

# **RELATÓRIO DE ANÁLISE DE RISCO – SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)**

UNIDADE DE SAÚDE TIPO 6

ESPÍRITO SANTO

NOVEMBRO 2022

---

## SUMÁRIO

1	OBJETIVO.....	2
2	CARACTERÍSTICAS E DADOS RELEVANTES.....	2
3	DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA.....	5
4	CÁLCULO DAS QUANTIDADES RELEVANTES .....	7
5	PARÂMETROS RESULTANTES.....	8
6	CÁLCULO DO RISCO R1 .....	9
7	CÁLCULO DO RISCO R4 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
8	CONCLUSÃO.....	10

---

## 1 OBJETIVO

O presente documento tem por finalidade avaliar o risco e, conseqüentemente, a necessidade de construção do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), conforme Parte 2 da norma NBR 5419/2015.

Perda de vida humana (L1) e perda econômica (L4) são relevantes para este tipo de estrutura e são requisitos para avaliação da necessidade de proteção. Isto implica a determinação do risco R1 para perda de vida humana (L1) e R4 para perda de valor econômico (L4); a partir de cada uma das componentes de risco, comparando-os com os níveis toleráveis ( $10^{-5}$ , para R1), assim como na análise do investimento em medidas de proteção a partir da determinação do risco R4 para perda de valor econômico (L4).

## 2 CARACTERÍSTICAS E DADOS RELEVANTES

A estrutura foi considerada como isolada, ou seja, sem objetos na vizinhança. A densidade de descargas atmosféricas para a terra, conforme apresentado na Figura 1 (imagem retirada da norma NBR ABNT 5419-2:2015 página 101) é  $N_g = 3$  descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano. Os demais dados da edificação e sua vizinhança são dados na Tabela 1.

