

PROJETO EXECUTIVO DE SPDA E ATERRAMENTO

MEMORIAL DESCRITIVO

Conselho Regional de Enfermagem do Estado de São Paulo (Edifício Coren/SP Educação)

LOCAL: Edifício Coren/SP Educação – Rua Dona Veridiana nº298 – Santa Cecília, São Paulo/SP – CEP 01238-010

CLIENTE: Coren SP – Conselho Regional de Enfermagem – SP

CONTRATO: 029/2017

PROCESSO: N°2271/2016

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	4
2. NORMATIVA	5
3. DEFINIÇÕES	6
4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	7
4.1. Dados Técnicos	7
4.1.1. Condutores utilizados:	7
4.1.2. Aterramento:	7
4.1.3. Observações:	7
4.2. Supervisão dos serviços	8
4.3. Antecedentes e documentos de referência	8
4.4. Esclarecimentos técnicos	9
4.5. Solução adotada para sistema de aterramento.....	10
4.6. Caixas equipotenciais.....	10
4.7. Arranjo do SPDA	11
4.8. Metodologia de cálculo e dados de partida dados de partida.....	11
4.8.1. Geometria da Estrutura	11
4.8.2. Determinação de [Td] (Dias de Trovoada por ano)	11
4.8.3. Avaliação geral de risco.....	12
4.8.4. Nível de Proteção Classificação da Estrutura:	12
4.8.5. Eficiência (E%) do SPDA (função de Ndc e Nd).....	12
4.8.6. Método Utilizado	12
4.8.7. Cálculo do Número de descidas [N]	13
4.8.8. Cálculo do Comprimento da Haste Vertical ou Inclinada	13
4.8.9. Seções dos condutores	14
4.9. Considerações gerais sobre critérios específicos	15
4.9.1. Incidência de trovoadas (mapas Isocerânicos).....	15
4.9.2. Área de atração	16
4.10. Método de proteção aprovado pela norma.	17
4.10.1. Método Franklin.....	18
4.10.2. Método de Faraday	18

4.11. Natureza das coberturas e a aplicação de terminais aéreos.....	19
4.12. Observações sobre a malha geral de aterramento.	19
4.13. Observações sobre a haste de aterramento.....	21
4.13.1. Haste de aterramento aço cobreada.....	21
4.13.2. Materiais	22
4.13.3. Fabricação.....	22
4.13.4. Identificação.....	22
4.13.5. Acondicionamento	23
4.14. Resistências elétricas.....	23
4.14.1. Resistência elétrica da conexão de aterramento.....	23
4.15. Diretrizes para execução do projeto executivo	23
4.15.1. Subsistemas de Captação	24
4.15.2. Subsistemas de Descidas: Projeto Executivo.....	25
4.15.3. Conexão de medição	25
4.15.4. Malha de aterramento	26
4.15.5. Equalização	26
4.15.6. Segurança das estruturas – Lesões aos seres vivos.....	26
4.15.7. Tensão do toque	27
4.15.8. Tensão passo a passo	28
4.15.9. Aterramento reticulado:	28
4.15.10. Aterramento funcional	28
4.15.11. Aterramento de proteção.....	29
4.15.12. Conexões equipotenciais.....	30
4.15.1. Particularidades dos sistemas elétricos, mecânicos e eletromecânicos no projeto de SPDA	31
4.15.2. Topologia e resistências das malhas de aterramento	32
4.15.3. Resistividade do solo	33
4.15.4. Definição de bitolas e constituição dos materiais dos condutores.....	34
4.15.5. Descidas	34
4.15.6. Ação de campos eletromagnéticos.....	36
4.15.7. Memória de cálculo.....	37
4.16. Materiais Diversos	37
4.16.1. Captor Franklin	38
4.16.2. Condutor de Cobre Nu	39

4.16.3. Cabos de cobre isolados.....	39
4.16.4. Eletrodutos	40
4.16.5. Solda Exotérmica.....	40
4.17. Resultados das avaliações	42
4.18. Informações gerais	45
4.19. Comentários Técnicos.....	45
4.20. Equalização dos potenciais	45
4.21. Anexos:	46

1. OBJETIVO

O presente memorial descritivo tem como objetivo, descrever as instalações de SPDA projetadas para a edificação do Coren Educação. Esclarecendo a todos os envolvidos os procedimentos, materiais adotados, normas técnicas e características gerais do projeto. Serão explicados os aspectos mais importantes da edificação para uma clara compreensão do projeto.

2. NORMATIVA

A normativa utilizada para este projeto é:

- a) ABNT NBR 5410: “Instalações elétricas de baixa tensão”
- b) ABNT NBR 5419: “Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas”
- c) ABNT NBR 6326: “Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente”
- d) ABNT NBR 13571: “Hastes de aterramento em aço cobreado e acessórios – especificação”
- e) IEEE Std 80 – 2000: “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”.
- f) IEEE Std 665 – 1995: “IEEE Guide for Generation Station Grounding”.
- g) ABNT NBR15749: 2009 - Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- h) Norma Regulamentadora NR-10 de 07 de dezembro de 2004 – Ministério do Trabalho e Emprego;
- i) Decreto nº 46.076, de 31 de Agosto de 2001 – Estado de São Paulo;
- j) Decreto nº 11.258, de 16 de Setembro de 1988 – Corpo de Bombeiros.

3. DEFINIÇÕES

- a) **Descarga Atmosférica** – Descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, constituindo em um ou mais impulsos de vários quilo ampères;
- b) **Raio** – Um dos impulsos elétricos de uma descarga;
- c) **Ponto de impacto** – Ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra, uma estrutura ou o sistema de proteção captor;
- d) **Eletrodo de aterramento** – Elemento ou conjunto ou conjunto de elementos do subsistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de descarga atmosférica a terra;
- e) **Eletrodo de aterramento em anel ou malha de aterramento** – Eletrodo de aterramento formando um anel fechado em volta da edificação ou estrutura;
- f) **Descida** – Parte do SPDA destinada a conduzir a corrente de descarga atmosférica desde o sistema captor até a malha de aterramento;
- g) **Captor** – Componente pontiagudo instalado no topo da edificação, destinado a interceptar as descargas atmosféricas;
- h) **BEP** – Barramento equipotencial de potência;
- i) **DPS** – Dispositivo de proteção de surto destinado a limitar as sobretensões transitórias;
- j) **LEP** – Ligação equipotencial principal;
- k) **TAP** – Terminal de aterramento principal

4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

4.1. Dados Técnicos

Assunto: SPDA – Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas

Nível de proteção: Nível II

Métodos Adotados: Método de gaiola de Faraday, Franklin,

Quantidade de Descidas: 13 descidas laterais na Edificação.

4.1.1. Condutores utilizados:

- a) Captação: Barra chata de alumínio 7/8” x 1/8” e Terminal aéreo de barra chata de Alumínio 7/8”x1/8” x 300mm.
- b) Descidas: Também executadas com barramento chato de alumínio 7/8” x 1/8” interconectas ao anel ao redor da Edificação com barramento chato de alumínio 7/8” x 1/8”.
- c) Aterramento: Cabos de cobre nu # 50 mm² enterrados a 0,5 m interligadas a hastes tipo copperweld, alta camada, de 5/8” x 2,4m.;
- d) Equipotencialização: 50 mm² e 35 mm².
- e) Captação caixa d’água: captor tipo Franklin e anel de barra de alumínio.

4.1.2. Aterramento:

A malha de aterramento será executada em anel, circundando a edificação, com cabo de cobre nu de #50mm² e hastes de cobre de alta camada.

4.1.3. Observações:

As estruturas metálicas devem ser conectadas ao barramento de Equipotencialização principal ou local, dependendo de qual esteja mais próxima.

Uma vez executada a obra, a resistência da malha de aterramento deverá ser medida pelo método de queda de potencial e emitido relatório técnico com os valores coletados na medição.

Na hipótese de uso de materiais de tipos diferentes deverão ser tomados cuidados para evitar a formação de par eletrolítico (pilha galvânica). Em caso de dúvida o projetista deverá ser consultado.

O projeto não poderá sofrer alteração sem autorização prévia e explícita do projetista.

Para maiores detalhes técnicos o projeto deverá ser consultado.

4.2. Supervisão dos serviços

A supervisão técnica e gerencial de todo o objeto deverá ser feita por engenheiro eletricista não residente, que deverá, além de realizar visitas periódicas para acompanhamento da obra, também emitir e assinar a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pela supervisão técnica e execução dos serviços.

A supervisão operacional do serviço de instalação do sistema de SPDA deverá ser feita por encarregado geral residente no local de execução dos serviços, cabendo a este a orientação local dos empregados da contratada durante a execução dos serviços.

Ainda deverá permanecer no local Técnico de Segurança do Trabalho para acompanhamento dos serviços realizados em altura.

4.3. Antecedentes e documentos de referência

Não há documentos de referência anterior a este projeto, e as instalações existentes de SPDA, não poderão ser reaproveitadas, exatamente por que não há prova documental da existência de uma malha de aterramento que atenda as disposições normativas, não há localização em planta e os materiais adotados não condizem com o arranjo e definições deste projeto. Que foi elaborado dentro das melhores práticas de instalação de SPDA e obediência a NBR 5419/2015 em vigor.

4.4. Esclarecimentos técnicos

“Instalação de para-raios deve ser precedida de projeto contendo todos os elementos necessários ao seu completo entendimento, utilizando-se convenções gráficas normalizadas pela ABNT”, ou seja simbologia adequada para o bom atendimento e entendimento por parte do executor.”

