

Projeto:

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

$$Ng = 15 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Sudeste

2) Geometria da Estrutura

$$\text{Comprimento [L]} = 68 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 38 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 10 \text{ m}$$

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

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

$$Ad = 68 * 38 + 2 * (3 * 10) * (68 + 38) + 3.14159 * (3 * 10)^2$$

$$Ad = 11771.43 \text{ m}^2$$

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 ou Sinal

$$Ct = 1.0$$

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

$$C_{it} = 1.0$$

4.8) Fator do Tipo de Linha SINAL - C_{tt} (Tabela A.3)

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

4.9) Fator Ambiental da Linha SINAL - C_{et} (Tabela A.4)

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

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

$$\begin{aligned} N_d &= N_g * A_d * C_d * 10^{-6} \\ N_d &= 0.08829 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} N_m &= N_g * A_m * 10^{-6} \\ A_m &= 2 * 500 * (L + W) + P_i * 500^2 \\ A_m &= 891398.16 \\ N_m &= 13.37097 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} N_l &= N_g * A_l * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\ A_l &= 40 * L_l \\ A_l &= 40000 \\ N_l &= 0.06 \end{aligned}$$

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

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

4.14) N_{lt} - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned} N_{lt} &= N_g * A_{lt} * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6} \\ A_{lt} &= 40 * L_{lt} \\ A_{lt} &= 40000 \\ N_{lt} &= 0.06 \end{aligned}$$

4.15) N_{it} - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]

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

4.16) Proteção da Estrutura - P_b (Tabela B.2)

Estrutura com subsistema de captação conforme SPDA classe I e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descida natural.

$P_b = 0.01$

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 Ks1 e Ks2 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

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

$U_w = 1.5$

4.21) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido.

$K_{s4} = 1 / U_w$

$K_{s4} = 0.67$

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 I

$P_{eb} = 0.01$

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 ($U_w=1.5$)

$P_{ld} = 1$

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 ($U_w=1.5$)
 $P_{ldt} = 1$

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

$P_v = P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$
 $P_v = 0.01$

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

$P_{vt} = P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$
 $P_{vt} = 0.01$

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: Z1 (Interior da edificação)

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$n_z = 500$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$n_t = 500$

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

$t_z = 200$

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

$t_e = 200$

5.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

5.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Considerar

5.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Considerar

5.1.8) L4 - Perda econômica

Considerar

5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Não

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

Avisos visíveis de alerta
 $P_{tu} = 0.1$

5.1.11) Ks2

$K_{s2} = 1$

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

DPS Classe I
 $P_{spd} = 0.01$

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)
 $K_{s3} = 1$

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

DPS Classe II
 $P_{spdt} = 0.02$

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

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços
Condutores em laço roteados em um mesmo eletroduto ou condutores em
laço com diferentes roteamentos em edifícios pequenos (área do laço ~ 10m²)
 $K_{s3t} = 0.2$

5.1.16) Pcp - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos ENERGIA

$P_{cp} = P_{spd} * C_{ld}$
 $P_{cp} = 0.01$

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

$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$
 $P_{ct} = 0.02$

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

$P_c = 1 - (1 - P_{cp}) * (1 - P_{ct})$
 $P_c = 0.0298$

5.1.19) Pms

$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$
 $P_{ms} = 0.4489$

5.1.20) Pmst

$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$

$$P_{mst} = 0.01796$$

5.1.21) Pmp - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos ENERGIA

$$P_{mp} = P_{spd} * P_{ms}$$

$$P_{mp} = 0.00449$$

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

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

$$P_{mt} = 0.00036$$

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

$$P_m = 1 - (1 - P_{mp}) * (1 - P_{mt})$$

$$P_m = 0.00485$$

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

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

$$P_u = 0.001$$

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

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

$$P_{ut} = 0.001$$

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

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

$$P_w = 0.01$$

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

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

$$P_{wt} = 0.02$$

5.1.28) Pli

$$P_{li} \text{ para } U_w = 1.5 \text{ kV}$$

$$P_{li} = 0.6$$

5.1.29) Plit

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

$$P_{lit} = 0.5$$

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

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

$$P_z = 0.006$$

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

$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$
 $P_{zt} = 0.01$

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

Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida
 $P_{ta} = 0$

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

Mármore, cerâmica (Resistência de contato entre 1 e 10 ohms)
 $r_t = 0.001$

5.1.34) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (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
 $r_p = 0.5$

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

Incêndio: Risco Alto
 $r_f = 0.1$

5.1.36) Perigo Especial - Fator h_z (Tabela C.6)

Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1000 pessoas)
 $h_z = 5$

5.1.37) P_a - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$P_a = P_{ta} * P_b$
 $P_a = 0$

