

MEMORIAL DESCRITIVO:

**PROJETO PROTEÇÃO CONTRA DESCARGA
ATMOSFÉRICA - PDA**

**SESI – SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA –
UNIDADE VÁRZEA GRANDE - MT**

AUTOR DO PROJETO:
FORMAÇÃO:
CREA:
CEL:
e-mail:

HERLON SANTOS PIMENTEL
ENG. ELETRICISTA/TELECOMUNICAÇÕES/SEG. TRABALHO
16.741 D
(65)9.9947-2660
herlonpimentel@gmail.com

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVO	5
3. REFERENCIA NORMATIVAS	5
4. PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	5
5. CARACTERISTICAS DA EDIFICAÇÃO	6
6. GERENCIAMENTO DE RISCO	6
6.1 Cálculos - Análises de Riscos x Riscos Toleráveis	8
6.1.1 Bloco Educacional de A a D	9
6.1.2 Bloco E – Sala de Aula Extracurricular	11
6.1.3 Bloco F – Recreação/Apoio/Serviços	13
6.1.4 Bloco da Associação Síndrome de Down	15
6.1.5 Bloco Vestiário	17
6.1.6 Mini Quadra Poliesportiva	19
6.1.7 Quadra Poliesportiva	21
6.1.8 Subestação de Energia	23
6.2 Análises de Riscos – Definições dos Níveis e Medidas de Proteções	25
6.2.1 Bloco Educacional de A a D	25
6.2.2 Bloco E Sala de Aula Extracurricular	27
6.2.3 Mini Quadra Poliesportiva	29
6.2.4 Quadra Poliesportiva	31
6.3 Resumo das Medidas de Proteções	33
7. SISTEMA EXTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	34
7.1 Subsistema de Captação	34
7.2 Subsistema de Descida	37
7.3 Subsistema de Aterramento	38
7.4 Componentes Geral, Fixação e Conexões	39
8. SISTEMA INTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMSFÉRICAS	41

- ANEXOS - PROJETOS:
- PROJETO: SPDA SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO –
IMPLANTAÇÃO GERAL;
 - PROJETO: SPDA SUBSISTEMA DE CAPTAÇÃO –
IMPLANTAÇÃO GERAL;
 - PROJETO: SPDA – BLOCO EDUCACIONAL DE A,D;
 - PROJETO: SPDA BLOCO E – SALA DE AULA
EXTRACURRICULAR, MINI QUADRA E QUADRA POLIESPORTIVA;
 - PROJETO: SPDA – DETALHES

1. INTRODUÇÃO

O presente memorial técnico visa fornecer os esclarecimentos e detalhes necessários para a instalação dos serviços contemplados no Projeto de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Visa também, definir os procedimentos, materiais adotados, normas técnicas e características gerais do projeto.

Dados da Matriz:

Nome: SESI – Serviço Social da Indústria
End.: Av. Dom Orlando Chaves, nº 1.086
Bairro: Cristo Rei
Cidade: Várzea Grande (MT)
Responsável: Carlos Gomes da Costa
Cargo: Gerencia Regional da UNAEN

Unidade: Várzea Grande
Local da obra: Av. Dom Orlando Chaves, nº 1.086
Nome do Projeto: Instalação de Proteção Contra Descarga Atmosférica.

Detalhamento: O projeto de Proteção Contra Descargas Atmosféricas contempla as seguintes informações:

- Gerenciamento de risco:
 - Cálculo de Gerenciamento de Riscos;
 - Análise de Riscos x Risco Tolerável;
 - Definição do Nível de Proteção;
 - Definição das Medidas de Proteção adequadas;
- Dimensionamento e Projeto Executivo de SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas):
 - Definição e dimensionamento do método de proteção;
 - Definição e dimensionamento do subsistema de captação;
 - Definição e dimensionamento do subsistema de descida;
 - Definição e dimensionamento do subsistema de aterramento;
 - Equipotencialização
- Preenchimento do Anexo H da NTCB 01 de 2017 do CBMMT (Corpo de Bombeiro Militar de Mato Grosso);

2. OBJETIVO

Descreve as soluções técnicas adotadas para o Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, projetados para a edificação do SESI – Unidade de Várzea Grande. Esclarecendo os aspectos mais relevantes e específicos de cada prédio ou bloco existente edificação, com intuito de facilitar a compreensão do projeto.

3. REFERENCIA NORMATIVAS

NBR-5419:2015 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.

Norma Regulamentadora NR-10 de 07 de dezembro de 2004 – Ministério do Trabalho e Emprego.

4. PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Sistema completo para proteção de estruturas contra as descargas atmosféricas, incluindo seus sistemas internos e conteúdo, assim como as pessoas, em geral consistindo de SPDA e MPS.

SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas) é o sistema utilizado para reduzir danos físicos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura. Consiste de sistemas externo e interno de proteção contra descargas atmosféricas. Devem ser posicionados de tal forma que o caminho da corrente de descarga não esteja em contato com a estrutura a ser protegida.

SPDA interno é parte que consiste de ligações equipotenciais e/ou isolação elétrica do SPDA externo.

SPDA externo é a parte composta pelos subsistemas de captação, descida e aterramento.

Subsistema de captação é parte externa que utiliza elementos metálicos como hastes, condutores em malha ou cabos em catenária, projetados e posicionados para interceptarem descargas atmosféricas.

Subsistema de descida é a parte que tem como objetivo conduzir a descarga atmosférica do subsistema de captação ao subsistema de aterramento.

Subsistema de aterramento, tem como objetivo conduzir e dispensar a descarga atmosférica no solo.

5. CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO

A edificação é um colégio do ensino fundamental ao ensino médio. Possui uma área de 27.459,60m². Existem vários blocos separados fisicamente.

O estudo de gerenciamento de risco e consequentemente as soluções técnicas adotadas, foram realizadas conforme disposição física dos blocos construídos.

Segue abaixo divisão dos blocos construídos:

- Bloco Educacional de A a D;
- Bloco E – Sala de Aula Extracurricular;
- Bloco F – Recreação/Apoio/Serviços
- Bloco da Associação Síndrome de Down;
- Bloco dos vestiários;
- Mini Quadra poliesportiva;
- Quadra Poliesportiva;
- Subestação de Energia;

6. GERENCIAMENTO DE RISCO

É o estudo de diversos parâmetros da estrutura, seus arredores e das linhas elétricas ligadas a ela. Indicará as medidas de proteção tanto da estrutura, das pessoas e dos equipamentos contra os efeitos nocivos das descargas atmosféricas para que os riscos fiquem dentro de valores toleráveis.

Inicia-se pelas fontes de danos onde são consideradas as descargas atmosféricas que atingem diretamente a estrutura e as linhas elétricas interligadas a esta estrutura e também as descargas que atingem áreas próximas às estruturas e as linhas. São considerados três tipos de danos: os ferimentos aos seres vivos, os danos físicos às estruturas e as falhas nos sistemas elétricos e eletrônicos.

Desta forma, os riscos a serem avaliados em uma estrutura são: R1- risco de perda de vida humana; R2 - risco de perda de instalação de serviço ao público; R3 - risco de perda de memória cultural e R4 - risco de perda de valor econômico. Entende-se como risco, o valor de uma provável perda média anual (vida e bens) devido às descargas atmosféricas, em relação ao valor total (vida e bens) do objeto a ser protegido. Estes riscos dependem do número anual de descargas atmosféricas que influenciam a estrutura, da probabilidade de dano por uma das descargas atmosféricas que influenciam esta estrutura e da quantidade média das perdas causadas.

Uma vez calculados estes riscos, os valores são comparados com os valores típicos toleráveis indicados na norma. Perda de vida humana ou ferimentos permanentes = 10^{-5} ; Perda

de serviço ao público = 10^{-3} e Perda de patrimônio cultural = 10^{-4} . Caso algum valor de risco ultrapasse o valor tolerável, as medidas de proteção devem ser alteradas de forma que o risco fique dentro do valor tolerável.

Para o cálculo de um determinado risco, várias componentes de risco devem ser avaliadas: RA - componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido a tensões de passo e de toque em distâncias até 3 m do lado de fora da estrutura; RB - componente relativo a danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão os quais podem também pôr em perigo o meio ambiente; RC - componente devido à falha de sistemas internos causados por LEMPs (pulsos eletromagnéticos devido aos raios) devido a descargas que atingem a estrutura; RM - Falha de sistemas internos causada por LEMP devido às descargas que atingem áreas perto da estrutura; RU - componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura devido a descargas que atingiram a linha elétrica conectada a estrutura; RV - Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura) devido à corrente da descarga atmosférica transmitida ou ao longo das linhas; RW – Componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta; RZ – Componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta, geralmente em estrutura com risco de explosão, hospitais e outras com riscos de vida por falha de sistemas internos.

Cada uma destas componentes de risco pode ser calculada através de uma expressão geral:

$$RX = NX \times PX \times LX$$

Onde

NX é o número de eventos perigosos por ano

PX é a probabilidade de dano à estrutura

LX é a perda consequente

A parte 2 da NBR 5419/2015 apresenta diversos anexos onde podem ser obtidos ou calculados estes parâmetros para cada componente.

O cálculo dos riscos é feito pela somatória de alguns componentes como a seguir:

R1: Risco de perda de vida humana:

$$R1 = RA1 + RB1 + RC1a) + RM1a) + RU1 + RV1 + RW1a) + RZ1$$

a) somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais com equipamentos elétricos para salvar vidas ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possa pôr em perigo a vida humana.

R2: Risco de perdas de serviço ao público:

$$R2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2}$$

R3: Risco de perdas de patrimônio cultural:

$$R3 = R_{B3} + R_{V3}$$

R4: Risco de perdas de valor econômico:

$$R4 = RA4b) + RB4 + RC4 + RM4 + RU4b) + RV4 + RW4 + R_{Z4}$$

b) somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

No Brasil, o INPE disponibilizou um mapa do Brasil e mais 5 mapas das regiões brasileiras onde se pode obter diretamente o N_g (Número de descargas atmosféricas para terra por km^2 por ano). Este parâmetro é fundamental para o cálculo de N que é utilizado na obtenção de todos os riscos.

Desta forma, as medidas de proteção, tais como, o nível de proteção (I, II, III ou IV), as classes dos DPS (Dispositivos de Proteção contra Surtos, classe 1, 2 ou 3), formas para redução de incêndio, medidas para redução de tensões de toque e passo, formas de cabeamento e blindagens, serão definidas pela análise de risco da estrutura sob estudo.

Para as análises de riscos realizadas em todos os blocos existentes, foi usado planilha desenvolvida na IEE/USP, TUPAN – versão 2017.