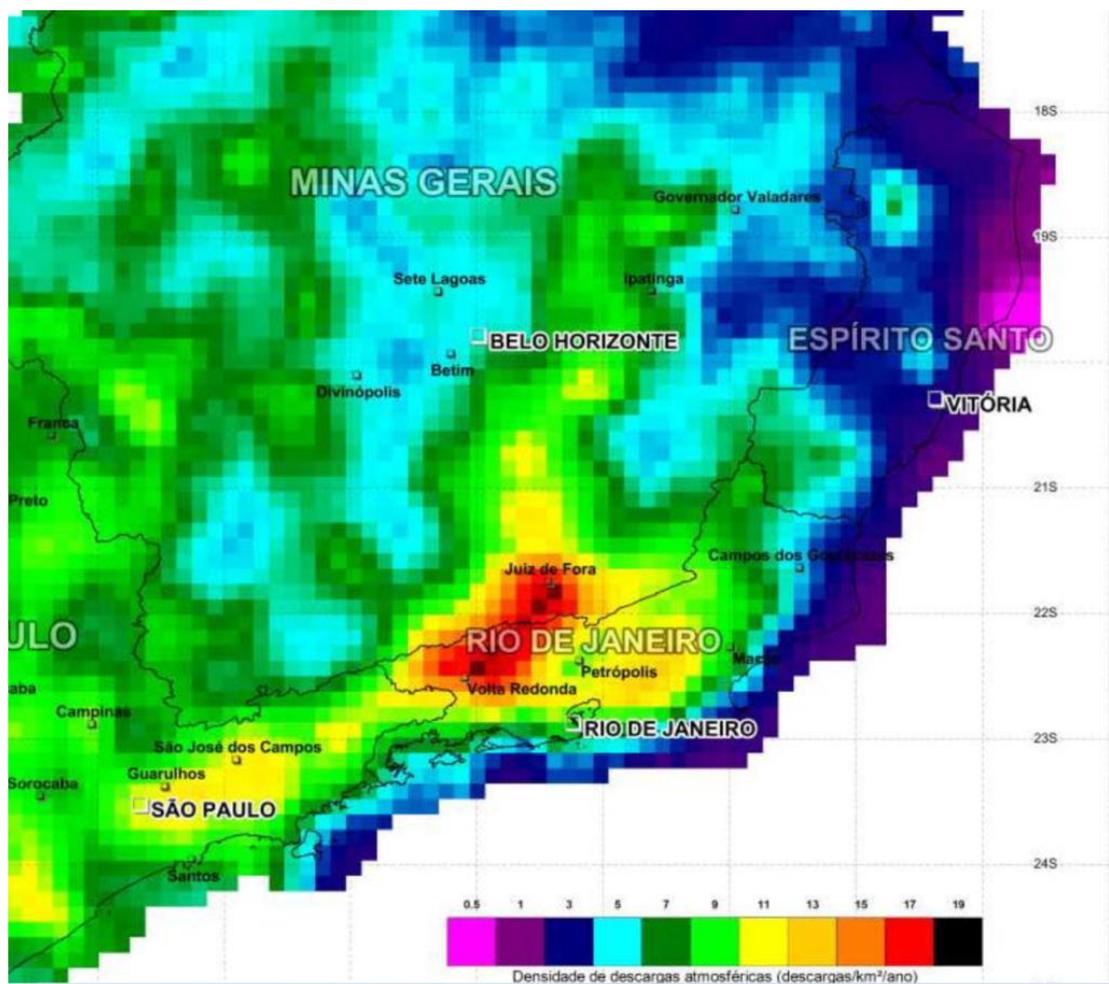
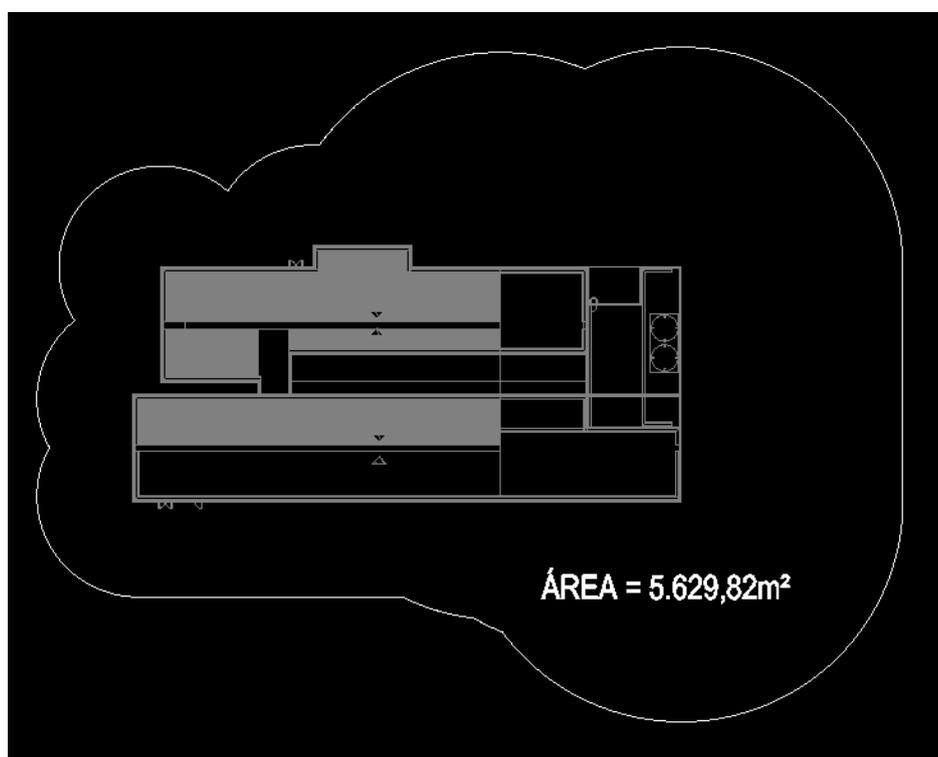


Figura 1 – Densidade de descargas atmosféricas para a terra ( $N_g$ )

Tabela 1 – Características da estrutura e do meio ambiente

Características da Estrutura e Meio Ambiente				
Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra [ $1/\text{km}^2 \times \text{ano}$ ]	<a href="http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419">http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419</a> Ng/	$N_G$	3,0	
Dimensões da estrutura [m]		L, W, H	; ;	
Área equivalente (estrutura complexa) [ $\text{m}^2$ ]		$A_D$	5.629,82	
Fator de localização da estrutura	Estrutura isolada: nenhum objeto nas vizinhanças	$C_D$	1	Tabela A.1
SPDA	Estrutura não protegida por SPDA	$P_B$	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial - Linha Energia	DPS projetado para o Nível I	$P_{EB/P}$	0,01	Tabela B.7
Ligação equipotencial - Linha Sinal	Sem DPS	$P_{EB/T}$	1	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	$K_{S1}$	1	Equação (B.5)
Número total de pessoas		$n_t$	100	-
Valor total da estrutura (incluindo todas as zonas)		$c_t$	5.000.000,00	-

