

MEMORIAL DESCRITIVO

**PROJETO DE
SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
SPDA**

GALPÃO LOGÍSTICA

GOIÂNIA, DEZEMBRO DE 2021

PROJETO PARA INSTALAÇÕES DE SPDA

1. DADOS DA EDIFICAÇÃO

1.1. Nome da Edificação: GALPÃO LOGÍSTICA

1.2. **Endereço:** FAZENDA DO SABER, CAMPUS UNIVERSITÁRIO, RIO VERDE, GO Go

1.3. **Proprietário:** UNIRV – UNIVERSIDADE DE RIO VERDE

Perímetro da Cobertura: 118,0m

2. DOCUMENTOS DO PROJETO:

2.1. Plantas baixas e Detalhes – Pranchas 1/1.

2.2. ART-CREA-GO. - Vide anexo.

3. NORMATIZAÇÃO APLICADA

3.1. Capítulo 6 da NBR 5.419/2.015 - “Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas”

3.2. Norma Brasileira Revisada, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

4. MEMÓRIA DE CÁLCULO

4.1. PARÂMETROS DA EDIFICAÇÃO

C = Comprimento= 41,00 metros

L = Largura= 18,0 metros

A = Altura= 7,0 metros

4.2. VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÇÃO

Pelos cálculos efetuados, o Nível de Proteção recomendado para o **SPDA é o Nível III (Risco Normal)**, que proporcionará uma eficiência do sistema de proteção da ordem de 90%.

5. MEMORIAL DESCRITIVO

5.1. O projeto ora em pauta, é a construção do Galpão da Logística do Departamento de Frotas. Do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - Estrutural, foi elaborado com base na norma técnica da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR – 5.419/2.015, Que será utilizado o método Gaiola de Faraday, tipo externo, conforme projeto;

5.2. O Sistema de Proteção Contra descargas Atmosféricas é formado por três sistemas de componentes:

5.2.1. SISTEMA DE CAPTAÇÃO

- 5.2.1.1. Tem a função de receber os raios, reduzindo ao mínimo a probabilidade da estrutura ser atingida diretamente por eles e deve ter capacidade térmica e mecânica suficiente para suportar o calor gerado no ponto de impacto, bem como os esforços eletromecânicos resultantes. A corrosão pelos agentes atmosféricos também deve ser levada em conta no seu dimensionamento, de acordo com o nível de poluição e o tipo de poluente da região;
- 5.2.1.2. O Método de Proteção utilizado: Método da Gaiola de Faraday;
- 5.2.1.3. O Sistema de Captação será composto de:
Mastro de 5 metros de altura com captor Franklin.
Malha com módulo máximo 10x20m.
- 5.2.1.4. O condutor a ser utilizado é o cabo de cobre nu 35mm², fixado diretamente sobre as telhas e platibandas, através de presilhas;
- 5.2.1.5. A instalação de Terminal Aéreo visa a diminuição da probabilidade da malha captora ser danificada nos pontos de impacto;
- 5.2.1.6. A instalação do mastro com captor visa a proteção específica de antenas TV ou outra comunicação via satélite, para evitar um contato direto da descarga com estes equipamentos, preservando-os de danos.

5.2.2. SISTEMA DE DESCIDAS

- 5.2.2.1. Tem a função de conduzir a corrente do raio recebida pelos captos até o aterramento, reduzindo ao mínimo a probabilidade de descargas laterais e de campos eletromagnéticos perigosos no interior da estrutura: deve ter ainda capacidade térmica suficiente para suportar o aquecimento produzido pela passagem da corrente, resistência mecânica para suportar os esforços eletromecânicos e boa suportabilidade a corrosão;
- 5.2.2.2. O Sistema de Descidas será através dos pilares metálica, ver os detalhes construtivo no projeto, conforme norma vigente. Sendo necessário que haja continuidade na malha de aterramento.

