

## **NBR-5419:2015**

### **SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)**

#### **Projeto: ESCOLA MUNICIPAL SANTA MARIA**

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

$$Ng = 10 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Centro-Oeste

#### **2) Geometria da Estrutura**

$$\text{Comprimento [L]} = 113.89 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 39.02 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 8.37 \text{ m}$$

#### **3) Ad - Área de exposição equivalente [em m<sup>2</sup>]**

$$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + PI * (3 * H)^2$$

$$Ad = 113.89 * 39.02 + 2 * (3 * 8.37) * (113.89 + 39.02) + 3.14159 * (3 * 8.37)^2$$

$$Ad = 14103.94 \text{ m}^2$$

#### **4) Fatores de Ponderação**

##### **4.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)**

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$Cd = 0.5$$

##### **4.2) Comprimento da Linha de Energia**

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

##### **4.3) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)**

Aéreo

$$Ci = 1.0$$

##### **4.4) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)**

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)

$$Ct = 0.2$$

##### **4.5) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)**

Urbano

$$Ce = 0.1$$

##### **4.6) Comprimento da Linha de Sinal**

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

##### **4.7) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)**

Aéreo

$$Cit = 1.0$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Linha de Energia ou Sinal} \\ Ctt &= 1.0 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Urbano} \\ Cet &= 0.1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nd &= Ng * Ad * Cd * 10^{-6} \\ Nd &= 0.07052 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nm &= Ng * Am * 10^{-6} \\ Am &= 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2 \\ Am &= 938308.16 \\ Nm &= 9.38308 \end{aligned}$$

#### 4.12) Nl - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]

$$\begin{aligned} Nl &= Ng * Al * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Al &= 40 * Ll \\ Al &= 40000 \\ Nl &= 0.008 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Ni &= Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Ai &= 4000 * Ll \\ Ai &= 4000000 \\ Ni &= 0.8 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nlt &= Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Alt &= 40 * Llt \\ Alt &= 40000 \\ Nlt &= 0.04 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nit &= Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Ait &= 4000 * Llt \\ Ait &= 4000000 \\ Nit &= 4 \end{aligned}$$

#### 4.16) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)

Estrutura protegida por SPDA - Classe III  
 $P_b = 0.1$

#### **4.17) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)**

Linha aérea não blindada  
 $C_{ld} = 1$   
 $C_{li} = 1$

#### **4.18) Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)**

Linha aérea não blindada  
 $C_{ldt} = 1$   
 $C_{lit} = 1$

#### **4.19) 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  $K_{s1}$  e  $K_{s2}$  para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como:  $K_{s1} = 0,12 \times W_{m1}$

$K_{s1} = 1$

#### **4.20) Uw Energia**

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

$U_w = 2.5$

#### **4.21) Ks4 Energia**

$K_{s4}$ : leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido.

$K_{s4} = 1 / U_w$

$K_{s4} = 0.4$

#### **4.22) Uwt Sinal**

$U_{wt} = 1.5$

#### **4.23) Ks4t Sinal**

$K_{s4t} = 0.67$

#### **4.24) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)**

DPS Classe II  
 $P_{eb} = 0.02$

#### **4.25) 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 ( $U_w=2.5$ )

$P_{ld} = 1$

#### **4.26) 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 ( $U_w=1.5$ )  
 $Pl_{dt} = 1$

#### **4.27) $P_v$ - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos**

$P_v = P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$   
 $P_v = 0.02$

#### **4.28) $P_{vt}$ - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos**

$P_{vt} = P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$   
 $P_{vt} = 0.02$

