

MEMÓRIA DE CÁLCULO

**SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
SPDA**

Proprietário: Prefeitura Municipal de Xangri-lá

Responsável Técnico: Eng. Civil Francisco José von Ameln Luzzardi
CREA RS 66948

Local: E.M.E.F. Major Antonio Marques

Endereço: Pedro Hygino, s/n

MARÇO -2017

INDICE

1. Objetivo	
2. Metodologia.....	
3. Documentos de referência.....	
4.Avaliação de Risco.....	
4.1. Risco de perda de vida humana (R1).....	
4.2. Risco de perdas de serviço ao público (R2).....	
4.3. Risco de perds de vida patrimônio cultural (R3).....	
4.4. Avaliação final do risco (R).....	
5.Estrutura Física do SPDA.....	

1. Objetivo

Este memorial fixa as condições de projeto e eficiência do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas prédio

2. Metodologia

Conforme determina a NBR 5419/2015- *Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas* verifica-se a necessidade de um sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas-SPDA e o grau de proteção do sistema. Caso seja realizada a avaliação do risco determinando-se o risco de perdas de vida humana (R1), o risco de perdas de serviços ao risco de perdas do patrimônio cultural (R3).

3. Documentos de Referências

NBR-5419-1/2015 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas - Parte 1: Princípios Gerais.

NBR-5419-1/2015 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de Risco

NBR-5419-1/2015 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas - Parte 3: Danos Físicos a Estrutura e

NBR-5419-1/2015 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas - Parte 4: Sistema Elétrica e Eletrônica

4. Avaliação do Risco

DADOS INICIAIS

ÁREA EQUIVALENTE

1-Dados

L (comprimento): 46,75

W (largura): 25,2

H (altura): 7

Hp (altura saliência): 0

ESTRUTURA ADJACENTE

1- Dados

Lj 0

Wj 0

Hj 0

Hpj 0

Ad (área de exposição estrutura retangular): 5585,8425

Ad (área de exposição estrutura complexa): 0
 Ad (área de exposição resultante): 5585,8425
 Am(área de exposição perto da estrutura): 857575
 Adj (área de exposição estrutura adjacente): 0

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

Cd	fator de localização	TAB A.1	0,25
Ng	densidade de descarga atmosférica para a terra-Km ² /ano		5,86
Ad	área de exposição equivalente-m ²		5585,8425
Nd	Ng x Ad x Cd x 10 ⁻⁶		0,00818326

Nm (número de eventos perigosos perto da estrutura)

Ng	densidade de descarga atmosférica para a terra-Km ² /ano		5,86
Am	área de exposição equivalente perto da estrutura-m ²		857575
Nm	Ng x Am x 10 ⁻⁶		5,0253895

RISCO DE PERDA DE VIDAS HUMANAS

DESCARGA ATMOSFÉRICA NA ESTRUTURA

1- COMPONENTE RA (risco de ferimentos a seres vivos causados por descarga na estrutura)

Pa (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

Pta	probabilidade de uma descarga a uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo	TAB B.1	1
Pb	probabilidade de uma descarga causar danos fisicos	TAB B.2	0,1
Pa	Pta x Pb		0,1

LA (valores de perda na zona considerada)

rt	fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou piso	TAB C.3
Lt	número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
La	rt x Lt x (nz/nt) x (tz/8760)	

$Ra = Nd \times Pa \times La$

2- COMPONENTE Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descarga na estrutura)

Pb (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos danos físicos)

Pb	probabilidade de causar danos físicos	TAB B.2	0,05
----	---------------------------------------	---------	------

Lb (valores de perda na zona considerada)

Lf	número relativo médio típico de vítimas por danos físicos devido a um evento perigoso	TAB C.2
hz	fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo espec.	TAB C.6
rf	fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso	TAB C.3
rp	fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio	TAB C.4
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
Lb	$rp \times rf \times hz \times Lf \times nz/nt \times tz/8760$	C.4

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

3- COMPONENTE Rc (risco de falha no sistema interno causado por descarga na estrutura)

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falhas a sistemas internos)

			Linhas de Energia (E)
Pspd	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
CLD	fator dependente das condições de blindagem, aterramento e isolamento	TAB B.4	1
Pc	$Pc(E) = Pspd(E) \times CLD(E)$ $Pc(T) = Pspd(T) \times CLD(T)$		1
Pc	$Pc = 1 - (1 - Pc(E)) \times 1 - (1 - Pc(T))$		1

Lc (valores de perda na zona considerada)

Lo	número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	

nt	número total de pessoas na estrutura	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
Lc	$Lo \times nz/nt \times tz/8760$	C.4

