

ANEXO 17 - 04 - 03



TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DO PIAUÍ
SUPERINTENDÊNCIA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA

PROJETOS COMPLEMENTARES EXECUTIVOS
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - PARTE 3 - SPDA



NBR-5419:2015

SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

Projeto: TJPI-COCAL

1) Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]

$$Ng = 9 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

2) Geometria da Estrutura

$$\begin{aligned} \text{Comprimento [L]} &= 28.8 \text{ m} \\ \text{Largura [W]} &= 25.45 \text{ m} \\ \text{Altura [H]} &= 6.5 \text{ m} \end{aligned}$$

3) Ad - Área de exposição equivalente [em m²]

$$\begin{aligned} Ad &= L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + PI * (3 * H)^2 \\ Ad &= 28.8 * 25.45 + 2 * (3 * 6.5) * (28.8 + 25.45) + 3.14159 * (3 * 6.5)^2 \\ Ad &= 4043.3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4) Geometria da Estrutura Adjacente [ENERGIA]

$$\begin{aligned} \text{Comprimento [Lj]} &= 5.45 \text{ m} \\ \text{Largura [Wj]} &= 6.2 \text{ m} \\ \text{Altura [Hj]} &= 3.2 \text{ m} \end{aligned}$$

5) Adj - Área de exposição equivalente [em m²]

$$\begin{aligned} Adj &= Lj * Wj + 2 * (3 * Hj) * (Lj + Wj) + PI * (3 * Hj)^2 \\ Adj &= 5.45 * 6.2 + 2 * (3 * 3.2) * (5.45 + 6.2) + 3.14159 * (3 * 3.2)^2 \\ Adj &= 547 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

6) Fatores de Ponderação

6.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
Cd = 0.5

6.2) Fator de Localização da Estrutura ADJACENTE [Energia] - Cdj (Tabela A.1)

Estrutura ADJACENTE cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos
Cdj = 0.5

6.3) Comprimento da Linha de Energia



$$Ll = 1000 \text{ [m]}$$

6.4) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)

Aéreo
 $Ci = 1.0$

6.5) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal
 $Ct = 1.0$

6.6) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)

Rural
 $Ce = 1.0$

6.7) Comprimento da Linha de Sinal

$$Llt = 1000 \text{ [m]}$$

6.8) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)

Aéreo
 $Cit = 1.0$

6.9) Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal
 $Ctt = 1.0$

6.10) Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)

Rural
 $Cet = 1.0$

6.11) Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$$Nd = Ng * Ad * Cd * 10^{-6}$$
$$Nd = 0.01819$$

6.12) Ndj - Número de Eventos Perigosos pela Estrutura Adjacente Energia [por ano]

$$Ndj = Ng * Adj * Cdj * 10^{-6}$$
$$Ndj = 0.00246$$

6.13) Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]

$$Nm = Ng * Am * 10^{-6}$$



$$\begin{aligned}A_m &= 2 * 500 * (L + W) + P_i * 500^2 \\A_m &= 839648.16 \\N_m &= 7.55683\end{aligned}$$

6.14) NI - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]

$$\begin{aligned}N_l &= N_g * A_l * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\A_l &= 40 * L_l \\A_l &= 40000 \\N_l &= 0.36\end{aligned}$$

6.15) Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]

$$\begin{aligned}N_i &= N_g * A_i * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\A_i &= 4000 * L_l \\A_i &= 4000000 \\N_i &= 36\end{aligned}$$

6.16) Nlt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned}N_{lt} &= N_g * A_l * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6} \\A_{lt} &= 40 * L_{lt} \\A_{lt} &= 40000 \\N_{lt} &= 0.36\end{aligned}$$

6.17) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned}N_{it} &= N_g * A_{it} * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6} \\A_{it} &= 4000 * L_{lt} \\A_{it} &= 4000000 \\N_{it} &= 36\end{aligned}$$

6.18) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)

Estrutura protegida por SPDA - Classe II
Pb = 0.05

6.19) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada
Cld = 1
Cli = 1

6.20) Tipo de linha externa SINAL - ClDt e ClIt (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada
ClDt = 1



$$Clit = 1$$

6.21) Ks1

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;

Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha W_m ,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como: $Ks1 = 0,12 \times W_m1$

$$Ks1 = 1$$

6.22) Uw Energia

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).

$$Uw = 2.5$$

6.23) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. $Ks4 = 1 / Uw$

$$Ks4 = 0.4$$

6.24) Uwt Sinal

$$Uwt = 1.5$$

6.25) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

6.26) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

DPS Classe II

$$Peb = 0.02$$

6.27) Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento ($Uw=2.5$)

$$Pld = 1$$

6.28) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento ($Uw=1.5$)

$$Pldt = 1$$

6.29) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos



$$Pv = Peb * Pld * Cld$$
$$Pv = 0.02$$

6.30) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$$Pvt = Peb * Pldt * Cldt$$
$$Pvt = 0.02$$

