo da presença
Z ₁ (zona externa)	20	8760
Z ₂ (zona interna)	180	8760
Total	$n_t = 200$	–

Os fatores resultantes válidos para as zonas Z₁ e Z₂ são reportados na Tabela 14 e na Tabela 15.

 Tabela 14 – Fator válido para a zona Z₁ (área externa).

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
Risco de incêndio	Nenhum	r_f	0	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Nenhuma	r_p	1	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	K_{S2}	1	Equação (B.6)
L1: perda de vida humana	Perigo especial: nenhum	h_z	1	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	–	
Fator para pessoas na zona	$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 =$	–	0,1	
	Parâmetros resultantes	L_A	$1,00 \times 10^{-5}$	Equação (C.1)
		L_U	$1,00 \times 10^{-5}$	Equação (C.2)

Tabela 15 – Fator válido para a zona Z_2 (área interna).

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, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	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		$n_z/n_t \times t_z/8\ 760 =$	–	0,90	
		Parâmetros resultantes	L_A	$9,00 \times 10^{-5}$	Equação (C.1)
			L_U	$9,00 \times 10^{-5}$	Equação (C.2)
			L_B	$2,25 \times 10^{-3}$	Equação (C.3)
			L_V	$2,25 \times 10^{-3}$	Equação (C.3)

7.3 – CÁLCULO DOS DADOS RELEVANTES

Cálculos são dados na Tabela 16 para as áreas de exposição equivalentes e na Tabela 17 para número de eventos perigosos esperados.

Tabela 16 – Áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas.

	Símbolo	Resultado m ²	Referência Equação	Equação
Estrutura	A_D	$7,52 \times 10^3$	(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)	Não relevante
	$A_{DJ/P}$	–	(A.2)	Não relevante
Linha de sinal	$A_{L/T}$	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$A_{L/T} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	$4,00 \times 10^6$	Não relevante	Não relevante
	$A_{DJ/T}$	–	(A.2)	Não relevante

Tabela 17 – Número anual de eventos perigosos esperados.

	Símbolo	Resultado 1/ano	Referência Equação	Equação
Estrutura	N_D	$1,50 \times 10^{-2}$	(A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$
	N_M	–	(A.6)	Não relevante
Linha de energia	$N_{L/P}$	$8,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 10^{-6}$
	$N_{I/P}$	8,00	(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	$N_{L/T}$	$8,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 10^{-6}$
	$N_{I/T}$	8,00	(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 R_1

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

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

Componentes envolvidos e avaliação do risco total são dados na Tabela 18.

Tabela 18 – 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	0,015	0,135	$\approx 0,150$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	–	0,029	$= 0,029$
D2 Danos físicos	R_B	–	3,386	$= 3,386$
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$	–	0,720	$= 0,720$
Total		0,015	4,270	$R_1 \approx 4,285$
Tolerável		$R_1 > R_T$: proteção contra descargas atmosféricas é requerida		$R_T = 1$

Devido ao fato que $R_1 \approx 4,285 \times 10^{-5}$ é maior que o valor tolerável $R_T = 10^{-5}$, a proteção contra descargas atmosféricas para esta estrutura **será necessária**.

8 – SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO

Conforme apresentado neste memorial, tanto a escola quanto a quadra apresentaram um fator de risco R_1 acima do tolerável.

O risco em ambas estruturas fica concentrado, principalmente, na zona Z_2 devido aos danos físicos causados pela descarga atmosférica que atingir a estrutura ou as linhas conectadas a mesma (componente R_B).

Este componente de risco dominante pode ser reduzido com a seguinte solução:

- proteger o edifício da escola com um SPDA classe III de acordo com a ABNT NBR 5419-3, para reduzir a componente R_B ($P_B = 0,1$).
- proteger a estrutura da quadra com um SPDA classe II de acordo com a ABNT NBR 5419-3, para reduzir a componente R_B ($P_B = 0,05$).
- Em ambos SPDA's incluir a interligação equipotencial de descargas atmosféricas obrigatória na entrada com DPS projetados para NP II ($P_{EB} = 0,02$) e reduzir componentes R_U e R_V .