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

4- COMPONENTE Rm (risco de falha no sistema interno causado por descarga perto da estrutura)

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falhas a sistemas internos)

			Linhas de Energia (E)
Pspd	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
Ks1	fator relevante a efetividade da blindagem por malha de uma estrutura		1
Ks2	fator relevante a efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura		1
Ks3	fator relevante as características do cabeamento interno		1
Uw	tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido Kv		1
Ks4	fator relevante a tensão suportavel de impulso de um siste		1
Pms	$Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$		1
	$Pm(E) = Pspd(E) \times Pms(E)$ $Pm(T) = Pspd(T) \times Pms(T)$		1
Pm	$Pc = 1 - (1 - Pm(E)) \times 1 - (1 - Pm(T))$		1

Lm (valores de perda na zona considerada)

Lo	número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
Lc	$Lo \times nz/nt \times tz/8760$	C.4

$$Rm = Nm \times Pm \times Lm$$

DESCARGA ATMOSFÉRICA NA LINHA

AL (área de exposição equivalente de descarga para a terra que atingem a linha)

			Linhas de Energia (E)
LL	comprimento da seção de linha		1000
AL	40 x LL		40000

			Linhas de Energia (E)
Ci	fator de instalação da linha	TAB A.2	1
Ct	fator do tipo de linha	TAB A.3	1
Ce	fator ambiental	TAB A.4	0,1
NL	$Ng \times AL \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$		0,02344

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

			Linhas de Energia (E)
Cdj	fator de localização da estrutura adjacente	TAB A.1	0,5
Ndj	$Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$		0

Ptu	probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devidos a tensão de toque perigosas		
Peb	probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados		

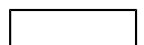
5- COMPONENTE Ru (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na linha conectada)

Pu (probabilidade de uma descarga em uma linha causar ferimentos a seres vivos poe choque elétrico

			Linhas de Energia (E)
PLD	probabilidade dependendo da resistencia Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipam.	TAB B.8	1
CLD	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1
Pu	$Ptu \times Peb \times PLD \times ClD$		1

Lu (valores de perda na zona considerada)

Lt	número relativo médio típico de vítimas por choque elétrico devido a um evento perigoso	TAB C.2
rt	fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso	TAB C.3
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
Lu	$rt \times Lt \times nz/nt \times tz/8760$	C.4



$$Ru = [(NLE+NdjE)*PuE*Lu] + [(NLT+NdjT)*PuT*Lu]$$

6- COMPONENTE Rv (risco de danos fisicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

PV (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos fisicos)

			Linhas de Energia (E)
PLD	probabilidade dependendo da resistencia Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipam.	TAB B.8	1
CLD	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1
Pv	Peb x PLD Xcld		1

Lv (valores de perda na zona considerada)

Lf	número relativo médio típico de vítimas por danos fisicos devido a um evento perigoso	TAB C.2
hz	fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo espec.	TAB C.6
rf	fator de redução em função do tipo da superficie do solo ou do piso	TAB C.3
rp	fator de redução em função das providencias tomadas para reduzir as consequencias de um incendio	TAB C.4
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
Lv	rp x rf x hz x Lf x nz/nt x tz/8760	C.4

$$Rv = [(NLE+NdjE)*PvE*Lv] + [(NLT+NdjT)*PvT*Lv]$$

7- COMPONENTE Rw (risco de de falhas do sistema interno causados por descargas da linha conectada)

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falhas a sistemas internos)

			Linhas de Energia (E)
Pspd	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
PLD	probabilidade dependendo da resistencia Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipam.	TAB B.8	1
CLD	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1
Pw	Pspd x PLD xCLD		1

Lw (valores de perda na zona considerada)

Lo	número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
Lw	$Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	C.4

$$Rw = [(NLE+NdjE)*PwE*Lw] + [(NLT+NdjT)*PwT*Lw]$$

8- COMPONENTE Rz (risco de de falhas do sistema interno causados por descargas perto da linha)

AL (área de exposição equivalente de descarga para a terra que atingem perto da linha)

			Linhas de Energia (E)
LL	comprimento da seção de linha		1000
Ai	$4000 \times LL$		4000000

			Linhas de Energia (E)
Ci	fator de instalação da linha	TAB A.2	1
Ct	fator do tipo de linha	TAB A.3	1
Ce	fator ambiental	TAB A.4	0,1
NL	$Ng \times AL \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$		2,344

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada a estrutura causar falhas a sistemas internos)

			Linhas de Energia (E)
Pspd	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
PLI	probabilidade de falha de sistema interno devido a uma descarga perto da linha conectadadependendo das características da linha e dos equipamentos	TAB B.9	1
CLI	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1
Pz	$Pspd \times PLD \times CLD$		1