7) Zonas da Edificação

7.1) Zona: Zona 1 (Interna)

7.1.1) Número de pessoas na Zona

$$nz = 5$$

7.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$$nt = 5$$

7.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$$tz = 8760$$

7.1.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$$te = 0$$

7.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

7.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Considerar

7.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

7.1.8) L4 - Perda econômica

Desprezar

7.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Não



7.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Restrições físicas
Ptu = 0

7.1.11) Ks2

Ks2 = 1

7.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe I
Pspd = 0.01

7.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços
Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios
(área do laço da ordem de 50 m²)
Ks3 = 1

7.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

DPS Classe I
Pspdt = 0.01

7.1.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços
Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios
(área do laço da ordem de 50 m²)
Ks3t = 1

7.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

Pc = Pspd * Cld
Pc = 0.01

7.1.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

Pct = Pspdt * Cltd
Pct = 0.01

7.1.18) Pms

Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4) ^2
Pms = 0.16



7.1.19) Pmst

$$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)^2$$
$$Pmst = 0.4489$$

7.1.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$Pm = Pspd * Pms$$
$$Pm = 0.0016$$

7.1.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$Pmt = Pspdt * Pmst$$
$$Pm = 0.00449$$

7.1.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$Pu = Ptu * Peb * Pld * Cld$$
$$Pu = 0$$

7.1.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$Put = Ptu * Peb * Pldt * Cl dt$$
$$Put = 0$$

7.1.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$Pw = Pspd * Pld * Cld$$
$$Pw = 0.01$$

7.1.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$Pwt = Pspdt * Pl dt * Cl dt$$
$$Pwt = 0.01$$

7.1.26) Pli

$$Pli \text{ para } Uw = 2.5 \text{ kV}$$
$$Pli = 0.3$$

7.1.27) Plit

$$Plit \text{ para } Uwt = 1.5 \text{ kV}$$
$$Plit = 0.5$$

7.1.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos



$$Pz = Pspd * Pli * Cli$$
$$Pz = 0.003$$

7.1.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$
$$Pzt = 0.005$$

7.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

Equipotencialização efetiva do solo
Pta = 0.01

7.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução rt (Tabela C.3)

Agricultura, concreto (Resistência de contato ≤ 1 ohm)
rt = 0.01

7.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução rp (Tabela C.4)

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente,
instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo,
rotas de escape
rp = 0.5

7.1.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução rf (Tabela C.5)

Explosão: Zonas 2, 22
rf = 0.001

7.1.34) Perigo Especial - Fator hz (Tabela C.6)

Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)
hz = 2

7.1.35) Pa - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$Pa = Pta * Pb$$
$$Pa = 0.0005$$

7.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

7.1.36.1) Lt



$$L_t = 0.01$$

7.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico
 $L_f = 0.1$

7.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)

Não Aplicável
 $L_o = 0$

7.1.36.4) La

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$
$$L_a = 0.0001$$

7.1.36.5) Lu

$$L_u = L_a = 0.0001$$

7.1.36.6) Lb

$$L_b = r_p * r_f * h_z * L_f * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$
$$L_b = 0.0001$$

7.1.36.7) Lv

$$L_v = L_b = 0.0001$$

7.1.36.8) Lc

$$L_c = L_o * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$
$$L_c = 0$$

7.1.36.9) Lm Lw Lz

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0$$

7.1.37) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

7.1.37.1) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.8)

Gás, água, fornecimento de energia
 $L_{f2} = 0.1$

7.1.37.2) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.8)

Gás, água, fornecimento de energia



$$Lo2 = 0.01$$

7.1.37.3) Lb2

$$Lb2 = rp * rf * Lf2 * (nz / nt)$$
$$Lb2 = 0.00005$$

7.1.37.4) Lv2

$$Lv2 = Lb2 = 0.00005$$

7.1.37.5) Lc2

$$Lc2 = Lo2 * (nz / nt)$$
$$Lc2 = 0.01$$

7.1.37.6) Lm2 Lw2 Lz2

$$Lm2 = Lw2 = Lz2 = Lc2 = 0.01$$

7.1.38) Riscos [R1] da Zona [Zona 1 (Interna)]

7.1.38.1) Ra

$$Ra = Nd * Pa * La$$
$$Ra = 0.01819 * 0.0005 * 0.0001$$
$$Ra = 0.0091 * 10^{-7}$$