Tabela 19 – Risco R_1 para escola (valores $\times 10^{-5}$)

Tipo de danos	Símbolo	Z_1	Z_2	Estrutura
D1 Ferimentos devido a choque	R_A	0,001	0,006	$\approx 0,007$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	–	0,029	$\approx 0,029$
D2 Danos físicos	R_B	–	0,160	$\approx 0,160$
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$	–	0,720	$\approx 0,720$
Total		0,001	0,915	$R_1 \approx 0,916$
Tolerável		$R_1 < R_T$: estrutura protegida		$R_T = 1$

 Tabela 20 – Risco R_1 para quadra (valores $\times 10^{-5}$)

Tipo de danos	Símbolo	Z_1	Z_2	Estrutura
D1 Ferimentos devido a choque	R_A	0,001	0,007	$\approx 0,008$
	$R_U = R_{U/P} + R_{U/T}$	–	0,029	$\approx 0,029$
D2 Danos físicos	R_B	–	0,169	$\approx 0,169$
	$R_V = R_{V/P} + R_{V/T}$	–	0,720	$\approx 0,720$
Total		0,001	0,925	$R_1 \approx 0,926$
Tolerável		$R_1 < R_T$: estrutura protegida		$R_T = 1$

Conforme apresentado neste memorial, para a devida proteção do edifício será necessário a elaboração de uma instalação de SPDA classe I de acordo com a ABNT NBR 5419-3, para reduzir as componentes de risco a um valor aceitável.

9 – DADOS TÉCNICOS DO SPDA

O sistema de proteção utilizado, foi elaborado pelo método gaiola de Faraday, onde estão com seus captadores espaçados a uma média de distância de 10 metros para a quadra e 15 metros para a escola. A malha captora deverá ser composta de barra chata de alumínio 7/8" x 1/8" sendo fixadas na estrutura do telhado e na alvenaria quando for o caso.

10 – DESCIDAS

As descidas serão constituídas através de barras chata de alumínio 7/8" x 1/8". Este material foi escolhido por ser menos atrativo a possíveis furtos de materiais. Ambos os sistemas serão compostos por 10 descidas conforme indicado no projeto do SPDA, com espaçamento de 10 metros (quadra) e 15 metros (escola).

11 – ATERRAMENTO

Os sistemas serão constituídos por 10 hastes de aterramento Copperweld de 5/8" x 2400 mm, sendo 1 haste por descida da estrutura. As caixas de inspeção deverão ser PVC com diâmetro de 30 cm, e serão interligadas através de cabo de cobre nu de 50mm². A resistência ôhmica máxima esperada para o sistema será de 10 Ohms.

As descidas serão constituídas através de barras chata de alumínio 7/8" x 1/8". Este material foi escolhido por ser menos atrativo a possíveis furtos de materiais. Ambos os sistemas serão compostos por 10 descidas conforme indicado no projeto do SPDA, com espaçamento de 10 metros (quadra) e 15 metros (escola).

12 – OBSERVAÇÕES

- Todas as conexões do tipo cabo-cabo e cabo-haste deverão ser feitas por conectores específicos para este fim;
- Deverá ser realizada vistoria anual do sistema e sempre após a incidência de tempestades com descargas atmosféricas.
- Na execução ver detalhes do projeto.

CLAUDIO DE
OLIVEIRA:090167
63732

Assinado de forma digital
por CLAUDIO DE
OLIVEIRA:09016763732
Dados: 2026.05.29 15:15:05
-03'00'

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



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 10/07/2026 13:40:57 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por ADAUBERTO DO MEIRELES JUNIOR (GESTOR(A) DE PROJETOS - GEPLAN - 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-HV3G4T>