6.1 Cálculos - Análises de Riscos x Riscos Toleráveis

6.1.1 Bloco Educacional de A a D

**SESI - Serviço Social
da Indústria (Bloco
Educacional de A a D)**

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

17271

Influências ambientaisLocalização (C_D):Estrutura cercada por objetos de
mesma altura ou mais baixosFrequência de descarga para terra N_G [1/km²/ano]:

11,08608151

Tipo de solo:

Agrícola, Concreto

Tipo de estrutura:

Locais onde falhas de sistemas
internos não causam perdas de
vidas humanasRisco de incêndio (r_f):Incêndio Baixo ou explosão
(zonas 2,22)Perigo especial (h_z):Médio nível de pânico (ex.:
prédio destinado a eventos e
quantidade de pessoas limitadas
de 100 a 1000)

Número de pessoas na zona:

800

Serviços conectados:

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]

8,3333

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]

8,3333

Medidas de proteção

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):

sem SPDA

Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):

Sem proteção

Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para
evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

2,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):Sem proteção coordenada com
DPSModo de instalação da linha (C_l):

Enterrado

Linha de telecomunicação

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para
evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

1,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):Sem proteção coordenada com
DPSModo de instalação da linha (C_l):

Enterrado

Resultado

Perda de vida humana R₁	7,4560E-05
Avaliação de risco:	intolerável
Perda de serviço público R₂	3,3385E-04
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:

Engenheiro Eletricista - Herlon
Pimentel

Data da avaliação:

30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R₁	7,4560E-05
Perda de serviço público R₂	3,3385E-04
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00

6.1.2 Bloco E – Sala de Aula Extracurricular

SESI - Serviço Social da Indústria (Bloco - E - Sala de Aula Extracurricular)

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

2625

Influências ambientais

Localização (c _D):	Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos
Frequência de descarga para terra N_G [1/km ² /ano]:	11,08608151
Tipo de solo:	Mármore, Cerâmico
Tipo de estrutura:	Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas
Risco de incêndio (r _f):	Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)
Perigo especial (h _z):	Médio nível de pânico (ex.: prédio destinado a eventos e quantidade de pessoas limitadas de 100 a 1000)
Número de pessoas na zona:	200
Serviços conectados:	
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]	8,3333
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]	8,3333

Medidas de proteção

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	sem SPDA
Meios para restringir as consequências de incêndio (r _p):	Sem proteção
Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P _{TA}):	Nenhuma medida de proteção
Contra tensão de toque ou passo na linha (P _{TA}):	Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	2,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P _{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C _i):	Enterrado
Linha de telecomunicação	
Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	1,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P _{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C _i):	Enterrado

Resultado

Perda de vida humana R₁	2,1971E-05
Avaliação de risco:	intolerável
Perda de serviço público R₂	2,3727E-04
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R₁	2,1971E-05
Perda de serviço público R₂	2,3727E-04
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00

6.1.3 Bloco F – Recreação/Apoio/Serviços**SESI - Serviço Social da Indústria (Bloco F - Recreação/Apoio/Serviços)**

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

2292

Influências ambientaisLocalização (C_D):

Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos

Frequência de descarga para terra N_G [1/km²/ano]:

11,08608151

Tipo de solo:

Mármore, Cerâmico

Tipo de estrutura:

Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas

Risco de incêndio (r_i):Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)
Baixo nível de pânico (ex.: prédio com até 2 andares e quantidade pessoas limitadas aPerigo especial (h_z):

100)

Número de pessoas na zona:

100

Serviços conectados:

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]

8,3333

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]

8,3333

Medidas de proteção

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):

sem SPDA

Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):

Sem proteção

Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

2,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):

Sem proteção coordenada com DPS

Modo de instalação da linha (C_i):

Enterrado

Linha de telecomunicação

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

1,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):

Sem proteção coordenada com DPS

Modo de instalação da linha (C_i):

Enterrado

ResultadoPerda de vida humana R_1

8,6600E-06

Avaliação de risco:

tolerável

Perda de serviço público R₂	2,3390E-04
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R₁	8,6600E-06
Perda de serviço público R₂	2,3390E-04
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00

6.1.4 Bloco da Associação Síndrome de Down

SESI - Serviço Social da
Indústria (Bloco Síndrome
Down)

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

97

Influências ambientais

Localização (C_D):	Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos
Frequência de descarga para terra N_G [1/km ² /ano]:	11,08608151
Tipo de solo:	Mármore, Cerâmico
Tipo de estrutura:	Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas
Risco de incêndio (r_i):	Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)
Perigo especial (h_z):	Sem perigo especial
Número de pessoas na zona:	50
Serviços conectados:	
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]	8,3333
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]	8,3333

Medidas de proteção

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	sem SPDA
Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):	Sem proteção
Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção
Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	2,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado
Linha de telecomunicação	
Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	1,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado

Resultado**Perda de vida humana R_1** **3,1976E-06**

Avaliação de risco:	tolerável
Perda de serviço público R₂	2,1953E-04
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R₁	3,1976E-06
Perda de serviço público R₂	2,1953E-04
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00

6.1.5 Bloco Vestiário**SESI - Serviço Social da Indústria (Bloco Vestiário)**

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

2051

Influências ambientais

Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos

Localização (C_D):Frequência de descarga para terra N_G [1/km²/ano]:

11,08608151

Tipo de solo:

Mármore, Cerâmico

Tipo de estrutura:

Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas

Risco de incêndio (r_i):

Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)

Perigo especial (h_z):

Sem perigo especial

Número de pessoas na zona:

50

Serviços conectados:

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]

8,3333

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]

8,3333

Medidas de proteção

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):

sem SPDA

Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):

Sem proteção

Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

2,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):

Sem proteção coordenada com DPS

Modo de instalação da linha (C_l):

Enterrado

Linha de telecomunicação

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

1,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):

Sem proteção coordenada com DPS

Modo de instalação da linha (C_l):

