



MEMORIAL DE CÁLCULO – SPDA
REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE
EDUCAÇÃO DE COLATINA
COLATINA - ES

2025



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE
MEMORIAL DE CÁLCULO



SUMÁRIO

1. OBJETO	3
2. NORMAS APLICÁVEIS	3
3. DADOS DA UNIDADE	3
3.1 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE EXPOSIÇÃO EQUIVALENTE (<i>AD</i>)	3
3.2 DADOS DO PROJETO.....	4
3.2.1 Classificação do nível de proteção da estrutura	4
3.2.2 Densidade de descargas atmosféricas <i>Ng</i>	4
3.2.3 Número de descidas	4
3.2.4 Seção das cordoalhas.....	4
3.2.5 Anéis de cintamento.....	4
4. ANÁLISE DE RISCO	5
4.1.1 Tipos de perdas relevantes na estrutura.....	5
4.1.2 Riscos avaliados	5
4.1.3 Avaliação de <i>R1</i> (Risco de perda de vida humana).....	5
5. MEMÓRIA DE CÁLCULO	6
5.1 EDIFICAÇÃO	6
5.2 ESTACIONAMENTO COBERTO	15
6. CONCLUSÃO	24



OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

1. OBJETO

O presente memorial visa apresentar os parâmetros adotados para a avaliação dos riscos envolvidos durante a ocorrência de uma descarga atmosférica direta ou indiretamente na Unidade da Superintendência Regional de Educação de Colatina. Com base na análise de risco é possível avaliar a necessidade ou não de uma Proteção Contra Descargas Atmosféricas (PDA) de acordo com a norma da ABNT NBR 5419:2015.

O nível de proteção do SPDA é determinado seguindo-se os procedimentos contidos na ABNT NBR 5419-2:2015.

2. NORMAS APLICÁVEIS

- ABNT NBR 5419:2004 – Versão corrigida 2008 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão);
- ABNT NBR 5419:2015 – Partes 01, 02, 03 e 04 (Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas)

3. DADOS DA UNIDADE

Unidade escolar localizada na zona urbana do município de Vitória, composta por três edificações de bloco escolar e uma quadra. Estes serão avaliados separadamente conforme as características de cada edificação.

Edifício	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
Edificação	8,00		
Estacionamento Coberto	8,05	21,3	14,4

3.1 Determinação da área de exposição equivalente (A_D)

Para estruturas isoladas em solos planos, a área de exposição equivalente A_D é a área 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. A determinação do valor de A_D pode ser obtida graficamente ou matematicamente.

A área A_D dos blocos A e B foi determinada graficamente (Figura 1), com o auxílio de um software CAD. As demais foram calculadas matematicamente, conforme descrito no memorial de cálculos.

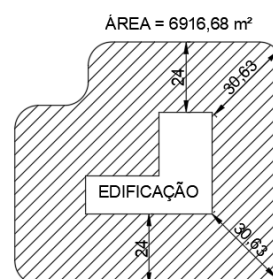


Figura 1

**GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE

**MEMORIAL DE CÁLCULO**

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

A localização relativa da estrutura, compensada pelas estruturas ao redor ou uma localização exposta deve ser levada em consideração pelo fator de localização 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 objeto nas vizinhanças	1
Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte	2

Caso não haja nenhuma estrutura dentro a uma distância de 3 metros da edificação, deve-se considerar $C_D = 1$

3.2 Dados do projeto

3.2.1 Classificação do nível de proteção da estrutura

Sem nível de proteção.

3.2.2 Densidade de descargas atmosféricas Ng

De acordo com dados da ANBT NBR 5419-2:2015, a densidade, histórica, de descargas atmosféricas em Colatina, ES é aproximadamente:

$$Ng = 0,98 \text{ [ano/km}^2\text{]}$$

3.2.3 Número de descidas

Não se aplica.

3.2.4 Seção das cordoalhas

Não se aplica.

3.2.5 Anéis de cintamento

Não se aplica.



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

4. ANÁLISE DE RISCO

4.1.1 Tipos de perdas relevantes na estrutura

Cada tipo de dano, sozinho ou em combinação com outros, pode produzir diferentes perdas consequentes em uma estrutura a ser protegida. O tipo de perda pode acontecer dependendo das características da própria estrutura e do seu conteúdo.