Este projeto contemplará a NBR-5419/2015, não abrangendo a proteção elétrica e eletrônica dos subsistemas de: Potência, Telecomunicações, TI, Controle de Processos e Automação e Segurança (CFTV, Incêndio, Controle de Acesso e Busca a Pessoas), para os quais deverá ser desenvolvido projeto dedicado, visando as exigências da NR10 do M.T.E. 8

Considerando-se a natureza probabilística do fenômeno raio, é importante esclarecer que, a luz da tecnologia mundial existente, nenhum projeto de proteção contra choques diretos de raios pode garantir proteção absoluta. Contudo, a experiência científica e técnica evoluíram a um ponto satisfatório no que diz respeito à eficácia dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, ou seja, minoração dos efeitos desastrosos do choque direto de uma descarga atmosférica em uma estrutura. O aumento do grau de proteção é diretamente proporcional ao volume de dinheiro que for investido, portanto a filosofia do investidor tem que se basear no grau de risco que o mesmo pretende correr.

Dentre os fatores de difícil equacionamento que compõem o contexto da ocorrência do fenômeno podemos citar o estabelecimento de uma precisa distância de atração de uma estrutura captadora, posto que isto é variável e se dá principalmente em função: Do volume de cargas contido no canal líder descendente do raio, altura das estruturas, bolsões de cargas distribuídos pela atmosfera, ventos, etc.

Os padrões técnicos internacionalmente adotados na proteção contra choques diretos de raios não preveem eficiência na cobertura de áreas abertas, mas sim, se destinam exclusivamente a proteção de estruturas e edificações. Para proteção adequada de pessoal em áreas abertas aconselha-se seu imediato recolhimento ao interior de estruturas.

4.5. Solução adotada para sistema de aterramento

Para execução do sistema equipotencial de aterramento para toda a planta, adotamos o esquema de aterramento TN-S que é o sistema de Neutro e condutor de proteção individuais e distintos em toda a instalação. Visando a instalação de componentes como DPS e disjuntores residuais DR, que utiliza Neutro e PE separados.

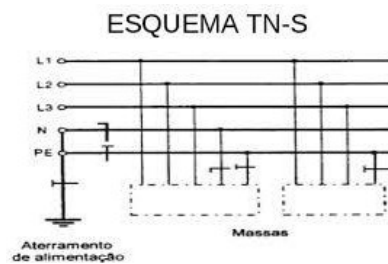


Figura 1 – Esquema TN-S

O sistema de aterramento do tipo TN-S, utilizando-se o conceito de terra unificado (Na entrada do sistema). O Neutro e o condutor de proteção andam separados em toda a instalação.

Barras de equipotencial interligarão os sistemas de aterramento elétrico, de telecomunicações, tubulações de água e demais sistemas que necessitem de aterramento.

4.6. Caixas equipotenciais

Todas as massas metálicas como portas, venezianas, grades de proteção, acionamentos, bases, tampas de canaletas etc. deverão ser solidamente aterrados a uma barra BEP- barramento equipotencial de potência.



Figura 2 – Barramento equipotencial – BEP

4.7. Arranjo do SPDA

O projeto de SPDA está baseado na NBR 5419/2015, e conforme o anexo B será implantado o SPDA classificado com o nível de proteção II, relativo a instalações em áreas de escritórios, conforme tabela B.6 da NBR 5419/2015.

O sistema de proteção previsto ao longo de toda a cobertura da edificação existente será constituído de gaiola de Faraday.

Utilizaremos como gaiola e descidas barra chata de alumínio, visando deixar o mais próximo da estrutura. Evitando danos acidentais e melhorando consideravelmente a estética das instalações. As coberturas não possuem platibanda e não é possível esconder os cabos montados sobre suportes elevados que dão um aspecto esquisito as instalações. Desta forma com o barramento chato fixo diretamente sobre o telhado, além de maior eficiência, menos manutenção e maior longevidade, e ainda estabelecemos um acabamento agradável aos olhos do visitante.

4.8. Metodologia de cálculo e dados de partida dados de partida

O telhado é constituído de laje e a malha de aterramento do sistema existente é desconhecida por não existir projeto anterior, os materiais utilizados não são indicados em nenhum documento técnico.

4.8.1. Geometria da Estrutura

- a) Comprimento = 30 m
- b) Largura = 27,50 m
- c) Altura = 13,5 m

4.8.2. Determinação de [Td] (Dias de Trovoada por ano)

- a) Mapa de curvas Isocerânicos utilizado: Brasil – Região sudeste
- b) Td = 50 Dias de Trovoada por ano

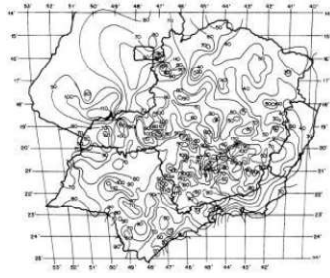


Figura 3 - Mapa Isocerâunico

4.8.3. Avaliação geral de risco

$$N_{dc} \geq N_c$$

N_{dc} maior ou igual a N_c adotado, é necessária a instalação de um SPDA.

Conforme determinação da Norma técnica NBR-5410.

4.8.4. Nível de Proteção Classificação da Estrutura:

Estruturas comuns

Tipo da Estrutura: Prédio de Escritórios.

Nível de Proteção: II

4.8.5. Eficiência (E%) do SPDA (função de N_{dc} e N_d)

$$E(\%) = 100$$

4.8.6. Método Utilizado

Método Franklin

Ângulo de Proteção (α)

Altura do Captor Ângulo (Graus) [Nível de Proteção II]

0 - 20m 55°

21 - 30m 45°

31 - 45m 35°

46 - 60m 25°

> 60m *Utilizar Método da Gaiola de Faraday

4.8.7. Cálculo do Número de descidas [N]

Área = 405

Altura = 13,5 m.

Perímetro = 71 m.

Cantos Salientes da Estrutura = 4

Nível de Proteção II: Espaçamento médio = 10m

$N = \text{Perímetro} / 10\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ [N = 10] para Nível de Proteção: II

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

N = 13 descidas

4.8.8. Cálculo do Comprimento da Haste Vertical ou Inclinada

Haste Vertical ou Inclinada

$r = 200 \text{ ohms.m}$ [resistividade do solo] - (adotada ou informada pelo cliente, através do laudo das medições da resistividade do solo)

$R = 122 \text{ ohms}$ [Resistência de aterramento]

L = Comprimento da Haste em (m)

$$L = r / R$$

$$L = 200 / 3,32$$

$$L = 10 \text{ m}$$

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

$$L = 60\text{m}$$

$$Re=33.74\text{m}[\text{Raio médio da área abrangida pelos eletrodos}],$$

Comprimento Adicional: $[Re \geq (1)]$ [ok].

Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anel horizontal de aterramento enterrado

Altura: $20\text{m} \leq 40\text{m}$ (Não é necessário anel horizontal intermediário)

4.8.9. Seções dos condutores

Captor e Anéis Intermediários:

Cobre = 35mm^2

Alumínio = 70mm^2

Aço Galvanizado a fogo ou embutido em concreto = 50mm^2

Condutor de Descida

Altura: $7\text{m} \leq 20\text{m}$

Cobre = 16mm^2

Alumínio = 25mm^2

Aço Galvanizado a fogo ou embutido em concreto = 50mm^2

Condutor Horizontal de aterramento enterrado

Cobre = 50mm²

Aço Galvanizado a fogo ou embutido em concreto = 80mm²

4.9. Considerações gerais sobre critérios específicos

4.9.1. Incidência de trovoadas (mapas Isocerânicos)

Uma trovoadas pode ser definida como o conjunto de fenômenos eletromagnéticos, acústicos e luminosos que ocorrem numa descarga atmosférica.

Índice cerânico: número de dias que ocorrem trovoadas em uma dada localidade.

Mapa isocerânico: mapa com a união das localidades com seus índices cerânicos.

Se olharmos o mapa isocerânico notaremos que existem regiões com índice muito baixo (1 a 5) e outras de nível muito alto (120 a 250), notamos ainda que na região do equador concentram-se as de maior valor e nos continentes existem maiores concentrações que nos oceanos.

Para técnica de proteção o importante é saber a densidade de raio por km² por ano, se este parâmetro for conhecido será fácil calcular a probabilidade de queda de raios por ano, em uma área.

Os especialistas e empresas de energia usam contadores de raios que são dispositivos que possuem uma antena captora que captam as radiações eletromagnéticas emitidas pelos raios e as registram em um dispositivo contador (raio de ação do contador +/- 20 km).

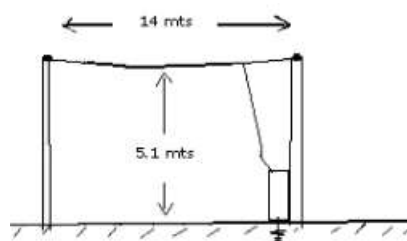


Figura 4 - Detector de raios com antena horizontal

4.9.2. Área de atração

É a área da vista aérea aumentada proporcionalmente a uma vez a altura da estrutura (NBR5419) e três vezes a altura IEC1024-I.

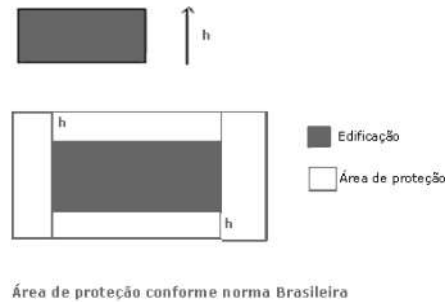


Figura 5 – Área proteção

Fórmula Para Cálculos

Formação paralelepipedica: $A_p = \text{área} + (2 \times \text{área base}) + (\pi \times h^2)$

Densidade de raios: $N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}$ (T_d = número de dias com trovoadas)

Com a área de proteção calcula-se a probabilidade de queda de raios:

$$P = A_p \times N_g \times 10^{-6}$$

Logo teremos a probabilidade de ocorrência de raios em uma determinada estrutura, ou seja, de quantos em quantos anos cairá um raio na estrutura.

