



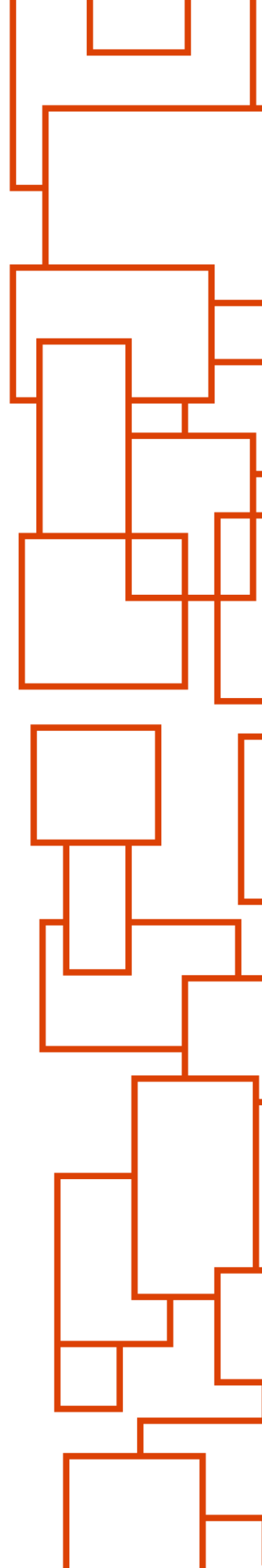
# **PROJETO PADRÃO MEMORIAL DE CÁLCULO DE SPDA**

MATERNIDADE - PROJETO PADRÃO  
PADRÃO

OUTUBRO / 2023  
VERSÃO R01

MEP Arquitetura e Planejamento Ltda.  
CNPJ: 06.164.906/0001-28  
Rua Milton Gavetti, 369 - Londrina-PR  
CEP: 86.050-720  
Fone: +55 43 3328-1020

[mep@meparquitetura.arq.br](mailto:mep@meparquitetura.arq.br)  
[www.meparquitetura.arq.br](http://www.meparquitetura.arq.br)



<b>ASSUNTO:</b>	<b>MEMORIAL DE CÁLCULO - SPDA</b>		
<b>OBRA:</b>	MATERNIDADE - PROJETO PADRÃO ESTABELECIMENTO ASSISTENCIAL DE SAÚDE		
<b>LOCAL:</b>	DIVERSOS - PARANÁ		
<b>PROPRIETÁRIO:</b>	SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DO PARANÁ (SESA - PR)	CNPJ: 76.416.866/0001-40	

<b>QUADROS DE ÁREAS:</b>			
<b>TERRENO:</b> DIVERSOS			
<b>A CONSTRUIR</b>			
MATERNIDADE - PROJETO PADRÃO (PREVISTO CONFORME PROGRAMA	799,35m²		

<p align="center"><b>PROPRIETÁRIO:</b> <b>SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE – SESA</b> <b>CNPJ: 76.416.866/0001-40</b></p>	
<p align="center"><b>PROPRIETÁRIO:</b> <b>MUNICÍPIO</b></p>	
<p align="center"><b>AUTOR DO MEMORIAL:</b> <b>HENRIQUE FUJIMOTO</b> <b>ENG. ELETRICISTA –CREA-PR – 197.351/D-PR</b> <b>MEP – ARQUITETURA E PLANEJAMENTO LTDA</b> <b>CNPJ: 06.164.906/0001-28</b></p>	
<p align="center"><b>ESCALA:</b> INDICADA</p>	<p align="center"><b>DATA:</b> OUTUBRO / 2023</p>
<p><b>TEXTO:</b> MEP ARQUITETURA E PLANEJAMENTO VERSÃO R01</p>	

## ÍNDICE

PROJETO BÁSICO .....	
ÍNDICE .....	2
1 APRESENTAÇÃO .....	4
2 INTERPRETAÇÃO DOS TERMOS: DANOS E PERDAS .....	5
3 DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS COMPONENTES DE RISCO .....	6
4 PRÉDIO PRINCIPAL .....	8
4.1 CÁLCULO DO ND .....	8
4.2 CÁLCULO DO ND <sub>j</sub> .....	8
4.3 CÁLCULO DO N <sub>m</sub> .....	9
4.4 CÁLCULO DO N <sub>L</sub> .....	9
4.5 CÁLCULO DO N <sub>i</sub> .....	10
4.6 CÁLCULO DO PC .....	11
4.7 CÁLCULO DO PM .....	12
4.8 CÁLCULO DO PU .....	13
4.9 CÁLCULO DO PV .....	14
4.10 CÁLCULO DO PW .....	15
4.11 CÁLCULO DO PZ .....	16