Símbolo	Localização relativa	Relevante
L_1	Perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes)	Sim
L_2	Perda de serviço ao público	Sim
L_3	Perda de patrimônio cultural	Não
L_4	Perda de valores econômicos (estrutura, conteúdo, e perdas de atividades)	Sim

4.1.2 Riscos avaliados

O risco “R” é um valor relativo a uma provável perda anual média

Símbolo	Localização relativa	Relevante
R_1	Risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes)	Sim
R_2	Risco de perda de serviço ao público	Não
R_3	Risco de perda de patrimônio cultural	Não
R_4	Risco de perda de valores econômicos (estrutura, conteúdo, e perdas de atividades)	Não

Para cada tipo de perda que pode aparecer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado.

Para avaliar os riscos “R”, os componentes de risco relevantes devem ser definidos e calculados (riscos parciais dependem da fonte e do tipo de dano).

Cada risco “R” é a soma dos seus componentes de risco. Ao calcular um risco, os componentes de risco podem ser agrupados de acordo com as fontes de danos e os tipos de danos.

4.1.3 Avaliação de R_1 (Risco de perda de vida humana)

Os resultados para risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes) levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

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



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

5. MEMÓRIA DE CÁLCULO

Os cálculos foram efetuados em planilha eletrônica, seguindo de forma estrita o método indicado na norma técnica brasileira ABNT NB 5419:2015 (Parte 2), cujas variáveis consideradas, consultadas e calculadas são as seguintes:

5.1 Edificação

Descrição / Questão	Símbolo	Valor	Unidade	N/A
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² × ano)	N_G	0,98	ano/km ²	
Consulta realizada no site do INPE / ELAT, endereço eletrônico: http://www.inpe.br/webelat/homepage/ Data da consulta 24/01/2025				
Número de eventos perigosos para a estrutura				
Área de exposição equivalente da estrutura (graficamente)	A_D2	6919,68	m ²	
Fator de localização da estrutura (selecionar) Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	C_D	0,5		
Número de eventos perigosos para a estrutura	N_D	0,0033906	(1/km ² × ano)	
Fator tipo de linha Linha de energia ou sinal	C_T	1		
Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente	N_DJ	0		
Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura	N_M	0,7696902	1/ano	
Área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem perto da estrutura	A_M	785398,16	m ²	



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

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

Número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV (1/ano) na seção da linha

N_L 1/ano

Área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem a linha

A_L m²

Comprimento da seção da linha

Se desconhecido, adotar 1.000 m

L_L m

Fator de instalação da linha (ver Tabela A.2)

Aéreo

C_I

Fator tipo de linha (ver Tabela A.3)

Linha de energia ou sinal

C_T

Fator ambiental (ver Tabela A.4)

Urbano

C_E

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

N_I 1/ano

Área de exposição equivalente de descargas atmosféricas para a terra perto da linha

A_I m²

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

P_A

Medidas de proteção adicionais contra tensões de toque e passo, como as listadas na Tabela B.1

Probabilidade de reduzir P_A dependendo das medidas de proteção contra tensões de toque e passo

P_TA



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Avisos de alerta

Não

P_TA1

Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)

Não

P_TA2

Equipotencialização efetiva do solo

Não

P_TA3

Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida

Não

P_TA4

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos

Medidas de proteção para reduzir danos físicos (Tabela B.2)

Estrutura não protegida por SPDA

P_B

Valores dos fatores C_LD e C_LI dependendo das condições de blindagem aterramento e isolamento

Tipo de linha externa / Conexão de Entrada

Linha aérea não blindada / Indefinida

C_LD

C_LI

Probabilidade P_U de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico

P_U

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

Restrições físicas

P_TU



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

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 PEB são dados na Tabela B.7

III - IV

P_EB 0,05

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

Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica na linha conectada dependendo das características da linha. Valores de P_LD são dados na Tabela B.8

Linhas de energia ou sinal / Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento

P_LD 1

Probabilidade P_V de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos

P_V 0,05

NOTA Um sistema coordenado de DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 não é necessário para reduzir PV; neste caso, DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-3 são suficientes.