Com isto podemos calcular a obrigação de proteção ou não pela norma:

$$P_0 = P \times A \times B \times C \times D \times E$$

Se $P_0 \leq 10^{-5}$ será desnecessário, se $P_0 > 10^{-3}$ será obrigatório a proteção e $P_0 \approx 10^{-3}$ a decisão do uso ou não ficará a cargo do projetista.

Fatores A, B, C, D, E de atração de raios.

Tabela 1 – Fator de ponderação quanto ao tipo de ocupação.

Tipo de ocupação	Fator A
Casas	0,3
Casas com antenas externas	0,7
Fábricas e laboratórios	1,0

Escritórios, hotéis, apartamentos	1,2
Shopping, estádios, exposições	1,3
Escolas e Hospitais	1,7

Tabela 2 – Fator de ponderação quanto ao material de construção

Material de construção	Fator B
Metal revestido, não metálico	0,2
Concreto, cobertura não metálica	0,4
Metal ou concreto, cobertura metálica	0,8
Alvenaria	1,0
Madeira	1,4
Alvenaria ou madeira com cobertura metálica	1,7
Cobertura de palha	2,0

Tabela 3 – Fator de ponderação quanto ao conteúdo do local

Conteúdo	Fator C
Comum, sem valor	0,3
Sensível a danos	0,8
Subestação, gás, Telecom.	1,0
Museu e monumentos	1,3
Escolas e hospitais	1,7

Tabela 4 - Fator de ponderação quanto à localização

Localização	Fator D
Rodeado por árvores ou estruturas	0,4
Semi-isolada	1,0
Isolada	2,0

Tabela 5 - Fator de ponderação quanto à topografia

Topografia	Fator E
Planície	0,3
Colina	1,0
Montanha, 300 a 900 m.	1,3
Montanha acima de 900 m.	1,7

4.10.Método de proteção aprovado pela norma.

Uma vez feita a análise de necessidade da proteção de uma determinada estrutura e determinado o nível de proteção necessária, o próximo passo é escolher o sistema de proteção (Gaiola de Faraday, Franklin, Modelo Eletro geométrico – EGM ou misto).

4.10.1. Método Franklin

Este método se baseia no uso de captosres pontiagudos colocados em mastros verticais para se aproveitar os efeitos das pontas, (quanto maior a altura maior o volume protegido), volume este que tem a forma de um cone formado pelo triângulo retângulo girado em torno do mastro.

No caso de condutores horizontais suportados por hastes verticais, será obtido pelo deslocamento horizontal do cone de proteção desde a posição de uma haste até a posição da outra haste.

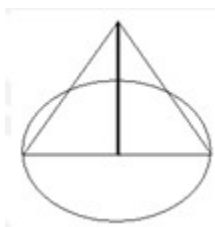


Figura 6 - Volume de proteção de haste vertical

4.10.2. Método de Faraday

Este método consiste em instalar um sistema de captosres formado por condutores horizontais interligados em forma de malha, quanto menor for a distância entre os condutores da malha melhor será a proteção obtida.



Figura 7 – Método de Faraday

Tabela 6 – Ângulo de proteção

NIVEL/H	$\theta/ H \leq 20M$	$\theta/ H \leq 30M$	$\theta/ H \leq 45M$	$\theta/ H \leq 60M$
I	25°	x	x	x
II	35°	25°	x	x
III	45°	35°	25°	x
IV	55°	45°	35°	25°
-	MÉTODO DE PROTEÇÃO ADOTADO			

CLASSE DO SPDA	RAIO DA ESFERA ROLANTE –R m	MÁXIMO AFASTAMENTO DOS CONDUTORES DA MALHA m	ÂNGULO DE PROTEÇÃO α^0
I	20	5X5	Ângulo de proteção correspondente a classe de SPDA. ABNT NBR 5419-3 Pag-11
II	30	10X10	
III	45	15X15	
IV	60	20X20	

Pequenos captosres verticais, com 50 cm de altura, separados por uma distância de 5 a 8 metros ao longo dos condutores da malha, conforme norma inglesa BS 6651.

4.11. Natureza das coberturas e a aplicação de terminais aéreos

Dada a natureza da física da circulação de correntes de raios sobre as superfícies das estruturas das edificações, em se tratando de superfícies de massas metálicas significativas, considerando-se a grande distorção do campo elétrico que as mesmas provocam as medidas complementares de proteção, são restritas e praticamente nada pode ser feito para evitarem-se impactos diretos.

Contudo, pode-se aumentar a probabilidade de impactos pontuais sobre artefatos com função específica, provocando aumento de campo elétrico em pontos pré-determinados com aplicação de terminais aéreos de pequeno porte (altura de ≈ 30 cm). Certamente estes artefatos não têm grande poder de direcionamento de impactos, contudo, em grande número aumenta a probabilidade da ocorrência de impactos sobre si, aumentando, o grau probabilístico de proteção das superfícies expostas com outras funções específicas.

4.12. Observações sobre a malha geral de aterramento.

A Malha Geral visa primordialmente à minoração do “rate” de atenuação da queda de potencial ao longo das distâncias, para epicentros de injeções de correntes de pulsos de alta frequência, sejam estas injeções ocorrendo diretamente na Malha ou por acoplamento de frentes de ondas partidas de pontos remotos.

Uma pesada injeção de corrente no solo define um epicentro de propagação com uma acentuada queda de potencial ao longo das distâncias radiais gerando perigosos gradientes de potencial para as referências elétricas dos sistemas.

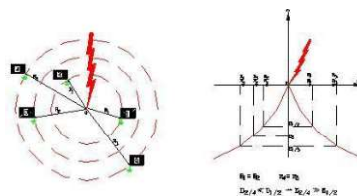


Figura 8 - Representação gráfica da distribuição de potenciais no solo durante a injeção de corrente de raio

Deve-se considerar também que correntes de raios são de natureza muito diferente das correntes elétricas conhecidas (60 Hz), por circularem em altíssima velocidade, não através do cerne dos condutores, mas sim com muito maior incidência por suas superfícies

Para a atividade cerâmica típica do Brasil, um choque de raio pode dissipar uma corrente média de 40 kA em um tempo total de escoamento de 200 microssegundos, chegando ao pico de corrente em 20 microssegundos (a notação negativa da corrente atem-se à polaridade mais comum das descargas), assim estimamos a frequência do pulso em aproximadamente 500 kHz. Ou seja, vamos ter uma enorme reflexão de onda no momento da injeção, uma polarização progressiva das camadas superficiais do solo e um surto de impedância colossal para a penetração às camadas mais profundas.

Quanto à eficácia do “aterramento”, o que interessa, portanto não é o valor da resistência elétrica do aterramento medido pelo terrômetro, mas sim o comportamento do escoamento dos pulsos pela superfície do solo, favorecido pelo menor surto de impedância possível. No entanto em obediência a NBR 5419 o melhor é que o valor esteja próximo e abaixo de 10Ω .

Devem ser consideradas com cautela as medições de aterramento feitas através dos métodos usuais para a avaliação da componente resistiva da

Impedância total do sistema, visto que, em se tratando de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, os critérios deveriam ir além da indicação contida na norma ABNT NBR 5419 que, aliás, é omissa neste particular.

É necessário esclarecer que em se tratando de pulsos de frequência elevada o que conta é a impedância do sistema de aterramento, a qual é composta não só pelo fator resistivo, mas principalmente pela reatância indutiva. Assim sendo, as medidas obtidas conforme o

prescrito em norma devem ser mais indicações qualitativas de continuidade elétrica ou contato eletroquímico com o solo, do que valores indicativos da impedância de aterramento, até porque há uma grande quantidade de massas metálicas enterradas, o que sem dúvida, constitui-se num fator de distorção ou influência nas medições bastante significativas.

Os valores obtidos são oriundos de uma medição dentro da "área de influência" das massas metálicas enterradas por restrições naturais do método da queda de potencial e devido à extensão daquelas massas metálicas enterradas (como o hidrantes, malhas de proteção de pisos, ferragens de baldrame, etc.) por onde também circulam as correntes injetadas.

Em suma estas medidas não podem ser tomadas como algo extremamente significativo fisicamente para o processo de circulação de um surto de alta frequência oriundo de uma descarga atmosférica, já que são representativas de somente uma componente da impedância total do sistema (componente reativa, de importância para baixas frequências) ao passo que a impedância total é:

$$X_t = X_f = X_c + X_i \quad \text{onde } X = 2\pi FL$$

F = frequência do surto

L = indutância do sistema

A reatância indutiva X_i é extremamente importante e não considerada nos métodos usuais de medição. Portanto, a medição tradicional solicitada por norma deve ser avaliada muito mais "qualitativamente" sob o ponto de vista de "resistências de contato" dos eletrodos e partes da estrutura com o solo, continuidade, etc., do que "quantitativamente" como valores que vão definitivamente qualificar o desempenho do sistema.

4.13. Observações sobre a haste de aterramento

Conforme norma ABNT NBR 13571:1996 – Haste de aterramento aço cobreada e acessórios. Podemos utilizar como referência esses seguintes itens:

4.13.1. Haste de aterramento aço cobreada

Eletrodo de aterramento constituído por uma barra cilíndrica rígida de aço cobreado por eletroposição.

4.13.2. Materiais

As hastes de aterramento aço cobreadas e seus acessórios devem ser fabricados com materiais de primeira qualidade que suportem as condições elétricas, mecânicas e químicas – resistência à corrosão – a que são submetidos quando instalados.

Nas hastes de aterramento aço cobreadas são utilizados, basicamente, aço-carbono para o seu núcleo e cobre para a sua parte externa protetora. Em seus acessórios são utilizados ligas de cobre de características elétricas, mecânicas e de resistência à corrosão que atendam às condições adequadas ao seu bom funcionamento.

4.13.3. Fabricação

Uma haste de aterramento aço cobreada é constituída por uma barra cilíndrica trefilada de aço-carbono recoberta por uma camada de cobre protetora contra corrosão.