Por se tratar de estrutura complexa, a área de exposição equivalente ( $A_D$ ), definida pela intersecção entre a superfície do solo com uma linha reta de inclinação 1 para 3 a qual passa pelas partes mais altas da estrutura (tocando-a nestes pontos) e rotacionando ao redor dela, foi definida graficamente e está representada pela área hachurada na Figura 2.

Figura 2 – Área de exposição equivalente ( $A_D$ )

Os dados das linhas que adentram a edificação e suas conexões com os sistemas internos são dados para linhas de energia na Tabela 2 e para linhas de sinais na Tabela 3.

**Tabela 2 – Linha de energia**

Linha de energia				
Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento [m]		$L_L$	1000	
Fator de instalação	Aérea	$C_I$	1	Tabela A.2
Fator tipo da linha	Linha de energia ou sinal	$C_T$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	$C_E$	0,5	Tabela A.4
Tipo de linha externa	Linha enterrada não blindada	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
Conexão na entrada	Indefinida	$C_{LI}$	1	Tabela B.4
Blindagem da linha [ $\Omega$ /km]	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	$R_S$		Tabela B.8
Estrutura adjacente		$L_J, W_J, H_J$	; ;	
Fator de localização da estrutura adjacente		$C_{DJ}$		Tabela A.1
Tensão suportável do sistema interno [kV]		$U_W$	2,5	
	Parâmetros resultantes	$K_{S4}$	0,40	Equação (B.7)
		$P_{LD}$	1	Tabela B.8
		$P_{LI}$	0,3	Tabela B.9

**Tabela 3 – Linha de sinal**

Linha de sinal				
Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento [m]		$L_L$	1000	
Fator de instalação	Aérea	$C_I$	1	Tabela A.2
Fator tipo da linha	Linha de energia ou sinal	$C_T$	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Suburbano	$C_E$	0,5	Tabela A.4
Tipo de linha externa	Linha aérea não blindada	$C_{LD}$	1	Tabela B.4
Conexão na entrada	Indefinida	$C_{LI}$	1	Tabela B.4
Blindagem da linha [ $\Omega$ /km]	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	$R_S$		Tabela B.8
Estrutura adjacente		$L_J, W_J, H_J$	, ,	
Fator de localização da estrutura adjacente		$C_{DJ}$		Tabela A.1
Tensão suportável do sistema interno [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

Os comprimentos das linhas que adentram a edificação (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 inferiores a 1000m, considerou-se, para fins de análise do risco, as linhas aéreas com distância de 1000m. Cabe ressaltar que tal medida foi adotada como margem de segurança nos cálculos e, conforme será demonstrado a seguir, ainda assim a instalação de SPDA externo não se faz necessária.

### **3 DEFINIÇÃO DAS ZONAS DA ESTRUTURA**

Para a estrutura analisada, as seguintes zonas são definidas:

Z1 (zona interna à edificação);

Z2 (zona externa à edificação).

Levando em conta que:

- o tipo de piso é diferente na área externa e dentro da estrutura, porém, considerou-se o tipo de piso mais crítico, para ambas as zonas;
- o risco de incêndio é distinto entre as zonas;
- há sistemas internos conectados à energia assim como às linhas de sinais;
- o número de pessoas é distinto entre as zonas.

As características resultantes das zonas Z1 e Z2 são dadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