Enterrado

ResultadoPerda de vida humana R_1

4,3892E-06

Avaliação de risco:

tolerável

Perda de serviço público R_2

2,3164E-04

Avaliação de risco:

tolerável

Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R₁	4,3892E-06
Perda de serviço público R₂	2,3164E-04
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00

6.1.6 Mini Quadra Poliesportiva

SESI - Serviço Social da
Indústria (Mini Quadra
Poliesportiva)

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

7474

Influências ambientais

Localização (C_D):	Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos
Frequência de descarga para terra N_G [1/km ² /ano]:	11,08608151
Tipo de solo:	Agrícola, Concreto
Tipo de estrutura:	Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas
Risco de incêndio (r_f):	Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)
Perigo especial (h_z):	Médio nível de pânico (ex.: prédio destinado a eventos e quantidade de pessoas limitadas de 100 a 1000)
Número de pessoas na zona:	400
Serviços conectados:	
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]	0,0000833
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]	0,0000833

Medidas de proteção

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	Cobertura metálica e descida natural
Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):	Sem proteção
Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção
Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	2,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado

Linha de telecomunicação

Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	1,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado

Resultado

Perda de vida humana R₁	1,7145E-05
Avaliação de risco:	intolerável
Perda de serviço público R₂	2,0442E-04
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por: Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel

Data da avaliação: 30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R₁	1,7145E-05
Perda de serviço público R₂	2,0442E-04
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00

6.1.7 Quadra Poliesportiva

SESI - Serviço Social
da Indústria (Quadra
Poliesportiva)

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

7474

Influências ambientais

Localização (C_D):	Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos
Frequência de descarga para terra N_G [1/km ² /ano]:	11,08608151
Tipo de solo:	Agrícola, Concreto
Tipo de estrutura:	Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas
Risco de incêndio (r_f):	Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)
Perigo especial (h_z):	Médio nível de pânico (ex.: prédio destinado a eventos e quantidade de pessoas limitadas de 100 a 1000)
Número de pessoas na zona:	500
Serviços conectados:	
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]	0,0000833
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]	0,0000833

Medidas de proteção

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	Cobertura metálica e descida natural
Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):	Sem proteção
Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção
Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:

Linha de energia	
Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	2,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado
Linha de telecomunicação	
Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	1,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado

Resultado

Perda de vida humana R_1	1,7145E-05
Avaliação de risco:	intolerável
Perda de serviço público R_2	2,0442E-04
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R_3	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R_4	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R_1	1,7145E-05
Perda de serviço público R_2	2,0442E-04
Perda de herança cultural R_3	0,0000E+00
Perda econômica R_4	0,0000E+00

6.1.8 Subestação de Energia**SESI - Serviço Social da Indústria (Subestação de Energia)**

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

1319

Influências ambientaisLocalização (C_D):

Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos

Frequência de descarga para terra N_G [1/km²/ano]:

11,08608151

Tipo de solo:

Agrícola, Concreto

Tipo de estrutura:

Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas

Risco de incêndio (r_i):

Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)

Perigo especial (h_z):

Sem perigo especial

Número de pessoas na zona:

5

Serviços conectados:

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]

8,3333

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]

8,3333

Medidas de proteção

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):

sem SPDA

Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):

Sem proteção

Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

2,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):

Sem proteção coordenada com DPS

Modo de instalação da linha (C_l):

Enterrado

Linha de telecomunicação

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

1,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):

Sem proteção coordenada com DPS

Modo de instalação da linha (C_l):

Enterrado

ResultadoPerda de vida humana R_1 **6,7834E-06**

Avaliação de risco:	tolerável
Perda de serviço público R₂	2,2429E-04
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:	
Perda de vida humana R₁	6,7834E-06
Perda de serviço público R₂	2,2429E-04
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00

6.2 Análises de Riscos – Definições dos Níveis e Medidas de Proteções**6.2.1 Bloco Educacional de A a D****SESI - Serviço Social da Indústria (Bloco Educacional de A a D)**

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

17271

Influências ambientais

Localização (C_D):	Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos
Frequência de descarga para terra N_G [1/km ² /ano]:	11,08608151
Tipo de solo:	Agrícola, Concreto
Tipo de estrutura:	Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas
Risco de incêndio (r_f):	Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)
Perigo especial (h_z):	Médio nível de pânico (ex.: prédio destinado a eventos e quantidade de pessoas limitadas de 100 a 1000)
Número de pessoas na zona:	800
Serviços conectados:	
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]	8,3333
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]	8,3333

Medidas de proteção:

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	Classe do SPDA III
Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):	Extintores manuais, alarmes manuais, hidrantes, rotas de fuga protegidas ou compartimentos à prova de fogo
Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):	Restrições físicas ou estrutura como sist. descida
Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TL}):	Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	2,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	III-IV
Modo de instalação da linha (C_l):	Enterrado
Linha de telecomunicação	
Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	1,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C):	Enterrado

Resultado

Perda de vida humana R_1	8,0159E-06
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de serviço público R_2	3,8247E-05
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R_3	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R_4	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R_1	8,0159E-06
Perda de serviço público R_2	3,8247E-05
Perda de herança cultural R_3	0,0000E+00
Perda econômica R_4	0,0000E+00
Perdas para estrutura não protegida (unidades monetárias)	0,00
Perda residual para estrutura protegida (unidades monetárias)	0,00
Custo anual da proteção (unidades monetárias)	0,00
Economia anual (unidades monetárias)	0,00

6.2.2 Bloco E Sala de Aula Extracurricular

SESI - Serviço Social da Indústria (Bloco - E - Sala de Aula Extracurricular)