O conector de aterramento e a luva de emenda utilizada em combinações extensíveis devem ser fabricados em ligas de cobre de alta resistência mecânica. Uma das extremidades da haste deve ter ponta conforme indicado na figura abaixo deste memorial, e figura 1 do anexo A da NBR 13571:1996, a fim de facilitar sua penetração no solo.

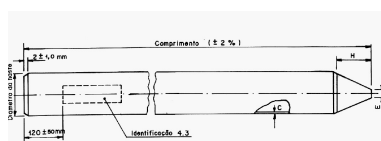


Figura 9 – Ponta da haste de aterramento

4.13.4. Identificação

Na extremidade superior das hastes de aterramento aço cobreadas, devem constar de forma legível e indelével, as seguintes marcações:

- a) Nome ou marca do fabricante;
- b) Dimensões (comprimento, diâmetro e espessura da camada de cobre);
- c) Número desta norma;
- d) Data de fabricação: mês/ano

O conector de aterramento e a luva de emenda devem ser identificados com as seguintes marcações, de forma legível e indelével:

- a) Nome ou marca do fabricante;
- b) Dimensões que os relacione com a haste.

4.13.5. Acondicionamento

As hastes de aterramento aço cobreadas devem ser acondicionadas em feixe ou amarrados, cintados, a critério do fabricante, em dois ou três pontos em função de seu comprimento, em seus extremos ou seu centro e extremos, de maneira facilitar a sua movimentação.

Não é permitida a utilização de papel ou papelão simples ou corrugado em contato direto com as hastes de aterramento aço cobreadas, pois estes, sob efeito de água ou umidade, podem causar a corrosão das hastes.

4.14. Resistências elétricas

4.14.1. Resistência elétrica da conexão de aterramento

A resistência elétrica equivalente da conexão entre haste e condutor de aterramento é dada pela soma de três parcelas;

- a) Resistência elétrica de contato entre haste e conector de aterramento;
- b) Resistência elétrica do próprio conector de aterramento;
- c) Resistência elétrica de contato entre conector de aterramento e condutor de aterramento;

4.15. Diretrizes para execução do projeto executivo

Nesta fase final, procuramos dar as soluções de Engenharia a qual adotamos na elaboração do projeto executivo do SPDA, considerando-se a integração estética, quanto

funcional de forma absolutamente satisfatória em relação aos sistemas elétricos, mecânicos eletromecânicos e estruturais existentes nas áreas das edificações e estruturas operacionais.

Já em definitivo para o Projeto Executivo, adotamos abaixo, o melhor nível que se adequa ao sistema Coren - Educação

Tabela 7 – Nível de Proteção/Classe de SPDA:

NÍVEL DE PROTEÇÃO	CLASSE DE SPDA
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Tabela 8 – Nível de Proteção/Classe de SPDA:

-	MÉTODO DE PROTEÇÃO ADOTADO		
CLASSE DO SPDA	RAIO DA ESFERA ROLANTE –R m	MÁXIMO AFASTAMENTO DOS CONDUTORES DA MALHA m	ÂNGULO DE PROTEÇÃO α^0
I	20	5X5	Ângulo de proteção correspondente a classe de SPDA. ABNT NBR 5419-3 Pag-11
II	30	10X10	
III	45	15X15	
IV	60	20X20	

Tabela 9 – Distâncias dos condutores de descidas

CLASSE DO SPDA	DISTÂNCIAS
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.

4.15.1. Subsistemas de Captação

Devido a geometria do Prédio e em função do nível adotado, foram usados os seguintes métodos:

- a) ângulo de proteção (método Franklin); e
- b) condutores em malha ou gaiola (método Faraday).

NOTA - Captorees em malha consistem em uma rede de condutores dispostos no plano horizontal ou inclinado sobre o volume a proteger.

Gaiolas de Faraday são formadas por uma rede de condutores envolvendo todos os lados do volume a proteger, conforme modulação em tabela acima.

No projeto foram considerados tanto o método Franklin com um mastro de 03 metros estanhado, protegendo a área mais alta da edificação, onde se encontra a Caixa d'água superior, antenas e estruturas metálicas neste entorno, quanto a gaiola de Faraday, conforme modulações acima (10x10) m, atendendo a classe específica.

Está modulação será feita com o uso de barras chatas de Alumínio de 7/8"x 1/8" fixadas na laje com parafuso e buchas – M45 de 3/4" com buchas S-8, com isoladores altura 50mm, diâmetro:44mm de cor cinza claro com conjunto de base + tampa. Os isoladores poderão também ser fixados com cola. Os Capttores serão de 260mm, fixados na barra chata de alumínio, para maior proteção e direcionamento da corrente que venha incidir no local.

4.15.2. Subsistemas de Descidas: Projeto Executivo

A quantidade de descidas foi determinada em função do Perímetro do Prédio.

No Projeto foram previstos 13 descidas em função de seu perímetro, interligadas ao sistema de captação e ao aterramento. Também foram consideradas as barras chatas de alumínio 7/8"x1/8" fixadas na fachada da Edificação com parafusos e buchas.

Para diminuir o risco de centelhamento perigoso, os condutores de descida foram dispostos de modo que:

- a) A corrente percorra diversos condutores em paralelo;
- b) O comprimento desses condutores sejam o menor possível.

4.15.3. Conexão de medição

Foi previsto, para cada condutor de descida, uma conexão de medição, instalada próxima do ponto de ligação ao eletrodo de aterramento. A conexão deve ser desmontável por meio de ferramenta, para efeito de medições elétricas, mas deve permanecer normalmente fechada. A interligação da caixa de medição ao aterramento (solda exotérmica), será feita com cabo de cobre nu 35mm².

Em cada final de descida deverá ter um condutor de cobre com o solo que garanta uma ligação elétrica (eletrodo de aterramento) de 5/8"x2,40cm de comprimento.

4.15.4. Malha de aterramento

A malha será enterrada a uma profundidade de 50cm e fechada em anel em toda a área no subsolo com cabo de 50mm² com caixas para inspeção e medição com tampa reforçada metálica, onde estarão as hastes terra interligadas e onde os cabos serão fixados com solda exotérmica, evitando-se com isto corrosões, desgastes do material e mau contato.

4.15.5. Equalização

A equalização de potencial está prevista para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro do volume a proteger na edificação.

A equalização de potencial é obtida mediante condutores de ligação equipotencial, eventualmente incluindo DPS (dispositivo de proteção contra surtos), interligando o SPDA, a armadura metálica da estrutura, as instalações metálicas, as massas e os condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal, dentro do volume a proteger.

A ligação equipotencial está prevista na parte superior interligando as massas metálicas e no subsolo, ou próximo ao quadro geral de entrada de baixa tensão. Os condutores de ligação equipotencial devem Ser conectados a uma barra de ligação equipotencial principal, construída e instalada de modo a permitir fácil acesso para inspeção. Essa barra de ligação equipotencial deve estar conectada ao subsistema de aterramento;

4.15.6. Segurança das estruturas – Lesões aos seres vivos

O SPDA aplicado aqui foi projetado para interceptar as descargas atmosféricas diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais e conduzi-la à terra. O objetivo foi pensado em dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos, que possam iniciar fogo, explosões e danos físicos.

A probabilidade de penetração da corrente da descarga atmosférica na estrutura diminuiu muito (limitou-se), considerando-se o uso de subsistemas de captação para esta composição a qual foi prevista.

- a) Hastes
- b) Mastro
- c) Condutores
- d) Malhas

Considerando-se a proximidade dos condutores de descidas de um SPDA externo, a estrutura pode trazer risco de vida, mesmo que o SPDA tenha sido projetado conforme a norma vigente e todas as proteções acima implantadas.

4.15.7. Tensão do toque

Caso uma pessoa toca um equipamento ou uma área sujeito a uma tensão de contato (tensão que pode ocorrer quando de uma descarga atmosférica quando da falha de isolamento) pode ser estabelecida uma tensão entre as mãos e pés chamada tensão de toque. Em consequência poderemos ter a passagem de uma corrente elétrica pelo braço, tronco e pernas cuja duração e intensidade poderão provocar a fibrilação cardíaca, queimaduras ou outras lesões graves ao organismo.

Para as medidas de proteção contra tensões de toque foram levadas as considerações abaixo para implantação do Projeto:

- e) A probabilidade da aproximação de pessoas, ou a duração da presença delas fora da estrutura protegida e próximas aos condutores de descida, for muito baixa e considerando-se proteções mecânicas (eletro dutos e fitas isolantes líquidas) nas descidas, teremos estas como medidas de proteções e isolamento por inteiro no contato accidental.
- f) O subsistema implantado possui 10 caminhos naturais de descidas, a qual é considerada como uma das medidas de proteção para melhor fluir as descargas atmosféricas, diminuindo o risco.
- g) A resistividade da camada superficial do solo, até 3 m de distância dos condutores de descida é maior que $100K\Omega.m$ (Norma 5419 item 08 Parte 03).

4.15.8. Tensão passo a passo

Foi levado em consideração também a Tensão de Passo a qual definimos abaixo e explicamos o porquê desta proteção em projeto.

Quando uma corrente elétrica é descarregada para o solo e ocorre uma elevação do potencial em torno do eletrodo de aterramento formando-se um gradiente de queda de tensão cujo ponto máximo está junto ao eletrodo e o ponto mínimo muito afastado dele. Se uma pessoa estiver em pé em qualquer ponto dentro da região onde há essa distribuição de potencial, entre seus pés haverá uma diferença de potencial chamada de tensão de passo a qual é geralmente definida para uma distância entre seus pés de 1 metro.

Os riscos foram reduzidos a um nível tolerável com a implantação que fizemos com os itens acima mencionados evitando-se com isto tensão de toque e tensão de passo.

