



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS

MEMORIAL DE CÁLCULO

SPDA – SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Escola Estadual de Ensino Fundamental Clemente Pinto
Secretaria de Educação do Rio Grande do Sul



Análise de risco

Para efeitos da ABNT NBR 5419, são considerados os seguintes tipos de perdas, os quais podem aparecer como consequência de danos relevantes à estrutura:

- a) L1: perda de vida humana (incluindo-se danos permanentes);
- b) L2: perda de serviço ao público;
- c) L3: perda de patrimônio cultural;
- d) L4: perda de valor econômico (estrutura e seu conteúdo, assim como interrupções de atividades).

Para efeitos da ABNT NBR 5419, somente são considerados serviços ao público os suprimentos de água, gás, energia e sinais de TV e telecomunicações.

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 de somente o risco R1 para perda de vida humana (L1) com os componentes de risco RA, RB, RU e RV (de acordo com a Tabela 2) e para compará-los com o risco tolerável $RT = 10^{-5}$ (de acordo com a Tabela 4). Medidas de proteção adequadas devem ser selecionadas para reduzir o risco ao, ou abaixo do risco tolerável.

Tabela 2 – Componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda em uma estrutura

Fonte de danos	Descarga atmosférica na estrutura S1			Descarga atmosférica perto da estrutura S2	Descarga atmosférica em uma linha conectada à estrutura S3			Descarga atmosférica perto de uma linha conectada à estrutura S4
	R_A	R_B	R_C		R_U	R_V	R_W	
Componente de risco	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Risco para cada tipo de perda								
R_1	*	*	* a	* a	*	*	* a	* a
R_2		*	*	*		*	*	*
R_3		*	*	*		*	*	*
R_4	* b	*	*	*	* b	*	*	*

a Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possam colocar em perigo a vida humana.

b Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



A escola está localizada em um território plano com estruturas nas redondezas. A densidade de descargas atmosféricas para a terra NG = 7 descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano. Dados para a edificação e sua vizinhança são dados na Tabela E.9. Dados para as linhas que adentram o edifício e suas conexões com os sistemas internos são dados para linhas de energia na Tabela E.10 e para linhas de sinais na Tabela E.11.

Tabela E.9 – Escola: características da estrutura e do meio ambiente

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano)		NG	7,0	
Dimensões da estrutura (m)		L, W, H	48,32,10	
Fator de localização da estrutura	Cercada por objetos de mesma altura	CD	0,5	Tabela A.1
SPDA	SPDA Tipo IV	PB	0,2	Tabela B.2
Ligação equipotencial	SPDA tipo IV	PEB	0,05	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	KS1	1	Equação (B.5)

Tabela A.1 – Fator de localização da estrutura C_D

Localização relativa	C _D
Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças	1
Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte	2

Tabela E.10 – Escola: linha de energia

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)		LL	22	

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Fator de instalação	Aérea	CI	1	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Com trafo	CT	0,2	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	CE	0,1	Tabela A.4
Blindagem da linha (Ω/km)	Não Blindada	RS	1	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Não Blindada	CLD, CLI	1 , 1	Tabela B.4
Estrutura adjacente	Nenhuma	0,0,0	0,0,0	
Fator de localização da estrutura adjacente	Nenhuma	CDJ	0	Tabela A.1
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)		UW	1,5	
Parâmetros resultantes		KS4	0,67	Equação B.7
		PLD	1	Tabela B.8
		PLI	0,6	Tabela B.9

Tabela E.11 – Escola: linha de sinal

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m)		LL	25	
Fator de instalação	Aérea	CI	1	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha de sinal	CT	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	CE	0,1	Tabela A.4
Blindagem da linha (Ω/km)	Não Blindada	RS	1	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Não Blindada	CLD, CLI	1 , 1	Tabela B.4

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Estrutura adjacente	Nenhuma	0,0,0		
Fator de localização da estrutura adjacente	Nenhuma	CDJ	0	Tabela A.1
Tensão suportável dos sistemas internos (kV)		UW	1,5	
Parâmetros resultantes		KS4	0,67	Equação B.7
		PLD	1	Tabela B.8
		PLI	0,5	Tabela B.9

Definições das zonas de segurança na escola

- a) Z1 (entrada área fora da edificação);
- b) Z2 (jardim externo);
- c) Z3 (zona dentro dos prédios);

Nas diferentes zonas interna e externa da escola, é considerado um número total de 670 pessoas. O número de pessoas relacionadas a cada zona é diferente. A distribuição dentro de cada zona individual está mostrada na Tabela E.12. Estes valores serão utilizados mais tarde para subdividir os valores de perda total em frações para cada zona.

