



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

NBR-5419:2015

SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

Projeto: PSF DOURADOS

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

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

2) Geometria da Estrutura

$$\text{Comprimento [L]} = 22 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 26 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 3 \text{ m}$$

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

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

$$Ad = 22 * 26 + 2 * (3 * 3) * (22 + 26) + 3.14159 * (3 * 3)^2$$

$$Ad = 1690.47 \text{ m}^2$$

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)

Linha de Energia ou Sinal

$$Ctt = 1.0$$

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

Urbano

$$Cet = 0.1$$

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

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

$$Nd = 0.00845$$

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

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

Avenida Walter Antônio Fontana, nº 361 – Vila Cláudia – Assis/SP – CEP 19815-340

www.pedrosoengenharia.com

(14) 99813 – 7726



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

$A_m = 2 * 500 * (L + W) + \pi * 500^2$
 $A_m = 833398.16$
 $N_m = 8.33398$

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

$N_l = N_g * A_l * C_i * C_e * C_t * 10^{-6}$
 $A_l = 40 * L_l$
 $A_l = 40000$
 $N_l = 0.008$

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

$N_i = N_g * A_i * C_i * C_e * C_t * 10^{-6}$
 $A_i = 4000 * L_l$
 $A_i = 4000000$
 $N_i = 0.8$

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

$N_{lt} = N_g * A_l * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6}$
 $A_{lt} = 40 * L_{lt}$
 $A_{lt} = 40000$
 $N_{lt} = 0.04$

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

$N_{it} = N_g * A_{it} * C_{it} * C_{et} * C_{tt} * 10^{-6}$
 $A_{it} = 4000 * L_{lt}$
 $A_{it} = 4000000$
 $N_{it} = 4$

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

Estrutura não protegida por SPDA
 $P_b = 1$

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

Linha de energia com neutro multiterrado
 $C_{ld} = 1$
 $C_{li} = 0.2$

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 Wm,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como: $K_{s1} = 0,12 * W_{m1}$

$K_{s1} = 1$

4.20) Uw Energia

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

$U_w = 2.5$

4.21) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. $K_{s4} = 1$

Avenida Walter Antônio Fontana, nº 361 – Vila Cláudia – Assis/SP – CEP 19815-340

www.pedrosoengenharia.com

(14) 99813 – 7726



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

/ U_w

$$K_{s4} = 0.4$$

4.22) U_{wt} Sinal

$$U_{wt} = 1.5$$

4.23) K_{s4t} Sinal

$$K_{s4t} = 0.67$$

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

DPS Classe II

$$Peb = 0.02$$

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 ($U_w=2.5$)

$$Pld = 1$$

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 ($U_w=1.5$)

$$Pldt = 1$$

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

$$P_v = Peb * Pld * Cld$$

$$P_v = 0.02$$

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

$$P_{vt} = Peb * Pldt * Cldt$$

$$P_{vt} = 0.02$$

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: Zona 1 (Interna)

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$$n_z = 100$$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$$n_t = 120$$

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

$$t_z = 2400$$

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

Desprezar

5.1.8) L4 - Perda econômica

Considerar

5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Sim

Avenida Walter Antônio Fontana, nº 361 – Vila Cláudia – Assis/SP – CEP 19815-340

www.pedrosoengenharia.com

(14) 99813 – 7726



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

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

Não aplicável (área externa)

$P_{tu} = 0$

5.1.11) Ks2

$K_{s2} = 1$

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

Nenhuma sistema de DPS coordenado

$P_{spd} = 1$

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)

$K_{s3} = 1$

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

Nenhuma sistema de DPS coordenado

$P_{spdt} = 1$

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)

$K_{s3t} = 1$

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

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

$P_c = 1$

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

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

$P_{ct} = 1$

5.1.18) Pms

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

$P_{ms} = 0.16$

5.1.19) Pmst

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

$P_{mst} = 0.4489$

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

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

$P_m = 0.16$

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

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

$P_{mt} = 0.4489$

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

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

$P_u = 0$

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

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

$P_{ut} = 0$

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

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

$P_w = 1$

Avenida Walter Antônio Fontana, nº 361 – Vila Cláudia – Assis/SP – CEP 19815-340

www.pedrosoengenharia.com

(14) 99813 – 7726



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

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

$$Pwt = Pspdt * Pldt * Cldt$$
$$Pwt = 1$$

5.1.26) Pli

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

5.1.27) Plit

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

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

$$Pz = Pspd * Pli * Cli$$
$$Pz = 0.06$$

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

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$
$$Pzt = 0.5$$

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

$$\text{Nenhuma medida de Proteção}$$
$$Pta = 1$$

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

$$\text{Cascalho, tapete, carpete (Resistência de contato entre 10 e 100 ohms)}$$
$$rt = 0.0001$$

