

MEMÓRIA DE CÁLCULO

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Proprietário: Prefeitura Municipal de Xangri-lá

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

Local: E.M.E.F. Lobinho Guará

Endereço: RS 407 nº 3068

MARÇO -2017

INDICE

1. Objetivo	
2. Metodologia.....	
3. Documentos de referência.....	
4. Avaliação de Risco.....	
5.1. Risco de perda de vida humana (R1).....	
5.2. Risco de perdas de serviço ao público (R2).....	
5.3. Risco de perdas de vida patrimônio cultural (R3).....	
5.4. 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 em um 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 necessária a avaliação do risco determinando-se o risco de perdas de vida humana (R1), o risco de perdas de serviços ao usuário (R2) e o 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): 35,85
W (largura): 43,45
H (altura): 3
Hp (altura saliência): 0

ESTRUTURA ADJACENTE

1- Dados

Lj 0
Wj 0
Hj 0
Hpj 0

Ad (área de exposição estrutura retangular): 3171,88
Ad (área de exposição estrutura complexa): 0
Ad (área de exposição resultante): 3171,88 (determinado graficame
Am(área de exposição perto da estrutura): 864925
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		5,5
Ad	área de exposição equivalente-m ²		3171,88
Nd	$Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$		0,004361335

Nm (número de eventos perigosos perto da estrutura)

Ng	densidade de descarga atmosférica para a terra-Km ² /ano		5,5
Am	área de exposição equivalente perto da estrutura-m ²		864925
Nm	$Ng \times Am \times 10^{-6}$		4,75709

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	$rt \times Lt \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	

$$Ra = Nd \times Pa \times La$$

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 providencias tomadas para reduzir as consequências 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	
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	$40 \times LL$		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	$Ng \times AL \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$		0,022

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 x Peb x PLD Xcld		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 x Lt x nz/nt x 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 superfície 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

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

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

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

			Linhas de Energia (E)
Psp _d	probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados	TAB B.3	1
PLD	probabilidade dependendo da resistencia R _s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U _w do equipam.	TAB B.8	1
CLD	fator dependendo das condições de blindagem , aterr.,isol.	TAB B.4	1
P _w	Psp _d x PLD x CLD		1

L_w (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
n _z	número de pessoas na zona considerada	
n _t	número total de pessoas na estrutura	
t _z	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
L _w	Lo x (n _z /n _t) x (t _z /8760)	C.4

$$R_w = [(NLE+N_djE)*P_wE*L_w] + [(NLT+N_djT)*P_wT*L_w]$$

8- COMPONENTE R_z (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 x 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 x AL x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶		2,2

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 conectada dependendo 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	
tz	tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada	
Lz	Lo x (nz/nt) x (tz/8760)	C.4

$$R_z = [(NLE+N_djE)*P_zE*L_z] + [(NLT+N_djT)*P_zT*L_z]$$

RESULTADO R1

		R1
$R1 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz$		0,924949

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 físicos 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 isolação	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	TAB B.3	1

	DPS foram projetados		
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	$Lo \times nz / nt$	C.4

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

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	TAB C.4

	consequencias de um incendio	
nz	número de pessoas na zona considerada	
nt	número total de pessoas na estrutura	
Lv	$rp \times rf \times Lf \times (nz/nt)$	C.4

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

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	$Pspd \times PLD \times CLD$		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	$Lo \times (nz/nt)$	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

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

RESULTADO R2

		R2
$R2 = R_b + R_c + R_m + R_v + R_w + R_z$		0,052916

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 x rf x Lf x (cz/ct)	C.4

$$R_b = Nd \times Pb \times L_b$$

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
cz	valor do patrimonio cultural na zona considerada (R\$)	
ct	valor total da edificação e conteudo 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 publico	1,00E-03
L3	Perda de patrimônio cultural	1,00E-04

		RT	Z1
R1	Risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes	9,25E-01	9,25E-01

R2	Risco de perda de serviço ao público	5,29E-02	5,29E-02	
R3	Risco de perda de patrimônio cultural	0	0	NÃO

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	Captadores	Material	Aluminio	
		Hastes	Aluminio 3/4 x 1/4 x 300mm	
		Cabos	Fita de aluminio 7/8x1/8" (70mm ²)	
		Malha	10 x 10m	
5.4	Condutores de Descida	Material	Aluminio	
		Espaçamento	10,0m	
		Cabos	Aluminio 3/4 x 1/4 x 300mm	
		Distancia de ptos de risco	Maior que 3,0m	
5.5	Aterramento	Material	Cobre	
		Hastes	14 hastes Tipo Copperweld 5/8"x300	
		Cabos	50 mm ²	
		Profundidade	0,50m	
		Espaçamento entre eletrodos	10,0m	
		Distancia da fundação	1,0m	