Pretende-se melhorar ou evitar as tensões de passos, impondo restrições físicas (barreiras) ou sinalização de alerta para minimizar a probabilidade de acesso à área perigos, até 03 metros dos condutores de descida.

4.15.9. Aterramento reticulado:

Construção de eletrodo de aterramento reticulado complementar no entorno do condutor de descida.

4.15.10. Aterramento funcional

Este tipo de aterramento é usado para proteger os equipamentos, através do neutro, que conduz uma corrente residual. É claro que o DR – Dispositivo de proteção, para funcionar bem tem que estar em perfeitas condições de aterramento ou seja ter uma malha de aterramento interligada ao sistema de aterramento do SPDA.

Para este aterramento conforme mostra o projeto executivo, não está sendo previsto nenhuma consideração, já que se trata de aterramento de proteção para equipamentos.

E os DPS cuja função passa a ser de proteger a rede de energia contra descargas atmosféricas.

Neste caso o sistema exige uma malha de aterramento boa, para que possa numa eventual descarga atuar e proteger o sistema.

4.15.11. Aterramento de proteção

Na elaboração do Projeto, foi realizado o estudo das características do solo, principalmente sua resistividade elétrica, para que possamos ter uma melhor proteção e segurança. Proteger o usuário do equipamento das descargas atmosféricas, através da viabilização de um caminho alternativo para a terra, descarregar cargas estáticas acumuladas nas carcaças das máquinas ou equipamento para a terra.

Facilitar o funcionamento dos dispositivos de proteção, através da corrente desviada para a terra. Seguem objetivos principais do Projeto:

- a) Pensar em obter uma resistência de aterramento a mais baixa possível, para correntes de falta a terra;
- b) Manter os potenciais produzidos pelas correntes da falta dentro de limites de segurança de modo a não causar fibrilação;
- c) Fazer que equipamentos de proteção sejam mais sensibilizados e isolem rapidamente as falhas à terra;
- d) Proporcionar um caminho de escoamento para terra de descargas atmosféricas;
- e) Fazer uma conexão com toda a terra.

Existem 4 itens de extrema importância em um sistema de aterramento:

- a) Baixa indutância- conseguida com eletrodos ou hastes de aterramento de excelente qualidade.
- b) Baixa Impedância – conseguido com tratamento de solo, o que proporcionará boa resistividade e consequentemente garantia de condutividade elétrica entre haste e solo.
- c) Conectores que não permitam fuga de tensão.
- d) E finalmente sistema de aterramento mantido sempre úmido, conseguido desde que deixe-se uma maneira de receber água sempre que necessário.

A impedância de aterramento pode ser conceituada como a oposição oferecida pelo solo à injeção de uma corrente elétrica no mesmo, através dos eletrodos, e se expressa

quantitativamente por meio da relação entre a tensão aplicada ao aterramento e a corrente resultante.

Resistência de Aterramento

$$R_T = V/I$$

Figura 10 – Resistência de aterramento

É a relação entre a tensão aplicada a um aterramento e a corrente resultante.

Como prevemos acima e através do relatório de risco, o estudo e Projeto propõem executar o sistema de proteção, partindo-se do início, ou seja, do zero, executar conforme as normas e as características do local e do Prédio.

4.15.12. Conexões equipotenciais

O aterramento e a Equipotencialização adequados a este tipo de edificação, estão baseados em um sistema combinado, ou seja, o nosso subsistema de aterramento dispersando as correntes das descargas atmosféricas no solo e a malha de Equipotencialização minimizando as diferenças de potencial e reduzindo o campo magnético que possa formar ou induzir em uma área em função de uma descarga atmosférica.

No caso em especial, estamos considerando uma malha com cabo de cobre nu 50mm², no subsistema interligado a todas as descidas no total são 10 com cabo de 35mm², que faz a Equipotencialização do sistema.

Está Equipotencialização do subsistema é também complementada com barras de Equipotencialização tanto na parte superior a Edificação, quanto no subsolo.

Estas barras deverão ser instaladas para reduzir a tensão entre todos os condutores que adentram a está área, o condutor de proteção PE,

Os componentes metálicos internos, e interligações as estruturas metálicas existentes.

Estamos prevendo a eficiência desta Equipotencialização baseada em uma baixa impedância da rede a ser Equipotencialização e considerando também que a barra deverá estar o mais perto e retilínea da malha de aterramento,

As conexões equipotenciais também foram previstas conforme o estudo de localização, tipo de Prédio e análise de riscos, conforme a Norma, partindo-se de um estudo novo ou seja prever o melhor sistema de conexões equipotenciais para este caso.

4.15.1. Particularidades dos sistemas elétricos, mecânicos e eletromecânicos no projeto de SPDA

Prevendo-se que o nosso Sistema elétrico e eletrônico estão sujeito a danos, devido a impulsos eletromagnéticos causados por descargas atmosféricas, adotamos as medidas de Proteção contra Surtos, em função da análise de risco.

Neste caso específico, sabendo-se que a Edificação é composta por várias áreas a serem protegidas, adotamos o uso de um DPS no quadro elétrico de entrada de energia, visto que com um bom sistema de aterramento e uma rede de Equipotencialização podemos ter uma dispersão das correntes de descarga atmosféricas e diminuição das diferenças de potencial, reduzindo com isto o campo magnético. Com a instalação de barras de Equipotencialização, reduzimos a tensão em todos os condutores que adentram a Edificação (através de DPS), o condutor de proteção PE, e componentes metálicos dos sistemas.

Qualquer outro plano ou medidas de proteções para a edificação, acarretaria em mudanças bruscas e valores altos pois esta edificação já é existente, não estamos partindo de uma construção nova.

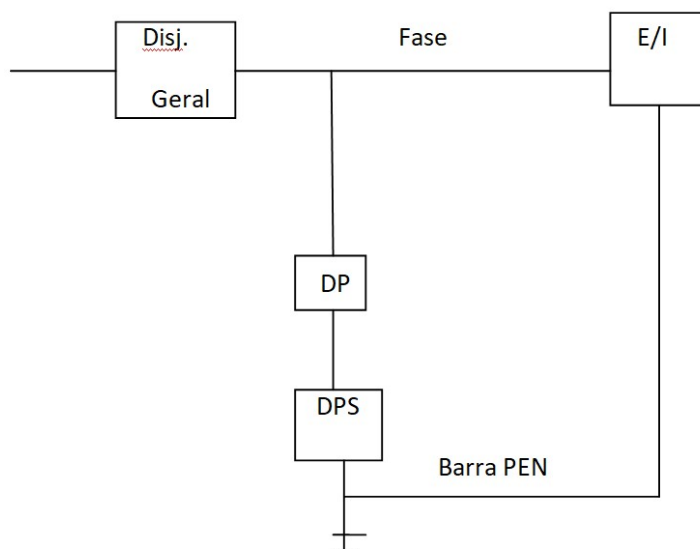


Figura 11 – Local a ser colocado DPS

4.15.2. Topologia e resistências das malhas de aterramento

O Relatório de Medição de Resistividade do Solo e Resistência de Aterramento consta nos Anexos I deste documento.

Um dos primeiros passos para o projeto de aterramento para a Edificação Educação é a obtenção de dados para a modelagem do solo. De forma geral, a determinação de um modelo matemático equivalente para o solo em uma dada região onde será implantada a subestação exige a realização de diversas medidas, dentre elas a execução de medições para a determinação de um parâmetro conhecido por resistividade do solo. A resistividade depende do tipo, da umidade, da temperatura, da salinidade, da contaminação e da compactação do solo, entre outras variáveis. Como no local já se encontra a construção da Edificação, foram efetuadas medições. O método de ensaio mais conhecido para obtenção de valores de resistência por metro que possibilitem calcular a resistividade do solo é o “Método de medição por contato com o arranjo de Wenner.

Tabela 10 – Resistência estimada

TIPOS DE SOLO	FAIXAS DE RESISTIVIDADE ESTIMADA(Ωm)
Água do mar	Menor que 10
Lama, limo, humos	Até 150
Água destilada	300
Argila	300 – 5.000
Calcário	500 – 5.000
Areia	1000 - 8000
Basalto	A partir de 10.000
Concreto	Molhado 20 – 100 Úmido 300 – 1000 Seco 3k Ωm – 2M Ωm

O Projeto do sistema de aterramento desta edificação, considerou a condição de falta para a terra, sendo que o dimensionamento do condutor da malha está diretamente ligado à capacidade deste de suportar os esforços térmicos e dinâmicos oriundos das altas correntes de descargas atmosféricas e curto-circuito. A geometria da malha hora implantada foram adequadas para que os potenciais de passo e de toque, causados pelo processo de dissipação das correntes da malha para o solo, estejam dentro de limites toleráveis e definidos pelas normas. “Topologia, geometria, arranjo” do eletrodo (malha) de aterramento, recomenda-se, para o caso de eletrodos não naturais, uma resistência de aproximadamente baixa (Ω) como forma de reduzir os gradientes de potencial no solo e a probabilidade de centelhamento

perigoso. A utilização dos termos topologia, geometria ou arranjo de um eletrodo de aterramento deve ser entendida como sendo a configuração geométrica, a quantidade, a direção (horizontal, vertical ou inclinado), o espaçamento e o posicionamento dos condutores de um eletrodo (malha) de aterramento. As características mencionadas são as grandes responsáveis pela diminuição das tensões superficiais (passo e toque) perigosas em um eletrodo de aterramento e seus arredores quando massas metálicas são adequadamente interligadas a ele.

Neste caso o condutor da malha de aterramento foi dimensionado levando em conta os efeitos térmicos e mecânicos das correntes elétricas que por ele possam passar principalmente as correntes de curto-circuito. Para o dimensionamento mecânico, a norma ABNT NBR 15751:2009 indica as bitolas mínimas para condutores de cobre e de aço, que, neste caso, devem ser protegidos contra corrosão conforme as normas aplicáveis: • Para cobre – 50 mm².

