

**MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

**OBRA: CENTRO MUNICIPAL MARIA TRINDADE DA SILVA
ENDEREÇO: Av. Sen. Atílio Fontana - Parque São João, Paranaguá - PR
PROPRIETÁRIO: PREFEITURA MUNICIPAL DE PARANAGUÁ
RESP. TÉCNICO: RAFAEL SALOMÃO ÂNGELO DA SILVA
ENGENHEIRO ELETRICISTA – CREA PR 117.283/D**

SUMÁRIO

1.	DADOS DO PROJETO	3
2.	INTRODUÇÃO.....	3
2.1.	ESTRUTURA PRINCIPAL	4
2.1.1.	Resumo dos componentes de risco da estrutura.....	4
2.2.	GEOMETRIA DA ESTRUTURA.....	4
2.3.	PROPRIEDADES	5
2.4.	ESTRUTURAS ADJACENTES.....	6
2.5.	LINHAS.....	6
2.5.1.	Linha 1: Energia.....	6
2.5.2.	Propriedades	6
2.5.3.	Fatores de risco	8
2.6.	LINHA 2: SINAL	8
2.6.1.	Propriedades	9
2.6.2.	Fatores de risco	10
2.7.	ZONAS	11
2.7.1.	Zona 1: Interna.....	11
2.7.2.	Propriedades	11
2.7.3.	Fatores e Componentes de risco por linha	12
2.7.4.	Zona 1, Linha 1: Energia	13
2.7.5.	Fatores e componentes de risco da zona	14
3.	ANÁLISE RESULTADOS	15
4.	DADOS TÉCNICOS DO SPDA.....	15
5.	DESCIDAS	15
6.	ATERRAMENTO.....	15
7.	NOTAS.....	15

1. DADOS DO PROJETO

- Proprietário: Prefeitura Municipal de Paranaguá;
- Edificação: Escola Municipal Maria Trindade da Silva;

2. INTRODUÇÃO

O presente projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), tem os requisitos considerados em seu desenvolvimento aqueles estabelecidos pela norma NBR 5419/2015 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Este memorial tem por objetivo estabelecer condições e características técnicas para execução dos serviços relativos à obra Escola Municipal Maria Trindade da Silva.

1. CONDIÇÕES GERAIS

A fim de se evitar falsas expectativas sobre o sistema de proteção, cabe-se fazer os seguintes esclarecimentos:

a) A descarga elétrica atmosférica (raio) é um fenômeno da natureza absolutamente imprevisível e aleatório, tanto em relação às suas características elétricas (intensidade de corrente, tempo de duração, etc.), como em relação aos efeitos destruidores decorrentes de sua incidência sobre as edificações.

b) Nada em termos práticos pode ser feito para se impedir a "queda" de uma descarga em determinada região. Não existe "atração" a longas distâncias, sendo os sistemas prioritariamente receptores. Assim sendo, as soluções internacionalmente aplicadas buscam tão somente minimizar os efeitos destruidores a partir da colocação de pontos preferenciais de captação e condução segura da descarga para a terra.

c) A implantação e manutenção de sistemas de proteção (para-raios) é normalizada internacionalmente pela IEC (International Eletrotecnical Commission) e em cada país por entidades próprias como a ABNT (Brasil), NFPA (Estados Unidos) e BSI (Inglaterra).

d) Somente os projetos elaborados com base em disposições destas normas podem assegurar uma instalação dita eficiente e confiável. Entretanto, esta eficiência nunca atingirá os 100 % estando, mesmo estas instalações, sujeitas a falhas de proteção. As mais comuns são a destruição de pequenos trechos do revestimento das fachadas de edifícios ou de quinas da edificação ou ainda de trechos de telhados.

e) Não é função do sistema de para-raios proteger equipamentos eletroeletrônicos (comando de elevadores, interfonos, portões eletrônicos, centrais telefônicas, subestações, etc), pois mesmo uma descarga captada e conduzida a terra com segurança, produz forte interferência eletromagnética, capaz de danificar estes equipamentos.

f) Os sistemas implantados de acordo com a Norma visam à proteção da estrutura das edificações contra as descargas que a atinjam de forma direta, tendo a NBR-5419 da ABNT como norma básica.

g) É de fundamental importância que após a instalação haja uma manutenção periódica anual a fim de se garantir a confiabilidade do sistema. São também recomendadas vistorias preventivas após reformas que possam alterar o sistema e toda vez que a edificação for atingida por descarga direta.

h) A execução deste projeto devesse ser feito por pessoal especializado.