5.2.3. SISTEMA DE ATERRAMENTO

- 5.2.3.1. Tem a função de dispersar no solo a corrente recebida dos condutores de descida, reduzindo ao mínimo a probabilidade de tensões de toque e de passo perigosas; deve ter capacidade térmica suficiente para suportar o aquecimento produzido pela passagem da corrente e, principalmente, deve resistir a corrosão pelos agentes agressivos encontrados nos diferentes tipos de solos;

6. EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAL

- 6.1. A Equalização de Potencial constitui a medida mais eficaz para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro do volume a proteger;
- 6.2. Todas as estruturas metálicas desta construção deverão ser interligadas, desde a cobertura até a malha de aterramento em cada ponto de descida para se conseguir a equalização de potencial;
- 6.3. Será instalada um Barramento de Equipotencialização Principal (BEP)

- 6.4. Equalização de Potencial no Têrreo:
Serão efetuadas nesta BEP (Barramento de Equipotencialização Principal) ligações equipotenciais, interligando:
- 6.4.1. Tubulação de combate a incêndio (se existir);
 - 6.4.2. Armação de aço do pilar;
 - 6.4.3. Aterramento do SPDA;
 - 6.4.4. Aterramento do sistema elétrico;
 - 6.4.5. Central de gás (se estiver próxima da edificação e se não estiver devidamente aterrada);
- 6.5. Esta medida tem como objetivo equalizar os potenciais das diferentes estruturas metálicas (botijões, portões e tubulações) evitando assim a possibilidade de centelhamento e explosão.

7. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

- 7.1. Para medição da resistência de aterramento as equalizações deverão permanecer desconectadas;
- 7.2. Em complemento a Proteção Externa, deverá ser estudado e executado, após a implantação deste projeto, a Proteção Interna; de acordo com a necessidade e interesse do proprietário;
- 7.3. Proteção Interna é o conjunto formado por: protetores contra surtos em linhas de força e dados e a equalização de potenciais, que visa proteger máquinas e equipamentos eletrônicos das sobretensões geradas pelas descargas atmosféricas.

8. ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA

- 8.1. O sistema de iluminação de emergência está especificado no projeto elétrico que será por bloco autônomo e terá autonomia de no mínimo de 1 hora.

9. INSPEÇÃO

9.1. OBJETIVO DAS INSPEÇÕES

As inspeções visam assegurar que:

- 11.1.1. O SPDA está conforme o projeto;
- 11.1.2. Todos os componentes do SPDA estão em bom estado, as conexões e fixações estão firmes e livre de corrosão;
- 11.1.3. O valor da resistência de aterramento é compatível com o arranjo e com as dimensões do sistema de aterramento, e com a resistividade do solo;
- 11.1.4. Todas as construções acrescentadas à estrutura posteriormente à instalação original estão integradas no volume a proteger, mediante ligação ao SPDA ou ampliação deste.

9.2. ORDEM DAS INSPEÇÕES

As inspeções prescritas em **11.1** devem ser efetuadas na seguinte ordem cronológica:

- 11.2.1. Durante a construção da estrutura, para verificar a correta instalação dos eletrodos de aterramento;
- 11.2.2. Após o término da instalação do SPDA, para as inspeções prescritas em **11.1.1, 11.1.2, 11.1.3 e 11.1.4**;
- 11.2.3. Periodicamente, para todas as inspeções prescritas em **11.1**, e respectiva manutenção, em intervalos não superiores aos estabelecidos em **11.3**;
- 11.2.4. Após qualquer modificação ou reparo no SPDA, para inspeções completas conforme **11.1**;
- 11.2.5. Quando o SPDA tiver sido atingido por uma descarga atmosférica, para inspeções conforme **11.1.2 e 11.1.3**.