4.15.3. Resistividade do solo

O projeto implantado da malha de aterramento inicia-se com a determinação da resistividade do solo e para isso se fazem necessárias medições de resistência no terreno da Edificação. Logo após, se obtém a resistividade aparente do solo através da determinação de sua estratificação. A resistividade aparente (r_a) é a resistividade vista pelo sistema de aterramento em integração com o solo, considerada a profundidade atingida pelo escoamento de corrente elétrica.

A determinação dos valores das resistividades do solo é de importância fundamental para o cálculo das características de um sistema de aterramento, subsidiando o desenvolvimento de projetos, bem como a determinação de seus potenciais de passo e toque. Usamos para medição de resistividade, impedância de aterramento e potenciais de superfície, o método de quatro eletrodos com arranjo de Wenner. Este método utiliza dois eletrodos pelos quais se faz circular uma corrente elétrica, enquanto outros dois eletrodos detectarão uma diferença de potencial. Assim, pode-se mostrar que a resistividade do solo é proporcional ao quociente entre a tensão elétrica medida e a corrente elétrica injetada.

Uma vez feita as medições, conforme relatório Anexo I, passou-se a dimensionar a malha de aterramento em função da resistividade e estratificação do solo.

Foi projetada para este sistema, uma malha interligada por eletrodutos em todas as descidas (13), com cabo de cobre nu 50mm², perfazendo todo o perímetro da Edificação.

4.15.4. Definição de bitolas e constituição dos materiais dos condutores

Após análise de Risco e definição do tipo de proteção a ser implantada no Projeto, definimos o tipo de condutor e consequentemente a seção (área) deste condutor.

O Método a ser usado será Gaiola de Faraday na Edificação.

Para a fixação da barra chata de alumínio 7/8" x 1/8" sobre a platibanda deverá ser utilizado bucha de nylon com parafuso de aço galvanizado, e para as conexões/emendas entre as barras deverão ser utilizados arruela + arruela de pressão + porca sextavada de inox 1/4" + parafuso sextavado de inox 1/4" x 1". Quando no trajeto forem previstas curvas de 90°, as barras deverão ser do tipo: Barra Chata de Alumínio 7/8" x 1/8" – Barra Horizontal com 30 (2x15 cm).

O cruzamento entre as barras chatas de alumínio 7/8" x 1/8" deverão ser feitos com parafuso sextavado de inox 1/4" x 1", preso através de arruela + arruela de pressão + porca sextavada de inox 1/4".

Foram previstos no telhado Terminais Aéreos e para sua conexão sobre a barra chata de alumínio utilizar parafuso sextavado de inox 1/4" x 1" preso através de arruela + arruela de pressão + porca sextavada de inox 1/4".

4.15.5. Descidas

Para a conexão da barra chata de alumínio 7/8" x 1/8" com a caixa de medição, que deverá ser do tipo suspensa, com tampa e estar instalada há 40 cm do solo, deve ser prevista uma proteção mecânica da descida utilizando 3 metros de tubo protetor isolante de 1" em PVC rígido. A fixação deste eletroduto de PVC à parede, deve ser feita através de presilhas para tubo protetor. A caixa de medição, que liga a descida à malha de aterramento, deverá estar fixada ao tubo, e no seu interior ocorrerá à conexão entre a barra chata de alumínio e o cabo de cobre nu #50 mm² através de terminais de compressão.

Para a conexão da descida com a malha de aterramento, o cabo de cobre nu #50 mm², proveniente da caixa de medição, deverá ser interligado ao cabo de cobre nu #50 mm², pertencente a malha e hastes tipo copperweld 5/8 x 3 m através de solda exotérmica. Estas hastes e a malha de aterramento deverão estar distanciadas em no mínimo 1,00 metro das vigas baldrame e fundações da edificação, e serão instaladas dentro de caixas de inspeção,

A vala de solo natural, pertencente à malha de aterramento, deverá ter o solo compactado e estar com uma profundidade mínima de 50 cm do nível do solo/piso e largura em 20 cm.

A caixa de inspeção da malha de aterramento deverá ser do tipo solo em PVC, com tampa de ferro fundido e dimensão em 300x300 (profundidade/largura). Seu interior deverá conter a haste de aterramento, do tipo copperweld 5/8" x3 m, cabos de cobre nu #50 mm² e o meio de ligação com a malha de aterramento, devendo este ser através de solda exotérmica.

O mastro captor com estaiamento em cabo de aço deverá ter em sua extremidade máxima um captor do tipo Franklin em Latão Cromado. O mastro, bem como o suporte do sinalizador, terá que ser do tipo galvanizado.. O estaiamento do cabo de aço deverá ser preso através de parafuso M6x50 mm, juntamente com bucha S8 de nylon. A base do mastro será em alumínio fundido e conterà abraçadeira para aterramento para fixação. Deve-se utilizar poliuretano na impermeabilização das perfurações.

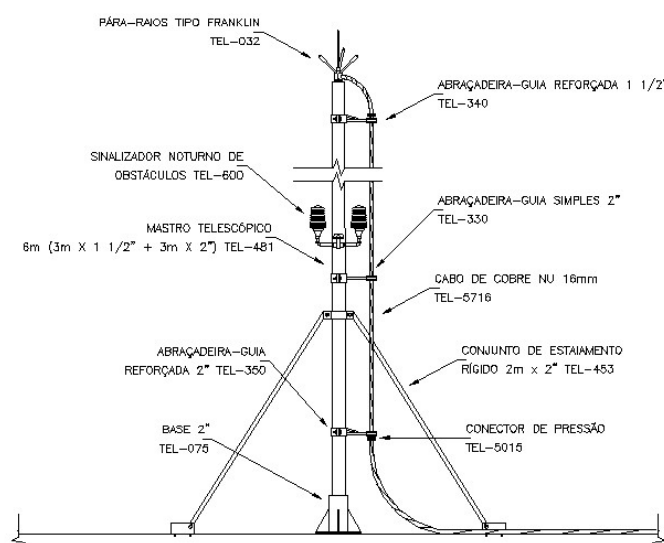


Figura 12 – Mastro com sinalizador

4.15.6. Ação de campos eletromagnéticos

A edificação possui equipamentos e sistemas sensíveis a ação de impulso eletromagnéticos da descarga atmosférica (LEMP), que podem ser atingidos por meio de surtos induzidos pelos cabos conectados ao sistema e surtos com origem interna à estrutura, criados por descargas atmosféricas a estrutura ou o solo.

No Projeto, proposto pode-se reduzir de forma satisfatória os danos aos equipamentos.

Como neste caso específico, a Edificação já está funcionando a bastante tempo, então tivemos que propor em função do já existente. O ideal seria dividir em zonas interligadas umas às outras, mas neste caso torna-se dificultoso em função de a Edificação já existir.

O uso do DPS – Dispositivo de Proteção contra surtos, está previsto no quadro de energia principal, protegendo na entrada o sistema.

Foi previsto o aterramento e Equipotencialização adequadas para esta classe II.

O aterramento em anel ao redor da edificação será fundamental para a dispersão das correntes das descargas atmosféricas para o solo.

As barras de Equipotencialização previstas serão instaladas para redução de tensão entre todos os condutores que adentram a área de proteção, entre o condutor de proteção PE e os componentes metálicos dos sistemas internos.

Em síntese, adotaremos os MPS – medidas de proteções para melhor atender o sistema, com protetor de surtos no quadro de entrada de energia (DPS), aterramento em sistema de anel, interligando todas as descidas previstas do subsistema e barras de Equipotencialização interligadas ao sistema de aterramento.

Estes conjuntos de medidas de proteções eliminarão em muito a possibilidade de uma descarga atmosférica vir a afetar os sistemas internos a Edificação



Figura 13 – Protetor de Surto (Ilustrativo)

4.15.7. Memória de cálculo

Os cálculos aqui apresentados em função do risco de incidência de raios, determinou que nesta edificação é necessário a proteção da Edificação com o SPDA.

O nível II adotado refere-se a área de escritório e ao tipo de ambiente em que se encontra.

Uma vez determinado o nível II, buscamos nas tabelas as modulações correspondentes a este.

Podemos notar que o sistema de captação para este caso é o mais eficiente em função do tipo da modulação da malha – Gaiola de Faraday.

A descrição dos arranjos de captação, descidas e aterramento propostos e apresentação das correspondentes plantas e esquemas (Anexo I)

As descrições dos arranjos de Captação, Descidas e aterramento, foram detalhadas nos itens acima e mostrado nas pranchas integrantes do Projeto Executivo, a saber:

4.16. Materiais Diversos

A seguir será apresentada lista dos principais materiais que irão compor o Sistema de SPDA:

MATERIAIS
Mastro telescópico captor com estaiamento – 03 metros
Para-Raios tipo Franklin 350mm, em latão cromado, duas decidas, para proteção de edificações contra descargas atmosféricas
Sinalizador noturno simples, sem relé fotoelétrico (SINAP, composição cód.97054, insumo cód.38061).
Cabo de cobre nu 35mm
Barra chata de alumínio 7/8” x 1/8”
Terminal Aéreo em aço galvanizado DN 5/16”, comprimento de 350mm, com base de fixação horizontal.
Arruela + arruela de pressão + porca sextavada de inox 1/4” + parafuso sextavado de inox 1/4” x 1”.
Parafuso Zincado, rosca soberba, cabeça sextavada, 5/16” x 50mm
Eletroduto rígido roscavel, PVC, DN 25mm (3/4”), para circuitos terminais, instalados em parede – fornecimento e instalação. AF 12/2015
Caixa de inspeção de aterramento com tampa de ferro fundido
Cabo de cobre nu 50mm ²
Solda exotérmica
Selante
Diâmetro de 3/4” (17,3mm) e comprimento de 2,40m
Haste de aterramento em aço com 3,00m de comprimento e DN = 5/8”, revestida com baixa camada de cobre, sem conector (SINAP, composição cód.96985, insumo cód.3379)
DPS- dispositivo de proteção contra surtos

Nos itens a seguir será mencionada a especificação para atendimento a alguns materiais a serem empregados na execução contratual. Com relação aos materiais os quais as especificações não constem neste memorial descritivo, deverão ser entregues conforme descritivo da Planilha de Custo.