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

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

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

$$\text{Incêndio: Risco Baixo}$$
$$rf = 0.001$$

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

$$\text{Sem perigo especial}$$
$$hz = 1$$

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

$$Pa = Pta * Pb$$
$$Pa = 1$$

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)

$$\text{Hospital, hotel, escola, edifício cívico}$$
$$Lf = 0.1$$

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

$$\text{Outras partes de hospital}$$
$$Lo = 0.001$$

5.1.36.4) La

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

Avenida Walter Antônio Fontana, nº 361 – Vila Cláudia – Assis/SP – CEP 19815-340

www.pedrosoengenharia.com

(14) 99813 – 7726



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

$$La = 0.02283 \cdot 10^{-5}$$

5.1.36.5) Lu

$$Lu = La = 0.02283 \cdot 10^{-5}$$

5.1.36.6) Le

$$Le = 1.0 \cdot (te / 8760)$$

$$Le = 0.02283$$

5.1.36.7) Lb

$$Lb = rp \cdot rf \cdot hz \cdot (Lf + Le) \cdot (nz / nt) \cdot (tz / 8760)$$

$$Lb = 0.01402 \cdot 10^{-3}$$

5.1.36.8) Lv

$$Lv = Lb = 0.01402 \cdot 10^{-3}$$

5.1.36.9) Lc

$$Lc = Lo \cdot (nz / nt) \cdot (tz / 8760)$$

$$Lc = 0.00023$$

5.1.36.10) Lm Lw Lz

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0.00023$$

5.1.37) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

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

Gás, água, fornecimento de energia

$$Lf2 = 0.1$$

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

Gás, água, fornecimento de energia

$$Lo2 = 0.01$$

5.1.37.3) Lb2

$$Lb2 = rp \cdot rf \cdot Lf2 \cdot (nz / nt)$$

$$Lb2 = 0.04167 \cdot 10^{-3}$$

5.1.37.4) Lv2

$$Lv2 = Lb2 = 0.04167 \cdot 10^{-3}$$

5.1.37.5) Lc2

$$Lc2 = Lo2 \cdot (nz / nt)$$

$$Lc2 = 0.00833$$

5.1.37.6) Lm2 Lw2 Lz2

$$Lm2 = Lw2 = Lz2 = Lc2 = 0.00833$$

5.1.38) L4 - Perda econômica

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

Hospital, industrial, museu, agricultura

$$Lf4 = 0.5$$

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

Hospital, Industrial, escritório, hotel, comercial

$$Lo4 = 0.01$$

5.1.38.3) D2 - Danos físicos FORA DA ESTRUTURA - Lfe (Tabela C.12)

Hospital, industrial, museu, agricultura

$$Lfe4 = 0.5$$

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

$$ca = 1 \text{ milhões}$$

Avenida Walter Antônio Fontana, nº 361 – Vila Cláudia – Assis/SP – CEP 19815-340

www.pedrosoengenharia.com

(14) 99813 – 7726



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

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

cb = 4 milhões

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

cc = 2 milhões

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

cs = 2 milhões

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

ct = 8 milhões

5.1.38.9) ce - Total de valores em perigo localizados fora da estrutura (milhões)