9.3. PERIODICIDADE DAS INSPEÇÕES

11.3.1. Uma inspeção visual do SPDA deve ser efetuada anualmente.

11.3.2. Inspeções completas devem ser efetuadas periodicamente, em intervalos de:

11.3.2.1. **Cinco (5)** anos, para estruturas destinadas a fins residenciais, comerciais, administrativos, agrícolas ou industriais, excetuando-se áreas classificadas com de risco de incêndio ou explosão;

11.3.2.1. **Três (3)** anos, para estruturas destinadas a grandes concentrações públicas (p.ex.: hospitais, escolas, teatros, cinemas, estádios de esportes, shopping-centers, pavilhões e outros), indústrias contendo áreas com risco de explosão conforme NBR 9518, e depósitos de material inflamável;

11.3.2.1. **Um (1)** ano, para estruturas contendo munição ou explosivos.

NOTA: Em locais expostos à corrosão atmosférica severa, os intervalos entre inspeções devem ser adequadamente reduzidos.

Projeto: GALPÃO LOGÍSTICA

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

$Ng = 4$ [Descargas / km²/ano]
Fonte = Mapa - Centro-Oeste

2) Geometria da Estrutura

Comprimento [L] = 41 m
Largura [W] = 18 m
Altura [H] = 7 m

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

$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + PI * (3 * H)^2$
 $Ad = 41 * 18 + 2 * (3 * 7) * (41 + 18) + 3.14159 * (3 * 7)^2$
 $Ad = 4601.44 \text{ m}^2$

4) Fatores de Ponderação

4.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura cercada por objetos mais altos

$$Cd = 0.25$$

4.2) Comprimento da Linha de Energia

$$Ll = 500 \text{ [m]}$$

4.3) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)

Aéreo
 $Ci = 1.0$

4.4) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)
 $Ct = 0.2$

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

Urbano
 $Ce = 0.1$

4.6) Comprimento da Linha de Sinal

$$Llt = 300 \text{ [m]}$$

4.7) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)

Aéreo
 $Cit = 1.0$

4.8) Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal
 $Ctt = 1.0$

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

Urbano
 $Cet = 0.1$

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

$$Nd = Ng * Ad * Cd * 10^{-6}$$
$$Nd = 0.0046$$

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

$$Nm = Ng * Am * 10^{-6}$$
$$Am = 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2$$
$$Am = 844398.16$$
$$Nm = 3.37759$$

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

$$Nl = Ng * Al * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$$
$$Al = 40 * Ll$$
$$Al = 20000$$
$$Nl = 0.0016$$

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

$$\begin{aligned} Ni &= Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Ai &= 4000 * Ll \\ Ai &= 2000000 \\ Ni &= 0.16 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nlt &= Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Alt &= 40 * Llt \\ Alt &= 12000 \\ Nlt &= 0.0048 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nit &= Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Ait &= 4000 * Llt \\ Ait &= 1200000 \\ Nit &= 0.48 \end{aligned}$$

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

Estrutura protegida por SPDA - Classe III

$$Pb = 0.1$$

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

Linha aérea blindada (energia ou sinal)
Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento

$$\begin{aligned} Cld &= 1 \\ Cli &= 0 \end{aligned}$$

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

Linha aérea blindada (energia ou sinal)
Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento

$$\begin{aligned} Cldt &= 1 \\ Clit &= 0.1 \end{aligned}$$

4.19) Ks1

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;
Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha Wm, fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como: $Ks1 = 0,12 * Wm1$

$$Ks1 = 1$$

4.20) Uw Energia

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

$$Uw = 2.5$$

4.21) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. $Ks4 = 1 / U_w$

$$Ks4 = 0.4$$

4.22) Uwt Sinal

$$Uwt = 1.5$$

4.23) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

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

DPS Classe II

$$Peb = 0.02$$

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

Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento [$R_s \leq 1$ ohms/Km] ($U_w=2.5$)

$$Pld = 0.2$$

4.26) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento [$1 < R_s \leq 5$ ohms/Km]

$$(U_w=1.5)$$

$$Pldt = 0.8$$

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

$$Pv = Peb * Pld * Cld$$

$$Pv = 0.004$$

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

$$Pvt = Peb * Pldt * ClDt$$

$$Pvt = 0.016$$

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: Z1 (externa ao edifício)

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$$nz = 10$$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$$nt = 1000$$

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

tz = 8760

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

te = 0

5.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

5.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Considerar

5.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

5.1.8) L4 - Perda econômica

Considerar

5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Não

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

Isolação elétrica

Ptu = 0.01

5.1.11) Ks2

Ks2 = 1

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

DPS Classe II

Pspd = 0.02

5.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos
Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento

de

equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão conectados no mesmo barramento equipotencialização.

