



20190000273458



Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados

**PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - PDA
ANÁLISE DE RISCO
EEEM PIQUIRI**



CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS



20190000273458



Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados

Processo: 20/1900-0027345-8 **SGO:** SE/2021/00045
Interessado: Secretaria da Educação - RS
Município: Cacheira do Sul - RS **CROP:** 27ª
Assunto: Memorial de cálculo das análises de risco para verificar a necessidade de PDA
do prédio da escola e da quadra poliesportiva

A) Prédio da Escala

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

$Ng = 9$ [Descargas / km^2 /ano]
Fonte = Mapa - Sul

2) Geometria da Estrutura

Comprimento [L] = 43.8 m
Largura [W] = 12 m
Altura [H] = 8.5 m

3) Ad - Área de exposição equivalente [em m^2]

$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + \pi * (3 * H)^2$
 $Ad = 43,8 * 12 + 2 * (3 * 8,5) * (43,8 + 12) + 3,14159 * (3 * 8,5)^2$
 $Ad = 5414,22 m^2$

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

$LI = 1000$ [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)
 $Ct = 0.2$

CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS



2



20190000273458



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

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

Suburbano
Ce = 0.5

4.6) Comprimento da Linha de Sinal

Llt = 1000 [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)

Rural
Cet = 1.0

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

$Nd = Ng * Ad * Cd * 10^{-6}$
Nd = 0.02436

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

$Nm = Ng * Am * 10^{-6}$
 $Am = 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2$
Am = 841198.16
Nm = 7.57078

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

$NI = Ng * AI * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$
AI = 40 * LI
AI = 40000
NI = 0.036

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

$Ni = Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**



3



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

$A_i = 4000 \cdot L_i$
 $A_i = 4000000$
 $N_i = 3.6$

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

$N_{lt} = N_g \cdot A_i \cdot C_{it} \cdot C_{et} \cdot C_{tt} \cdot 10^{-6}$
 $A_{lt} = 40 \cdot L_{lt}$
 $A_{lt} = 40000$
 $N_{lt} = 0.36$

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

$N_{it} = N_g \cdot A_{it} \cdot C_{it} \cdot C_{et} \cdot C_{tt} \cdot 10^{-6}$
 $A_{it} = 4000 \cdot L_{it}$
 $A_{it} = 4000000$
 $N_{it} = 36$

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

Estrutura não protegida por SPDA
 $P_b = 1$

4.17) Tipo de linha externa Energia - C_{ld} e C_{li} (Tabela B.4)

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

4.18) Tipo de linha externa SINAL - C_{ldt} e C_{lit} (Tabela B.4)

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

4.19) K_{s1}

K_{s1} : 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: $K_{s1} = 0,12 \cdot W_{m1}$

$K_{s1} = 0.6$

4.20) U_w Energia

U_w : é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**





**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

quilovolts (kV).

$$U_w = 2.5$$

4.21) Ks4 Energia

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

$$Ks4 = 1 / U_w$$

$$Ks4 = 0.4$$

4.22) Uwt Sinal

$$U_{wt} = 1.5$$

4.23) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

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

Sem DPS

$$Peb = 1$$

4.25) Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - PId (Tabela B.8)

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

$$PI_d = 1$$

4.26) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - PI_{dt} (Tabela B.8)

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

$$PI_{dt} = 1$$

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

$$P_v = Peb * PI_d * CI_d$$

$$P_v = 1$$

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

$$P_{vt} = Peb * PI_{dt} * CI_{dt}$$

$$P_{vt} = 1$$

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: Zona 1 (Interna)



**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$n_z = 150$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$n_t = 150$

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

$t_z = 2600$

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

$t_e = 104$

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) - Ptu (Tabela B.6)

Nenhuma medida de proteção

$P_{tu} = 1$

5.1.11) Ks2

$K_{s2} = 0.6$

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

Nenhuma sistema de DPS coordenado



**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

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 = 0.02074

5.1.19) Pmst

$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)^2$
Pmst = 0.05818

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

$Pm = Pspd * Pms$
Pm = 0.02074

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

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**





20190000273458



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

internos SINAL

$$\begin{aligned} \text{Pmt} &= \text{Pspdt} * \text{Pmst} \\ \text{Pm} &= 0.05818 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_u &= P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld} \\ P_u &= 1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_{ut} &= P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt} \\ P_{ut} &= 1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_w &= \text{Pspd} * P_{ld} * C_{ld} \\ P_w &= 1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_{wt} &= \text{Pspdt} * P_{ldt} * C_{ldt} \\ P_{wt} &= 1 \end{aligned}$$