ce = 1 milhões

5.1.38.10) La4

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

$La4 = 0.0125 * 10^{-5}$

5.1.38.11) Lu4

$Lu4 = La4 = 0.0125 * 10^{-5}$

5.1.38.12) Lb4

$Lb4 = rp * rf * Lf4 * ((ca + cb + cc + cs) / ct)$

$Lb4 = 0.00028$

5.1.38.13) Lv4

$Lv4 = Lb4 = 0.00028$

5.1.38.14) Lc4

$Lc4 = Lo4 * (cs / ct)$

$Lc4 = 0.0025$

5.1.38.15) Lm4 Lw4 Lz4

$Lm4 = Lw4 = Lz4 = Lc4 = 0.0025$

5.1.38.16) Le4

$Le4 = Lfe4 * (ce / ct)$

$Le4 = 0.0625$

5.1.38.17) Lft4

$Lft4 = Lf4 + Le4$

$Lft4 = 0.5625$

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

5.1.39.1) Ra

$Ra = Nd * Pa * La$

$Ra = 0.00845 * 1 * 0.02283 * 10^{-5}$

$Ra = 0.0193 * 10^{-7}$

5.1.39.2) Rb

$Rb = Nd * Pb * Lb$

$Rb = 0.00845 * 1 * 0.01402 * 10^{-3}$

$Rb = 0.01185 * 10^{-5}$

5.1.39.3) Rc

$Rc = Nd * Pc * Lc$

$Rc = 0.00845 * 1 * 0.00023$

$Rc = 0.0193 * 10^{-4}$



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

5.1.39.4) Rm

$$\begin{aligned}R_m &= N_m * P_m * L_m \\R_m &= 8.33398 * 0.16 * 0.00023 \\R_m &= 0.0003\end{aligned}$$

5.1.39.5) Ru

$$\begin{aligned}R_u &= (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u \\R_u &= (0.008 + 0) * 0 * 0.02283 * 10^{-5} \\R_u &= 0\end{aligned}$$

5.1.39.6) Rut

$$\begin{aligned}R_{ut} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u \\R_{ut} &= (0.04 + 0) * 0 * 0.02283 * 10^{-5} \\R_{ut} &= 0\end{aligned}$$

5.1.39.7) Rv

$$\begin{aligned}R_v &= (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v \\R_v &= (0.008 + 0) * 0.02 * 0.01402 * 10^{-3} \\R_v &= 0.02243 * 10^{-7}\end{aligned}$$

5.1.39.8) Rvt

$$\begin{aligned}R_{vt} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v \\R_{vt} &= (0.04 + 0) * 0.02 * 0.01402 * 10^{-3} \\R_{vt} &= 0.01122 * 10^{-6}\end{aligned}$$

5.1.39.9) Rw

$$\begin{aligned}R_w &= (N_l + N_{dj}) * P_w * L_w \\R_w &= (0.008 + 0) * 1 * 0.00023 \\R_w &= 0.01826 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.39.10) Rwt

$$\begin{aligned}R_{wt} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{wt} * L_w \\R_{wt} &= (0.04 + 0) * 1 * 0.00023 \\R_{wt} &= 0.00913 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.39.11) Rz

$$\begin{aligned}R_z &= N_i * P_z * L_z \\R_z &= 0.8 * 0.06 * 0.00023 \\R_z &= 0.01096 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.39.12) R1z

$$\begin{aligned}R_{1z} &= R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt} + R_c + R_m + R_w + R_{wt} + R_z + R_{zt} \\R_{1z} &= 0.0193 * 10^{-7} + 0.01185 * 10^{-5} + 0 + 0.02243 * 10^{-7} + 0 + 0.01122 * 10^{-6} + 0.0193 * 10^{-4} \\&+ 0.0003 + 0.01826 * 10^{-4} + 0.00913 * 10^{-3} + 0.01096 * 10^{-3} + 0.00046 \\R_{1z} &= 78.5 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

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

5.1.40.1) Rb2

$$\begin{aligned}R_{b2} &= N_d * P_b * L_{b2} \\R_{b2} &= 0.00845 * 1 * 0.04167 * 10^{-3} \\R_{b2} &= 0.03522 * 10^{-5}\end{aligned}$$

5.1.40.2) Rc2

$$\begin{aligned}R_{c2} &= N_d * P_c * L_{c2} \\R_{c2} &= 0.00845 * 1 * 0.00833 \\R_{c2} &= 0.00007\end{aligned}$$

5.1.40.3) Rm2

$$\begin{aligned}R_{m2} &= N_m * P_m * L_{m2} \\R_{m2} &= 8.33398 * 0.16 * 0.00833 \\R_{m2} &= 0.01111\end{aligned}$$