Prefeitura Municipal de Xangri-lá
Proprietário

Eng. Civil Francisco
Responsável Técnico- CF

		causando atraso no socorro	
	Igrejas		
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados	II
	Hospitais, casa de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III
	Museus, locais arqueológicos	Perda de patrimônio cultural insubstituível	II
	Estações de telecomunicação usinas elétricas	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo	I
	Indústrias	Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	
	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
	Estruturas com risco para os arredores		
	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos	Risco de incêndio e falhas de operação, com consequências perigosas para o local e para o meio ambiente	I

¹⁾ ETI (equipamentos de tecnologia da informação) podem ser instalados em todos os tipos de estruturas, inclusive estruturas comuns. É impraticável a proteção total contra danos causados pelos raios dentro destas estruturas; não obstante, devem ser tomadas medidas (conforme a ABNT NBR 5410) de modo a limitar os prejuízos a níveis aceitáveis.

²⁾ Estruturas de madeira: nível III; estruturas contendo produtos agrícolas potencialmente combustíveis (pós de grãos) sujeitos a explosão são considerados com risco para arredores.



.....	3
.....	3
.....	3
.....	3
.....	3
.....	8
.....	10
.....	11
.....	12

TABELAS PARA A AVALIAÇÃO DO RISCO

Tabela A.1 – Fator de localização da instalação

Localização relativa
Estrutura cercada por objetos mais altos
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças

Tabela A.2 – Fator de instalação da linha

Roteamento
Aéreo
Enterrado
Cabos enterrados instalados completamente dentro de uma malha de aterramento (ABNT NBR 5419-4:2015, 5.6.2)

Tabela A.3 – Fator tipo de linha CT

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 atmosférica causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo

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

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 proteção projetada

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

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 equipotencialização do equipamento
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao barramento de equipotencialização do 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	

(SPDA) referente ao

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

Perigos a Vida.
cos Internos na Estrutura.

descargas atmosféricas ou cabeamento em dutos para cabos protegido contra descargas atmosféricas, eletrodutos metálicos ou tubos metálicos	Blindagem interligada ao mesmo de equipotencialização que o e
(Nenhuma linha externa)	Sem conexões com linhas exte independentes)
Qualquer tipo	Interfaces isolantes de acordo ABNT NBR 5419-4

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 –

Z1	Z2	Z3
0,01	0	0
0,01	0	0
158	0	0
158	0	0
8760	0	0
0,0001	0	0

Z1	Z2	Z3
4,361E-08	0	0

Z1	Z2	Z3
0,1	0	
1	0	
0,01	0	
0,5	0	
158	0	
158	0	
8760	0	
0,0005	0	0

Z1	Z2	Z3
1,09E-07	0	0

Tabela B.8 – Valores da probabilidade P_{LD} dependendo da resistência do cabo e da tensão suportável de impulso U_W do equipamento

Tipo da linha	Condições do roteamento, blindagem e interligação	Tensão suportável
		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	$5\Omega/\text{km} < R_S \leq 20\Omega/\text{km}$
		$1\Omega/\text{km} < R_S \leq 5\Omega/\text{km}$
		$R_S \leq 1\Omega/\text{km}$

Tabela B.9 – Valores da probabilidade P_{LI} dependendo do tipo de impulso U_W dos equipamentos

Tipo da linha	Tensão suportável		
	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 típica

Tipo de dano	Perda típica
D1	$L_A = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_z / 8760$
D1	$L_U = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_z / 8760$
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_Z / n_t \times t_z$
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_Z / n_t \times t_z$

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

Tipos de danos	Valor de perda típico	Tipo de perda
D1 ferimentos	L_T	10^{-2} Todos os tipos
D2 danos físicos	L_F	10^{-1} Risco de explosão
		10^{-1} Hospital, hotel, e
		5×10^{-2} Entretenimento p
		2×10^{-2} Industrial, comer
		10^{-2} Outros
D3		10^{-1} Risco de explosão

falhas de sistemas internos	LO	10 ⁻²	Unidade de terapia cirúrgico de hosp
		10 ⁻³	Outras partes de

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1		
158		
158		
8760		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,000436	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1
1
1

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 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 da proteção for de no menos de 10 min.

