



MINISTÉRIO DA SAÚDE

SECRETARIA ESPECIAL DE SAÚDE INDÍGENA

DEPARTAMENTO DE PROJETOS E DETERMINANTES AMBIENTAIS DA SAÚDE INDÍGENA

COORDENAÇÃO-GERAL DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO PARA SAÚDE INDÍGENA

COORDENAÇÃO DE ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO

SESAI

SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

ALDEIA RIO AZUL

PROJETO DE ATERRAMENTO

BRASÍLIA

2025





SESAI SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA MINISTÉRIO DA SAÚDE SECRETARIA ESPECIAL DE SAÚDE INDÍGENA DEPARTAMENTO DE PROJETOS E DETERMINANTES AMBIENTAIS DA SAÚDE INDÍGENA COORDENAÇÃO-GERAL DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO PARA SAÚDE INDÍGENA COORDENAÇÃO DE ANÁLISE E ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO			
OBRA: SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		DISCIPLINA DO PROJETO: PROJETO DE ATERRAMENTO	
ENDEREÇO: ALDEIA RIO AZUL "SERGIO", MUNICÍPIO DE RONDOLÂNDIA/MT		CONTEÚDO: ÍNDICE	
PROPRIETÁRIO: MINISTÉRIO DA SAÚDE - SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA	AUTOR DO PROJETO: NÍCOLAS COSTA ARAÚJO - ENGENHEIRO ELETRICISTA	CREA/CAU: 31769/D-DF	DATA: 24/10/2025
Nº: 25061.000729/2025-59-SAA-SPD-DE-R00		TIPO: SAA	01/02

- Cabo de cobre Nu 50mm² embutido no piso
- Cabo de cobre Nu 35mm² aparente
- Barra Chata de Alumínio (70mm²)
- Indicação de Subida
- Indicação de Descida
- Indicação Passa
- Para Raio Tipo Franklin
- Mini Captor
- Caixa de Inspeção com haste
- Haste de Aterramento
- Caixa de equalização
- Símbolo de Detalhe

- 1- Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.
- 2- Os cabos não poderão ser dobrados formando arestas ou cantos, deverão ser feitas curvas de raio longo.
- 3- Os cabos das estruturas metálicas das escadas deverão ser alteradas.
- 4- Os cabos da malha de aterramento externa deverão ser enterrados numa profundidade de no mínimo 50mm.
- 5- Projeto conforme NBR 13706 e NBR 13705-2.
- 6- Todas as estruturas metálicas no topo da edificação deverão ser interligadas ao sistema de SPDA.
- 7- O sistema deverá ter uma manutenção preventiva anual e sempre que houver danos ou alterações, com testes para verificar eventuais irregularidades e garantir a eficiência do SPDA.
- 8- O sistema de SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas e não pode assegurar a proteção absoluta de uma edificação, porém, reduz consideravelmente a probabilidade de ocorrência de danos significativos os riscos de danos devidos às descargas atmosféricas.
- 9- As estruturas metálicas que estiver a menos de 0,5m de distância da fachada da edificação deverão ser aterradas, equilibrando os potenciais evitando centelhamento perigoso.