Ks3 = 0.0001

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

DPS Classe II

Pspdt = 0.02

5.1.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabos blindados e cabos instalados em eletrodutos metálicos
Blindados e eletrodutos metálicos interligados a um barramento

de

equipotencialização em ambas extremidades e equipamentos estão

conectados no mesmo barramento equipotencialização.
Ks3t = 0.0001

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

$$Pc = Pspd * Cld$$
$$Pc = 0.02$$

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

$$Pct = Pspdt * Cltd$$
$$Pct = 0.02$$

5.1.18) Pms

$$Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4)^2$$
$$Pms = 0.016*10^{-7}$$

5.1.19) Pmst

$$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)^2$$
$$Pmst = 0.04489*10^{-7}$$

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

$$Pm = Pspd * Pms$$
$$Pm = 0.032*10^{-9}$$

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

$$Pmt = Pspdt * Pmst$$
$$Pm = 0.00898*10^{-8}$$

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

$$Pu = PtU * Peb * Pld * Cld$$
$$Pu = 0.04*10^{-3}$$

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

$$Put = PtU * Peb * Pldt * Cltd$$
$$Put = 0.00016$$

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

$$Pw = Pspd * Pld * Cld$$
$$Pw = 0.004$$

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

$$Pwt = Pspdt * Pldt * Cltd$$
$$Pwt = 0.016$$

5.1.26) Pli

Pli para Uw = 2.5 kV
Pli = 0.3

5.1.27) Plit

Plit para Uwt = 1.5 kV
Plit = 0.5

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

$Pz = Pspd * Pli * Cli$
Pz = 0

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

$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$
Pzt = 0.001

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

Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas))
Pta = 0.01

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

Mármore, cerâmica (Resistência de contato entre 1 e 10 ohms)
rt = 0.001

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

Nenhuma Providência
rp = 1

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

Incêndio: Risco Normal
rf = 0.01

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

Sem perigo especial
hz = 1

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

$Pa = Pta * Pb$
Pa = 0.001

5.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

5.1.36.1) Lt

$$Lt = 0.01$$

5.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)

$$\begin{aligned} &\text{Outros} \\ Lf &= 0.01 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Não Aplicável} \\ Lo &= 0 \end{aligned}$$

5.1.36.4) La

$$\begin{aligned} La &= rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760) \\ La &= 0.01 * 10^{-5} \end{aligned}$$

5.1.36.5) Lu

$$Lu = La = 0.01 * 10^{-5}$$

5.1.36.6) Lb

$$\begin{aligned} Lb &= rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760) \\ Lb &= 0.01 * 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.36.7) Lv

$$Lv = Lb = 0.01 * 10^{-4}$$

5.1.36.8) Lc

$$\begin{aligned} Lc &= Lo * (nz / nt) * (tz / 8760) \\ Lc &= 0 \end{aligned}$$

5.1.36.9) Lm Lw Lz

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

5.1.37) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

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

$$\begin{aligned} &\text{Gás, água, fornecimento de energia} \\ Lf2 &= 0.1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Gás, água, fornecimento de energia} \\ Lo2 &= 0.01 \end{aligned}$$

5.1.37.3) Lb2

$$\begin{aligned} Lb2 &= rp * rf * Lf2 * (nz / nt) \\ Lb2 &= 0.01 * 10^{-3} \end{aligned}$$