Tabela E.12 – Escola: distribuição das pessoas nas zonas

Zona	Número de pessoas	Tempo da presença
Z1 (entrada área fora da edificação)	20	5616
Z2 (jardim externo)	40	5616
Z3 (zona dentro dos prédios)	160	5616
Total	Nt = 220	6 dias/semana x 18h/dia

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Seguindo a avaliação pelo projetista de SPDA, os valores médios típicos da quantidade relativa de perdas por ano relevante ao risco R1 (ver Tabela C.1) para a estrutura completa são:

- LT = 10⁻² (fora da estrutura),
- LT = 10⁻² (dentro da estrutura),
- LF = 10⁻¹ classificado como “escola”.

Os valores globais foram reduzidos para cada zona de acordo com o número de pessoas em perigo na zona individual relacionada ao número total de pessoas consideradas. As características resultantes das zonas Z1 a Z3 são dadas nas Tabelas E.13 a E.15

Tabela E.13 – Escola: fatores válidos para zona Z1(entrada da área externa)

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Supecífie do piso	Concreto	rt	10 ⁻²	Tabela C.3
Proteção contra choque	Nenhuma	PTA	1	Tabela B.1
Risco de incêndio	Nenhum	rf	0	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Nenhuma	rp	1	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	KS2	1	Equação B.6
L1: perda de vida humana	Mais de 100 pessoas	hZ	5	Tabela C.6
	Todos tipos	LT	10 ⁻²	Tabela C.2
	Escolas	LF	10 ⁻¹	
		LO	---	
Fator para pessoas na zona	$n_z/n_t \times t_z/8760 = 20/220 \times 5616/8760$		0,058	

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Tabela E.14 – Escola: fatores válidos para zona Z2(jardim externo)

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Supefície do piso	Gramma, concreto	rt	10^{-2}	Tabela C.3
Proteção contra choque	Nenhuma	PTA	1	Tabela B.1
Risco de incêndio	Baixo	rf	10^{-3}	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Extintores	rp	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	KS2	1	Equação B.6
L1: perda de vida humana	Mais de 100 pessoas	hZ	5	Tabela C.6
	Todos tipos	LT	10^{-2}	Tabela C.2
	Escolas	LF	10^{-1}	
		LO	---	
Fator para pessoas na zona	$nz/nt \times tz/8760 = 40/220 \times 5616/8760$		0,116	

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Tabela E.15 – Escola: fatores válidos para zona Z3 (zona dentro dos prédios)

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Supefície do piso	Concreto	rt	10^{-2}	Tabela C.3
Proteção contra choque	Nenhuma	PTA	1	Tabela B.1
Risco de incêndio	Normal	rf	10^{-2}	Tabela C.5
Proteção contra incêndio	Extintores	rp	0,5	Tabela C.4
Blindagem espacial interna	Nenhuma	KS2	1	Equação B.6
Energia Fiação interna	Cabo não blindado	KS3	1	Tabela B.5
Energia DPS coordenados	Nenhum	PSPD	1	Tabela B.3
Telecom Fiação interna	Cabo não blindado	KS3	1	Tabela B.5
Telecom DPS coordenados	Nenhum	PSPD	1	Tabela B.3
L1: perda de vida humana	Mais de 100 pessoas	hZ	5	Tabela C.6
	Todos tipos	LT	10^{-2}	Tabela C.2
	Escolas	LF	10^{-1}	
		LO	---	
Fator para pessoas na zona	$nz/nt \times tz/8760 = 160/220 \times 5616/8760$		0,46	

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Cálculo das quantidades relevantes

Cálculos são dados na Tabela E.18 para as áreas de exposição equivalentes e na Tabela E.19 para número de eventos perigosos esperados.