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

P_W 1

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

P_Z 1



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Valores da probabilidade P_{LI} dependendo do tipo da linha e da tensão suportável de impulso U_W dos equipamentos

Linhas de energia

P_{LI}

Perda de vida humana (L1)

Tipo de dano: D1, Perda típica L_A

L_A

Número de pessoas na zona

n_Z

Número total de pessoas na estrutura

n_t

tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em horas por ano

t_Z

Tipo de dano: D1, Perda típica L_U

L_U

Tipo de dano: D2, Perda típica L_B

L_B

Tipo de dano: D2, Perda típica L_V

L_V

Tipo de dano: D3, Perda típica L_C

L_C

Tipo de dano: D3, Perda típica L_M

L_M

Tipo de dano: D3, Perda típica L_W

L_W

Tipo de dano: D3, Perda típica L_Z

L_Z

Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2)

Todos os tipos

L_T

Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2)



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

L_F

Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2)

Não se aplica

L_O

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

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

Quando o dano a estrutura devido às descargas atmosféricas envolver estruturas nas redondezas ou o meio ambiente (por exemplo, emissões químicas ou radioativas), perdas adicionais (L_E) podem ser consideradas para avaliar a perda total (L_FT):

L_FT

Perdas adicionais (L_E)

L_E

Perda devido a danos físicos fora da estrutura (L_FE)

L_FE

Tempo da presença de pessoas nos lugares perigosos fora da estrutura

t_e h/ano

Se o tempo for desconhecido, adotar 8.760, de modo que $t_e/8760 = 1$.

Fator de redução r_t em função do tipo da superfície do solo ou piso

Mármore, cerâmica

r_t

Fator de redução r_p em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

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

Fator de redução r_f em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura

Incêndio / Normal

r_f 0,01

Fator h_z aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial

Tipo de perigo especial

Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)

h_z 5

Cálculo dos componentes de risco

a) R1: Risco de perda de vida humana:

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

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

R_A1

R_A1 9,057E-09

Componente relacionado a danos físicos (D2)

R_B1

R_B1 2,264E-06

Componente relacionado à falha de sistemas internos (D3)

R_C1

R_C1 0

N/A



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

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

(D3) Componente relacionado à falha dos sistemas internos

R_M1

R_M1

N/A

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

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

R_U1

R_U1

Componente relacionado a danos físicos (D2)

R_V1

R_V1

(D3) Componente relacionado à falha dos sistemas internos

R_W1

R_W1

N/A

Se a linha tiver mais de uma seção (ver 6.8), os valores de RU, RV e RW são a soma dos valores relevantes de RU, RV e RW para cada seção da linha. As seções a serem consideradas são aquelas entre a estrutura e o primeiro nó.

No caso de uma estrutura com mais de uma linha conectada com diferente roteamento, os cálculos devem ser feitos para cada linha.

No caso de uma estrutura com mais de uma linha conectada com o mesmo roteamento, o cálculo deve ser feito somente para a linha com as piores características, ou seja, a linha com os valores mais altos de N_L e N_I conectada ao sistema interno com os menores valores de U_W (linha de sinal versus linha de energia, linha não blindada versus linha blindada, linha de energia em baixa tensão versus linha de energia em alta tensão com transformador AT/BT etc.).



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas perto de uma linha conectada à estrutura (S4)

(D3) Componente relacionado à falha dos sistemas internos

R_Z

R_Z1

0

N/A

Se a linha tiver mais de uma seção (ver 6.8), o valor de R_Z é a soma dos componentes relevantes de R_Z para cada seção da linha. As seções a serem consideradas são aquelas entre a estrutura e o primeiro nó.

Cálculo do risco de perda de vida humana:

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

R_1

2,404E-06

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 pôr em perigo a vida humana.

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.

Tipo de perda L1, Perda de vida humana ou ferimentos permanentes

R_T1

1,00E-05

5.4 Procedimento específico para avaliar a necessidade de proteção

De acordo com ABNT NBR 5419-1, os riscos R1, R2 e R3 devem ser considerados na avaliação da necessidade da proteção contra as descargas atmosféricas.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Comparação entre os valores calculados e os riscos toleráveis

Tipo de perda L1, Perda de vida humana ou ferimentos permanentes

$R_1 \leq R_{T1}$

A Estrutura não precisa de SPDA

5.2 Estacionamento Coberto

Descrição / Questão	Símbolo	Valor	Unidade	N/A
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² × ano)	N_G	0,98	ano/km ²	
Consulta realizada no site do INPE / ELAT, endereço eletrônico: http://www.inpe.br/webelat/homepage/ Data da consulta 24/01/2025				
Número de eventos perigosos para a estrutura				
Comprimento da edificação	L_D	21,3	m	
Largura da edificação	W_D	14,4	m	
Altura da edificação	H_D	8,05	m	
Área de exposição equivalente da estrutura (matematicamente)	A_D1	3863,28	m ²	
Fator de localização da estrutura (selecionar) Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	C_D	0,5		
Número de eventos perigosos para a estrutura	N_D	0,001893	(1/km ² × ano)	
Fator tipo de linha				