5.1.38) L₁ - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

5.1.38.1) L_t

$L_t = 0.01$

5.1.38.2) D₂ - Danos Físicos - L_f (Tabela C.2)

Entretenimento público, igreja, museu
 $L_f = 0.05$

5.1.38.3) D₃ - Falhas de sistemas internos - L_o (Tabela C.2)

Não Aplicável
 $L_o = 0$

5.1.38.4) L_a

```
La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)
La = 0.02283*10^-5
```

5.1.38.5) Lu

```
Lu = La = 0.02283*10^-5
```

5.1.38.6) Le

```
Le = 1.0 * (te / 8760)
Le = 0.02283
```

5.1.38.7) Lb

```
Lb = rp * rf * hz * (Lf + Le) * (nz / nt) * (tz / 8760)
Lb = 0.00042
```

5.1.38.8) Lv

```
Lv = Lb = 0.00042
```

5.1.38.9) Lc

```
Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)
Lc = 0
```

5.1.38.10) Lm Lw Lz

```
Lm = Lw = Lz = Lc = 0
```

5.1.39) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

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

```
TV, linhas de sinais
Lf2 = 0.01
```

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

```
TV, linhas de sinais
Lo2 = 0.001
```

5.1.39.3) Lb2

```
Lb2 = rp * rf * Lf2 * (nz / nt)
Lb2 = 0.0005
```

5.1.39.4) Lv2

```
Lv2 = Lb2 = 0.0005
```

5.1.39.5) Lc2

```
Lc2 = Lo2 * (nz / nt)
Lc2 = 0.001
```

5.1.39.6) Lm2 Lw2 Lz2

$$Lm2 = Lw2 = Lz2 = Lc2 = 0.001$$

5.1.40) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

5.1.40.1) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.10)

Museus, galerias
 $Lf3 = 0.1$

5.1.40.2) cz - Valor do Patrimônio Cultural na Zona (milhões)

$cz = 10000000$ milhões

5.1.40.3) ct - Valor total da edificação e conteúdo da estrutura (milhões)

$ct = 10000000$ milhões

5.1.40.4) Lb3

$Lb3 = rp * rf * Lf3 * (cz / ct)$
 $Lb3 = 0.005$

5.1.40.5) Lv3

$Lv3 = Lb3 = 0.005$

5.1.41) L4 - Perda econômica

5.1.41.1) D2 - Danos físicos - Lf (Tabela C.12)

Hotel, escola, escritório, igreja, entretenimento público, comercial
 $Lf4 = 0.2$

5.1.41.2) D3 - Falha de sistemas internos - Lo (Tabela C.12)

Museu, agricultura, escola, igreja, entretenimento público
 $Lo4 = 0.001$

5.1.41.3) ca - Valor dos animais na Zona (milhões)

$ca = 0$ milhões

5.1.41.4) cb - Valor da edificação relevante à Zona (milhões)

$cb = 3$ milhões

5.1.41.5) cc - Valor do conteúdo da Zona (milhões)

$cc = 2$ milhões

5.1.41.6) cs - Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na Zona (milhões)

$cs = 0$ milhões

5.1.41.7) ct - Valor total da estrutura (soma de todas as zonas) (milhões)

ct = 10000000 milhões

5.1.41.8) La4

La4 = rt * Lt4 * (ca / ct)
La4 = 0

5.1.41.9) Lu4

Lu4 = La4 = 0

5.1.41.10) Lb4

Lb4 = rp * rf * Lf4 * ((ca + cb + cc + cs) / ct)
Lb4 = 0.005*10⁻⁶

5.1.41.11) Lv4

Lv4 = Lb4 = 0.005*10⁻⁶

5.1.41.12) Lc4

Lc4 = Lo4 * (cs / ct)
Lc4 = 0

5.1.41.13) Lm4 Lw4 Lz4

Lm4 = Lw4 = Lz4 = Lc4 = 0

5.1.41.14) Le4

Le4 = Lfe4 * (ce / ct)
Le4 = 0

5.1.41.15) Lft4

Lft4 = Lf4 + Le4
Lft4 = 0.2

5.1.42) Riscos [R1] da Zona [Z1 (Interior da edificação)]

5.1.42.1) Ra

Ra = Nd * Pa * La
Ra = 0.08829 * 0 * 0.02283*10⁻⁵
Ra = 0

5.1.42.2) Rb

Rb = Nd * Pb * Lb
Rb = 0.08829 * 0.01 * 0.00042
Rb = 0.0367*10⁻⁵

5.1.42.3) Ru

$$\begin{aligned} Ru &= (Nl + Ndj) * Pu * Lu \\ Ru &= (0.06 + 0) * 0.001 * 0.02283*10^{-5} \\ Ru &= 0.0137*10^{-9} \end{aligned}$$