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

17271

Influências ambientais

Localização (c_D):	Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos
Frequência de descarga para terra N_G [1/km ² /ano]:	11,08608151
Tipo de solo:	Mármore, Cerâmico
Tipo de estrutura:	Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas
Risco de incêndio (r_f):	Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)
Perigo especial (h_z):	Médio nível de pânico (ex.: prédio destinado a eventos e quantidade de pessoas limitadas de 100 a 1000)
Número de pessoas na zona:	200
Serviços conectados:	
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]	8,3333
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]	8,3333

Medidas de proteção:

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	Classe do SPDA III
	Extintores manuais, alarmes manuais, hidrantes, rotas de fuga protegidas ou compartimentos à prova de fogo
Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):	Restrições físicas ou estrutura como sist. descida
Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção
Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):	

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	2,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado
Linha de telecomunicação	
Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	1,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado

Resultado

Perda de vida humana R₁	9,5266E-06
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de serviço público R₂	3,2859E-04
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R₁	9,5266E-06
Perda de serviço público R₂	3,2859E-04
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Perdas para estrutura não protegida (unidades monetárias)	0,00
Perda residual para estrutura protegida (unidades monetárias)	0,00
Custo anual da proteção (unidades monetárias)	0,00
Economia anual (unidades monetárias)	0,00

6.2.3 Mini Quadra Poliesportiva

SESI - Serviço Social da Indústria (Mini Quadra Poliesportiva)

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

7474

Influências ambientais

Localização (C_D):	Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos
Frequência de descarga para terra N_G [1/km ² /ano]:	11,08608151
Tipo de solo:	Agrícola, Concreto
Tipo de estrutura:	Locais onde falhas de sistemas internos não causam perdas de vidas humanas
Risco de incêndio (r_i):	Incêndio Baixo ou explosão (zonas 2,22)
Perigo especial (h_z):	Médio nível de pânico (ex.: prédio destinado a eventos e quantidade de pessoas limitadas de 100 a 1000)
Número de pessoas na zona:	400
Serviços conectados:	
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]	0,0000833
Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]	0,0000833

Medidas de proteção:

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	Cobertura metálica e descida natural
	Extintores manuais, alarmes manuais, hidrantes, rotas de fuga protegidas ou compartimentos à prova de fogo
Meios para restringir as consequências de incêndio (r_p):	
Contra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção
Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):	Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	2,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	III-IV
Modo de instalação da linha (C_i):	Enterrado
Linha de telecomunicação	
Fator ambiental da linha:	Suburbano
Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	1,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS

Modo de instalação da linha (C_l):

Enterrado

Resultado

Perda de vida humana R₁	7,8861E-06
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de serviço público R₂	3,1776E-05
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:

Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel

Data da avaliação:

30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R₁	7,8861E-06
Perda de serviço público R₂	3,1776E-05
Perda de herança cultural R₃	0,0000E+00
Perda econômica R₄	0,0000E+00
Perdas para estrutura não protegida (unidades monetárias)	0,00
Perda residual para estrutura protegida (unidades monetárias)	0,00
Custo anual da proteção (unidades monetárias)	0,00
Economia anual (unidades monetárias)	0,00

6.2.4 Quadra Poliesportiva

SESI - Serviço Social
da Indústria (Quadra
Poliesportiva)

Projeto:

Dimensões da estrutura**Zona:**

Interna

Área de exposição equivalente A_D [m²]

7474

Influências ambientaisLocalização (C_D):Estrutura cercada por objetos de
mesma altura ou mais baixosFrequência de descarga para terra N_G [1/km²/ano]:

11,08608151

Tipo de solo:

Agrícola, Concreto

Tipo de estrutura:

Locais onde falhas de sistemas
internos não causam perdas de
vidas humanasRisco de incêndio (r_f):Incêndio Baixo ou explosão
(zonas 2,22)Perigo especial (h_z):Médio nível de pânico (ex.:
prédio destinado a eventos e
quantidade de pessoas limitadas
de 100 a 1000)

Número de pessoas na zona:

500

Serviços conectados:

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_1 [m]

0,0000833

Largura da blindagem ou distância entre as descidas w_2 [m]

0,0000833

Medidas de proteção:

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):

Cobertura metálica e descida
naturalMeios para restringir as consequências de incêndio (r_p):Extintores manuais, alarmes
manuais, hidrantes, rotas de
fuga protegidas ou
compartimentos à prova de
fogoContra tensão de toque ou passo na estrutura (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Contra tensão de toque ou passo na linha (P_{TA}):

Nenhuma medida de proteção

Atributos da linha conectada:**Linha de energia**

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:

Não blindado- precaução para
evitar grandes laços

Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]

2,5kV

Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):

III-IV

Modo de instalação da linha (C_l):

Enterrado

Linha de telecomunicação

Fator ambiental da linha:

Suburbano

Fiação interna:	Não blindado- precaução para evitar grandes laços
Tensão suportável de impulso atmosférico no sistema [kV]	1,5kV
Dispositivo de proteção contra Surto DPS (P_{SPD}):	Sem proteção coordenada com DPS
Modo de instalação da linha (C_l):	Enterrado

Resultado

Perda de vida humana R_1	7,8861E-06
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de serviço público R_2	3,1776E-05
Avaliação de risco:	tolerável
Perda de herança cultural R_3	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável
Perda econômica R_4	0,0000E+00
Avaliação de risco:	tolerável

Projeto avaliado por:	Engenheiro Eletricista - Herlon Pimentel
Data da avaliação:	30/10/2018

Total:

Perda de vida humana R_1	7,8861E-06
Perda de serviço público R_2	3,1776E-05
Perda de herança cultural R_3	0,0000E+00
Perda econômica R_4	0,0000E+00
Perdas para estrutura não protegida (unidades monetárias)	0,00
Perda residual para estrutura protegida (unidades monetárias)	0,00
Custo anual da proteção (unidades monetárias)	0,00
Economia anual (unidades monetárias)	0,00

6.3 Resumo das Medidas de Proteções

6.3 - Resumo das Medidas de Proteções					
Item	Medidas de proteção:	Bloco Educacional de A a D	Bloco E - Sala Extracurricular	Bloco F Recreação /Apoio Serviços	Síndrome de Down
6.1	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	Classe III	Classe III	Opcional	Opcional
6.1.1	Subsistema de Captação:	Conforme Classe III	Conforme Classe III	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção
6.1.2	Subsistema de Aterramento:	Conforme Classe III	Conforme Classe III	Equipotencialização da malha de aterramento	Equipotencialização da malha de aterramento
6.2	Meios para restringir as consequências de incêndio (rp):	Extintores manuais, alarmes manuais, hidrantes, rotas de fuga protegidas	Extintores manuais, alarmes manuais, hidrantes, rotas de fuga protegidas	Opcional	Opcional
6.3	Contra tensão de toque ou passo na estrutura (PTA):	Restrições físicas ou estrutura como sist. descida	Restrições físicas ou estrutura como sist. descida	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção
6.4	Contra tensão de toque ou passo na linha (PTA):	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção
6.5	Dispositivo de proteção contra Surto DPS na Linha de Energia (PSPD):	III-IV	Opcional	Opcional	Opcional
6.6	Dispositivo de proteção contra Surto DPS na linha de Telecomunicações (PSPD):	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional

6 - Resumo das Medidas de Proteções					
Item	Medidas de proteção:	Bloco dos Vestiários	Mini Quadra Poliesportiva	Quadra Poliesportiva	Subestação de Energia
6.1	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA):	Opcional	Cobertura metálica e descida natural	Cobertura metálica e descida natural	Nenhuma medida de proteção
6.1.1	Subsistema de Captação:	Nenhuma medida de proteção	Cobertura metálica e descida natural	Cobertura metálica e descida natural	Nenhuma medida de proteção
6.1.2	Subsistema de Aterramento:	Equipotencialização da malha de aterramento	Equipotencialização da malha de aterramento	Equipotencialização da malha de aterramento	Equipotencialização da malha de aterramento
6.2	Meios para restringir as consequências de incêndio (rp):	Opcional	Extintores manuais, alarmes manuais, hidrantes, rotas de fuga protegidas	Extintores manuais, alarmes manuais, hidrantes, rotas de fuga protegidas	Opcional
6.3	Contra tensão de toque ou passo na estrutura (PTA):	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção
6.4	Contra tensão de toque ou passo na linha (PTA):	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção
6.5	Dispositivo de proteção contra Surto DPS na Linha de Energia (PSPD):	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional
6.6	Dispositivo de proteção contra Surto DPS na linha de Telecomunicações (PSPD):	Opcional	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção	Nenhuma medida de proteção

Para os blocos onde o gerenciamento de risco não indicou a necessidade para instalação de sistema de SPDA, o projeto contempla malha de aterramento até barramento de equipotencialização local (BEL), destinado a servir de via de interligação de todos os elementos que possam ser incluídos em uma equipotencialização local. A (BEP) barra de equipotencialização principal, deverá ser instalada na subestação de energia, conforme projeto executivo.

Para isolamento interna, proteção contra surtos (DPS) nas linhas de energia e telefonia, em todos os casos em que é opcional sua instalação, ou seja, não há necessidade conforme estudo de gerenciamento de risco, deverá ser instalados em todas as entradas de energia e telefonia, no mínimo nível classe III, para os respectivos blocos.

7. SISTEMA EXTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Foi projetado um SPDA externo, não isolado da estrutura a ser protegida, para interceptar as descargas atmosféricas diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais às estruturas, e conduzir a corrente da descarga atmosférica do ponto de impacto à terra.

O SPDA externo tem também a finalidade de dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos que possam iniciar fogo ou explosões.

As características de um SPDA são determinadas pelas características da estrutura a ser protegida e pelo nível de proteção considerado para descargas atmosféricas. Conforme o gerenciamento de risco realizado, o nível de proteção para descargas atmosféricas deve ser classe III, com sistema de captação em malha ou uso de estruturas naturais para captação para os locais que são necessários, conforme análise de risco.

7.1 Subsistema de Captação

O projeto optou pelo método dos condutores em malha ou gaiola (Método Faraday).

Componentes do subsistema de captação instalados na estrutura devem ser posicionados nos cantos salientes, pontas expostas e nas beiradas (especialmente no nível superior de qualquer fachada), no caso cumeeira.

Para as quadras poliesportivas, deverá ser utilizada a estrutura da cobertura como captadores naturais, deve ser garantida a continuidade elétrica de todas as partes e a espessura estar de acordo com os requisitos especificados na norma NBR 5419, Parte – 3, tabela 3.

Tabela 3 – Espessura mínima de chapas metálicas ou tubulações metálicas em sistemas de captação.

Classe do SPDA	Material	Espessura ^a t mm	Espessura ^b t' mm
I a IV	Chumbo	–	2,0
	Aço (inoxidável, galvanizado a quente)	4	0,5
	Titânio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Alumínio	7	0,65
	Zinco	–	0,7
<p>a t previne perfuração, pontos quentes ou ignição.</p> <p>b t' somente para chapas metálicas, se não for importante prevenir a perfuração, pontos quentes ou problemas com ignição.</p>			

Para os blocos, que são obrigatórios a instalação do subsistema de captação, a malha condutora ou gaiola deverá atender requisitos especificados na norma NBR 5419, Parte – 3, tabela 2.