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Linha de energia ou sinal

C_T

Número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente

N_DJ

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

N_M 1/ano

Área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem perto da estrutura

A_M m²

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

Número de sobretensões de amplitude não inferior a 1 kV (1/ano) na seção da linha

N_L 1/ano

Área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem a linha

A_L m²

Comprimento da seção da linha

Se desconhecido, adotar 1.000 m

L_L m

Fator de instalação da linha (ver Tabela A.2)

Aéreo

C_I

Fator tipo de linha (ver Tabela A.3)

Linha de energia ou sinal

C_T

Fator ambiental (ver Tabela A.4)

Urbano

C_E

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

N_I 1/ano



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Área de exposição equivalente de descargas atmosféricas para a terra perto da linha

A_I m²

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

P_A

Medidas de proteção adicionais contra tensões de toque e passo, como as listadas na Tabela B.1

Probabilidade de reduzir P_A dependendo das medidas de proteção contra tensões de toque e passo

P_{TA}

Avisos de alerta

Não

P_{TA1}

Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)

Não

P_{TA2}

Equipotencialização efetiva do solo

Não

P_{TA3}

Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida

Não

P_{TA4}

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos

Medidas de proteção para reduzir danos físicos (Tabela B.2)

Estrutura não protegida por SPDA

P_B



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Valores dos fatores C_LD e C_LI dependendo das condições de blindagem aterramento e isolamento

Tipo de linha externa / Conexão de Entrada

Linha aérea não blindada / Indefinida

C_LD

C_LI

Probabilidade P_U de uma descarga atmosférica em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico

P_U

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

Restrições físicas

P_TU

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 PEB são dados na Tabela B.7

III - IV

P_EB

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

Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica na linha conectada dependendo das características da linha. Valores de P_LD são dados na Tabela B.8

Linhas de energia ou sinal / Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento

P_LD



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Probabilidade P_V de uma descarga atmosférica em uma linha causar danos físicos

P_V 0,05

NOTA Um sistema coordenado de DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 não é necessário para reduzir PV; neste caso, DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-3 são suficientes.

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

P_W 1

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

P_Z 1

Valores da probabilidade P_{LI} dependendo do tipo da linha e da tensão suportável de impulso U_W dos equipamentos

Linhas de energia

P_{LI} 1

Perda de vida humana (L1)

Tipo de dano: D1, Perda típica L_A

L_A 2,67E-06

Número de pessoas na zona

n_Z 513

Número total de pessoas na estrutura

n_t 513

tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em horas por ano

t_Z 2.340

Tipo de dano: D1, Perda típica L_U

L_U 2,671E-06

Tipo de dano: D2, Perda típica L_B

L_B 0,0006678

Tipo de dano: D2, Perda típica L_V

L_V 0,0006678



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Tipo de dano: D3, Perda típica L_C

L_C

Tipo de dano: D3, Perda típica L_M

L_M

Tipo de dano: D3, Perda típica L_W

L_W

Tipo de dano: D3, Perda típica L_Z

L_Z

Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1)
devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2)

Todos os tipos

L_T

Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um
evento perigoso (ver Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

L_F

Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos (D3)
devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2)

Não se aplica

L_O

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

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

Quando o dano a estrutura devido às descargas atmosféricas envolver
estruturas nas redondezas ou o meio ambiente (por exemplo, emissões químicas ou
radioativas), perdas adicionais (L_E) podem ser consideradas para avaliar a perda
total (L_FT):

L_FT

Perdas adicionais (L_E)

L_E

Perda devido a danos físicos fora da estrutura (L_FE)

L_FE



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Tempo da presença de pessoas nos lugares perigosos fora da estrutura t_e h/ano

Se o tempo for desconhecido, adotar 8.760, de modo que $t_e/8760$
= 1.