Lz (valores de perda na zona considerada)

Lo	número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	

Lz	$Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	C.4
----	--------------------------------------	-----

$Rz = [(NLE+NdjE)*PzE*Lz] + [(NLT+NdjT)*PzT*Lz]$
--

RESULTADO R1

	R1
$R1 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz$	0,981538

RISCO DE PERDAS DE SERVIÇOS AO PUBLICO

DESCARGA ATMOSFÉRICA NA ESTRUTURA

1- COMPONENTE Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descarga na estrutura)

Pb (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos danos físicos)

Pb	probabilidade de causar danos físicos	TAB B.2	0,05
----	---------------------------------------	---------	------

Lb (valores de perda na zona considerada)

Lf	número relativo médio típico de vítimas por danos fisicos devido a um evento perigoso	TAB C.2
rf	fator de redução em função do risco de incendio ou explosão na estrutura	TAB C.3
rp	fator de redução em função das providencias tomadas para reduzir as consequencias de um incendio	TAB C.4
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
Lb	$rp \times rf \times Lf \times (nz/nt)$	C.4

$Rb = Nd \times Pb \times Lb$

2- COMPONENTE Rc (risco de falha no sistema interno causado por descarga na estrutura)

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falhas a sistemas internos)

Linhas de Energia (E)

Pspd	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
CLD	fator dependente das condições de blindagem, aterramento e isolamento	TAB B.4	1
Pc	$Pc(E)=Pspd(E) \times CLD(E)$ $Pc(T)=Pspd(T) \times CLD(T)$		1
Pc	$Pc=1-(1-Pc(E)) \times 1-(1-Pc(T))$		1

Lc (valores de perda na zona considerada)

Lo	número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
Lc	$Lo \times nz/nt$	C.4

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

3- COMPONENTE Rm (risco de falha no sistema interno causado por descarga perto da estrutura)

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falhas a sistemas internos)

			Linhas de Energia (E)
Pspd	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
Ks1	fator relevante a efetividade da blindagem por malha de uma estrutura		1
Ks2	fator relevante a efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura		1
Ks3	fator relevante as características do cabeamento interno		1
Uw	tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido Kv		1
Ks4	fator relevante a tensão suportavel de impulso de um siste		1
Pms	$Pms=(Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$		1
	$Pm(E)=Pspd(E) \times Pms(E)$ $Pm(T)=Pspd(T) \times Pms(T)$		1
Pm	$Pc=1-(1-Pm(E)) \times 1-(1-Pm(T))$		1

Lm (valores de perda na zona considerada)

Lo	número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	

Lm	Lo x nz/nt	C.4
----	------------	-----

$$R_m = N_m \times P_m \times L_m$$

DESCARGA ATMOSFÉRICA NA LINHA

4- COMPONENTE Rv (risco de danos fisicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

PV (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos fisicos)

			Linhas de Energia (E)
PLD	probabilidade dependendo da resistencia Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipam.	TAB B.8	1
CLD	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1
Pv	Peb x PLD X CLD		1

Lv (valores de perda na zona considerada)

Lf	número relativo médio típico de vítimas por danos fisicos devido a um evento perigoso	TAB C.2
rf	fator de redução em função do tipo da superficie do solo ou do piso	TAB C.3
rp	fator de redução em função das providencias tomadas para reduzir as consequencias de um incendio	TAB C.4
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
Lv	rp x rf x Lf x (nz/nt)	C.4

$$R_v = [(NLE+NdjE)*PvE*Lv] + [(NLT+NdjT)*PvT*Lv]$$

5- COMPONENTE Rw (risco de de falhas do sistema interno causados por descargas da linha conectada)

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falhas a sistemas internos)

			Linhas de Energia (E)
Pspd	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
PLD	probabilidade dependendo da resistencia Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipam.	TAB B.8	1
CLD	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1

Pw	Pspd x PLD xCLD		1
----	-----------------	--	---

Lw (valores de perda na zona considerada)

Lo	número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
Lw	Lo x (nz/nt)	C.4

$$Rw = [(NLE+NdjE)*PwE*Lw] + [(NLT+NdjT)*PwT*Lw]$$

6- COMPONENTE Rz (risco de de falhas do sistema interno causados por descargas perto da linha)

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada a estrutura causar falhas a sistemas internos)

			Linhas de Energia (E)
Pspd	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
PLI	probabilidade de falha de sistema interno devido a uma descarga perto da linha conectadadependendo das características da linha e dos equipamentos	TAB B.9	1
CLI	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1
Pz	Pspd x PLD xCLD		1

Lz (valores de perda na zona considerada)