### **5) Zonas da Edificação**

#### **5.1) Zona: Zona 1 (Interna)**

##### **5.1.1) Número de pessoas na Zona**

$n_z = 5$

##### **5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura**

$n_t = 5$

##### **5.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)**

$t_z = 8760$

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

$t_e = 0$

##### **5.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

Considerar

##### **5.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público**

Desprezar

##### **5.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural**

Desprezar

##### **5.1.8) L4 - Perda econômica**

Desprezar

##### **5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais**

Não

##### **5.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - $P_{tu}$ (Tabela B.6)**

Não aplicável (área externa)  
Ptu = 0

#### **5.1.11) Ks2**

Ks2 = 1

#### **5.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)**

Nenhuma sistema de DPS coordenado  
Pspd = 1

#### **5.1.13) 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

#### **5.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)**

Nenhuma sistema de DPS coordenado  
Pspdt = 1

#### **5.1.15) 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

#### **5.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$Pc = Pspd * Cld$   
Pc = 1

#### **5.1.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$Pct = Pspdt * Cldt$   
Pct = 1

#### **5.1.18) Pms**

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

#### **5.1.19) Pmst**

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

#### **5.1.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$Pm = Pspd * Pms$   
Pm = 0.16

#### **5.1.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas**

## internos SINAL

$$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$$
$$P_m = 0.4489$$

### 5.1.22) $P_u$ - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$
$$P_u = 0$$

### 5.1.23) $P_{ut}$ - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$
$$P_{ut} = 0$$

### 5.1.24) $P_w$ - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$
$$P_w = 1$$

### 5.1.25) $P_{wt}$ - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$
$$P_{wt} = 1$$

### 5.1.26) $P_{li}$

$$P_{li} \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$
$$P_{li} = 0.3$$

### 5.1.27) $P_{lit}$

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$
$$P_{lit} = 0.5$$

### 5.1.28) $P_z$ - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$
$$P_z = 0.3$$

### 5.1.29) $P_{zt}$ - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$$
$$P_{zt} = 0.5$$

### 5.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - $P_{ta}$ (Tabela B.1)

$$\text{Nenhuma medida de Proteção}$$
$$P_{ta} = 1$$

### 5.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução $r_t$ (Tabela C.3)

$$\text{Agricultura, concreto (Resistência de contato } \leq 1 \text{ ohm)}$$
$$r_t = 0.01$$

### 5.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução $r_p$ (Tabela

## **C.4)**

Nenhuma Providência  
 $rp = 1$

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

Explosão: Zonas 0, 20 e explosivos sólidos  
 $rf = 1$

### **5.1.34) Perigo Especial - Fator hz (Tabela C.6)**

Sem perigo especial  
 $hz = 1$

### **5.1.35) Pa - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque**

$Pa = Pta * Pb$   
 $Pa = 0.1$

### **5.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

#### **5.1.36.1) Lt**

$Lt = 0.01$

#### **5.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)**

Risco de explosão  
 $Lf = 0.1$

#### **5.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)**

Risco de explosão  
 $Lo = 0.1$

#### **5.1.36.4) La**

$La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)$   
 $La = 0.0001$

#### **5.1.36.5) Lu**

$Lu = La = 0.0001$

#### **5.1.36.6) Lb**

$Lb = rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760)$   
 $Lb = 0.1$

#### **5.1.36.7) Lv**

$Lv = Lb = 0.1$

#### **5.1.36.8) Lc**

$$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lc = 0.1$$

### 5.1.36.9) Lm Lw Lz

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0.1$$

## 5.1.37) Riscos [R1] da Zona [Zona 1 (Interna)]

### 5.1.37.1) Ra

$$Ra = Nd * Pa * La$$
$$Ra = 0.07052 * 0.1 * 0.0001$$
$$Ra = 0.00705 * 10^{-4}$$

### 5.1.37.2) Rb

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$
$$Rb = 0.07052 * 0.1 * 0.1$$
$$Rb = 0.00071$$

### 5.1.37.3) Ru

$$Ru = (Nl + Ndj) * Pu * Lu$$
$$Ru = (0.008 + 0) * 0 * 0.0001$$
$$Ru = 0$$

### 5.1.37.4) Rut

$$Rut = (Nlt + Ndj1) * Put * Lu$$
$$Rut = (0.04 + 0) * 0 * 0.0001$$
$$Rut = 0$$

### 5.1.37.5) Rv

$$Rv = (Nl + Ndj) * Pv * Lv$$
$$Rv = (0.008 + 0) * 0.02 * 0.1$$
$$Rv = 0.016 * 10^{-3}$$

### 5.1.37.6) Rvt

$$Rvt = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv$$
$$Rvt = (0.04 + 0) * 0.02 * 0.1$$
$$Rvt = 0.00008$$