Fator de redução r_t em função do tipo da superfície do solo ou piso

Mármore, cerâmica

r_t

Fator de redução r_p em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um 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

Fator de redução r_f em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura

Incêndio / Normal

r_f

Fator h_z aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial

Tipo de perigo especial

Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)

h_z

Cálculo dos componentes de risco

a) R1: Risco de perda de vida humana:

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

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

R_{A1}

R_{A1}



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Componente relacionado a danos físicos (D2)

R_B1

R_B1 1,264E-06

Componente relacionado à falha de sistemas internos

(D3)

R_C1

R_C1 0

N/A

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

Componente relacionado à falha dos sistemas internos

(D3)

R_M1

R_M1 0

N/A

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

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

R_U1

R_U1 0

Componente relacionado a danos físicos (D2)

R_V1

R_V1 1,309E-07

Componente relacionado à falha dos sistemas internos

(D3)

R_W1

R_W1 0

N/A

Se a linha tiver mais de uma seção (ver 6.8), os valores de RU, RV e RW são a soma dos valores relevantes de RU, RV e RW para cada seção da linha. As seções a serem consideradas são aquelas entre a estrutura e o primeiro nó.

No caso de uma estrutura com mais de uma linha conectada com diferente roteamento, os cálculos devem ser feitos para cada linha.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

No caso de uma estrutura com mais de uma linha conectada com o mesmo roteamento, o cálculo deve ser feito somente para a linha com as piores características, ou seja, a linha com os valores mais altos de N_L e N_I conectado ao sistema interno com os menores valores de U_W (linha de sinal versus linha de energia, linha não blindada versus linha blindada, linha de energia em baixa tensão versus linha de energia em alta tensão com transformador AT/BT etc.).

Análise dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas perto de uma linha conectada à estrutura (S4)

(D3) Componente relacionado à falha dos sistemas internos

R_Z

R_{Z1}

0

N/A

Se a linha tiver mais de uma seção (ver 6.8), o valor de R_Z é a soma dos componentes relevantes de R_Z para cada seção da linha. As seções a serem consideradas são aquelas entre a estrutura e o primeiro nó.

Cálculo do risco de perda de vida humana:

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

R_1

1,4E-06

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 pôr em perigo a vida humana.

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.



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Secretaria Estadual da Educação – SEDU
Subsecretaria de Suporte a Educação – SESE/GERFE



MEMORIAL DE CÁLCULO

OBJETO: REFORMA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE COLATINA	
ASSUNTO: ANÁLISE DE RISCO SPDA	REVISÃO: 00
RESPONSABILIDADE TÉCNICA: Engº Bethina A Do Rosário – Crea: ES 052595/D	ARQUIVO: COL13-P01-SP-E-R0

Tipo de perda L1, Perda de vida humana ou ferimentos permanentes

R_T1 1,00E-05

5.4 Procedimento específico para avaliar a necessidade de proteção

De acordo com ABNT NBR 5419-1, os riscos R1, R2 e R3 devem ser considerados na avaliação da necessidade da proteção contra as descargas atmosféricas.

Comparação entre os valores calculados e os riscos toleráveis

Tipo de perda L1, Perda de vida humana ou ferimentos permanentes

R_1 <= R_T1

A Estrutura não precisa de SPDA

6. CONCLUSÃO

Baseado no estudo acima demonstrado, conclui-se que a unidade escolar analisada é dispensada de instalação de SPDA, conforme o método de avaliação estabelecido pela ABNT NBR 5419:2015, visto que os valores calculados na avaliação de risco R1 ($R_1 = 2,404E-06$ e $R_1 = 1,4001E-06$), para o bloco escolar, quadra, bloco laboratórios e bloco administrativo, são menores que o risco tolerável R_t ($R_t = 1,00E-5$).

Documento original assinado eletronicamente, conforme MP 2200-2/2001, art. 10, § 2º, por:

BETHINA AGUIAR DO ROSÁRIO

ENGENHEIRA ELETRICISTA JR - MAIA MELO ENGENHARIA
GERFE - SEDU - GOVES
assinado em 28/01/2025 15:56:37 -03:00

ARIOVALDO LUSTOSA RORIZ JÚNIOR

ENGENHEIRO COORDENADOR GERAL - MAIA MELO ENGENHARIA
LTDA
GERFE - SEDU - GOVES
assinado em 28/01/2025 15:29:18 -03:00

WILSON RODRIGUES GONÇALVES

COORDENADOR SETORIAL DE DIAGNÓSTICO - MAIA MELO
ENGENHARIA
GERFE - SEDU - GOVES
assinado em 28/01/2025 13:19:37 -03:00



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 28/01/2025 15:56:37 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3)
por BETHINA AGUIAR DO ROSÁRIO (ENGENHEIRA ELETRICISTA JR - MAIA MELO ENGENHARIA - GERFE - SEDU - GOVES)
Valor Legal: ORIGINAL | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/d/2025-5XZHR1>