Lo	número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso	TAB C.2
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
Lz	Lo x (nz/nt)	C.4

$$Rz = [(NLE+NdjE)*PzE*Lz] + [(NLT+NdjT)*PzT*Lz]$$

RESULTADO R2

R2

$$R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

0,056002

RISCO DE PERDAS DE PATRIMONIO CULTURAL

DESCARGA ATMOSFÉRICA NA ESTRUTURA

1- COMPONENTE Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descarga na estrutura)

Pb (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos danos físicos)

Pb	probabilidade de causar danos físicos	TAB B.2	0,05
----	---------------------------------------	---------	------

Lb (valores de perda na zona considerada)

Lf	número relativo médio típico de vítimas por danos fisicos devido a um evento perigoso	TAB C.2
rf	fator de redução em função do risco de incendio ou explosão na estrutura	TAB C.3
rp	fator de redução em função das providencias tomadas para reduzir as consequencias de um incendio	TAB C.4
cz	valor do patrimonio cultural na zona considerada (R\$)	
ct	valor total da edificação e conteudo da estrutura (R\$)	
Lb	$rp \times rf \times Lf \times (cz/ct)$	C.4

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

DESCARGA ATMOSFÉRICA NA LINHA

4- COMPONENTE Rv (risco de danos fisicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

PV (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos fisicos)

			Linhas de Energia (E)
PLD	probabilidade dependendo da resistencia Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipam.	TAB B.8	1
CLD	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1
Pv	$Peb \times PLD \times CLD$		1

Lv (valores de perda na zona considerada)

Lf	número relativo médio típico de vítimas por danos fisicos devido a um evento perigoso	TAB C.2
rf	fator de redução em função do tipo da superficie do solo ou do piso	TAB C.3
rp	fator de redução em função das providencias tomadas para reduzir as consequencias de um incendio	TAB C.4
cz	valor do patrimonio cultural na zona considerada (R\$)	

ct	valor total da edificação e conteúdo da estrutura (R\$)	
Lv	rp x rf x Lf x (cz/ct)	C.4

$$R_v = [(NLE+N_djE)*P_vE*L_v] + [(NLT+N_djT)*P_vT*L_v]$$

RESULTADO R3

		R3
	R3 = Rb + Rv	0

AVALIAÇÃO FINAL DO RISCO

Valores típicos de risco tolerável-RT

	Tipo de Perda	RT
L1	Perda de vidas humanas ou ferimentos permanentes	1,00E-05
L2	Perda de serviço ao público	1,00E-03
L3	Perda de patrimônio cultural	1,00E-04

		RT	Z1	
R1	Risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes	9,82E-01	9,82E-01	
R2	Risco de perda de serviço ao público	5,60E-02	5,60E-02	
R3	Risco de perda de patrimônio cultural	0	0	Nã

5. ESTRUTURA FISICA DO SPDA (ANEXO II DA RT 005/BM-CCB/2003)

5.1	Nível de Proteção	II - Escolas (conforme Tabela B.6 da NBR 5419)	
5.2	Método do SPDA	Gaiola de Faraday	
5.3	Captores	Material	Aluminio
		Hastes	Aluminio 3/4 x 1/4 x 300mm
		Cabos	Fita de aluminio 7/8x1/8" (70mm²)
		Malha	10 x 10m
5.4	Condutores de Descida	Material	Aluminio
		Espaçamento	10,0m

5.5	Aterramento	Cabos	Aluminio 3/4 x 1/4 x 300mm
		Distancia de ptos de risco	maior que 3,0m
		Material	Cobre
		Hastes	Hastes Tipo Copperweld 5/8"x3000m
		Cabos	50 mm ²
		Profundidade	0,50m
		Espaçamento entre eletrodos	10,0m
		Distancia da fundação	1,0m

Prefeitura Munipal de Xangri-lá
Proprietário

Eng. Civil Francisco José
Responsável Técnico- CF

TABELAS COM FATORES DE PONDERAÇÃO - N

Fator A: Tipo de ocupação

Tipo de ocupação
Casas e outras estruturas de porte equivalente
Casas e outras estruturas de porte equivalente com antena e
Fábricas, oficinas e laboratórios
Edifícios de escritórios, hotéis e apartamentos, e outros edifícios não incluídos abaixo
Locais de afluência de público (por exemplo: igrejas, pavilhões, exposições, lojas de departamento, correios, estações e aeroportos)
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, estruturas de atividades
¹⁾ Para requisitos para instalação de antenas, ver anexo A.