4.12	CÁLCULO DO LA E LU .....	17
4.13	CÁLCULO DO LB e LV.....	18
4.14	CÁLCULO DO IC LM LW E LZ.....	19
4.15	DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE SPDA E CÁLCULO DO PA E PB.....	20
5	ESCOLHA DO SISTEMA .....	24

## 1 APRESENTAÇÃO

Este memorial destina-se a descrever a etapa de projeto “PROJETO PADRÃO” referentes ao **Gerenciamento de Risco (ABNT NBR 5419-2:2015) devido a Descargas Atmosféricas da construção da MATERNIDADE - PROJETO PADRÃO Municipal, localizado em Reserva - PR.**

Nele encontram-se relatada, de forma sucinta a análise realizada e as premissas adotadas ao desenvolver o projeto de Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas no projeto supracitado, as quais se basearam nas normas técnicas da ABNT e da EQUATORIAL.

### ENQUADRAMENTO NORMATIVO

- ABNT NBR 5410/2005 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- ABNT NBR 5419/2015 - Proteção Contra Descargas Atmosféricas;
- ABNT NBR 13534/2008 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão – requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde;

## 2 INTERPRETAÇÃO DOS TERMOS: DANOS E PERDAS

### Fonte de Danos: Descarga Atmosférica

S1: Na Estrutura;

S2: Perto da Estrutura;

S3: Na Linha;

S4: Perto da Linha;

### Tipo de Danos

D1: Seres Vivos;

D2: Estrutura, meio ambiente;

D3: Sistemas Eletrônicos;

### Tipos de Perdas

L1: Vida humana (inclui ferimentos permanentes);

L2: Serviço Público;

L3: Patrimônio Cultural;

L4: Valores econômicos (estrutura, conteúdo e atividades);

### Riscos

R1: Vida humana (inclui ferimentos permanentes);

R2: Serviço Público;

R3: Patrimônio Cultural;

R4: Valores econômicos (estrutura, conteúdo e atividades);

### 3 DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS COMPONENTES DE RISCO

$R_T$ : Risco tolerável.

**Para a definição do  $R_T$ , foi considerado o tipo de perda L1, assumindo  $R_T = 10^{-5}$ , assim, para finalidade de análise R1 deverá ser menos que  $R_T$ .**

O R1 é definido pelas componentes de risco:

#### **Descargas na estrutura:**

RA: Ferimentos em seres vivos por choque, tensões de toque e passo, dentro e em até 3 m da estrutura;

RB: Danos físicos causados por centelhamentos, incêndio e explosão;  
Adicionalmente, perigo ao ambiente;

RC: Falha a sistemas internos causados por pulsos eletromagnéticos;

#### **Descargas perto da estrutura:**

RM: Falha a sistemas internos causados por pulsos eletromagnéticos;

#### **Descargas na linha:**

RU: Ferimentos em seres vivos por choque, tensões de toque e passo, dentro e em até 3 m da estrutura;

RV: Danos físicos causados por centelhamentos, incêndio e explosão.  
Adicionalmente, perigo ao ambiente;

RW: Falha a sistemas internos causados por pulsos eletromagnéticos;

#### **Descargas perto da linha:**

RZ: Falha a sistemas internos causados por pulsos eletromagnéticos;

Sendo estes componentes de risco definidos pelas variáveis:

ND: Número de eventos perigosos para a estrutura;

NDJ: Número de eventos perigosos para estrutura adjacente;

NM: Número de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura;

NL: Número de eventos perigosos devido a descargas na linha;

NI: Número de eventos perigosos devido a descargas perto de linha;

PA: Probabilidade de descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque;

PB: Probabilidade de danos físicos em função do nível de SPDA;

PC: Probabilidade de descarga na estrutura causar falha em sistemas internos;

PM: Probabilidade de descarga perto da estrutura causar falha em sistemas internos;

PU: Probabilidade de descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque;

PV: Probabilidade de descarga na linha causar danos físicos;

PW: Probabilidade de descarga na linha causar falha em sistemas internos;

PZ: Probabilidade de descarga perto da linha causar falha em sistemas internos;

LA: Perda ou ferimento de seres vivos por choque associados a descargas na estrutura;