5.1.37.4) Lv2

$$Lv2 = Lb2 = 0.01 \cdot 10^{-3}$$

5.1.37.5) Lc2

$$Lc2 = Lo2 * (nz / nt)$$
$$Lc2 = 0.0001$$

5.1.37.6) Lm2 Lw2 Lz2

$$Lm2 = Lw2 = Lz2 = Lc2 = 0.0001$$

5.1.38) L4 - Perda econômica

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

$$\text{Outros}$$
$$Lf4 = 0.1$$

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

$$\text{Outros}$$
$$Lo4 = 0.0001$$

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

$$ca = 10000 \text{ milhões}$$

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

$$cb = 20000 \text{ milhões}$$

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

$$cc = 10000 \text{ milhões}$$

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

$$cs = 10000 \text{ milhões}$$

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

$$ct = 1000000 \text{ milhões}$$

5.1.38.8) La4

$$La4 = rt * Lt4 * (ca / ct)$$
$$La4 = 0.01 \cdot 10^{-5}$$

5.1.38.9) Lu4

$$Lu4 = La4 = 0.01 \cdot 10^{-5}$$

5.1.38.10) Lb4

$$Lb4 = rp * rf * Lf4 * ((ca + cb + cc + cs) / ct)$$
$$Lb4 = 0.00005$$

5.1.38.11) Lv4

$$Lv4 = Lb4 = 0.00005$$

5.1.38.12) Lc4

$$Lc4 = Lo4 * (cs / ct)$$
$$Lc4 = 0.01 * 10^{-4}$$

5.1.38.13) Lm4 Lw4 Lz4

$$Lm4 = Lw4 = Lz4 = Lc4 = 0.01 * 10^{-4}$$

5.1.38.14) Le4

$$Le4 = Lfe4 * (ce / ct)$$
$$Le4 = 0$$

5.1.38.15) Lft4

$$Lft4 = Lf4 + Le4$$
$$Lft4 = 0.1$$

5.1.39) Riscos [R1] da Zona [Z1 (externa ao edifício)]

5.1.39.1) Ra

$$Ra = Nd * Pa * La$$
$$Ra = 0.0046 * 0.001 * 0.01 * 10^{-5}$$
$$Ra = 0.04601 * 10^{-11}$$

5.1.39.2) Rb

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$
$$Rb = 0.0046 * 0.1 * 0.01 * 10^{-4}$$
$$Rb = 0.04601 * 10^{-8}$$

5.1.39.3) Ru

$$Ru = (Nl + Ndj) * Pu * Lu$$
$$Ru = (0.0016 + 0) * 0.04 * 10^{-3} * 0.01 * 10^{-5}$$
$$Ru = 0.0064 * 10^{-12}$$

5.1.39.4) Rut

$$Rut = (Nlt + Ndj1) * Put * Lu$$
$$Rut = (0.0048 + 0) * 0.00016 * 0.01 * 10^{-5}$$
$$Rut = 0.00768 * 10^{-11}$$

5.1.39.5) Rv

$$Rv = (Nl + Ndj) * Pv * Lv$$
$$Rv = (0.0016 + 0) * 0.004 * 0.01 * 10^{-4}$$
$$Rv = 0.0064 * 10^{-9}$$

5.1.39.6) Rvt

$$Rvt = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv$$
$$Rvt = (0.0048 + 0) * 0.016 * 0.01 * 10^{-4}$$
$$Rvt = 0.00768 * 10^{-8}$$

5.1.39.7) R1z

$$\begin{aligned}R1z &= Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt \\R1z &= 0.04601*10^{-11} + 0.04601*10^{-8} + 0.0064*10^{-12} + \\&0.0064*10^{-9} + 0.00768*10^{-11} + 0.00768*10^{-8} \\R1z &= 0.0000544 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

5.1.40) Riscos [R2] da Zona [Z1 (externa ao edifício)]

5.1.40.1) Rb2

$$\begin{aligned}Rb2 &= Nd * Pb * Lb2 \\Rb2 &= 0.0046 * 0.1 * 0.01*10^{-3} \\Rb2 &= 0.04601*10^{-7}\end{aligned}$$