Tabela 2 – Valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA

–	Método de proteção		
Classe do SPDA	Raio da esfera rolante - R m	Máximo afastamento dos condutores da malha m	Ângulo de proteção α°
I	20	5 × 5	Ver Figura 1
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	

Os condutores em malha ou gaiola deverá ser confeccionada em barra chata de alumínio perfurada 7/8"x1/8" de 3 ou 6 metros. Essa especificação equivale a (70mm²).

Todos os materiais devem estar de acordo com os requisitos especificados na norma NBR 5419, Parte – 3, tabela 6.

Tabela 6 – Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de captação, hastes captoras e condutores de descidas

Material	Configuração	Área da seção mínima mm²	Comentários ^d
Cobre	Fita maciça	35	Espessura 1,75 mm
	Arredondado maciço ^d	35	Diâmetro 6 mm
	Encordoadado	35	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Alumínio	Fita maciça	70	Espessura 3 mm
	Arredondado maciço	70	Diâmetro 9,5 mm
	Encordoadado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço cobreado IACS 30 % ^e	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoadado	50	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio cobreado IACS 64 %	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoadado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,6 mm
Aço galvanizado a quente ^a	Fita maciça	50	Espessura mínima 2,5 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoadado	50	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço inoxidável ^c	Fita maciça	50	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoadado	70	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm

^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme ABNT NBR 6323 [1].

^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 10 mm e comprimento máximo de 1 m.

^c Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.

^d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos, sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.

^e A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

NOTA 1 Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo é importante que as prescrições da Tabela 7 sejam atendidas.

NOTA 2 Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

7.2 Subsistema de Descida

Condutores de descida devem ser arrançados a fim de prover diversos caminhos paralelos para a corrente elétrica, o menor comprimento possível do caminho da corrente elétrica, preferencialmente, em cada canto saliente da estrutura, além dos demais condutores impostos pela distância de segurança calculada.

É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha 20% além dos valores da norma, especificado na norma NBR 5419, Parte – 3, tabela 4.

Tabela 4 – Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe de SPDA

Classe do SPDA	Distâncias m
I	10
II	10
III	15
IV	20
NOTA. É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha no máximo 20 % além dos valores acima.	

O espaçamento do sistema de descida, foi projetado conforme classe de proteção nível III, obedecendo a variação permitida, conforme particularidade de cada bloco.

Os condutores de descida devem ser instalados de forma exequível e que formem uma continuação direta dos condutores do subsistema de captação. Devem ser afastadas a uma distância mínima de 0,5 metros de portas e janelas.

Condutores de descida devem ser instalados em linha reta e vertical constituindo o caminho mais curto e direto para a terra. A formação de laços deve ser evitada.

Se a parede é feita de material não combustível, os condutores de descida podem ser posicionados na superfície ou dentro da parede. O projeto considerou as descidas fixadas sobre a superfície.

Para as quadras poliesportivas, as estruturas serão consideradas como condutores naturais de descida, desde que a continuidade elétrica entre as várias partes seja feita de forma durável e suas dimensões sejam no mínimo iguais ao especificado na Tabela 6 para condutores de descida normalizados.

Nas junções entre cabos de descida e eletrodos de aterramento, uma conexão de ensaio deve ser fixada em cada condutor de descida, exceto no caso de condutores de descidas naturais combinados com os eletrodos de aterramento natural (pela fundação).

Com o objetivo de ensaio, o elemento de conexão deve ser capaz de ser aberto apenas com o auxílio de ferramenta. Em uso normal ele deve permanecer fechado e não pode manter contato com o solo.

7.3 Subistema de Aterramento

O aterramento, no SPDA, tem a finalidade de dissipar no solo as correntes dos raios sem provocar tensões de passo perigosas.

Foi dimensionado um anel, em arranjo tipo B, para todos os blocos que possuem sistema de captação e descida. Este tipo de arranjo consiste em condutor em anel, externo à estrutura a ser protegida, em contato com o solo por pelo menos 80% do seu comprimento total.

Os condutores da malha de aterramento, devem ser enterrados na profundidade de, no mínimo, 0,5 m e a distância aproximada de 1 a 2 m ao redor das paredes externas.

Os condutores usados para confecção da malha de aterramento, deverá ser de cobre nú encordoado, bitola nominal de 50mm², conforme especificação da norma NBR 5419, Parte – 3, tabela 7. Poderão ser substituídos por outro material, desde que atenda a tabela citada e aprovado pela CONTRATANTE.

A malha de aterramento deverá atender classe de proteção nível III.

Tabela 7 – Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento

Material	Configuração	Dimensões mínimas ^f		Comentários ^f
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordoado ^c	–	50 mm ²	Diâmetro de cada fio cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço ^c	–	50 mm ²	Diâmetro 8 mm

	Fita maciça ^c	–	50 mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	–	
	Tubo	20 mm	–	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço ^{a, b}	16 mm	Diâmetro 10 mm	–
	Tubo ^{a b}	25 mm	–	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça ^a	–	90 mm ²	Espessura 3 mm
	Encordoado	–	70 mm ²	–
Aço cobreado	Arredondado Maciço ^d Encordoado ^g	12,7 mm	70 mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
Aço inoxidável ^e	Arredondado maciço	15 mm	Diâmetro 10 mm	Espessura mínima 2 mm
	Fita maciça		100 mm ²	

^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme a ABNT NBR 6323 [1].