---

Tabela 4 – Fatores válidos para Zona Z1

Zona:
Interna

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		Mármore, cerâmica	$r_t$	1,00E-03	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	$P_{TA}$	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma medida de proteção	$P_{TU}$	1	Tabela B.1
Risco de explosão		Nenhum	$r_f$	0	Tabela C.5
Risco de incêndio		Baixo	$r_f$	0,001	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: 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	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	$K_{S3}$	1	Tabela B.5
	DPS coordenados	DPS projetado para o Nível I	$P_{SPD}$	0,01	Tabela B.3
Telecom	Fiação interna	Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços	$K_{S3}$	1	Tabela B.5
	DPS coordenados	Nenhum sistema de DPS coordenado	$P_{SPD}$	1	Tabela B.3
L1: perda de vida humana	Perigo especial:	Dificuldade de evacuação	$h_z$	5	Tabela C.6
	D1: devido à tensão de toque e passo	Todos os tipos	$L_T$	0,01	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Hospital, hotel, escola, edifício cívico	$L_F$	0,1	
	D3: devido a falhas de sistemas internos		$L_O$	0	
Número de pessoas na zona			$n_z$	80	-
Tempo da presença das pessoas na zona [hxano]			$t_z$	4320	-

Tabela 5 – Fatores válidos para Zona Z2

Zona:
Externa

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		Agricultura, concreto	$r_t$	1,00E-02	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma medida de proteção	$P_{TA}$	1	Tabela B.1
Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)		Nenhuma medida de proteção	$P_{TU}$	1	Tabela B.1
Risco de explosão		Nenhum	$r_f$	0	Tabela C.5
Risco de incêndio		Nenhum	$r_f$	0	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Nenhuma providência	$r_p$	1	Tabela C.4
Blindagem espacial interna			$K_{S2}$		Equação (B.6)
Energia	Fiação interna		$K_{S3}$		Tabela B.5
	DPS coordenados		$P_{SPD}$		Tabela B.3
Telecom	Fiação interna		$K_{S3}$		Tabela B.5
	DPS coordenados		$P_{SPD}$		Tabela B.3
L1: perda de vida humana	Perigo especial:	Sem perigo especial	$h_z$	1	Tabela C.6
	D1: devido à tensão de toque e passo	Todos os tipos	$L_T$	0,01	Tabela C.2
	D2: devido a danos físicos	Hospital, hotel, escola, edifício cívico	$L_F$	0,1	
	D3: devido a falhas de sistemas internos		$L_O$	0	
Número de pessoas na zona			$n_z$	10	-
Tempo da presença das pessoas na zona [hxano]			$t_z$	8760	-

#### 4 CÁLCULO DAS QUANTIDADES RELEVANTES

Cálculos são dados na Tabela 6 para as áreas de exposição equivalentes e na Tabela 7 para o número anual de eventos perigosos esperados.

Tabela 6 – Áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas

	Símbolo	Resultado [m <sup>2</sup> ]	Referência	Equação
Estrutura	$A_D$	5,63E+03	Equação (A.2)	$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	$A_M$	8,33E+05	Equação (A.7)	$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$
Linha de energia	$A_{L/P}$	4,00E+04	Equação (A.9)	$A_{L/P} = 40 \times L_L$
	$A_{I/P}$	4,00E+06	Equação (A.11)	$A_{I/P} = 4000 \times L_L$
	$A_{D/J/P}$	0,00E+00	Equação (A.2)	$A_{D/J/P} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
Linha telecom	$A_{L/T}$	4,00E+04	Equação (A.9)	$A_{L/T} = 40 \times L_L$
	$A_{I/T}$	4,00E+06	Equação (A.11)	$A_{I/T} = 4000 \times L_L$
	$A_{D/J/T}$	0,00E+00	Equação (A.2)	$A_{D/J/T} = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$

Tabela 7 – Número anual de eventos perigosos esperados

	Símbolo	Resultado [m <sup>2</sup> ]	Referência	Equação
Estrutura	N <sub>D</sub>	1,69E-02	Equação (A.4)	$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 1,00E-06$
	N <sub>M</sub>	2,50E+00	Equação (A.6)	$N_M = N_G \times A_M \times 1,00E-06$
Linha de energia	N <sub>L/P</sub>	6,00E-02	Equação (A.8)	$N_{L/P} = N_G \times A_{L/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 1,00E-06$
	N <sub>I/P</sub>	6,00E+00	Equação (A.10)	$N_{I/P} = N_G \times A_{I/P} \times C_{I/P} \times C_{E/P} \times C_{T/P} \times 1,00E-06$
	N <sub>DJ/P</sub>	0,00E+00	Equação (A.5)	$N_{DJ/P} = N_G \times A_{DJ/P} \times C_{DJ/P} \times C_{T/P} \times 1,00E-06$
Linha telecom	N <sub>L/T</sub>	6,00E-02	Equação (A.8)	$N_{L/T} = N_G \times A_{L/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 1,00E-06$
	N <sub>I/T</sub>	6,00E+00	Equação (A.10)	$N_{I/T} = N_G \times A_{I/T} \times C_{I/T} \times C_{E/T} \times C_{T/T} \times 1,00E-06$
	N <sub>DJ/T</sub>	0,00E+00	Equação (A.5)	$N_{DJ/T} = N_G \times A_{DJ/T} \times C_{DJ/T} \times C_{T/T} \times 1,00E-06$