5.1.40.2) Rc2

$$\begin{aligned}Rc2 &= Nd * Pc * Lc2 \\Rc2 &= 0.0046 * 0.02 * 0.0001 \\Rc2 &= 0.0092*10^{-6}\end{aligned}$$

5.1.40.3) Rm2

$$\begin{aligned}Rm2 &= Nm * Pm * Lm2 \\Rm2 &= 3.37759 * 0.032*10^{-9} * 0.0001 \\Rm2 &= 0.01081*10^{-12}\end{aligned}$$

5.1.40.4) Rv2

$$\begin{aligned}Rv2 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv2 \\Rv2 &= (0.0016 + 0) * 0.004 * 0.01*10^{-3} \\Rv2 &= 0.0064*10^{-8}\end{aligned}$$

5.1.40.5) Rvt2

$$\begin{aligned}Rvt2 &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv2 \\Rvt2 &= (0.0048 + 0) * 0.016 * 0.01*10^{-3} \\Rvt2 &= 0.00768*10^{-7}\end{aligned}$$

5.1.40.6) Rw2

$$\begin{aligned}Rw2 &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw2 \\Rw2 &= (0.0016 + 0) * 0.004 * 0.0001 \\Rw2 &= 0.0064*10^{-7}\end{aligned}$$

5.1.40.7) Rwt2

$$\begin{aligned}Rwt2 &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw2 \\Rwt2 &= (0.0048 + 0) * 0.016 * 0.0001 \\Rwt2 &= 0.00768*10^{-6}\end{aligned}$$

5.1.40.8) Rz2

$$\begin{aligned}Rz2 &= Ni * Pz * Lz2 \\Rz2 &= 0.16 * 0 * 0.0001 \\Rz2 &= 0\end{aligned}$$

5.1.40.9) R2z

$$\begin{aligned}R2z &= Rb2 + Rc2 + Rm2 + Rv2 + Rw2 + Rz2 + Rvt2 + Rwt2 + Rzt2 \\R2z &= 0.04601*10^{-7} + 0.0092*10^{-6} + 0.01081*10^{-12} +\end{aligned}$$

$$0.0064*10^{-8} + 0.0064*10^{-7} + 0 + 0.00768*10^{-7} + 0.00768*10^{-6} + 0.048*10^{-6}$$

$$R2z = 0.00007096 \times 10^{-3}$$

5.1.41) Riscos [R4] da Zona [Z1 (externa ao edifício)]