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

Risco	Quantidade
-------	------------

1
1

Z1	Z2	Z3
0,1		
158		
158		
8760		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,475709	0	0

Linhas de comunicação (T)
1000
40000

Linhas de comunicação (T)
1
1
0,1
0,022

Linhas de comunicação (T)
0,5
0

TAB B.6	1
TAB B.7	1

RISCO	de risco
Explosão	Zonas 0, 20 e explosivos
	Zonas 1, 21
	Zonas 2, 22
Incêndio	Alto
	Normal
	Baixo
Explosão ou incêndio	Nenhum

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 ou esportivos com um número de participantes maior que 1000)

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

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	10^{-1}	Gás, água,

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,01		
0,01		
232		
232		
8760		
0,0001	0	0

Z1	Z2	Z3
4,4E-06	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1	0	
1	0	
1	0	
1	0	
232	0	
232	0	
8760	0	
0,1	0	0

danos físicos	L_F	10^{-2}	TV
D3 falhas de sistemas internos	L_O	10^{-2}	Gás, água,
		10^{-3}	TV

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

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 médio

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

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

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	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_F \times (c_a + c_t)$
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 somar-se (C.10) – (C.13), se a análise de risco for conduzida de acordo com a norma ISO 31010, de utilizar um valor representativo para o risco tolerável R4 de acordo com a norma ISO 31010, 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}
		Todos os tipos onde se
		Risco de explosão
		Hospital, industrial, museu
		Hotel, escola, escritório comercial
		Outros

Z1	Z2	Z3
0,0044	0	0

D3 falha de sistemas internos	LO	10 ⁻¹	Risco de explosao
		10 ⁻²	Hospital, industrial, esc
		10 ⁻³	Museu, agricultura, esc público
		10 ⁻⁴	Outros

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1		
232		
232		
8760		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,0044	0	0

Linhas de comunicação (T)
1000
4000000

Linhas de comunicação (T)
1
1
0,1
2,2

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1	0	0
232	0	0
232	0	0
8760	0	0
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,44	0	0

Z1	Z2	Z3
0,924949	0	0

Z1	Z2	Z3
0,1		
1		
1		
232		
232		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
2,181E-05	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,01		
232		
232		
0,01	0	0

Z1	Z2	Z3
4,361E-05	0	0

Linhas de comunicação (T)
1

1
1
1
1
1
1
1

z1	z2	z3
0,01		
232		
232		
0,01	0	0

z1	z2	z3
0,047571	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

z1	z2	z3
0,1		
1		
1		

232		
232		
0,1	0	0

Z1	Z2	Z3
0,0044	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,01		
232		
232		
0,01	0	0

Z1	Z2	Z3
0,00044	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

1

Z1	Z2	Z3
0,01		
232		
232		
0,01	0	0

Z1	Z2	Z3
0,00044	0	0

Z1	Z2	Z3
0,052916	0	0

Z1	Z2	Z3
0,1		
1		
1		
0		
2449850		
0	0	0

Z1	Z2	Z3
0	0	0

Linhas de comunicação (T)
1
1
1

Z1	Z2	Z3
0,1		
1		
1		
0		
1430000		
0	0	0

Z1	Z2	Z3
0	0	0

Z1	Z2	Z3
0	0	0

É NECESSÁRIO SPDA

É NECESSÁRIO SPDA

10mm alta camada

José von Ameln Luzzardi
REA RS 66948

Tabela B.6 — Exemplos de classificação de estruturas

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas comuns ¹⁾	Residências	Perfuração da isolamento de instalações elétricas, incêndio, e danos materiais Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas Risco indireto devido à interrupção de energia e risco de vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros	III ou IV ²⁾
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e	Danos às instalações elétricas (por exemplo: iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio.	II

SCO

estrutura C_D

	C_D
	0,25
u mais baixos	0,5
anças	1

da linha C_I

	C_I
	1
	0,5
ro de uma 5.2).	0,01

	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
de descida	0

as de proteção para reduzir

P_A	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

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

no barramento equipamento	0	0
rnas (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

são 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

o da linha e da tensão suportável
ntos

el U_W em kV	
4	6
0,16	0,1
0,08	0,04

a para cada zona

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

cos de L_T , L_F e L_O

da estrutura
ão
escola, edificio cívico
ublico, igreja, museu
rcial
ão
ia intensiva e blocos

pra 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 (1 000 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

l, linhas de sinais
o, fornecimento de energia
l, linhas de sinais

perda para cada zona

Equação
(C.9)

coeficiente típico de L_F

tipo de estrutura ou zona
Museus, galerias

coeficiente de cada zona

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

deve ser consideradas nas equações 6.10, usando o Anexo D. No caso contrário, com a Tabela 4, as relações não devem ser substituídas pelo valor 1.

coeficientes típicos de L_T , L_F e L_O

tipo de estrutura
onde normalmente animais estão presentes
seu, agricultura
escola, igreja, entretenimento público,

ritório, hotel, comercial
ola, igreja, entretenimento