Tabela E.18 – Escola: áreas de exposição equivalentes da estrutura e das linhas

	Símbolo	Símbolo m ²	Referência Equação	Equação
Estrutura	AD	9.163	(A.2)	$AD = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$ $= 48 \times 32 + 2 \times (3 \times 10) \times (48 + 32) + \pi \times (3 \times 10)^2$
	AM	865.375	(A.7)	$AM = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$ $AM = 2 \times 500 \times (48 + 32) + \pi \times 500^2$
Linha de energia	AL/P	880	(A.9)	$AL/P = 40 \times LL$ $AL/P = 40 \times 22$
	AI/P	88.000	(A.11)	$AI = 4\,000 \times LL$ $AI = 4\,000 \times 22$
	ADA/P	0	(A.2)	
Linha de sinal	AL/T	1000	(A.9)	$AL/T = 40 \times LL = 40 \times 25$
	AI/T	100.000	(A.11)	$AI = 4\,000 \times LL = 4000 \times 25$
	ADA/T	0	(A.2)	

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Tabela E.19 – Escola: Número anual de eventos perigosos esperados

	Símbolo	Resultado 1 / ano	Referência Equação	Equação
Estrutura	ND	$3,2 \times 10^{-2}$	(A.4)	$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$ $= 7 \times 9163 \times 0,5 \times 10^{-6}$
	NM	6,05	(A.6)	$NM = NG \times AM \times 10^{-6}$ $= 7 \times 865.375 \times 10^{-6}$
Linha de energia	NL/P	$1,23 \times 10^{-4}$	(A.8)	$NL/P = NG \times AL/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$ $= 7 \times 880 \times 1 \times 0,1 \times 0,2 \times 10^{-6}$
	NI/P	$1,23 \times 10^{-2}$	(A.10)	$NI = NG \times AI \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$ $= 7 \times 88000 \times 1 \times 0,1 \times 0,2 \times 10^{-6}$
	NDA/P	8×10^{-3}	(A.5)	$NDJ = NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$ $= 7 \times 4625 \times 0,25 \times 1 \times 10^{-6}$
Linha de sinal	NL/T	7×10^{-4}	(A.8)	$NL/T = NG \times AL/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$ $= 7 \times 1000 \times 1 \times 0,1 \times 1 \times 10^{-6}$
	NI/T	7×10^{-2}	(A.10)	$NI = NG \times AI \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$ $= 7 \times 100.000 \times 1 \times 0,1 \times 1 \times 10^{-6}$
	NDA/T	8×10^{-3}	(A.5)	$NDJ = NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$ $= 7 \times 4625 \times 0,25 \times 1 \times 10^{-6}$

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Risco R1 – Decisão da necessidade de proteção

Valores de componentes de risco para estruturas não protegidas são relatados na Tabela E.20.

Tabela E.20 – Escola: risco R1 para estruturas não protegidas

Tipo de danos	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Estrutura
D1 Ferimentos devido a choque	RA	--	--	1,49 x 10-6	1,49 x 10-6
	RU = RU/P + RU/T	--	--	2,87 x 10-8	2,87 x 10-8
D2 Danos físicos	RB	--	--	3,73 x 10-5	3,73 x 10-5
	RV = RV/P + RV/T	--	--	1,42 x 10-7	1,42 x 10-7
Total		R1 > RT: proteção contra descargas atmosférica é necessária RT = 10 ⁻⁵			R1 = 3,89 x 10-5
Tolerável					RT = 1 x 10 ⁻⁵

Componente RB (descargas atmosféricas na estrutura)

É necessária a implantação de sistema SPDA a fim de reduzir o risco RB.

Cálculos para zona 3 **Z3** (zona interna a escola):

$$RA = ND \times PA \times LA \quad \text{Eq (6)}$$

$$ND = 3,2 \times 10^{-2}$$

$$PA = PTA \times PB = 1 \times 1 \quad PA = 1$$

$$LA = rt \times LT \times nZ / nt \times tz / 8760$$

$$LA = 10^{-2} \times 10^{-2} \times 160 / 220 \times 5616 / 8760 = 4,66 \times 10^{-5}$$

$$RA = ND \times PA \times LA = 3,2 \times 10^{-2} \times 1 \times 4,66 \times 10^{-5} \quad RA = 1,49 \times 10^{-6}$$