2. RELATÓRIO DE ANÁLISE DE RISCO

2.1. ESTRUTURA PRINCIPAL

2.1.1. Resumo dos componentes de risco da estrutura

Fórmula geral para R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W , e R_Z :

$$R_x = R_{x\text{-zona1}} + R_{x\text{-zona2}} + \dots + R_{x\text{-zona n}}$$

$$R_A = 0$$

$$R_B = 5.7522E-7$$

$$R_C = 0$$

$$R_M = 0$$

$$R_U = 6.92E-9$$

$$R_V = 3.46E-6$$

$$R_W = 0$$

$$R_Z = 0$$

Risco de perda de vida humana

$$R_1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

$$R_1 = 4.0421E-6$$

Risco de perda de vida humana tolerável

$$R_{T-L1} = 1E-5$$

Situação : $R_1 \leq R_{T-L1}$

2.2. GEOMETRIA DA ESTRUTURA

Formado da estrutura: Estrutura complexa (valor manual)Comprimento $L(m) = 47.7$ Largura $W(m) = 33.54$ **Área de exposição equivalente (m²)**

Estrutura complexa (valor manual)

 $A_D = 1064$

2.3. PROPRIEDADES

Nível de proteção para qual o SPDA foi projetado: Estrutura protegida por SPDA classe II**Nível de proteção do DPS Coordenado:** DPS NP II**Probabilidade de descarga atmosférica em uma estrutura causar danos físicos**

Estrutura protegida por SPDA classe II

 $P_B = 0.05$ **Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados**

DPS NP II

 $P_{SPD} = 0.02$ **Fator de localização da estrutura**

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

 $C_D = 0.5$ **Densidade de descargas atmosféricas para a terra (km²/ano)** $N_G = 8.65$ **Número de eventos perigosos para a estrutura** $N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6}$ $N_D = 4.6018E-3$ **Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto da estrutura (m²)** $A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$ $A_M = 8.6664E5$ **Número de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura** $N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6}$ $N_M = 7.4964$

Eficiência da blindagem espacial externa por malha da estrutura (interace ZPR 0/1) $K_{S1} = 1$ **Número de pessoas na estrutura** $n_t = 200$

2.4. ESTRUTURAS ADJACENTES

2.5. LINHAS

2.5.1. Linha 1: Energia

Roteamento: Linha aérea**Tipo da linha:** Linha de energia**Nível de proteção do DPS na entrada:** DPS NP II**Tensão suportável dos equipamentos U_w :** 2,5 kV**Blindagem da Linha:** Linha não blindada**Conexão na entrada:** Nenhuma conexão/Indefinida**Resistência da Blindagem:** Não blindada ou blindagem não ligada ao barramento de equipotencialização do equipamento**Medidas de proteção adicional contra tensões de toque perigosas:** Avisos de alerta, Isolação elétrica das partes expostas, Restrições físicas

2.5.2. Propriedades

Fator tipo de linha

Linha de energia ou sinal

 $C_T = 1$ **Fator ambiental da linha**

Urbano

 $C_E = 0.1$ **Características da fiação interna**

Cabo não blindado - preocupação no roteamento no sentido de evitar grandes laços

 $K_{S3} = 0.2$

K_{S4}

2,5 kV

 $K_{S4} = 1/U_w$ $K_{S4} = 0.4$ **Comprimento da linha(m)** $L_L = 1000$ **Fator de instalação da linha**

Linha aérea

 $C_I = 1$ **Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas que atingem a linha (m²)** $A_L = 40 \times L_L$ $A_L = 40000$ **Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto da linha (m²)** $A_I = 4000 \times L_L$ $A_I = 4E6$ **Número de sobretensões não menores que 1kV por ano na linha** $N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$ $N_L = 0.0346$ **Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha** $N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$ $N_I = 3.46$ **Fator C_{LI}**

Linha aérea; Linha não blindada; Nenhuma conexão/Indefinida

 $C_{LI} = 1$ **Fator C_{LD}**

Linha aérea; Linha não blindada; Nenhuma conexão/Indefinida

 $C_{LD} = 1$ **Probabilidade em função do tipo da linha e tensão suportável de impulso dos equipamentos**