5.1.41.1) Ra4

$$Ra4 = Nd * Pa * La4$$

$$Ra4 = 0.0046 * 0.001 * 0.01*10^{-5}$$

$$Ra4 = 0.04601*10^{-11}$$

5.1.41.2) Rb4

$$Rb4 = Nd * Pb * Lb4$$

$$Rb4 = 0.0046 * 0.1 * 0.00005$$

$$Rb4 = 0.02301*10^{-6}$$

5.1.41.3) Rc4

$$Rc4 = Nd * Pc * Lc4$$

$$Rc4 = 0.0046 * 0.02 * 0.01*10^{-4}$$

$$Rc4 = 0.0092*10^{-8}$$

5.1.41.4) Rm4

$$Rm4 = Nm * Pm * Lm4$$

$$Rm4 = 3.37759 * 0.032*10^{-9} * 0.01*10^{-4}$$

$$Rm4 = 0.01081*10^{-14}$$

5.1.41.5) Ru4

$$Ru4 = (Nl + Ndj) * Pu * Lu4$$

$$Ru4 = (0.0016 + 0) * 0.04*10^{-3} * 0.01*10^{-5}$$

$$Ru4 = 0.0064*10^{-12}$$

5.1.41.6) Rut4

$$Rut4 = (Nlt + Ndj1) * Put * Lu4$$

$$Rut4 = (0.0048 + 0) * 0.00016 * 0.01*10^{-5}$$

$$Rut4 = 0.00768*10^{-11}$$

5.1.41.7) Rv4

$$Rv4 = (Nl + Ndj) * Pv * Lv4$$

$$Rv4 = (0.0016 + 0) * 0.004 * 0.00005$$

$$Rv4 = 0.032*10^{-8}$$

5.1.41.8) Rvt4

$$Rvt4 = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv4$$

$$Rvt4 = (0.0048 + 0) * 0.016 * 0.00005$$

$$Rvt4 = 0.0384*10^{-7}$$

5.1.41.9) Rw4

$$Rw4 = (Nl + Ndj) * Pw * Lw4$$

$$Rw4 = (0.0016 + 0) * 0.004 * 0.01*10^{-4}$$

$$Rw4 = 0.0064*10^{-9}$$

5.1.41.10) Rwt4

$$\begin{aligned} Rwt4 &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw4 \\ Rwt4 &= (0.0048 + 0) * 0.016 * 0.01*10^{-4} \\ Rwt4 &= 0.00768*10^{-8} \end{aligned}$$

5.1.41.11) Rz4

$$\begin{aligned} Rz4 &= Ni * Pz * Lz4 \\ Rz4 &= 0.16 * 0 * 0.01*10^{-4} \\ Rz4 &= 0 \end{aligned}$$

5.1.41.12) R4z

$$\begin{aligned} R4z &= Ra4 + Rb4 + Rc4 + Rm4 + Rv4 + Rw4 + Rz4 + Rvt4 + Rwt4 \\ &+ Rzt4 + Ru4 + Rut4 \\ R4z &= 0.04601*10^{-11} + 0.02301*10^{-6} + 0.0092*10^{-8} + \\ &0.01081*10^{-14} + 0.032*10^{-8} + 0.0064*10^{-9} + 0 + 0.0384*10^{-7} + \\ &0.00768*10^{-8} + 0.048*10^{-8} + 0.0064*10^{-12} + 0.00768*10^{-11} \\ R4z &= 0.0000278 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

6) Risco Total

6.1) R1

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 0.0000461 \times 10^{-5} \\ R1 &= 0.0000544 \times 10^{-5} \\ Rt1 &= 1 \times 10^{-5} \\ R1 &\leq Rt1 \\ (Ra + Rb) &\leq Rt1 \\ &[\text{OK}] \end{aligned}$$

6.2) R2

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 0.000004601 \times 10^{-3} \\ R2 &= 0.00007096 \times 10^{-3} \\ Rt2 &= 1 \times 10^{-3} \\ R2 &\leq Rt2 \\ (Ra + Rb) &\leq Rt2 \\ &[\text{OK}] \end{aligned}$$

6.3) R4

$$\begin{aligned} Ra + Rb &= 0.00002301 \times 10^{-3} \\ R4 &= 0.0000278 \times 10^{-3} \\ Rt4 &= 1 \times 10^{-3} \\ R4 &\leq Rt4 \\ (Ra + Rb) &\leq Rt4 \\ &[\text{OK}] \end{aligned}$$

6.4) Estrutura Protegida.

$$\begin{aligned} R1 &\leq Rt1 \\ R2 &\leq Rt2 \\ R4 &\leq Rt4 \end{aligned}$$

7) Nível de Proteção adotada: III

8) Método Utilizado

8.1) Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção III]

Afastamento máximo da Malha = 15x15 m

9) Cálculo do Número de descidas [N]

Area = 697 m².

Altura = 7 m.

Perímetro = 116 m.

Cantos Salientes da Estrutura = 4

Nível de Proteção III: Espaçamento médio = 15m

$N = \text{Perímetro} / 15\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ [N = 12] para
Nível de Proteção: III

$N = \text{Altura} / 15\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ | $N = 7 / 15 + 4$
| $N = 5$

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

N = 18 descidas.

10) Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

$r = 100 \text{ ohms.m}$ [resistividade do solo]

$R = 10 \text{ ohms}$ [Resistência de aterramento]

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

$L = (2 * r) / R$

$L = (2 * 100) / 10$

$L = 20 \text{ m}$

$l_1(\text{min}) = 5 \text{ m}$

$L = 20 \text{ m}$

$R_e = 18.46 \text{ m}$ [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

Comprimento Adicional [$R_e \geq l_1$] [OK]

11) Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anél horizontal de aterramento enterrado

Altura: 7m \leq 15m (Não é necessário anél horizontal intermediário)

12) Seções mínimas

12.1) Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Cobre - Fita maciça	35mm ²	Espessura 1.75 mm
Cobre - Arredondado maciço	35mm ²	Diâmetro 6 mm
Cobre - Encordoado	35mm ²	Diâmetro de cada fio da oordalha 2.5mm
Cobre - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm
Alumínio - Fita maciça	70mm ²	Espessura 3 mm
Alumínio - Arredondado maciço	70mm ²	Diâmetro 9.5mm
Alumínio - Encordoado	70mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.5mm
Alumínio - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm

	Aço Cobreado IACS 30% - Encordoado	50mm ²	
Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm	Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço	50mm ²	
Diâmetro 8 mm	Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordoado	70mm ²	
Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.6 mm	Aço Galv.a quente - Fita maciça	50mm ²	Espessura
mínima 2.5mm	Aço Galv.a quente - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
	Aço Galv.a quente - Encordoado	50mm ²	Diâmetro
de cada fio cordoalha 1.7 mm	Aço Galv.a quente - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro
16 mm	Aço Inoxidável - Fita maciça	50mm ²	Espessura 2 mm
	Aço Inoxidável - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
	Aço Inoxidável - Encordoado	70mm ²	Diâmetro de
cada fio cordoalha 1.7 mm	Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm

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

12.2) Eletrodo de Aterramento

3 mm	Cobre - Encordoado - 50 mm ² - Diâmetro de cada fio - cordoalha
	Cobre - Arredondado maciço - 50mm ² - Diâmetro 8 mm
	Cobre - Fita maciça - 50 mm ² - Espessura 2mm
	Cobre - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm
	Cobre - Tubo - Eletrodo cravado 20mm - Espessura da parede 2 mm
10mm	Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 16mm
	Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado
da parede 2 mm	Aço Galv.a quente - Tubo - Eletrodo cravado 25mm - Espessura da parede 2 mm
	Aço Galv.a quente - Fita maciça - 90 mm ² - Espessura 3 mm
	Aço Galv.a quente - Encordoado - 70 mm ²
	Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm
cordoalha 3.45 mm	Aço Cobreado - Encordoado 70 mm ² - Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.45 mm
	Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm
10mm	Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado
	Aço Inoxidável - Fita maciça - 100mm ² - Espessa mínima 2 mm

10. DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

12.1. A seguinte documentação técnica deve ser mantida no local, ou em poder dos responsáveis pela manutenção do SPDA:

12.1.1. Relatório de verificação de necessidade do SPDA e de seleção do respectivo nível de proteção, elaborado conforme Anexos B;

12.1.2. Desenhos em escala mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA, inclusive eletrodos de aterramento;

12.1.3. Dados sobre a natureza e a resistividade do solo;

12.1.4. Um registro dos valores medidos de resistências de aterramento, a ser atualizado nas inspeções periódicas, e de quaisquer modificações ou reparos no SPDA.

AUTOR DO PROJETO E QUANTITATIVO DE PRANCHAS

11. PROJETO DE SPDA: 01 prancha

12. EMPRESA E AUTORE DO PROJETO

Eng^a. Eletricista/Segurança: Simone de Araujo Melo – CREA-GO: 6.449/D

13. ASSINATURAS

: PROPRIETÁRIO: UNIVERSIDADE DE RIO VERDE

CNPJ: _____

NOME: GALPÃO LOGÍSTICA

CI/CPF: _____

PROFISSIONAL: ENGENHEIRA ELETRICISTA/SEGURANÇA

CNPJ: _____

NOME: SIMONE DE ARAUJO MELO

CPF: _____

CREA: 6.449/D-GO