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

5.1.40.4) Rv2

$$\begin{aligned}Rv2 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv2 \\Rv2 &= (0.008 + 0) * 0.02 * 0.04167 * 10^{-3} \\Rv2 &= 0.00667 * 10^{-6}\end{aligned}$$

5.1.40.5) Rvt2

$$\begin{aligned}Rvt2 &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv2 \\Rvt2 &= (0.04 + 0) * 0.02 * 0.04167 * 10^{-3} \\Rvt2 &= 0.03333 * 10^{-6}\end{aligned}$$

5.1.40.6) Rw2

$$\begin{aligned}Rw2 &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw2 \\Rw2 &= (0.008 + 0) * 1 * 0.00833 \\Rw2 &= 0.00007\end{aligned}$$

5.1.40.7) Rwt2

$$\begin{aligned}Rwt2 &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw2 \\Rwt2 &= (0.04 + 0) * 1 * 0.00833 \\Rwt2 &= 0.00033\end{aligned}$$

5.1.40.8) Rz2

$$\begin{aligned}Rz2 &= Ni * Pz * Lz2 \\Rz2 &= 0.8 * 0.06 * 0.00833 \\Rz2 &= 0.0004\end{aligned}$$

5.1.40.9) R2z

$$\begin{aligned}R2z &= Rb2 + Rc2 + Rm2 + Rv2 + Rw2 + Rz2 + Rvt2 + Rwt2 + Rzt2 \\R2z &= 0.03522 * 10^{-5} + 0.00007 + 0.01111 + 0.00667 * 10^{-6} + 0.00007 + 0.0004 + 0.03333 * 10^{-6} \\&+ 0.00033 + 0.01667 \\R2z &= 28.65 \times 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.41) Riscos [R4] da Zona [Zona 1 (Interna)]

5.1.41.1) Ra4

$$\begin{aligned}Ra4 &= Nd * Pa * La4 \\Ra4 &= 0.00845 * 1 * 0.0125 * 10^{-5} \\Ra4 &= 0.01057 * 10^{-7}\end{aligned}$$

5.1.41.2) Rb4

$$\begin{aligned}Rb4 &= Nd * Pb * Lb4 \\Rb4 &= 0.00845 * 1 * 0.00028 \\Rb4 &= 0.02377 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.41.3) Rc4

$$\begin{aligned}Rc4 &= Nd * Pc * Lc4 \\Rc4 &= 0.00845 * 1 * 0.0025 \\Rc4 &= 0.02113 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.41.4) Rm4

$$\begin{aligned}Rm4 &= Nm * Pm * Lm4 \\Rm4 &= 8.33398 * 0.16 * 0.0025 \\Rm4 &= 0.00333\end{aligned}$$

5.1.41.5) Ru4

$$\begin{aligned}Ru4 &= (Nl + Ndj) * Pu * Lu4 \\Ru4 &= (0.008 + 0) * 0 * 0.0125 * 10^{-5} \\Ru4 &= 0\end{aligned}$$

5.1.41.6) Rut4

$$\begin{aligned}Rut4 &= (Nlt + Ndj1) * Put * Lu4 \\Rut4 &= (0.04 + 0) * 0 * 0.0125 * 10^{-5} \\Rut4 &= 0\end{aligned}$$



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

5.1.41.7) Rv4

$$\begin{aligned}Rv4 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv4 \\Rv4 &= (0.008 + 0) * 0.02 * 0.00028 \\Rv4 &= 0.045 * 10^{-6}\end{aligned}$$

5.1.41.8) Rvt4

$$\begin{aligned}Rvt4 &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv4 \\Rvt4 &= (0.04 + 0) * 0.02 * 0.00028 \\Rvt4 &= 0.0225 * 10^{-5}\end{aligned}$$

5.1.41.9) Rw4

$$\begin{aligned}Rw4 &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw4 \\Rw4 &= (0.008 + 0) * 1 * 0.0025 \\Rw4 &= 0.02 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.41.10) Rwt4

$$\begin{aligned}Rwt4 &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw4 \\Rwt4 &= (0.04 + 0) * 1 * 0.0025 \\Rwt4 &= 0.0001\end{aligned}$$

5.1.41.11) Rz4

$$\begin{aligned}Rz4 &= Ni * Pz * Lz4 \\Rz4 &= 0.8 * 0.06 * 0.0025 \\Rz4 &= 0.00012\end{aligned}$$