Linha de energia; 2,5 kV

 $P_{LI} = 0.3$ **Probabilidade em função da resistência da blindagem do cabo e tensão suportável**

Não blindada ou blindagem não ligada ao barramento de equipotencialização do equipamento, 2,5 kV

 $P_{LD} = 1$ **Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha que adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque perigosas**

[Avisos de alerta, Isolação elétrica das partes expostas, Restrições físicas]

$P_{TU} = 0$

Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados

DPS NP II

$P_{EB} = 0.02$

2.5.3. Fatores de risco

Probabilidade de descarga atmosférica em uma estrutura causar falha a sistemas internos

$P_{C-linha} = P_{SPD} \times C_{LD}$

$P_{C-linha} = 0.02$

Probabilidade de descarga em uma linha causar ferimentos por choque elétrico

$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$

$P_U = 0$

Probabilidade de descarga em uma linha causar danos físicos

$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$

$P_V = 0.02$

Probabilidade de descarga em uma linha causar falha nos sistemas internos

$P_{W-linha} = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD}$

$P_{W-linha} = 0.02$

Probabilidade de uma descarga perto de uma linha causar falha em sistemas internos

$P_{Z-linha} = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI}$

$P_{Z-linha} = 6E-3$

2.6. LINHA 2: SINAL

Roteamento: Linha aérea

Tipo da linha: Linha de sinal

Nível de proteção do DPS na entrada: DPS NP II

Tensão suportável dos equipamentos U_w : Equipamento não conforme com suportabilidade de tensão

Blindagem da Linha: Linha não blindada

Conexão na entrada: Nenhuma conexão/Indefinida

Resistência da Blindagem: Não blindada ou blindagem não ligada ao barramento de equipotencialização do equipamento

Medidas de proteção adicional contra tensões de toque perigosas: Nenhum

2.6.1. Propriedades

Fator tipo de linha

Linha de energia ou sinal

$$C_T = 1$$

Fator ambiental da linha

Urbano

$$C_E = 0.1$$

Características da fiação interna

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

$$K_{S3} = 1$$

K_{S4}

Equipamento não conforme com suportabilidade de tensão

$$K_{S4} = 1/U_w$$

$$K_{S4} = 1$$

Comprimento da linha(m)

$$L_L = 1000$$

Fator de instalação da linha

Linha aérea

$$C_I = 1$$

Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas que atingem a linha (m²)

$$A_L = 40 \times L_L$$

$$A_L = 40000$$

Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto da linha (m²)

$$A_I = 4000 \times L_L$$

$$A_I = 4E6$$

Número de sobretensões não menores que 1kV por ano na linha

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$$

$$N_L = 0.0346$$

Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$$

$$N_I = 3.46$$

Fator C_{LI}

Linha aérea; Linha não blindada; Nenhuma conexão/Indefinida

$$C_{LI} = 1$$

Fator C_{LD}

Linha aérea; Linha não blindada; Nenhuma conexão/Indefinida

$$C_{LD} = 1$$

Probabilidade em função do tipo da linha e tensão suportável de impulso dos equipamentos

Linha de sinal; Equipamento não conforme com suportabilidade de tensão

$$P_{LI} = 1$$

Probabilidade em função da resistência da blindagem do cabo e tensão suportável

Não blindada ou blindagem não ligada ao barramento de equipotencialização do equipamento, Equipamento não conforme com suportabilidade de tensão

$$P_{LD} = 1$$

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha que adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque perigosas

Nenhuma medida de proteção

$$P_{TU} = 1$$

Probabilidade em função do NP para o qual os DPS foram projetados

DPS NP II

$$P_{EB} = 0.02$$

2.6.2. Fatores de risco

Probabilidade de descarga atmosférica em uma estrutura causar falha a sistemas internos

$$P_{C\text{-linha}} = P_{SPD} \times C_{LD}$$

$$P_{C\text{-linha}} = 0.02$$

Probabilidade de descarga em uma linha causar ferimentos por choque elétrico

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$$

$$P_U = 0.02$$

Probabilidade de descarga em uma linha causar danos físicos

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$$

$$P_V = 0.02$$

Probabilidade de descarga em uma linha causar falha nos sistemas internos

$$P_{W\text{-linha}} = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD}$$

$$P_{W\text{-linha}} = 0.02$$

Probabilidade de uma descarga perto de uma linha causar falha em sistemas internos