Fator B: Tipo de construção

Tipo de construção
Estrutura de aço revestida, com cobertura não-metálica ¹⁾
Estrutura de concreto armado, com cobertura não-metálica
Estrutura de aço revestida, ou de concreto armado, com cobertura
Estrutura de alvenaria ou concreto simples, com qualquer cobertura ou de palha
Estrutura de madeira, ou revestida de madeira, com qualquer cobertura metálica ou de palha
Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura
Qualquer estrutura com teto de palha
¹⁾ Estruturas de metal aparente que sejam contínuas até o nível do requerem apenas um subsistema de aterramento.

Fator C: Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos

Conteúdo da estrutura ou efeitos indiretos
Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas contendo objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos
Estruturas industriais e agrícolas contendo objetos particularmente danosos ¹⁾
Subestações de energia elétrica, usinas de gás, centrais telefônicas de rádio
Indústrias estratégicas, monumentos antigos e prédios históricos, galerias de arte e outras estruturas com objetos de valor especial
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, locais de afluência
¹⁾ Instalação de alto valor ou materiais vulneráveis a incêndios e às su

CAS

Fator D: Localização

Localização
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas de mesma altura ou mais altas (por exemplo: em grandes cidades)
Estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas de altura similar
Estrutura completamente isolada, ou que ultrapassa, no mínimo, a altura de estruturas ou árvores próximas

Fator E: Topografia da região

Topografia
Planície
Elevações moderadas, colinas
Montanhas entre 300 m e 900 m
Montanhas acima de 900 m

	igrejas	causando atraso no socorro
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Como acima, além de efeitos indiretos perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados
	Hospitais, casa de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos prejuízos inaceitáveis e perda de produção
	Museus, locais arqueológicos	Perda de patrimônio cultural insubstituível
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação usinas elétricas Indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por longo período de tempo Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndios
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a área e seus arredores
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios biológicos	Risco de incêndio e falhas de operação, consequências perigosas para o local e meio ambiente
1) ETI (equipamentos de tecnologia da informação) podem ser instalados em todos os tipos de estruturas comuns. É impraticável a proteção total contra danos causados pelos raios dentro de uma estrutura, portanto, devem ser tomadas medidas (conforme a ABNT NBR 5410) de modo a limitar os danos aceitáveis.		
2) Estruturas de madeira: nível III; estruturas nível IV. Estruturas contendo produtos altamente inflamáveis (pós de grãos) sujeitos a explosão são considerados com risco para arredores.		

com a	II
diretos e bilizadas das us a ução	III
ível	II
nicos por	I
ido a	I
stalação	I
o, com e para o	I
de estruturas, inclusive destas estruturas; não os prejuízos a níveis	
ricolas potencialmente	

TABELAS PARA A AVALIAÇÃO DO R

Tabela A.1 – Fator de localização da

Localização relativa
Estrutura cercada por objetos mais altos
Estrutura cercada por objetos da mesma altura o
Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinh

Tabela A.2 – Fator de instalação c

Roteamento
Aéreo
Enterrado

Tabela A.3 – Fator tipo de linha C_T

Instalação
Linha de energia ou sinal
Linha de energia em AT (com transformador AT/BT)

Tabela A.4 – Fator ambiental da linha

Ambiente
Rural
Suburbano
Urbano
Urbano com edifícios mais altos que 20 m.

Tabela B.1 – Valores de probabilidade P_{TA} de uma descarga atm causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e

Medida de proteção adicional
Nenhuma medida de proteção
Avisos de alerta
Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno r das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)
Equipotencialização efetiva do solo
Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema

(SPDA) referente ao

cessidade de instalação
necessário é realizada
público (R2) e o risco

: Perigos a Vida.
cos Internos na Estrutura.

Tabela B.2 – Valores de probabilidade P_B dependendo das medidas de proteção contra danos físicos

Características da estrutura	Classe do SPD
Estrutura não protegida por SPDA	–
Estrutura protegida por SPDA	IV
	III
	II
	I
Estrutura com subsistema de captação conforme SPDA classe I e II ou estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descida natural	
Estrutura com cobertura metálica e um subsistema de captação, possivelmente incluindo componentes naturais, com proteção completa de qualquer instalação na cobertura contra descargas atmosféricas diretas e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descidas natural	

Tabela B.3 – Valores de probabilidade de P_{SPD} em função do tipo de sistema de proteção

NP	
Nenhum sistema de DPS coordenado	
III-IV	
II	
I	
NOTA 2	0,0001

Tabela B.4 – Valores dos fatores C_{LD} e C_{LI} dependendo do tipo de aterramento e isolamento

Tipo de linha externa	Conexão na entrada
Linha aérea não blindada	Indefinida
Linha enterrada não blindada	Indefinida
Linha de energia com neutro multiterrado	Nenhuma
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao barramento de equipotencial equipamento
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao barramento de equipotencial equipamento
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento

Tipo de linha externa	Conexão na entrada
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento
Cabo protegido contra descargas atmosféricas ou cabeamento em dutos para cabos protegido contra descargas atmosféricas, eletrodutos metálicos ou tubos metálicos	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento

Z1	Z2	Z3
0,01	0	0
0,01	0	0
873	0	0
873	0	0
8760	0	0
0,0001	0	0

Z1	Z2	Z3
8,183E-08	0	0

(Nenhuma linha externa)	Sem conexões com linhas externas independentes)
Qualquer tipo	Interfaces isolantes de acordo ABNT NBR 5419-4

Z1	Z2	Z3
0,1	0	
1	0	
0,01	0	
0,5	0	
873	0	
873	0	
8760	0	
0,0005	0	0

Z1	Z2	Z3
2,046E-07	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1		
873		

Tabela B.5 – Valor do fator K_{S3} dependendo d

Tipo de fiação interna	
Cabo não blindado – sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços ^a	
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços ^b	
Cabo não blindado – preocupação no roteamento no sentido de evitar laços ^c	
Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos ^d	

^a Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios
^b Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em edifícios pequenos (área do laço da ordem de 10 m²).
^c Condutores em laço roteados em um mesmo cabo (área do laço da
^d Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barrame

Tabela B.6 – Valores da probabilidade P_{TU} de uma descarga adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a

Medida de proteção
Nenhuma medida de proteção
Avisos visíveis de alerta
Isolação elétrica
Restrições físicas

Tabela B.7 – Valor da probabilidade P_{EB} em função do NP p
projetados

NP	P_{EB}
Sem DPS	1
III-IV	0,0
II	0,0
I	0,0
NOTA 4	0,005 –

Tabela B.8 – Valores da probabilidade P_{IN} dependendo da resis

873		
8760		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,000818	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1
1
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1		
873		
873		
8760		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,502539	0	0

do cabo e da tensão suportável de impulso U_W do e			
Tipo da linha	Condições do roteamento, blindagem e interligação		Ten 1
Linhas de energia ou sinal	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento		1
	Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	$5\Omega/\text{km} < R_S \leq 20\Omega/\text{km}$	1
		$1\Omega/\text{km} < R_S \leq 5\Omega/\text{km}$	0,9
		$R_S \leq 1\Omega/\text{km}$	0,6

Tabela B.9 – Valores da probabilidade P_L dependendo do tip de impulso U_W dos equipame

Tipo da linha	Tensão suportáv		
	1	1,5	2,5
Linhas de energia	1	0,6	0,3
Linhas de sinais	1	0,5	0,2

Tabela C.1 – Tipo de perda L1: Valores da perda

Tipo de dano	Perda típica
D1	$L_A = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_Z / 876$
D1	$L_U = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_Z / 876$
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_Z \times L_F \times n_Z / n_t \times t$
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_Z / n_t \times t$

Tabela C.2 – Tipo de perda L1: Valores médios típico

Tipos de danos	Valor de perda típico		Tipo
D1 ferimentos	L_T	10^{-2}	Todos os tipos
D2 danos físicos	L_F	10^{-1}	Risco de explosi
		10^{-1}	Hospital, hotel, e
		5×10^{-2}	Entretenimento p
		2×10^{-2}	Industrial, comer
		10^{-2}	Outros
D3 falhas de sistemas internos	L_O	10^{-1}	Risco de explosi
		10^{-2}	Unidade de tera
		10^{-3}	Outras partes de

Linhas de comunicação (T)
1000
40000

Linhas de comunicação (T)
1
1
0,1
0,02344

Linhas de comunicação (T)
0,5
0

TAB B.6	1
TAB B.7	1

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,01		
0,01		
873		
873		
8760		
0,0001	0	0

Z1	Z2	Z3
----	----	----

Tabela C.3 – Fator de redução r_t em função do tipo da superfície

Tipo de superfície ^b	Resistência de contato $k \Omega$ ^a
Agricultura, concreto	≤ 1
Marmore, cerâmica	1 – 10
Cascalho, tapete, carpete	10 – 100
Asfalto, linóleo, madeira	≥ 100

^a Valores medidos entre um eletrodo de 400 cm² comprimido com uma força considerada no infinito.

^b Uma camada de material isolante, por exemplo, asfalto, de 5 cm de espessura ou cascalho de 15 cm de espessura) geralmente reduz o perigo a um nível aceitável.

Tabela C.4 – Fator de redução r_p em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio

Providências
Nenhuma providência
Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, comutadores de fogo, rotas de escape
Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático ^a

^a Somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se a duração de proteção for de no menos de 10 min.