5.1.42.4) Rut

$$\begin{aligned} Rut &= (Nlt + Ndj1) * Put * Lu \\ Rut &= (0.06 + 0) * 0.001 * 0.02283*10^{-5} \\ Rut &= 0.0137*10^{-9} \end{aligned}$$

5.1.42.5) Rv

$$\begin{aligned} Rv &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv \\ Rv &= (0.06 + 0) * 0.01 * 0.00042 \\ Rv &= 0.02494*10^{-5} \end{aligned}$$

5.1.42.6) Rvt

$$\begin{aligned} Rvt &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv \\ Rvt &= (0.06 + 0) * 0.01 * 0.00042 \\ Rvt &= 0.02494*10^{-5} \end{aligned}$$

5.1.42.7) R1z

$$\begin{aligned} R1z &= Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt \\ R1z &= 0 + 0.0367*10^{-5} + 0.0137*10^{-9} + 0.02494*10^{-5} + 0.0137*10^{-9} + 0.02494*10^{-5} \\ R1z &= 0.0866 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

5.1.43) Riscos [R2] da Zona [Z1 (Interior da edificação)]

5.1.43.1) Rb2

$$\begin{aligned} Rb2 &= Nd * Pb * Lb2 \\ Rb2 &= 0.08829 * 0.01 * 0.0005 \\ Rb2 &= 0.04414*10^{-5} \end{aligned}$$

5.1.43.2) Rc2

$$\begin{aligned} Rc2 &= Nd * Pc * Lc2 \\ Rc2 &= 0.08829 * 0.0298 * 0.001 \\ Rc2 &= 0.02631*10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.43.3) Rm2

$$\begin{aligned} Rm2 &= Nm * Pm * Lm2 \\ Rm2 &= 13.37097 * 0.00485 * 0.001 \\ Rm2 &= 0.00006 \end{aligned}$$

5.1.43.4) Rv2

$$\begin{aligned} Rv2 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv2 \\ Rv2 &= (0.06 + 0) * 0.01 * 0.0005 \\ Rv2 &= 0.03*10^{-5} \end{aligned}$$

5.1.43.5) Rvt2

$$\begin{aligned} Rvt2 &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv2 \\ Rvt2 &= (0.06 + 0) * 0.01 * 0.0005 \end{aligned}$$

$$Rvt2 = 0.03 \cdot 10^{-5}$$

5.1.43.6) Rw2

$$\begin{aligned} Rw2 &= (Nl + Ndj) \cdot Pw \cdot Lw2 \\ Rw2 &= (0.06 + 0) \cdot 0.01 \cdot 0.001 \\ Rw2 &= 0.006 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.43.7) Rwt2

$$\begin{aligned} Rwt2 &= (Nlt + Ndj1) \cdot Pwt \cdot Lw2 \\ Rwt2 &= (0.06 + 0) \cdot 0.02 \cdot 0.001 \\ Rwt2 &= 0.012 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.43.8) Rz2

$$\begin{aligned} Rz2 &= Ni \cdot Pz \cdot Lz2 \\ Rz2 &= 6 \cdot 0.006 \cdot 0.001 \\ Rz2 &= 0.036 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

5.1.43.9) R2z

$$\begin{aligned} R2z &= Rb2 + Rc2 + Rm2 + Rv2 + Rw2 + Rz2 + Rvt2 + Rwt2 + Rzt2 \\ R2z &= 0.04414 \cdot 10^{-5} + 0.02631 \cdot 10^{-4} + 0.00006 + 0.03 \cdot 10^{-5} + 0.006 \cdot 10^{-4} + \\ &0.036 \cdot 10^{-3} + 0.03 \cdot 10^{-5} + 0.012 \cdot 10^{-4} + 0.00006 \\ R2z &= 0.166 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

5.1.44) Riscos [R3] da Zona [Z1 (Interior da edificação)]

5.1.44.1) Rb3

$$\begin{aligned} Rb3 &= Nd \cdot Pb \cdot Lb3 \\ Rb3 &= 0.08829 \cdot 0.01 \cdot 0.005 \\ Rb3 &= 0.04414 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.44.2) Rv3

$$\begin{aligned} Rv3 &= (Nl + Ndj) \cdot Pv \cdot Lv3 \\ Rv3 &= (0.06 + 0) \cdot 0.01 \cdot 0.005 \\ Rv3 &= 0.03 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.44.3) Rvt3

$$\begin{aligned} Rvt3 &= (Nlt + Ndj1) \cdot Pvt \cdot Lv3 \\ Rvt3 &= (0.06 + 0) \cdot 0.01 \cdot 0.005 \\ Rvt3 &= 0.03 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.44.4) R3z

$$\begin{aligned} R3z &= Rb3 + Rv3 + Rvt3 \\ R3z &= 0.04414 \cdot 10^{-4} + 0.03 \cdot 10^{-4} + 0.03 \cdot 10^{-4} \\ R3z &= 0.104 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.45) Riscos [R4] da Zona [Z1 (Interior da edificação)]