## 5 PARÂMETROS RESULTANTES

Os parâmetros resultantes que serão utilizados para cálculo dos riscos foram determinados a partir das características da edificação, linhas e entorno e estão apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 8 – Parâmetros resultantes para cálculo de R1 da Z1

Parâmetros resultantes	L <sub>A</sub>	3,95E-06	Equação (C.1)
	L <sub>U</sub>	3,95E-06	Equação (C.2)
	L <sub>B</sub> = L <sub>V</sub>	9,86E-05	Equação (C.3)
	L <sub>C</sub> = L <sub>M</sub> = L <sub>W</sub> = L <sub>Z</sub>	0,00E+00	Equação (C.4)

Tabela 9 – Parâmetros resultantes para cálculo de R1 da Z2

Parâmetros resultantes	L <sub>A</sub>	1,00E-05	Equação (C.1)
	L <sub>U</sub>	1,00E-05	Equação (C.2)
	L <sub>B</sub> = L <sub>V</sub>	0,00E+00	Equação (C.3)
	L <sub>C</sub> = L <sub>M</sub> = L <sub>W</sub> = L <sub>Z</sub>	0,00E+00	Equação (C.4)

## 6 CÁLCULO DO RISCO R1

A Tabela 10 a seguir apresenta o valor do risco total R1:

**Tabela 100 – Risco R1 – com medidas de proteção (valores x 10<sup>-5</sup>)**

Tipo de Danos	Símbolo	Z1	Z2	Estrutura
D1 Ferimentos a seres vivos devido a choque elétrico	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	0,0067	0,0169	0,0236
	$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$	0,0239	0,1200	0,1439
D2 Danos físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	0,1666	0,0000	0,1666
	$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$	0,5977	0,0000	0,5977
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	$R_C = N_D \times P_C \times L_C$	0,0000	0,0000	0,0000
	$R_M = N_M \times P_M \times L_M$	0,0000	0,0000	0,0000
	$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$	0,0000	0,0000	0,0000
	$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$	0,0000	0,0000	0,0000
<b>Total</b>		<b>0,7949</b>	<b>0,1369</b>	<b>0,9317</b>
<b>Tolerável</b>		<b>R1 &lt; RT: a estrutura está protegida para este tipo de perda</b>		<b>1,0000</b>

Conforme apresentado, o risco R1 apresenta valor inferior ao limite estabelecido pela ABNT NBR 5419:2015, portanto, do ponto de vista de risco à vida humana, não se faz necessária a adoção de medidas adicionais de proteção contra descargas atmosféricas para redução do risco a níveis aceitáveis.

É importante destacar que a análise de risco efetuada já considerou a existência das seguintes medidas de segurança:

- Instalação de extintores de incêndio,
- Instalação de sistema coordenado de dispositivos de proteção contra surtos (DPS) na linha de energia.

## **7 CONCLUSÃO**

Conforme apresentado neste memorial, somente a existência de extintores de incêndio e DPS na linha de energia já são suficientes para que o risco R1 (perda de vida humana) apresente valores toleráveis, conforme parâmetros da NBR 5419:2015, portanto, não se faz necessária a adoção de medidas adicionais de proteção contra descargas atmosféricas. É importante ressaltar que foi considerado a localização da cidade de Vitória no Espírito Santo para uma base de cálculo, assim que houver a definição do local de instalação da unidade deverá ser refeito o cálculo e validado a não necessidade técnica da adição de SPDA externo. Vale ressaltar também que há não obrigatoriedade técnica da adição da proteção externa não é excluí a possibilidade de instalação, caso seja de interesse da contratante, visando minimizar ainda mais os riscos.

Leandro Queiroz Ramalho  
Engenheiro Eletricista  
CREA 20232/D

---