5.1.26) P_{li}

$$\begin{aligned} P_{li} &\text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV} \\ P_{li} &= 0.3 \end{aligned}$$

5.1.27) P_{lit}

$$\begin{aligned} P_{lit} &\text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV} \\ P_{lit} &= 0.5 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_z &= \text{Pspd} * P_{li} * C_{li} \\ P_z &= 0.3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} P_{zt} &= \text{Pspdt} * P_{lit} * C_{lit} \\ P_{zt} &= 0.5 \end{aligned}$$



**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**

8



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

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

Nenhuma medida de Proteção
Pta = 1

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

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

5.1.32) 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

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

Incêndio: Risco Normal
rf = 0.01

5.1.34) Perigo Especial - Fator hz (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)
hz = 5

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)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico
Lf = 0.1

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



**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**



20190000273458



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

Não Aplicável
Lo = 0

5.1.36.4) La

$La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)$
 $La = 0.02968 * 10^{-3}$

5.1.36.5) Lu

$Lu = La = 0.02968 * 10^{-3}$

5.1.36.6) Le

$Le = 1.0 * (te / 8760)$
 $Le = 0.01187$

5.1.36.7) Lb

$Lb = rp * rf * hz * (Lf + Le) * (nz / nt) * (tz / 8760)$
 $Lb = 0.00083$

5.1.36.8) Lv

$Lv = Lb = 0.00083$

5.1.36.9) Lc

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

5.1.36.10) Lm Lw Lz

$Lm = Lw = Lz = Lc = 0$

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

5.1.37.1) Ra

$Ra = Nd * Pa * La$
 $Ra = 0.02436 * 1 * 0.02968 * 10^{-3}$
 $Ra = 0.00723 * 10^{-4}$

5.1.37.2) Rb

$Rb = Nd * Pb * Lb$
 $Rb = 0.02436 * 1 * 0.00083$
 $Rb = 0.02022 * 10^{-3}$



**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**

10



20190000273458



Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados

5.1.37.3) Ru

$$\begin{aligned} Ru &= (NI + Ndj) * Pu * Lu \\ Ru &= (0.036 + 0) * 1 * 0.02968 * 10^{-3} \\ Ru &= 0.01068 * 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.37.4) Rut

$$\begin{aligned} Rut &= (Nlt + Ndj1) * Put * Lu \\ Rut &= (0.36 + 0) * 1 * 0.02968 * 10^{-3} \\ Rut &= 0.01068 * 10^{-3} \end{aligned}$$

5.1.37.5) Rv

$$\begin{aligned} Rv &= (NI + Ndj) * Pv * Lv \\ Rv &= (0.036 + 0) * 1 * 0.00083 \\ Rv &= 0.02988 * 10^{-3} \end{aligned}$$

5.1.37.6) Rvt

$$\begin{aligned} Rvt &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv \\ Rvt &= (0.36 + 0) * 1 * 0.00083 \\ Rvt &= 0.0003 \end{aligned}$$

5.1.37.7) R1z

$$\begin{aligned} R1z &= Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt \\ R1z &= 0.00723 * 10^{-4} + 0.02022 * 10^{-3} + 0.01068 * 10^{-4} + 0.02988 * 10^{-3} + \\ &0.01068 * 10^{-3} + 0.0003 \\ R1z &= 36.14 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

6) Risco Total

6.1) R1

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 2.09 \times 10^{-5} \\ R1 &= 36.14 \times 10^{-5} \\ Rt1 &= 1 \times 10^{-5} \\ R1 &> Rt1 \\ (Ra + Rb) &> Rt1 \end{aligned}$$

6.2) Estrutura Desprotegida.

$$Rab1 \leq Rt1$$

Resultado: considerando metodologia de cálculo apresentada, estrutura necessita de instalação de SPDA ou MPS.



CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS

11



Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados

B) Quadra Poliesportiva:

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

$Ng = 9$ [Descargas / km²/ano]
Fonte = Mapa - Sul

2) Geometria da Estrutura

Comprimento [L] = 33 m
Largura [W] = 19 m
Altura [H] = 10 m

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

$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + \pi * (3 * H)^2$
 $Ad = 33 * 19 + 2 * (3 * 10) * (33 + 19) + 3.14159 * (3 * 10)^2$
 $Ad = 6574.43 \text{ m}^2$

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

$LI = 1000$ [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)

Suburbano
 $Ce = 0.5$

4.6) Comprimento da Linha de Sinal

$LIt = 1000$ [m]

CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS





20190000273458



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

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)

Rural
Cet = 1.0

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

$Nd = Ng * Ad * Cd * 10^{-6}$
Nd = 0.02958

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

$Nm = Ng * Am * 10^{-6}$
 $Am = 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2$
Am = 837398.16
Nm = 7.53658

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

$NI = Ng * AI * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$
AI = 40 * LI
AI = 40000
NI = 0.036

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

$Ni = Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$
Ai = 4000 * LI
Ai = 4000000
Ni = 3.6

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

$NIt = Ng * AI * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$
Alt = 40 * LI

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**



13



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

Ait = 40000
NIt = 0.36

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

$$Nit = Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$$
$$Ait = 4000 * Lit$$
$$Ait = 4000000$$
$$Nit = 36$$

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

Estrutura não protegida por SPDA
Pb = 1

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

Linha aérea não blindada
Cld = 1
Cli = 1

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

Linha aérea não blindada
Cldt = 1
Clit = 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: $Ks1 = 0,12 \times Wm1$

$Ks1 = 1$

4.20) Uw Energia

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

$Uw = 2.5$

4.21) Ks4 Energia

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

$Ks4 = 1 / Uw$

$Ks4 = 0.4$

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**



14



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

4.22) Uwt Sinal

$$Uwt = 1.5$$

4.23) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

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

$$\begin{aligned} \text{Sem DPS} \\ \text{Peb} = 1 \end{aligned}$$

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 ($Uw=2.5$)
 $Pld = 1$

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 ($Uw=1.5$)
 $Pldt = 1$

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

$$\begin{aligned} Pv &= Peb * Pld * Cld \\ Pv &= 1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Pvt &= Peb * Pldt * Cldt \\ Pvt &= 1 \end{aligned}$$

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: Zona 1 (Interna)

5.1.1) Número de pessoas na Zona
 $nz = 50$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura
 $nt = 100$

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

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**



15



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

tz = 2200

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

te = 2200

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) - Ptu (Tabela B.6)

Nenhuma medida de proteção

Ptu = 1

5.1.11) Ks2

Ks2 = 0.6

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)

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**





**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

Nenhuma sistema de DPS coordenado
 $P_{spdt} = 1$

5.1.15) Fiação Interna SINAL - K_{s3t} (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) P_c - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

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

5.1.17) P_{ct} - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos
SINAL

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

5.1.18) P_{ms}

$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$
 $P_{ms} = 0.0576$

5.1.19) P_{mst}

$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$
 $P_{mst} = 0.1616$

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

$P_m = P_{spd} * P_{ms}$
 $P_m = 0.0576$

5.1.21) P_{mt} - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$
 $P_m = 0.1616$

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

$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$
 $P_u = 1$

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**





**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

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

$$\text{Put} = \text{Ptu} * \text{Peb} * \text{Pldt} * \text{Cldt}$$
$$\text{Put} = 1$$

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

$$\text{Pw} = \text{Pspd} * \text{Pld} * \text{Cld}$$
$$\text{Pw} = 1$$

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

$$\text{Pwt} = \text{Pspdt} * \text{Pldt} * \text{Cldt}$$
$$\text{Pwt} = 1$$

5.1.26) Pli

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

5.1.27) Plit

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

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

$$\text{Pz} = \text{Pspd} * \text{Pli} * \text{Cli}$$
$$\text{Pz} = 0.3$$

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

$$\text{Pzt} = \text{Pspdt} * \text{Plit} * \text{Clit}$$
$$\text{Pzt} = 0.5$$

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

Nenhuma medida de Proteção

$$\text{Pta} = 1$$

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

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

**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**





**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

(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
 $rp = 0,5$

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

Incêndio: Risco Baixo
 $r_f = 0,001$

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

Sem perigo especial
 $h_z = 1$

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

$P_a = P_{ta} * P_b$
 $P_a = 1$

5.1.36) L_1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

5.1.36.1) L_t

$L_t = 0,01$

5.1.36.2) D_2 - Danos Físicos - L_f (Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico
 $L_f = 0,1$