LU: Perda ou ferimento de seres vivos por choque associados a descargas na linha;

LB: Perdas ou ferimento de seres vivos por danos físicos, associados a descargas na estrutura;

LV: Perdas ou ferimento de seres vivos por danos físicos, associados a descargas na linha;



## 4 PRÉDIO PRINCIPAL

### 4.1 CÁLCULO DO ND

$$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$$

onde,

NG: Densidade de descargas atmosféricas na região (1/km²/ano);

AD: Área de exposição (m²);

CD: Fator de localização da Estrutura;

definidos,

NG: 4,8738 (1/km²/ano) – Dados retirados do INPE (média para o Estado do Paraná).

AD: 3730m²

CD: 0,5 (Estrutura cercada por objetos de mesma altura ou mais baixos )

*OBS: Foi considerado uma estrutura retangular com  $L(m)= 25m$  e  $W(m)= 35,3$  e  $H(m)=7,30$ .*

$$ND = 9,09 \times 10^{-3}$$

### 4.2 CÁLCULO DO NDj

$$NDJ = NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$$

onde,

NG: Densidade de descargas atmosféricas na região (1/km²/ano);

ADJ: Área de exposição equivalente da estrutura adjacente (m²);

CDJ: Fator de localização da Estrutura ;

CT: Fator tipo de linha;

Considerando que a edificação do PAM está adjacente ao prédio da MATERNIDADE - PROJETO PADRÃO, tem-se:

$Wj(m)=34$ ,  $Lj(m)=26$ ,  $Hj(m)= 4,87$  (medidas estimadas, para fins de cálculo), com  $Ndj=0,5$  (Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos) logo:

$$NDJ = 1,31 \times 10^{-2}$$

#### 4.3 CÁLCULO DO Nm

$$NM = NG \times AM \times 10^{-6}$$

onde,

NG: Densidade de descargas atmosféricas na região;

AM: Área de exposição equivalente para linhas a 500 m do perímetro da estrutura;

definidos,

NG: (1/km<sup>2</sup>/ano)

AM:  $2 \times 500 \times (L + W) + (\pi \times 500^2) = 8,45 \times 10^5$  (m<sup>2</sup>)

*Obs: Foi utilizado  $L = 25m$  e  $W = 35,3m$  para área retangular equivalente da estrutura.*

$$NM = 4,12$$

#### 4.4 CÁLCULO DO NL

$$NL = NG \times CI \times CT \times CE \times AL \times 10^{-6}$$

onde,

NG: Densidade de descargas atmosféricas na região;

CI: Fator de Instalação da Linha;

CT: Fator do tipo de linha;

CE: Fator ambiental da linha;

AL: Comprimento de seção de linha;

definidos,

NG: 4,8738 (1/km<sup>2</sup>/ano)

CI: 0,01 (Cabos enterrados instalados completamente dentro de uma malha de aterramento)

CT: 0,2 (Linha de energia em AT com transformador AT/BT)

CE: 0,1 (Ambiente urbano)

AL: 40 x Comprimento da linha = 40.000m

$$NL = 3,9 \times 10^{-5}$$

#### 4.5 CÁLCULO DO NI

$$NI = NL \times 100$$

definidos,

$$NI = 3,9 \times 10^{-3}$$

## 4.6 CÁLCULO DO PC

$$PC = PSPD \times CLD$$

onde,

PSPD: Probabilidade em função do nível de proteção do DPS;

CLD: Fator dep. Da blindagem, aterramento e isolamento das linhas;

definidos,

PSPD: **Depende da classe do SPDA a ser utilizado;**

CLD: 1 (Enterrada blindada entre  $5\Omega/\text{km} < R < 20\Omega/\text{km}$ );

$$PC = 0,02$$

## 4.7 CÁLCULO DO PM

Utilizado equipamento provido de interfaces isolantes consistindo em transformadores de isolação com grade aterrada entre enrolamentos, sendo assim:

$$PM = 0$$

## 4.8 CÁLCULO DO PU

$$PU = PTU \times PEB \times PLD \times CLD$$

onde,

PTU: Prob. de descarga na linha causar choque por toque e passo;

PEB: Prob. em função da classe do DPS;

PLD: Prob. em função da blindagem dos cabos e suportabilidade dos equipamentos;

CLD: Fator dep. da blindagem, aterramento e isolamento das linhas;

definidos,

PTU: 0,01 (Isolação elétrica);