5.1.45.1) Rb4

```

Rb4 = Nd * Pb * Lb4
Rb4 = 0.08829 * 0.01 * 0.005*10^-6
Rb4 = 0.04414*10^-10

```

5.1.45.2) Rc4

```

Rc4 = Nd * Pc * Lc4
Rc4 = 0.08829 * 0.0298 * 0
Rc4 = 0

```

5.1.45.3) Rm4

```

Rm4 = Nm * Pm * Lm4
Rm4 = 13.37097 * 0.00485 * 0
Rm4 = 0

```

5.1.45.4) Rv4

```

Rv4 = (Nl + Ndj) * Pv * Lv4
Rv4 = (0.06 + 0) * 0.01 * 0.005*10^-6
Rv4 = 0.03*10^-10

```

5.1.45.5) Rvt4

```

Rvt4 = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv4
Rvt4 = (0.06 + 0) * 0.01 * 0.005*10^-6
Rvt4 = 0.03*10^-10

```

5.1.45.6) Rw4

```

Rw4 = (Nl + Ndj) * Pw * Lw4
Rw4 = (0.06 + 0) * 0.01 * 0
Rw4 = 0

```

5.1.45.7) Rwt4

```

Rwt4 = (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw4
Rwt4 = (0.06 + 0) * 0.02 * 0
Rwt4 = 0

```

5.1.45.8) Rz4

```

Rz4 = Ni * Pz * Lz4
Rz4 = 6 * 0.006 * 0
Rz4 = 0

```

5.1.45.9) R4z

```

R4z = Rb4 + Rc4 + Rm4 + Rv4 + Rw4 + Rz4 + Rvt4 + Rwt4 + Rzt4
R4z = 0.04414*10^-10 + 0 + 0 + 0.03*10^-10 + 0 + 0 + 0.03*10^-10 + 0 + 0
R4z = 0.0000000104 x 10^-3

```

6) Risco Total

6.1) R1

```

Ra + Rb = 0.0367 x 10^-5

```

```
R1 = 0.0866 x 10^-5
Rt1 = 1 x 10^-5
R1 <= Rt1
(Ra + Rb) <= Rt1
[OK]
```

6.2) R2

```
Ra + Rb = 0.000441 x 10^-3
R2 = 0.166 x 10^-3
Rt2 = 1 x 10^-3
R2 <= Rt2
(Ra + Rb) <= Rt2
[OK]
```

6.3) R3

```
Ra + Rb = 0.0441 x 10^-4
R3 = 0.104 x 10^-4
Rt3 = 1 x 10^-4
R3 <= Rt3
(Ra + Rb) <= Rt3
[OK]
```

6.4) R4

```
Ra + Rb = 0.00000000441 x 10^-3
R4 = 0.0000000104 x 10^-3
Rt4 = 1 x 10^-3
R4 <= Rt4
(Ra + Rb) <= Rt4
[OK]
```

6.5) Estrutura Protegida.

```
R1 <= Rt1
R2 <= Rt2
R3 <= Rt3
R4 <= Rt4
```

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      = 2584 m2.
Altura    = 10 m.
Perímetro = 212 m.
Cantos Salientes da Estrutura = 4
```

Nível de Proteção III: Espaçamento médio = 15m

$N = \text{Perímetro} / 15\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ $[N = 19]$ para Nível de Proteção:
 III
 $N = \text{Altura} / 15\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ | $N = 10 / 15 + 4$ | $N = 5$
 $N \geq 2$ (Para descidas não naturais)

 $N = 11$ descidas.

10) Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

$r = 100 \text{ ohms.m}$ [resistividade do solo]
 $R = 5 \text{ ohms}$ [Resistência de aterramento]
 $L = \text{Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)}$

$L = (2 * r) / R$
 $L = (2 * 100) / 5$
 $L = 40 \text{ m}$

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

$L = 40 \text{ m}$

$R_e = 33.74 \text{ m}$ [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: $10\text{m} \leq 15\text{m}$ (Não é necessário anél horizontal intermediário)

12) Seções mínimas

12.1) Condutores de Captação e Hastes Captoras

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

captação

- (b) - Aplicável somente a minicaptadores. 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) Condutores de Descidas

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

- (b) - Aplicável somente a minicaptadores. 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.

12.3) Eletrodo/Malha de Aterramento

Cobre - Encordado - 50 mm ² - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm
Cobre - Arredondado maciço - 50mm ² - Diâmetro 8 mm
Cobre - Fita maciça - 50 mm ² - 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 ² - Espessura 3 mm
Aço Galv. a quente - Encordado - 70 mm ²
Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm
Aço Cobreado - Encordado 70 mm ² - 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 ² - Espessa mínima 2 mm