$$PZ\text{-linha} = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI}$$

$$PZ\text{-linha} = 0.02$$

2.7. ZONAS**2.7.1. Zona 1: Interna****Localização da zona:** Dentro da estrutura**Risco de incêndio ou explosão na estrutura:** Risco de incêndio, normal**Tipo de risco na estrutura:** Estruturas sem risco de explosão e onde a falha dos sistemas internos não possa imediatamente por em perigo a vida humana**Providências contra incêndios:** Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape**Classificação da estrutura para perda L_F:** Hospital, hotel, escola, edifício cívico**Classificação da estrutura para perda L_o:** Não se aplica**Medidas de proteção adicional contra tensões de toque e passo perigosas:** Avisos de alerta, Isolação elétrica das partes expostas, Equipotencialização efetiva do solo, Restrições físicas**2.7.2. Propriedades****Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos**

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

$$L_F = 0.1$$

Número relativo médio típico de vítimas por falha dos sistemas internos

Não se aplica

$$L_o = 0$$

Número relativo médio típico de vítimas por choque elétrico devido a um evento perigoso

$$L_T = 0.01$$

Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura

Risco de incêndio, normal

$$r_f = 0.01$$

Fator de redução em função das providências contra incêndios

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

$$r_p = 0.5$$

Fator de redução em função do tipo da superfície

Marmore, cerâmica (1-10 kΩ)

$$r_t = 1E-3$$

Fator de aumento de perda em função de perigo especial

Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)

$$h_z = 5$$

Número de pessoas na zona

$$n_z = 200$$

Tempo de permanência das pessoas na zona em horas/ano

$$t_z = 8760$$

Perdas típicas L_u e L_A

$$L_A = L_U = r_t \times L_T \times n_z/n_t \times t_z/8760$$

$$L_A = L_U = 1E-5$$

Perdas típicas L_B, L_V

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z/n_t \times t_z/8760$$

$$L_B = L_V = 2.5E-3$$

Perdas típicas L_c, L_M, L_w, L_z

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_z/n_t \times t_z/8760$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = 0$$

Eficiência da blindagem espacial por malha interna a estrutura na interace ZPR X/Y ($X>0, Y>1$)

$$K_{S2} = 1$$

Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque ou passo perigosas

[Avisos de alerta, Isolação elétrica das partes expostas, Equipotencialização efetiva do solo, Restrições físicas]

$$P_{TA} = 0$$

Probabilidade de ferimentos por choque elétrico devido a descarga atmosférica em estrutura

$$P_A = P_{TA} \times P_B$$

$$P_A = 0$$

2.7.3. Fatores e Componentes de risco por linha

Zona 1, Linha 2: sinal

Fator P_{MS}

$$P_{MS} = K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4}$$

$$P_{MS} = 1$$

Probabilidade de descarga atmosférica perto da estrutura causar falha em sistemas internos

$$P_{M\text{-linha}} = P_{SPD} \times P_{MS}$$

$$P_{M\text{-linha}} = 1$$

Componente R_U

$$R_{U\text{-linha}} = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$$

$$R_{U\text{-linha}} = 6.92E-9$$

Componente R_V

$$R_{V\text{-linha}} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

$$R_{V\text{-linha}} = 1.73E-6$$

Componente R_w

$$R_{W\text{-linha}} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$$

$$R_{W\text{-linha}} = 0$$

Componente R_Z

$$R_{Z\text{-linha}} = N_I \times P_Z \times L_Z$$

$$R_{Z\text{-linha}} = 0$$

2.7.4. Zona 1, Linha 1: Energia

Fator P_{MS}

$$P_{MS} = K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4}$$

$$P_{MS} = 0.08$$

Probabilidade de descarga atmosférica perto da estrutura causar falha em sistemas internos

$$P_{M\text{-linha}} = P_{SPD} \times P_{MS}$$

$$P_{M\text{-linha}} = 1.28E-4$$

Componente R_U

$$R_{U\text{-linha}} = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$$

$$R_{U\text{-linha}} = 0$$

Componente R_V

$$R_{V\text{-linha}} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

$$R_{V\text{-linha}} = 1.73E-6$$

Componente R_w

$$R_{W\text{-linha}} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$$

$$R_{W\text{-linha}} = 0$$

Componente Rz

$$RZ\text{-linha} = N_l \times P_z \times L_z$$

$$RZ\text{-linha} = 0$$

2.7.5. Fatores e componentes de risco da zona

Probabilidade de descarga atmosférica em uma estrutura causar falha a sistemas internos

$$P_{C\text{-zona}} = 1 - (1 - P_{C\text{-linha } 1}) \times (1 - P_{C\text{-linha } 2}) \times \dots \times (1 - P_{C\text{-linha } n})$$