7.1.38.2) Rb

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$
$$Rb = 0.01819 * 0.05 * 0.0001$$
$$Rb = 0.0091 * 10^{-5}$$

7.1.38.3) Ru

$$Ru = (Nl + Ndj) * Pu * Lu$$
$$Ru = (0.36 + 0.00246) * 0 * 0.0001$$
$$Ru = 0$$

7.1.38.4) Rut

$$Rut = (Nlt + Ndj1) * Put * Lu$$
$$Rut = (0.36 + 0) * 0 * 0.0001$$
$$Rut = 0$$

7.1.38.5) Rv

$$Rv = (Nl + Ndj) * Pv * Lv$$



$$Rv = (0.36 + 0.00246) * 0.02 * 0.0001$$
$$Rv = 0.00725 * 10^{-4}$$

7.1.38.6) Rvt

$$Rvt = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv$$
$$Rvt = (0.36 + 0) * 0.02 * 0.0001$$
$$Rvt = 0.0072 * 10^{-4}$$

7.1.38.7) R1z

$$R1z = Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt$$
$$R1z = 0.0091 * 10^{-7} + 0.0091 * 10^{-5} + 0 + 0.00725 * 10^{-4} + 0 + 0.0072 * 10^{-4}$$
$$R1z = 0.154 \times 10^{-5}$$

7.1.39) Riscos [R2] da Zona [Zona 1 (Interna)]

7.1.39.1) Rb2

$$Rb2 = Nd * Pb * Lb2$$
$$Rb2 = 0.01819 * 0.05 * 0.00005$$
$$Rb2 = 0.04549 * 10^{-6}$$

7.1.39.2) Rc2

$$Rc2 = Nd * Pc * Lc2$$
$$Rc2 = 0.01819 * 0.01 * 0.01$$
$$Rc2 = 0.01819 * 10^{-4}$$

7.1.39.3) Rm2

$$Rm2 = Nm * Pm * Lm2$$
$$Rm2 = 7.55683 * 0.0016 * 0.01$$
$$Rm2 = 0.00012$$

7.1.39.4) Rv2

$$Rv2 = (Nl + Ndj) * Pv * Lv2$$
$$Rv2 = (0.36 + 0.00246) * 0.02 * 0.00005$$
$$Rv2 = 0.03625 * 10^{-5}$$

7.1.39.5) Rvt2

$$Rvt2 = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv2$$
$$Rvt2 = (0.36 + 0) * 0.02 * 0.00005$$
$$Rvt2 = 0.036 * 10^{-5}$$

7.1.39.6) Rw2

$$Rw2 = (Nl + Ndj) * Pw * Lw2$$



$$\begin{aligned}Rw2 &= (0.36 + 0.00246) * 0.01 * 0.01 \\Rw2 &= 0.03625 * 10^{-3}\end{aligned}$$

7.1.39.7) Rwt2

$$\begin{aligned}Rwt2 &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw2 \\Rwt2 &= (0.36 + 0) * 0.01 * 0.01 \\Rwt2 &= 0.036 * 10^{-3}\end{aligned}$$

7.1.39.8) Rz2

$$\begin{aligned}Rz2 &= Ni * Pz * Lz2 \\Rz2 &= 36 * 0.003 * 0.01 \\Rz2 &= 0.00108\end{aligned}$$

7.1.39.9) R2z

$$\begin{aligned}R2z &= Rb2 + Rc2 + Rm2 + Rv2 + Rw2 + Rz2 + Rvt2 + Rwt2 + Rzt2 \\R2z &= 0.04549 * 10^{-6} + 0.01819 * 10^{-4} + 0.00012 + 0.03625 * 10^{-5} + 0.03625 * 10^{-3} \\&+ 0.00108 + 0.036 * 10^{-5} + 0.036 * 10^{-3} + 0.0018 \\R2z &= 3.08 \times 10^{-3}\end{aligned}$$

8) Risco Total

8.1) R1

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 0.00919 \times 10^{-5} \\R1 &= 0.154 \times 10^{-5} \\Rt1 &= 1 \times 10^{-5} \\R1 &\leq Rt1 \\(Ra + Rb) &\leq Rt1 \\[OK]\end{aligned}$$

8.2) R2

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 0.0000455 \times 10^{-3} \\R2 &= 3.08 \times 10^{-3} \\Rt2 &= 1 \times 10^{-3} \\R2 &> Rt2 \\(Ra + Rb) &\leq Rt2 \\[Requer outra Classe de SPDA ou MPS]\end{aligned}$$

8.3) Estrutura Desprotegida: Talvez a instalação de DPS ou outros MPSs evitem a necessidade de outra classe de SPDA.

$$\begin{aligned}Rab1 &\leq Rt1 \\Rab2 &\leq Rt2\end{aligned}$$