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



$$RU = (NL + NDJ) \times PU \times LU \quad \text{Eq (10)}$$

$$NL = NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6} \quad \text{Eq (A.8)}$$

$$NL = 7 \times 880 \times 1 \times 0,1 \times 1 \times 10^{-6} \quad NL = 6,16 \times 10^{-4}$$

$$NDJ = 0$$

$$PU = PTU \times PEB \times PLD \times CLD \quad \text{Eq(B.8)}$$

$$PU = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \quad PU = 1$$

$$LU = LA = 4,66 \times 10^{-5}$$

$$RU = (NL + NDJ) \times PU \times LU = 6,16 \times 10^{-4} \times 1 \times 4,66 \times 10^{-5} \quad RU = 2,87 \times 10^{-8}$$

$$RB = ND \times PB \times LB \quad \text{Eq (7)}$$

$$ND = 3,2 \times 10^{-2}$$

$$PB = 1$$

$$LB = rp \times rf \times hz \times LF \times nZ / nt \times tz / 8\,760$$

$$LB = 0,5 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-1} \times 160 / 220 \times 5616 / 8\,760 \quad LB = 1,16 \times 10^{-3}$$

$$RB = ND \times PB \times LB = 3,2 \times 10^{-2} \times 1 \times 1,16 \times 10^{-3} \quad RB = 3,73 \times 10^{-5}$$

$$RV = (NL + NDJ) \times PV \times LV \quad \text{Eq (11)}$$

$$NL = 1,23 \times 10^{-4}$$

$$NDJ = 0$$

$$PV = PEB \times PLD \times CLD$$

$$PV = 1 \times 1 \times 1 \quad PV = 1$$

$$LV = LB \quad LV = 1,16 \times 10^{-3}$$

$$RV = (NL + NDJ) \times PV \times LV = 1,23 \times 10^{-4} \times 1 \times 1,16 \times 10^{-3} \quad RV = 1,42 \times 10^{-7}$$

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Medida de controle – Implementação de SPDA classe IV

Valores de componentes de risco para estruturas não protegidas são relatados na Tabela E.21.

Tabela E.21 – Escola: risco R1 após implementação de SPDA tipo IV

Tipo de danos	Símbolo	Z1	Z2	Z3	Estrutura
D1 Ferimentos devido a choque	RA	--	--	2,98 x 10-8	2,98 x 10-8
	RU = RU/P + RU/T	--	--	2,36 x 10-9	2,36 x 10-9
D2 Danos físicos	RB	--	--	7,46 x 10-6	7,46 x 10-6
	RV = RV/P + RV/T	--	--	5,87 x 10-7	5,87 x 10-7
Total		R1 > RT: proteção contra descargas atmosférica é necessária			R1 = 8,08 x 10⁻⁶
Tolerável		RT = 10 ⁻⁵			RT = 1 x 10 ⁻⁵

Conclusão: Risco da estrutura abaixo do risco tolerável.

Abaixo cálculos das componentes de risco.

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



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

$$RA = ND \times PA \times LA$$

ND Número de eventos perigosos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura

$$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6} \quad \text{Eq.(A.4)}$$

NG é a densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km² × ano); NG = 7

AD é a área de exposição equivalente da estrutura, expressa em metro quadrado (m²) (ver Figura A.5);

CD é o fator de localização da estrutura (ver Tabela A.1) Obj mesma altura CD = 0,5

$$AD = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$$

$$AD = 48 \times 32 + 2 \times (3 \times 10) \times (48 + 32) + \pi \times (3 \times 10)^2 \quad AD = 9.163$$

$$ND = 7 \times 9.163 \times 0,5 \times 10^{-6} \quad ND = 3,2 \times 10^{-2}$$

PA Probabilidade de ferimentos de seres vivos por choque elétrico (descargas atmosféricas à estrutura) (tabelas B.1 e B.2)

$$PA = PTA \times PB = 10^{-1} \times 0,2 \quad PA = 2 \times 10^{-2}$$

LA Perda relacionada aos ferimentos a seres vivos por choque elétrico (descargas atmosféricas à estrutura)

$$LA = rt \times LT \times nZ / nt \times tz / 8760 \quad \text{Eq.(C.1)}$$

$$LA = 10^{-2} \times 10^{-2} \times 160 / 220 \times 5616 / 8760 = 4,66 \times 10^{-5}$$

$$RA = ND \times PA \times LA = 3,2 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} \times 4,66 \times 10^{-5} \quad RA = 2,98 \times 10^{-8}$$