PEB: **Depende da classe do SPDA a ser utilizado;**

PLD: 1 (Enterrada blindada);

CLD: 1 (Enterrada blindada entre  $5\Omega/\text{km} < R < 20\Omega/\text{km}$ );

$$PU = 0$$

#### 4.9 CÁLCULO DO PV

$$PV = CLD \times PEB \times PLD$$

onde,

PEB: Prob. em função da classe do DPS;

PLD: Prob. em função da blindagem dos cabos e suportabilidade dos equipamentos;

CLD: Fator dep. da blindagem, aterramento e isolamento das linhas;

definidos,

PEB: **Depende da classe do SPDA a ser utilizado;**

PLD: 1 (Enterrada blindada);

CLD: 1 (Enterrada blindada entre  $5\Omega/\text{km} < R < 20\Omega/\text{km}$ );

$$PV = 0,02$$

#### 4.10 CÁLCULO DO PW

$$PW = CLD \times PSPD \times PLD$$

onde,

PSPD: Probabilidade em função do nível de proteção do DPS;

PLD: Prob. em função da blindagem dos cabos e suportabilidade dos equipamentos;

CLD: Fator dep. da blindagem, aterramento e isolamento das linhas;

$$PV = 0,02$$

definidos,

PSPD: **Depende da classe do SPDA a ser utilizado;**

PLD: 1 (Enterrada blindada);

CLD: 1 (Enterrada blindada entre  $5\Omega/\text{km} < R < 20\Omega/\text{km}$ );



#### 4.11 CÁLCULO DO PZ

$$PZ = PSPD \times PLI \times CLI$$

onde,

PSPD: Probabilidade em função do nível de proteção do DPS;

PLI: Probabilidade em função do tipo da linha e impulso suportável dos equipamentos;

CLI: Fator dependente da blindagem, aterramento e isolamento das linhas;

definidos,

PSPD: **Depende da classe do SPDA a ser utilizado;**

PLI: 1 (1kV);

CLI: 0 (Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização);

Assim,

$$PZ = 0$$

#### 4.12 CÁLCULO DO LA E LU

$$LA = LU = nz \times nt \times tz \times rt \times LT$$

onde,

nz: Número de pessoas na zona de proteção considerada;

nt: Número de pessoas na estrutura;

tz: Tempo em que as pessoas estão presentes na zona anualmente;

rt: Fator de redução de perda em função de solo ou piso;

LT: Média relativa de pessoas feridas por choque e por evento perigoso;

definidos,

nz: 1000;

nt: 1000;

tz: 8760h (24 horas por dia)

rt: 0,001 (cerâmica);

LT: 0,01 (todos os tipos);

Assim,

$$LA = LU = 1 \times 10^{-5}$$

#### 4.13 CÁLCULO DO LB e LV

$$LB = LV = rp \times rf \times hz \times LF \times nz/nt \times tz/8760$$

onde,

rp: Fator de redução de perda em função das providências contra incêndio;

rf: Fator de redução de perda em função do risco de incêndio e explosão;

hz: Fator de aumento de perda em função de perigoso especial associado;

LF: Média relativa de pessoas feridas por danos físicos e por evento perigoso;

nz: Número de pessoas na zona de proteção considerada;

nt: Número de pessoas na estrutura;

tz: Tempo em que as pessoas estão presentes na zona anualmente;

rt: Fator de redução de perda em função de solo ou piso;

LT: Média relativa de pessoas feridas por choque e por evento perigoso;

definidos,

rp: 0,5 (Instalações fixas operadas manualmente)

rf: 0,1 (Alto)

hz: 5 (Médio nível de pânico)

LF: 0,1

nz: 1000;

nt: 1000;

tz: 8760h (24 horas por dia)

rt: 0,001 (cerâmica);

LT: 0,01 (todos os tipos);

Assim,

$$LB = LV = 1 \times 10^{-2}$$

#### 4.14 CÁLCULO DO IC LM LW E LZ

$$LC = LM = LW = LZ = LO \times nz/nt \times tz/8760$$

onde,

LO: Média relativa de vítimas por falha em sistemas internos por evento perigoso;

nz: Número de pessoas na zona de proteção considerada;

nt: Número de pessoas na estrutura;

tz: Tempo em que as pessoas estão presentes na zona anualmente;

definidos,

LO: 0,01 (Hospital/área de saúde);

nz: 1000;

nt: 1000;

tz: 8760h (24 horas por dia);