Tabela C.5 – Fator de redução r_f em função do risco de incêndio

Risco	Quantidade de risco
Explosão	Zonas 0, 20 e explosivo
	Zonas 1, 21
	Zonas 2, 22
	Alto

4,688E-06	0	0
-----------	---	---

Incêndio	Normal
	Baixo
Explosão ou incêndio	Nenhum

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1	0	
1	0	
1	0	
1	0	
873	0	
873	0	
8760	0	
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,004688	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1

Tabela C.6 – Fator h_z aumentando a quantidade rel de um perigo especial

Tipo de perigo especial
Sem perigo especial
Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada e número de pessoas não superior a 100)
Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1000)
Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pessoas com mobilidade reduzida)
Alto nível de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos de grande porte com um número de participantes maior que 1000)

Tabela C.7 – Tipo de perda L2: valores de perda típica

Tipo de dano	Perda típica
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_F \times n_z$
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times r$

Tabela C.8 – Tipo de perda L2: valores médios t

Tipo de dano	Valor da perda típica		T
D2 danos físicos	L_F	10^{-1}	Gás, água, TV
		10^{-2}	TV
D3 falhas de sistemas internos	L_O	10^{-2}	Gás, água, TV
		10^{-3}	TV

Z1	Z2	Z3
0,1		
873		
873		
8760		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,004688	0	0

Linhas de comunicação (T)
1000
4000000

Linhas de comunicação (T)
1
1
0,1
2,344

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1	0	0
873	0	0
873	0	0
8760	0	0

Tabela C.9 – Tipo de perda L3: valores de per

Tipo de dano	Valor típico da perda
D2 danos físicos	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_F \times c_Z / c_t$

Tabela C.10 – Tipo de perda L3: valor mé

Tipo de dano	Valor típico de perda	Tipo
D2 danos físicos	L_F	10^{-1}

Tabela C.11 – Tipo de perda L4: valores de per

Tipo de danos	Perda típica
D1	$L_A = r_t \times L_T \times c_a /$
D1	$L_U = r_t \times L_T \times c_a /$
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_F \times (c_a + c_i)$
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O$

^a As relações c_a / c_t e $(c_a + c_b + c_c + c_s) / c_t$ e c_s / c_t devem somer (C.10) – (C.13), se a análise de risco for conduzida de acordo com de utilizar um valor representativo para o risco tolerável R4 de acord podem ser levadas em consideração. Nestes casos, as relações de

Tabela C.12 – Tipo de perda L4: valores médios

Tipo de danos	Valor de perda típico	Tipo
D1 ferimento devido a choque	L_T	10^{-2}
D2 danos físicos	L_F	1
		0,5
		0,2
		10^{-1}
D3 falha de sistemas internos	L_O	10^{-1}
		10^{-2}
		10^{-3}
		10^{-4}

0,1	0	0
-----	---	---

Z1	Z2	Z3
0,4688	0	0

Z1	Z2	Z3
0,981538	0	0

Z1	Z2	Z3
0,1		
1		
1		
873		
873		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
4,092E-05	0	0

Linhas de

comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,01		
873		
873		
0,01	0	0

Z1	Z2	Z3
8,183E-05	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1
1
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,01		
873		
873		

0,01	0	0
------	---	---

Z1	Z2	Z3
0,050254	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1		
1		
1		
873		
873		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,004688	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

1

Z1	Z2	Z3
0,01		
873		
873		
0,01	0	0

Z1	Z2	Z3
0,000469	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,01		
873		
873		
0,01	0	0

Z1	Z2	Z3
0,000469	0	0

Z1	Z2	Z3
0,056002	0	0

Z1	Z2	Z3
0,1		
1		
1		
0		
790000		
0	0	0

Z1	Z2	Z3
0	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1		
1		
1		
0		

790000		
0	0	0

Z1	Z2	Z3
0	0	0

Z1	Z2	Z3
0	0	0

É NECESSÁRIO SPDA
É NECESSÁRIO SPDA
ÃO É NECESSÁRIO SPDA

nm alta camada

von Ameln Luzzardi
REA RS 66948

ção da estrutura

	Fator A
	0,3
terna ¹⁾	0,7
	1,0
ios residenciais	1,2
s, teatros, museus, portos, estádios de	1,3
e múltiplas	1,7

ção da estrutura

	Fator B
	0,2
	0,4
a metálica	0,8
ura, exceto metálica	1,0
pertura, exceto	1,4
ura metálica	1,7
	2,0
) solo estão excluídas desta tabela, porque	

retos das descargas atmosféricas

	Fator C
s que não anos	0,3
ente suscetíveis a	0,8
nicas, estações	1,0
os, museus, ial	1,3
ência de público	1,7
as conseqüências.	