### 5.1.37.7) R1z

$$R1z = Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt$$
$$R1z = 0.00705 * 10^{-4} + 0.00071 + 0 + 0.016 * 10^{-3} + 0 + 0.00008$$
$$R1z = 80.19 \times 10^{-5}$$

## 6) Risco Total

### 6.1) R1



$R_a + R_b = 70.59 \times 10^{-5}$   
 $R_1 = 80.19 \times 10^{-5}$   
 $R_{t1} = 1 \times 10^{-5}$   
 $R_1 > R_{t1}$   
 $(R_a + R_b) > R_{t1}$   
[Requer outra Classe de SPDA ou MPS]

**7) Nível de Proteção adotada: III**

## 8) Método Utilizado

### 8.1) Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção III]

Afastamento máximo da Malha = 15x15 m

## 9) Cálculo do Número de descidas [N]

Area = 4443.99 m<sup>2</sup>.  
Altura = 8.37 m.  
Perímetro = 305.82 m.  
Cantos Salientes da Estrutura = 4

Nível de Proteção III: Espaçamento médio = 15m

$N = \text{Perímetro} / 15\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$  [N = 25] para Nível de Proteção:  
III

$N = \text{Altura} / 15\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$  |  $N = 8.37 / 15 + 4$  |  $N = 5$   
 $N \geq 2$  (Para descidas não naturais)

N = 25 descidas.

## 10) Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

$r = 100 \text{ ohms.m}$  [resistividade do solo]  
 $R = 10 \text{ ohms}$  [Resistência de aterramento]  
 $L = \text{Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)}$

$L = (2 * r) / R$   
 $L = (2 * 100) / 10$   
 $L = 20 \text{ m}$

$l_1(\text{min}) = 5 \text{ m}$

$L = 20 \text{ m}$

$R_e = 48.67 \text{ m}$  [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

Comprimento Adicional [ $R_e \geq l_1$ ] [OK]

## 11) Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anél horizontal de aterramento enterrado  
Altura: 8.37m  $\leq$  15m (Não é necessário anél horizontal intermediário)

## 12) Seções mínimas

### 12.1) Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Cobre - Fita maciça	35mm <sup>2</sup>	Espessura 1.75 mm
Cobre - Arredondado maciço	35mm <sup>2</sup>	Diâmetro 6 mm
Cobre - Encordoado	35mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2.5mm
Cobre - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm
Alumínio - Fita maciça	70mm <sup>2</sup>	Espessura 3 mm
Alumínio - Arredondado maciço	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro 9.5mm
Alumínio - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.5mm
Alumínio - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Encordoado	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.6 mm
Aço Galv.a quente - Fita maciça	50mm <sup>2</sup>	Espessura mínima 2.5mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Galv.a quente - Encordoado	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio cordoalha 1.7 mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm
Aço Inoxidável - Fita maciça	50mm <sup>2</sup>	Espessura 2 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Inoxidável - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio cordoalha 1.7 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm

(b) - Aplicável somente a minicaptoras. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10mm e comprimento máximo de 1m.

### 12.2) Eletrodo de Aterramento

Cobre - Encordoado - 50 mm <sup>2</sup> - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm
Cobre - Arredondado maciço - 50mm <sup>2</sup> - Diâmetro 8 mm
Cobre - Fita maciça - 50 mm <sup>2</sup> - Espessura 2mm
Cobre - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm
Cobre - Tubo - Eletrodo cravado 20mm - Espessura da parede 2 mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 16mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm
Aço Galv.a quente - Tubo - Eletrodo cravado 25mm - Espessura da parede 2 mm
Aço Galv.a quente - Fita maciça - 90 mm <sup>2</sup> - Espessura 3 mm
Aço Galv.a quente - Encordoado - 70 mm <sup>2</sup>
Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm
Aço Cobreado - Encordoado 70 mm <sup>2</sup> - Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.45 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm
Aço Inoxidável - Fita maciça - 100mm <sup>2</sup> - Espessura mínima 2 mm

Arquivo: \\172.18.0.5\arquivos\06\_OBRAS PUBLICAS\02\_PROJETOS-OBRAS\ESCOLAS\MUNICIPAIS\E. M. FLOR DO CERRADO\Elétrico\Projeto SPDA\flor do Cerrado- SPDA - SPDA.RTF