*Para zonas fora da estrutura, $P_{C\text{-zona}}=0$

$$P_{C\text{-zona}} = 0.0396$$

Probabilidade de descarga atmosférica perto da estrutura causar falha em sistemas internos

$$P_{M\text{-zona}} = 1 - (1 - P_{M\text{-linha } 1}) \times (1 - P_{M\text{-linha } 2}) \times \dots \times (1 - P_{M\text{-linha } n})$$

*Para zonas fora da estrutura, $P_{M\text{-zona}}=0$

$$P_{M\text{-zona}} = 1$$

Componente RA

$$R_{A\text{-zona}} = N_D \times P_A \times L_A$$

$$R_{A\text{-zona}} = 0$$

Componente RB

$$R_{B\text{-zona}} = N_D \times P_B \times L_B$$

$$R_{B\text{-zona}} = 5.7522E-7$$

Componente Rc

$$R_{C\text{-zona}} = N_D \times P_{C\text{-zona}} \times L_C$$

$$R_{C\text{-zona}} = 0$$

Componente Rm

$$R_{M\text{-zona}} = N_M \times P_{M\text{-zona}} \times L_M$$

$$R_{M\text{-zona}} = 0$$

Componente Ru

$$R_{U\text{-zona}} = R_{U\text{-linha } 1} + R_{U\text{-linha } 2} + \dots + R_{U\text{-linha } n}$$

$$R_{U\text{-zona}} = 6.92E-9$$

Componente Rv

$$R_{V\text{-zona}} = R_{V\text{-linha } 1} + R_{V\text{-linha } 2} + \dots + R_{V\text{-linha } n}$$

$$R_{V\text{-zona}} = 3.46E-6$$

Componente Rw

$$R_{W\text{-zona}} = R_{W\text{-linha } 1} + R_{W\text{-linha } 2} + \dots + R_{W\text{-linha } n}$$

$$R_{W\text{-zona}} = 0$$

Componente Rz
$$RZ\text{-zona} = RZ\text{-linha } 1 + RZ\text{-linha } 2 + \dots RZ\text{-linha } n$$
$$RZ\text{-zona} = 0$$
3. ANÁLISE RESULTADOS

Baseado no estudo acima demonstrado, conclui-se que a estrutura estando protegida por um SPDA classe II e estando suprida por DPS NP II estará suficientemente segura e protegida contra descargas atmosféricas conforme recomendações da NBR 5419/2015.

4. DADOS TÉCNICOS DO SPDA

O sistema de proteção utilizado, foi o método gaiola de Faraday, onde estes estão com seus captadores espaçados a uma média de distância de 5 metros. A malha superior deverá ser composta de barra chata de alumínio 7/8" x 1/8" sendo fixadas na estrutura do telhado e na alvenaria quando for o caso.

5. DESCIDAS

As descidas serão constituídas através de barras chata de alumínio 7/8" x 1/8". Este material foi escolhido por ser menos atrativo a possíveis furtos de materiais. O sistema será composto por 17 descidas conforme indicado no projeto do SPDA, com espaçamento de 10 metros.

6. ATERRAMENTO

O sistema será constituído por 17 hastes de aterramento Copperweld de 5/8" x 2400 mm, sendo 1 haste por descida da estrutura. As caixas de inspeção deverão ser PVC com diâmetro de 30 cm, e serão interligadas através de cabo de cobre nu de 50mm². A resistência ôhmica máxima esperada para o sistema será de 25 Ohms.

7. NOTAS

- Todas as conexões do tipo cabo-cabo e cabo-haste deverão ser feitas por conectores específicos para este fim;
- Deverá ser realizada vistoria anual do sistema e sempre após a incidência de tempestades com descargas atmosféricas.
- Na execução ver detalhes do projeto.