la estrutura

	Fator D
ou árvores da ou em florestas)	0,4
ou árvores de	1,0
mo, duas vezes a	2,0

egião

	Fator E
	0,3
	1,0
	1,3
	1,7

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas
Estruturas comuns: 1)	Residências	Perfuração da isolação de instalações incêndio, e danos materiais Danos normalmente limitados a objeto ponto de impacto ou no caminho do raio
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de linhas perigosas
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e	Risco indireto devido à interrupção de risco de vida para animais devido à perda controles eletrônicos, ventilação, supria alimentação e outros
		Danos às instalações elétricas (por extinção iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio

Tabela B.6 — Exemplos de classificação de estruturas

cas elétricas,	Nível de proteção
o passo	III
energia e rda de mento de	III ou IV ²⁾
amplo: êndio.	II

SCO

estrutura C_D

	C_D
	0,25
u mais baixos	0,5
ranças	1

da linha C_I

	C_I
	1
	0,5
	01

	C_T
	1
	0,2

C_E

C_E
1
0,5
0,1
0,01

osférica em uma estrutura de passo perigosas

	P_{TA}
	1
	10^{-1}
eticulado	10^{-2}
	10^{-2}
a de descida	0

as de proteção para reduzir

DA	P_B
	1
	0,2
	0,1
	0,05
	0,02
ima im	0,01
leita	0,001

NP para o qual os DPS foram

P_{SPD}
1
0,05
0,02
0,01
0,005 – 0,001

as condições de blindagem

rada	C_{LD}	C_{LI}
	1	1
	1	1
	1	0,2
o mesmo ização que o	1	0,3
o mesmo ização que o	1	0,1
smo barramento o equipamento	1	0

ada	C_{LD}	C_{LI}
no barramento equipamento	1	0
no barramento equipamento	0	0

ernas (sistemas	0	0
com a	0	0

a fiação interna

K_{S3}
1
0,2
0,01
0,000 1

os (área do laço da ordem de 50 m²).
; em laço com diferentes roteamentos

ordem de 0,5 m²).
de equipotencialização em ambas
ento equipotencialização.

atmosférica em uma linha que tensões de toque perigosas

P_{TU}
1
10^{-1}
10^{-2}
0

ara o qual os DPS foram

3
5
2
1
0,001

tência R_S da blindagem

Equipamento				
Tensão suportável U_W em kV				
	1,5	2,5	4	6
	1	1	1	1
	1	0,95	0,9	0,8
	0,8	0,6	0,3	0,1
	0,4	0,2	0,04	0,02

do da linha e da tensão suportável
mentos

Tensão suportável U_W em kV	
4	6
0,16	0,1
0,08	0,04

a para cada zona

	Equação
s_0	(C.1)
0	(C.2)
$t_z / 8\,760$	(C.3)
$z / 8\,760$	(C.4)

cos de L_T , L_F e L_O

da estrutura
ão
escola, edifício cívico
publico, igreja, museu
rcial
ão
pia intensiva e bloco pital
e hospital

uperfície do solo ou piso

	r_t
	10^{-2}
	10^{-3}
	10^{-4}
	10^{-5}
força uniforme de 500 N e um ponto de espessura (ou uma camada de ível tolerável.	

**ncias tomadas para reduzir
dio**

	r_p
	1
operadas partimentos à prova	0,5
utomaticamente,	0,2
os bombeiros puderem chegar em	

ncêndio ou explosão na estrutura

	r_f
s sólidos	1
	10^{-1}
	10^{-3}
	10^{-1}

	10^{-2}
	10^{-3}
	0

ativa de perda na presença

	h_z
	1
a dois andares	2
para eventos re 100 e 1 000	5
oas imobilizadas,	5
ra eventos culturais 000 pessoas)	10

da para cada zona

	Equação
$/n_t$	(C.7)
r_z/n_t	(C.8)

ípicos de L_F e L_O

tipo de serviço
fornecimento de energia
, linhas de sinais
fornecimento de energia
, linhas de sinais

arda para cada zona

Equação
(C.9)

dio típico de L_F

o de estrutura ou zona
Museus, galerias

da de cada zona

	Equação
c_t^a	(C.10)
c_t^a	(C.11)
$b + c_c + c_s) / c_t^a$	(C.12)
$\times c_s / c_t^a$	(C.13)

nte ser consideradas nas equações
n 6.10, usando o Anexo D. No caso
do com a Tabela 4, as relações não
vem ser substituídas pelo valor 1.

típicos de L_T , L_F e L_O

de estrutura
mente animais estão presentes
seu, agricultura
, igreja, entretenimento público,
ritório, hotel, comercial
ola, igreja, entretenimento