4.16.1. Captor Franklin

Aplicação: Subsistema de captação do SPDA

Descrição: O captor tipo Franklin deverá ser de latão cromado ou niquado, com suporte para 2 descidas

Modelo de Referência: TEL – 013 (Termotécnica), MON- 105 (Montal) ou equivalente.



Figura 14 – Exemplo de Captor Franklin com 2 descidas

4.16.2. Condutor de Cobre Nu

Aplicação: Subsistema de Captação e de Aterramento do SPDA

Descrição: O cabo de cobre nu a ser empregado tanto no subsistema de descida quanto no subsistema de aterramento deverá possuir a seção nominal de 50 mm², sendo composto por 7 fios de cobre com diâmetro de 3mm cada (de acordo com NBR 6524)

Modelos de Referência: MON-204 (Montal), TEL-5750 (Termotécnica), ou equivalente.



Figura 17 – Exemplo de cabo de cobre nu

4.16.3. Cabos de cobre isolados

Aplicação: Ligação do Sinalizador Noturno de Aeronaves e Equipotencialização.

Descrição: O cabo de cobre isolado deverá ser flexível (encordoamento Classe 5), possuir isolamento de 450/750 V, com isolamento na cor verde, com seção nominal de 2,5mm² para a ligação do sinalizador e seção nominal de 10 mm² para ligações de Equipotencialização.

Modelos de Referência: MON-2155 (Montal), TEL-5717 (Termotécnica), Prysmian, SIL, Corfio ou equivalentes.



Figura 18 – Exemplo de cabo de cobre isolado

4.16.4. Eletrodutos

Aplicação: Infraestrutura para ligação da energia aos sinalizadores noturnos.

Descrição: O eletroduto deverá possuir diâmetro nominal de 3/4" e ser de PVC rígido, interligando as descidas dos postes às caixas de passagem e estas ao quadro de energia. Nos pontos onde haja possibilidade de entrada de água ou sujeira deverão ser instalados tampões. A instalação aparente nos postes deverá ser feita com abraçadeiras metálicas. Não serão permitidas mudanças angulares no percurso do eletroduto sem o uso de peças específicas para tal fim ou caixas de passagem.

Modelos de Referência: MON-602 (Montal), TEL-5501 (Termotécnica), Tigre, ou equivalente.



Figura 19 – Exemplo de eletroduto de PVC rígido

4.16.5. Solda Exotérmica

Aplicação: Subsistemas de Aterramento do SPDA

Descrição: A solda exotérmica é um método de soldagem de alta temperatura usado na união permanente de metais e condutores elétricos como sobre, aço, aço copperweld e bronze. Seus principais componentes são: pó exotérmico, molde de grafite, alicate, palito ignitor e disco de retenção

Deverá ser utilizada nas emendas das hastes cobreadas com a cordoalha de cobre nu do anel de aterramento e das descidas e nas emendas entre cordoalhas.

Antes de iniciar o processo de soldagem, o soldador deverá se certificar estar de posse de todo o ferramental e EPI necessários para esta atividade.

O material a ser soldado deverá estar limpo e seco. Sugere-se o uso de uma escova própria para processos de soldagem exotérmica para a eliminação de impurezas e óxido das peças.

Antes do primeiro uso, o molde de grafite deverá ser pré-aquecido com maçarico ou com uma solda exotérmica com função exclusiva de aquecimento.

Para a soldagem, o soldador deverá certificar-se de que está usando o molde correto, a solda e o alicate correspondentes à bitola dos condutores. Os cabos não poderão estar tensionados. Sugere-se uso de grampo alinhador para evitar o tensionamento dos cabos. Após estas verificações, o molde poderá ser fechado.

Em seguida deve-se colocar o disco no fundo do molde, com a parte côncava para baixo.

O recipiente com o pó exotérmico deve ser então agitado para se homogeneizar. Em seguida, despeja-se o pó no interior do molde e fecha-se a tampa do molde.

O soldador deve então posicionar-se ao lado oposto da abertura da tampa, acender o palito ignitor e colocá-lo rapidamente na abertura sobre o pó.

Terminado o processo de soldagem, deve-se aguardar cerca de 20 segundos para se abrir (com cuidado, pois está muito quente) a tampa do molde.

Para finalizar, limpa-se o molde com instrumento adequado e o molde poderá então ser aberto pelo alicate.

Para se aferir o resultado da sondagem, deve-se contemplar os seguintes aspectos:

- e) A solda deve cobrir completamente os condutores, preenchendo todo o volume que os envolve na cavidade do molde, ou pelo menos cobrir a superfície dos mesmos.
- f) O resultado não deve apresentar excesso de porosidades superficiais com profundidade maior que 2mm;
- g) 80% da conexão deve ficar livre de impurezas, É tolerável alguma impureza ou escória, principalmente na parte superior da solda;
- h) A cor da solda pode variar de dourado a bronze avermelhado, considerando a devida limpeza dos condutores e molde antes do processo.

Em resumo, uma boa solda deve apresentar aspecto sólido, dourado, com o mínimo de imperfeições e cobertura total dos condutores.

Modelos de Referência: MON-807 (Montal), MON-858 (Montal), SEZ-900 (Termotécnica), ou equivalentes.



Figura 20 – Exemplo de pó exotérmico e palito ignitor

4.17. Resultados das avaliações

Tabela 11 – Classificação da Estrutura

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas comuns ¹⁾	Residências	Perfuração da isolação de instalações elétricas, incêndio, e danos materiais Residências Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas Fazendas, estabelecimentos agropecuários Risco indireto devido à interrupção de energia e risco de	III ou IV

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
		vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros	
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e igrejas	Danos às instalações elétricas (por exemplo: iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro	II
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados	II
	Hospitais, casa de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
	Museus, locais Arqueológicos Estações de telecomunicação usinas elétricas	Perda de patrimônio cultural insubstituível Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo	II
	Indústrias	Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação usinas elétricas Indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos	Risco de incêndio e falhas de operação, com consequências perigosas para o local e para o meio ambiente	I

As avaliações feitas na teoria com a apresentação dos cálculos e as medições no local transportadas para o computador, para definição da composição para o SPDA, estão descritas nas pranchas de Captação e Subsistemas.

4.18. Informações gerais

A descrição e diagramação dos arranjos utilizados nas medições de avaliação das resistências de aterramento no entorno da edificação serão conforme Relatório de medição de Resistividade do Solo e Resistência de Aterramento.

Com relação aos métodos, técnicas e softwares utilizados foi utilizado para Medições de Resistividade:

- a) Modelo: Wenner
- b) Aparelho: Megabras 20KWe

4.19. Comentários Técnicos

Com relação às inconformidades do atual sistema, verificou – se que não existe nenhuma documentação relativa ao item SPDA da Edificação.

Em função destas informações e da inexistência de Projeto, começou-se as análises e medições para verificações pontuais da situação existente.

Foi verificado a falta de Equipotencialização e interligação das massas metálicas,

4.20. Equalização dos potenciais

Estamos executando uma interligação para reduzir substancialmente a diferença de potencial entre dois pontos de uma instalação ou entre duas referências de potencial de circuitos diferentes. É claro que quando passa uma corrente por um condutor sempre há uma queda de potencial que poderá ser maior ou menor, dependendo do valor da corrente que circular e do valor da impedância (resistência e indutância) do condutor. Em muitas situações normalmente não há passagem de corrente substancial pelo condutor de equalização e por isso sua impedância não tem tanta importância. Quando a corrente é de alta frequência, essa queda de tensão é determinada pela taxa de variação da corrente di/dt e pela indutância do condutor L , ou seja pela Ldi/dt ; quando a corrente é de baixa frequência ou mesmo contínua, a queda de tensão será dada por RI . Não se pretende reduzir a zero as diferenças de potencial, mas reduzir essa diferença a um valor que seja desprezível para as necessidades daquela situação e

naquela técnica. Assim se estamos falando em segurança das pessoas nas frequências industriais (50 ou 60 Hz) equalizar é obter uma redução da diferença de potencial a valores abaixo do limite da tensão de toque (50 V, 25 V, ou 12 V, dependendo da situação do local: seco, molhado ou com a pessoa dentro d'água). Essa equalização é obtida com uma interligação feita com um cabo de resistência baixa (10 mm², 16 mm², ou mais dependendo do comprimento e da corrente que pode passar por ele).

4.21. Anexos:

Integram o presente projeto executivo:

Anexo I – Análise de risco para o prédio do Coren/SP (Sede)

Anexo II – Planilha Orçamentária Sintética

Anexo III – Planilha Orçamentária Analítica

Anexo IV – Composição do BDI

Anexo V – Cronograma Físico Financeiro

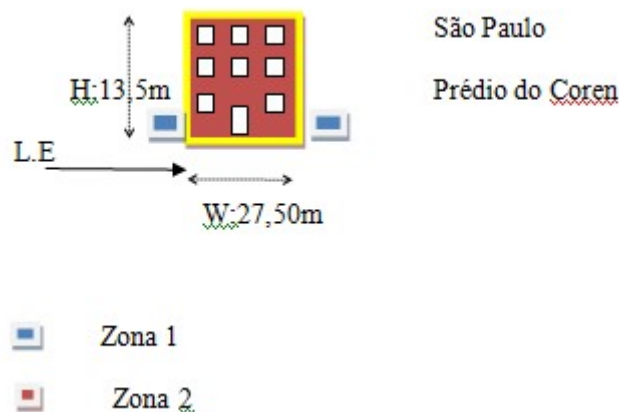
Anexo VI – Prancha 01: Projeto executivo de aterramento

Anexo VII – Prancha 02: projeto executivo cobertura

ANEXO I - Análise de risco para o prédio do Coren /SP Educação

Prédio Comercial localizado em um território plano em SP Capital, onde trabalham 50 pessoas.