5.1.41.12) R4z

$$\begin{aligned}R4z &= Ra4 + Rb4 + Rc4 + Rm4 + Rv4 + Rw4 + Rz4 + Rvt4 + Rwt4 + Rzt4 + Ru4 + Rut4 \\R4z &= 0.01057 * 10^{-7} + 0.02377 * 10^{-4} + 0.02113 * 10^{-3} + 0.00333 + 0.045 * 10^{-6} + 0.02 * 10^{-3} \\&+ 0.00012 + 0.0225 * 10^{-5} + 0.0001 + 0.005 + 0 + 0 \\R4z &= 8.6 \times 10^{-3}\end{aligned}$$

6) Risco Total

6.1) R1

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 0.01204 \times 10^{-5} \\R1 &= 78.5 \times 10^{-5} \\Rt1 &= 1 \times 10^{-5} \\R1 &> Rt1 \\(Ra + Rb) &\leq Rt1 \\[Requer a instalação de SPDA ou MPS]\end{aligned}$$

6.2) R2

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 0.000352 \times 10^{-3} \\R2 &= 28.65 \times 10^{-3} \\Rt2 &= 1 \times 10^{-3} \\R2 &> Rt2 \\(Ra + Rb) &\leq Rt2 \\[Requer a instalação de SPDA ou MPS]\end{aligned}$$

6.3) R4

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 0.00238 \times 10^{-3} \\R4 &= 8.6 \times 10^{-3} \\Rt4 &= 1 \times 10^{-3} \\R4 &> Rt4 \\(Ra + Rb) &\leq Rt4 \\[Requer a instalação de SPDA ou MPS]\end{aligned}$$

6.4) Estrutura Desprotegida: Talvez a instalação de DPS ou outros MPSs evitem a necessidade de um SPDA.

$$\begin{aligned}Rab1 &\leq Rt1 \\Rab2 &\leq Rt2 \\Rab4 &\leq Rt4\end{aligned}$$



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

7) Nível de Proteção adotada: IV

8) Método Utilizado

8.1) Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção IV]

Afastamento máximo da Malha = 20x20 m

9) Cálculo do Número de descidas [N]

Area = 379 m².

Altura = 3 m.

Perímetro = 96 m.

Cantos Salientes da Estrutura = 7

Nível de Proteção IV: Espaçamento médio = 20m

$N = \text{Perímetro} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ [N = 12] para Nível de Proteção: IV

$N = \text{Altura} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ | $N = 3 / 20 + 7$ | $N = 8$

$N \geq 2$ (Para descidas não naturais)

N = 12 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]

$L = \text{Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)}$

$L = (2 * r) / R$

$L = (2 * 100) / 10$

$L = 20 \text{ m}$

$l_{\text{min}} = 5 \text{ m}$

$L = 20 \text{ m}$

$R_e = 15.28 \text{ m}$ [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

Comprimento Adicional [$R_e \geq 11$] [OK]

11) Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anél horizontal de aterramento enterrado

Altura: 3m \leq 20m (Não é necessário anél horizontal intermediário)

12) Seções mínimas

12.1) Condutores de Captação, Hastes Captoras e 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 oordolha 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 cordolha 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 cordosilha 3 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordado	70mm ²	Diâmetro de cada fri da axdoeêia 3.6 nwn
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 cordolha 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 cordolha 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 diametro mínimo de 10mm e comprimento máximo de 1m.

Avenida Walter Antônio Fontana, nº 361 – Vila Cláudia – Assis/SP – CEP 19815-340

www.pedrosoengenharia.com

(14) 99813 – 7726



PEDROSO ENGENHARIA

Projetos, Consultoria, Treinamentos e Serviços em:

Engenharia Elétrica

Engenharia de Segurança do Trabalho

www.pedrosoengenharia.com

12.2) Eletrodo de Aterramento

Cobre - Encordado - 50 mm² - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm
Cobre - Arredondado maciço - 50mm² - Diâmetro 8 mm
Cobre - Fita maciça - 50 mm² - 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 mm² - Espessura 3 mm
Aço Galv.a quente - Encordado - 70 mm²
Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm
Aço Cobreado - Encordado 70 mm² - 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 - 100mm² - Espessa mínima 2 mm