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

^c Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.

^d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.

^e Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo devem atender as prescrições desta tabela .

^f A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

^g Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

Para os blocos que não foram dimensionados subsistema de captação e descidas, foi dimensionado um cabo de cobre nú, bitola de 50mm², para equipotencialização de todo subsistema de aterramento.

7.4 Componentes Geral, Fixação e Conexões

Elementos captos e condutores de descidas devem ser fixados a uma distância máxima de até 1,0m na horizontal e 1,5m na vertical ou inclinado.

As conexões devem ser as mínimas possíveis, realizadas por meio de solda elétrica ou exotérmica e conexões mecânicas de pressão (se embutidas em caixas de inspeção) ou compressão. Não são permitidas emendas em cabos de descida, exceto o conector para ensaios, o qual é obrigatório, a ser instalado próximo do solo (a altura sugerida é 1,5 m a partir do piso) de modo a proporcionar fácil acesso para realização de ensaios.

Os componentes de um SPDA, deve atender a especificação da norma NBR 5419, Parte – 3, tabela 5, ou serem equivalentes.

Tabela 5 – Materiais para SPDA e condições de utilização

Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No concreto ou reboco	No concreto armado	Resistência	Aumentado por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Cobre	Maciço Encordado Como cobertura	Maciço Encordado Como cobertura	Maciço Encordado Como cobertura	Não permitido	Boa em muitos ambientes	Compostos sulfurados Materiais orgânicos Altos conteúdos de cloretos	–
Aço galvanizado a quente	Maciço Encordado	Maciço Encordado	Maciço Encordado	Maciço Encordado	Aceitável no ar, em concreto e em solos salubres	Altos conteúdos de cloretos	Cobre
Aço inoxidável	Maciço Encordado	Maciço Encordado	Maciço Encordado	Maciço Encordado	Bom em muitos ambientes	Altos conteúdos de cloretos	–
Aço revestido por cobre	Maciço Encordado	Maciço Encordado	Maciço Encordado	Não permitido	Bom em muitos ambientes	Compostos sulfurados	–
Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No concreto ou reboco	No concreto armado	Resistência	Aumentado por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Alumínio	Maciço Encordado	Não permitido	Não permitido	Não permitido	Bom em atmosferas contendo baixas concentrações de sulfurados e cloretos	Soluções alcalinas	Cobre

NOTA 1 Esta tabela fornece somente um guia geral. Em circunstâncias especiais, considerações de imunização de corrosão mais cuidadosas são requeridas.

NOTA 2 Condutores encordados são mais vulneráveis à corrosão do que condutores sólidos. Condutores encordados são também vulneráveis quando eles entram ou saem nas posições concreto/terra.

NOTA 3 Aço galvanizado a quente pode ser oxidado em solo argiloso, úmido ou com solo salgado.

8. SISTEMA INTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMSFÉRICAS

Evita a ocorrência de centelhamentos perigosos dentro do volume de proteção e da estrutura a ser protegida.

Centelhamentos podem ocorrer entre o SPDA externo e outros componentes, como as instalações metálicas, sistemas internos e partes condutivas externas e linhas conectadas à estrutura.

A solução adotada em projeto, para evitar ou amenizar a ocorrência de centelhamentos nas estruturas das edificações, é a equipotencialização por meios diretos ou indiretos.

O gerenciamento de risco definiu como opcional, exceto para as quadras poliesportivas, o uso de proteção contra surto (DPS), porem projeto contempla para todos os blocos, como medida indireta de equipotencialização. Deve ser instalado em todas as entradas de energia e telefonia, ou seja, todos os quadros de distribuição de energia geral e telefonia, em seus respectivos blocos, deverão ser contemplados com DPS, no mínimo classe nível III, para ambas as fases de energia, neutro e ramais ou linhas de telefonia em cabos metálicos.

Interligação por meios diretos, é a instalação de um barramento de equipotencialização do SPDA, que deve ser interligado e coordenado com outros barramentos de equipotencialização existentes na estrutura. No primeiro nível de coordenação, esse barramento deve ser sempre o BEP (barramento de equipotencialização principal).

Para um SPDA externo não isolado, deve ser realizado equipotencializações nas bases das estruturas ou próximo do nível do solo. Os condutores de ligação devem ser conectados a uma barra de ligação construída e instalada de modo a permitir fácil acesso para inspeção. O barramento de equipotencialização principal (BEP) deve ser ligado ao sistema de aterramento. Nos casos de estruturas extensas, com mais de 20 m em qualquer direção (horizontal ou vertical) devem-se instalar tantas barras de equipotencialização local (BEL) quantas forem necessárias, desde que entre essas barras haja uma interligação proposital e delas ao BEP. A disposição de cada BEP, deve obedecer ao projeto executivo.

Tabela 8 – Dimensões mínimas dos condutores que interligam diferentes barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL) ou que ligam essas barras ao sistema de aterramento

Nível do SPDA	Modo de instalação	Material	Área da seção reta mm ²
I a IV	Não enterrado	Cobre	16
		Alumínio	25
		Aço galvanizado a fogo	50
	Enterrado	Cobre	50
		Alumínio	Não aplicável
		Aço galvanizado a fogo	80

Tabela 9 – Dimensões mínimas dos condutores que ligam as instalações metálicas internas aos barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL)

Nível do SPDA	Material	Área da seção reta mm ²
I a IV	Cobre	6
	Alumínio	10
	Aço galvanizado a fogo	16

Herlon Santos Pimentel

Eng. Eletricista, Telecomunicações e Segurança do Trabalho

CREA: MT016741 – RN:120540565-8