A figura abaixo ilustra a edificação e suas zonas de proteção, com estruturas mais baixas nas redondezas. A edificação é constituída por 01 subsolo, 01 térreo e 02 andares, com um total de 04 pavimentos.



L.E Linha de energia – L:300m

Comprimento: 30,0m

R1: Risco de Perda de Vida Humana (Incluindo Ferimentos).

R2: Risco de Perda de Serviço ao Público (Museu, Prefeitura).

R3: Risco de Perda ao Patrimônio cultural.

PERDAS:

L1: Perda de Vidas Humanas.

L2: Perdas de Serviços Públicos.

L3: Perda de Patrimônio Cultural.

L4: Perda de Valores Econômicos (estrutura, conteúdo, e perdas de atividade).

DANOS:

D1: Ferimentos aos Seres Vivos por Choques Elétricos.

D2: Danos Físicos.

D3: Falhas de Sistemas eletroeletrônicos.

Fontes de danos	Descargas atmosféricas na estrutura S1			Descargas atmosféricas perto da estrutura S2	Descargas atmosféricas em uma linha conectada a estrutura S3			Descargas uma linha conectada atmosféricas perto de a estrutura S4
Componente De risco	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ
Risco para cada tipo de perda								
R1	*	*	* _a	* _a	*	*	* _a	* _a
R2		*	*	*		*	*	*
R3		*				*		
R4	* _b	*	*	*	* _b	*	*	*
A Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possam colocar em perigo a vida humana. B Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.								

	Tipo de Perda	Risco Tolerável (RT)	
Temos R1, que	L1:Perda de vidas humanas ou ferimentos	10^{-5}	que determinar os componentes do Risco são RA, RB, RU, RV.
RA=	L2:Perdas de Serviços ao Público	10^{-3}	Comparar com o risco tolerável: 10^{-5}
	L3:Perdas de Patrimônio	10^{-4}	NDXPAXLA RB=NDXPBXLB RU=(NL+NDJ) XPUXLU RV=(NL+NDJ) XPVXLV

Componentes de Perda:

$$LA=rTxLTxnz/nTxTz/8760$$

$$LB=LV=rp\text{pr}F\text{hx}z\text{xl}F\text{xnz}/n\text{TxTz}/8760$$

$$LU=rTxLTxnz/nTxTz/8760$$

Qual a componente de Probabilidade.

$PA=PTA \times PB$ PB= tabela

$PV=PEB \times PLD \times CLD$

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

Quantidade de descargas atmosféricas que influenciam a estrutura:

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

Número de Descargas que atingem a linha:

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

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

Não possui estruturas adjacentes $NDJ=0$

Determinar as Perdas:

Tipo de Perda L1: Valores Médios Típicos LT,LF,LO

TIPOS DE DANOS	VALOR DE PERDA TÍPICA		TIPO DE ESTRUTURA
D1: FERIMENTOS	LT	10^{-2}	Todos os tipos
D2 :DANOS FÍSICOS	LF	10^{-1} 10^{-1} 10^{-2} 5.10^{-2} 2.10^{-2} 10^{-2}	Risco de explosão Hospitais, hotel, escola, edifício cívico, entretenimento, igreja, museu , industrial, comercial e Outros
D3 :FALHAS DE SISTEMAS INTERNOS	LO	10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-3}	Risco de explosão unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital, outras partes de hospital

Fator de redução rT em função do tipo da superfície do solo ou piso.

TIPO DE SUPERFÍCIE ^b	Resistência de contato $K\Omega^a$	rT
Agricultura, concreto	≤ 1	10^{-2}
Mármore, cerâmica	1-10	10^{-3}
Cascalho, tapete, carpete	10-100	10^{-4}
PROVIDÊNCIAS	rp	
Nenhuma providência	1	

Extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalação de alarme manuais, hidrantes, rota de escape	0,5
Instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático ^a	0,2
a Somente se protegidos contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10min.	

RISCO DE INCÊNDIO

RISCO	QUANTIDADE DE RISCO	rf
Explosão	Zonas 0,20 e explosivos sólidos zonas 1,21 Zonas 2, 22	1 10^{-1} 10^{-3}
Incêndio	Alto Normal Baixo	10^{-1} 10^{-2} 10^{-3}
Explosão ou Incêndio	Nenhum	0

Calculando os Valores:

$$LA = rTxLTxnz/nTxTz/8760$$

nt: é o número de usuários servidos pela estrutura

nz: é o número de pessoas na zona

$$nz/nTxTz/8760$$

$$50/50 \times 8760/8760 = 1$$

$$LA = 10^{-4} \times 10^{-2} \times 1 = 10^{-6}$$

$$LU = rTxLTxnz/ntxtz/8760$$

$$LU = 10^{-4} \times 10^{-2} \times 1$$

$$LU = 10^{-6}$$

$$LB = LV = rpxrfxhzxLfxnz/ntxTz/8760$$

$$LB = 0,5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-2} \times 1 =$$

$$LB = 5 \times 10^{-4}$$

Tabela C6 – Hz

Sem perigo especial Hz=1

AValiação da Probabilidade

Estrutura não protegida por SPDA

PB= Nivel II

PB=5x10⁻²

Nenhuma medida de Proteção: PTA=10⁻²

PA=PTAxPB

PA=10⁻²x510⁻²

PA=5x10⁻⁴

PB=5x10⁻²

MEDIDA DE PROTEÇÃO	P _{PTU}
Nenhuma medida de Proteção	1
Avisos visíveis de alerta	0,1
Isolação elétrica	0,01
estrções Físicas	0

NP	PED
Sem DPS	1
III – IV	0,05
II	0,02
I	0,01
Sistemas de DPS com características melhores que classe I	0,005 - 0,001

Tabela B8: Valores da Probabilidade PLD

PLD=1 Linha aterrada não blindada.

Tabela B4 – Valores dos fatores CLD e CLI

Linha enterrada não blindada conexão entrada:Indefinida

CLD: 1 CLI: 1

PU=PTUxPEDxPLDxCLD

PU=1

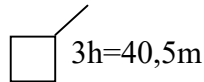
$$PV = PED \times PLD \times CLD$$

$$PV = 1$$

Número de descargas que influenciam a estrutura:

$$\text{Área da estrutura: } AD = L \times W + 2X(3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$$

$$L = 27,50\text{m}, W = 30,0\text{m}, H = 13,50\text{m} \quad 3h = 40,5\text{m}$$



Área da estrutura de Captação:

$$AD: 27,50 \times 30 + 2 \times (3 \times 13,5) \times (27,5 + 30) + 3,14 \times (3 \times 13,5)^2$$

$$AD = 8231,60$$

Se ocorrer descarga atmosférica dentro desta área, existe proteção.

Determinar qual o número anual de descargas atmosféricas ou a densidade de descargas que ocorrem na região de São Paulo.

WWW.Inpe.br – ELAT

$$NG: 13,27 \text{Km}^2/\text{ano}$$

Número de eventos perigosos ND para a estrutura.

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

NG: é a densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/Km² x ano).

AD: é a área de exposição e equivalente a da estrutura em m².

CD: é o fator de localização da estrutura.

FATOR DE LOCALIZAÇÃO DA ESTRUTURA

LOCALIZAÇÃO RELATIVA	CD
Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixo	0,5
Estrutura isolada nenhum outro objeto na vizinhança	1,0
Estrutura no topo de uma colina ou monte	2,0

$$ND = 13,27 \times 8231,60 \times 0,5 \times 10^{-6}$$

$$ND = 5,46 \times 10^{-2}$$

AValiação do número médio anual de eventos perigosos que atingem a linha NL.

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

CI: Linha enterrada – 0,2

CT: Linha de energia- 0,1

CE: Ambiental: 0,01

AL=40Xl

$$AL = 40 \times 300 = 12000$$

$$NL = 13,27 \times 12000 \times 0,2 \times 0,01 \times 1 \times 10^{-6}$$

$$NL = 3,18 \times 10^{-4}$$

$$R1 = RA + RB + RU + RV$$

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

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

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

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

NDJ: Não temos estruturas adjacentes.

$$LA = 10^{-6}$$

$$LU = 10^{-6}$$

$$LV = 5 \times 10^{-4}$$

$$LB = 5 \times 10^{-4}$$

$$PU = 1$$

$$PA = 5 \times 10^{-4}$$

$$PB = 5 \times 10^{-2}$$

$$PV = 1$$

$$PU = 1$$

$$RA = 5,46 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-4} \times 10^{-6}$$

$$RA = 27,3 \times 10^{-12}$$

$$RA = 0,027 \times 10^{-8}$$

$$RB = 487,75 \times 10^{-8}$$

$$RU = 19,5 \times 10^{-8}$$

$$RV = 0,97 \times 10^{-8}$$

$R1 = 0,50 \times 10^{-5}$ é maior que o valor tolerável $R_T = 10^{-5}$, a proteção contra descargas atmosféricas é necessária.

FOLHA DE CONTROLE DE QUALIDADE			
DOCUMENTO		-MD - MEMORIAL DESCRITIVO SPDA E ATERRAMENTO REV01	
PROJETO		COREN - EDUCAÇÃO	
AUTOR	RESP.	O. A	
DATA		JAN/2018	
VERIFICADO	RESP	S.M	
DATA		JAN/2018	
APROVADO	RESP	S.M	
DATA		JAN/2018	
CLIENTE		COREN	
EDIÇÕES		00	