5.1.36.3) D_3 - Falhas de sistemas internos - L_o (Tabela C.2)

Não Aplicável
 $L_o = 0$

5.1.36.4) L_a

$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$
 $L_a = 0,01256 * 10^{-3}$

5.1.36.5) L_u

$L_u = L_a = 0,01256 * 10^{-3}$

5.1.36.6) L_e



**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**

19



20190000273458



**Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados**

$$Le = 1.0 * (te / 8760)$$
$$Le = 0.25114$$

5.1.36.7) Lb

$$Lb = rp * rf * hz * (Lf + Le) * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lb = 0.02205 * 10^{-3}$$

5.1.36.8) Lv

$$Lv = Lb = 0.02205 * 10^{-3}$$

5.1.36.9) Lc

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

5.1.36.10) Lm Lw Lz

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0$$

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

5.1.37.1) Ra

$$Ra = Nd * Pa * La$$
$$Ra = 0.02958 * 1 * 0.01256 * 10^{-3}$$
$$Ra = 0.03715 * 10^{-5}$$

5.1.37.2) Rb

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$
$$Rb = 0.02958 * 1 * 0.02205 * 10^{-3}$$
$$Rb = 0.00652 * 10^{-4}$$

5.1.37.3) Ru

$$Ru = (NI + Ndj) * Pu * Lu$$
$$Ru = (0.036 + 0) * 1 * 0.01256 * 10^{-3}$$
$$Ru = 0.04521 * 10^{-5}$$

5.1.37.4) Rut

$$Rut = (NIt + Ndj1) * Put * Lu$$
$$Rut = (0.36 + 0) * 1 * 0.01256 * 10^{-3}$$
$$Rut = 0.04521 * 10^{-4}$$

5.1.37.5) Rv



**CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS**

20



Estado do Rio Grande do Sul
Secretaria de Obras Públicas
Departamento de Projetos em Prédios da Educação
Divisão de Projetos Especializados

$$\begin{aligned} R_v &= (N_i + N_{dj}) * P_v * L_v \\ R_v &= (0.036 + 0) * 1 * 0.02205 * 10^{-3} \\ R_v &= 0.00794 * 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.37.6) R_{vt}

$$\begin{aligned} R_{vt} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v \\ R_{vt} &= (0.36 + 0) * 1 * 0.02205 * 10^{-3} \\ R_{vt} &= 0.00794 * 10^{-3} \end{aligned}$$

5.1.37.7) R_{1z}

$$\begin{aligned} R_{1z} &= R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt} \\ R_{1z} &= 0.03715 * 10^{-5} + 0.00652 * 10^{-4} + 0.04521 * 10^{-5} + 0.00794 * 10^{-4} + \\ &0.04521 * 10^{-4} + 0.00794 * 10^{-3} \\ R_{1z} &= 1.47 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

6) Risco Total

6.1) R_1

$$\begin{aligned} R_a + R_b &= 0.102 \times 10^{-5} \\ R_1 &= 1.47 \times 10^{-5} \\ R_{t1} &= 1 \times 10^{-5} \\ R_1 &> R_{t1} \\ (R_a + R_b) &\leq R_{t1} \\ &[\text{Requer a instalação de SPDA ou MPS}] \end{aligned}$$

6.2) Estrutura Desprotegida.

$$R_{ab1} \leq R_{t1}$$

Resultado: considerando metodologia de cálculo apresentada, estrutura necessita de instalação de SPDA ou MPS.

Porto Alegre, 07 de novembro de 2023.

Responsável técnico:

Documento assinado digitalmente
 **DEIVIS MARQUES DE SOUZA**
Data: 01/12/2023 18:16:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Deivis Marques de Souza
CREA/RS: 161150 – ID: 4821890
Departamento Projetos em Prédios da Educação
Secretaria de Obras Públicas

CAFF – Centro Administrativo Fernando Ferrari
Av. Borges de Medeiros, nº 1501 – 3º andar – Ala Sul
Bairro Centro – Porto Alegre/RS



21



20190000273458

Nome do documento: SE 20 1900 0027345 8 ELE PDA R000 Assinado.pdf

Documento assinado por

Órgão/Grupo/Matrícula

Data

Deivis Marques de Souza

SOP / SPELETRICOS / 482189001

01/12/2023 18:57:06