Assim,

$$LC = LM = LW = LZ = 1 \times 10^{-2}$$

#### 4.15 DEFINIÇÃO DO NÍVEL DE SPDA E CÁLCULO DO PA E PB

Para definição do nível de SPDA a ser utilizado, analisa-se o R1 conforme as mudanças das variáveis PA (em conjunto com PTA: Prob. de descarga na estrutura causar choque devido a toque e passo) e PB para cada nível e método de proteção a ser estudado.

$$R1 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$$

onde,

$$RA = ND \times PA \times LA$$

$$RB = ND \times PB \times LB$$

$$RC = ND \times PC \times LC$$

$$RM = NM \times PM \times LM$$

$$RU = (NDJ + NL) \times PU \times LU$$

$$RV = (NDJ + NL) \times PV \times LV$$

$$RW = (NDJ + NL) \times PW \times LW$$

$$RZ = NI \times PZ \times LZ$$

**Situação 1:**

Definidos,

PB: 0,02 (Estrutura protegida por SPDA classe II);

PBE: 0,02 (Estrutura protegida por SPDA classe II);

PTA: 0 (Restrições físicas utilizando a estrutura como descida);

PTSD: 0,02 (SPDA classe II).

Definidos.

$$PA = 0$$

$$RA = 0$$

$$RB = 4,54 \times 10^{-6}$$

$$RC = 1,82 \times 10^{-6}$$

$$RM = 0$$

$$RU = 2,63 \times 10^{-11}$$

$$RV = 2,63 \times 10^{-6}$$

$$RW = 2,63 \times 10^{-6}$$

$$RZ = 0$$

$$R1 = 1,16 \times 10^{-5}$$

*Análise:  $R1 > R_T$ , assim conclui-se que um SPDA classe II utilizando estrutura como descida **NÃO** é admissível.*

## Situação 2:

Definidos,

PB: 0,02 (Estrutura protegida por SPDA classe I);

PEB: 0,02 (Estrutura protegida por SPDA classe I);

PTA: 0 (Restrições físicas utilizando a estrutura como descida);

PTSD: 0,02 (SPDA classe I).

$$PA = 0$$

$$RA = 0$$

$$RB = 1,82 \times 10^{-6}$$

$$RC = 1,82 \times 10^{-6}$$

$$RM = 0$$

$$RU = 2,63 \times 10^{-11}$$

$$RV = 2,63 \times 10^{-6}$$

$$RW = 2,63 \times 10^{-6}$$

$$RZ = 0$$

$$R1 = 8,9 \times 10^{-6}$$

*Análise:  $R1 < RT$ , assim conclui-se que o sistema utilizado é admissível.*

## 5 ESTUDO DE RESISTIVIDADE DO SOLO.

Como o sistema utilizado para o projeto foi definido como classe I, será necessário calcular o comprimento mínimo do eletrodo para malha de aterramento. Isto se deve ao fato de que a resistividade do solo para sistemas de SPDA classe II e Classe I, influencia no comprimento da malha de aterramento (devido a segunda lei de Ohm).

Para calcular o comprimento mínimo da malha e aterramento, a norma NBR-5419-Parte 3, auxilia com o Gráfico da **Figura 3**.

A resistividade do solo é muito sensível a outras variáveis, tais como época do ano, clima, presença de sais no solo, densidade do solo entre outras.

Tendo em vista tais variações, para fins de cálculo, utilizou-se de um valor de resistividade de solo relativamente alta,  $\rho = 9000 \Omega.m$  (valor médio de um solo próximo a Rios e lagos), sendo assim, tem-se, pela **NOTA 2** da **Figura 3** da NBR-5419-Parte 3:

$$l_1 = 0,03 \times \rho - 10 \text{ (para classe I)}$$

$$l_1 = 0,03 \times 8000 - 10 = 290 \text{ m}$$

Será necessário, pelo menos 230 metros para o eletrodo da malha de aterramento.

Para o projeto em questão, temos uma malha de aterramento de aproximadamente 245 metros percorrendo a edificação inteira.

Concluimos então, que, como a malha de aterramento do projeto é maior que o comprimento mínimo necessário, o sistema de SPDA utilizado (Classe I) é admissível para o projeto elétrico da MATERNIDADE - PROJETO PADRÃO.



## 6 ESCOLHA DO SISTEMA

O sistema a ser adotado, com base nos cálculos será de Classe 1, de modo a atender os requisitos necessários previstos na norma **ABNT NBR 5419-2**.