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na linha conectada)

$$RU = (NL + NDJ) \times PU \times LU$$

$$NL = NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$$

NG é a densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km² × ano)

$$NG = 7$$

AL é a área de exposição Linha AL = 40 × LL

$$AL = 40 \times 22$$

$$AL = 880$$

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

Aéreo

$$CI = 1$$

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

Linha com trafo

$$CT = 0,2$$

CE é o fator ambiental (ver Tabela A.4)

Urbano

$$CE = 0,1$$

$$NL = 7 \times 880 \times 1 \times 0,1 \times 0,2 \times 10^{-6}$$

$$NL = 1,23 \times 10^{-4}$$

$$NDJ = NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$$

NG é a densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km² × ano)

$$NG = 7$$

ADJ é a área de exposição equivalente da estrutura adjacente, expressa em (m²)

$$ADJ = 0$$

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

$$CDJ = 0$$

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

$$CT = 1$$

$$NDJ = 0$$

$$PU = PTU \times PEB \times PLD \times CLD$$

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

$$\text{Alerta } PTU = 10^{-1}$$

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

$$PEB = 0,05$$

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

$$PLD = 1$$

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

$$CLD = 1$$

$$PU = 10^{-1} \times 0,05 \times 1 \times 1$$

$$PU = 5 \times 10^{-3}$$

$$LU = LA = 5,74 \times 10^{-5}$$

$$RU = (NL + NDJ) \times PU \times LU = 1,23 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-3} \times 5,74 \times 10^{-5}$$

$$RU = 2,36 \times 10^{-9}$$

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



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

$$RB = ND \times PB \times LB$$

$$ND = 3,2 \times 10^{-2}$$

$$PB = \text{SPDA tipo IV} \quad (\text{tabela B.2}) \quad PB = 0,2$$

$$LB = LV = rp \times rf \times hz \times LF \times nZ / nt \times tz / 8\,760$$

LF é número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso (ver Tabela C.2) Escola LF = 10-1

rp é um fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio (ver Tabela C.4) rp = 0,5

rf é um fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão da estrutura (ver Tabela C.5) Normal rf = 10-2

hz é um fator de aumento da perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente (ver Tabela C.6) Mais do que 100 pessoas Hz = 5

nz é o número de pessoas na zona nz = 160

nt é o número total de pessoas na estrutura NT = 220

tz é o tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em horas por ano tz = 5616

$$LB = 0,5 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-1} \times 160 / 220 \times 5616 / 8\,760$$

$$LB = 1,16 \times 10^{-3}$$

$$RB = ND \times PB \times LB = 3,2 \times 10^{-2} \times 0,2 \times 1,16 \times 10^{-3}$$

$$RB = 7,46 \times 10^{-6}$$

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655



**Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica
na linha conectada)**

$$RV = (NL + NDJ) \times PV \times LV$$

$$NL = 1,23 \times 10^{-4}$$

$$NDJ = 8,09 \times 10^{-3}$$

$$PV = PEB \times PLD \times CLD$$

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

$$PEB = 0,05$$

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

$$PLD = 1$$

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

$$CLD = 1$$

$$PV = PEB \times PLD \times CLD$$

$$PV = 0,05$$

$$LV = LB$$

$$LV = 1,43 \times 10^{-3}$$

$$RV = (NL + NDJ) \times PV \times LV$$

$$RV = 8,21 \times 10^{-3} \times 0,05 \times 1,43 \times 10^{-3}$$

$$RV = 5,87 \times 10^{-7}$$

Caxias do Sul, 26 de abril de 2024.



Lucas Pedro Troian

Eng. Eletricista

Eng. Controle e Automação

CREA RS235.655 ID 4695364/01

DPE – Seção de Projetos Elétricos Equipamentos

Secretaria de Obras Públicas – RS

Eng. Lucas Pedro Troian
CREA-RS 235.655