ESCALA 1:20

CAIXA DE INSPEÇÃO TIPO SOLO
EM PVC Ø300x300MM REF. TEL-552

TAMPA COM GARRAS Ø300MM
EM FERRO FUNDIDO REF. TEL-551

1200

CABO DE COBRE NU
50mm² REF. TEL-5750

CONECTOR PARA MEDIÇÃO
EM BRONZE REF.: TEL-0560

CTORE REFORÇADO EM BRONZE
CONEXÃO DE 2 CABOS A HASTE
DE ATERRAMENTO REF. TEL-580

CABO DE COBRE NU
50mm² REF. TEL-5750

4 MEDIÇÃO
ESCALA 1 : 900

5 DETALHE I
ESCALA 1:900

A LARGURA RECOMENDADA É 300mm

A PROFUNDIDADE MÍNIMA É 500mm

VALA PARA ACOMODAÇÃO DA MALHA DE ATERRAMENTO

CABO DE COBRE NU
50mm² TEL-5750

6 DETALLE
ESCALA 1:900

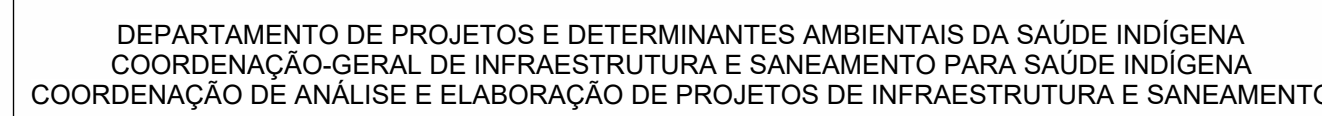
Diagrama de montagem do sistema de aterramento para o modelo 3000. O diagrama mostra uma caixa de inspeção tipo solo em PVC (300x300mm) com uma tampa reforçada em ferro fundido. Dentro da caixa, há um conector reforçado em bronze que conecta dois cabos de cobre nu (50mm²). Um haste de aterramento também é mostrada. Dimensões e referências técnicas são fornecidas para cada componente.

- TAMPA REFORÇADA EM FERRO FUNDIDO COM ESCOTILHA Ø300mm PARA PASSEIOS E PISOS SUJEITOS À CARGA PESADA REF.: TEL-536
- CAIXA DE INSPEÇÃO TIPO SOLO EM PVC Ø300x300mm REF.: TEL-552
- CABO DE COBRE NU 50mm² REF.: TEL-5750
- CONECTOR REFORÇADO EM BRONZE PARA CONEXÃO ENTRE 2 CABOS E HASTE DE ATERRAMENTO REF.: TEL-580
- CABO DE COBRE NU 50mm² REF.: TEL-5750
- Dimensão vertical: 300mm

7 PARA CONEX
ESCALA 1:600



REVISÕES



AUXILIAR TÉCNICO:	REVISADO POR:	CREA/CAU:
ASSINATURAS:		QR CODE ART/RRT:

PLANTA BAIXA, 3D SPDA, TABELAS E DETALHES	
---	--



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CASAI	Casa de Apoio à Saúde Indígena
CGISA	Coordenação-Geral de Infraestrutura e Saneamento para Saúde Indígena
COAEP	Coordenação de Análise e Elaboração de Projetos de Infraestrutura
CUB	Custo Unitário Básico da Construção Civil
DAPSI	Departamento de Atenção Primária à Saúde Indígena
DIASI	Divisão de Atenção à Saúde Indígena
DEAMB	Departamento de Projetos e Determinantes Ambientais da Saúde Indígena
DSEI	Distrito Sanitário Especial Indígena
MS	Ministério da Saúde
MSD	Módulo Sanitário Domiciliar
NBR	Norma Brasileira
ORSE	Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SESAI	Secretaria Especial de Saúde Indígena
SESANI	Serviço de Edificação e Saneamento Indígena
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCU	Tribunal de Contas da União
UBSI	Unidade Básica de Saúde Indígena



SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	7
1.1	Objetivo	7
1.2	Nota geral	7
2	INFORMAÇÕES GERAIS	7
2.1	Dados do projeto	7
3	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	7
3.1	Atribuições e competências	7
3.2	Manutenção, inspeção e documentação de um SPDA	8
3.2.1	Inspeções	8
3.2.2	Manutenção	9
3.2.3	Documentação	9
4	CONCEITOS GERAIS	9
4.1	Descarga atmosférica para a terra	9
4.2	Ponto de impacto	10
4.3	Estrutura a ser protegida	10
4.4	Ambiente urbano	10
4.5	Ambiente suburbano	10
4.6	Ambiente rural	10
4.7	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas - SPDA	10
4.8	Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas	10
4.9	Subsistema de captação	10
4.10	Subsistema de descida	10
4.11	Condutor em anel	11
4.12	Subsistema de aterramento	11
4.13	Eletrodo de aterramento	11
4.14	Eletrodo de aterramento em anel	11
4.15	Sistema elétrico	11
4.16	Sistema elétrico eletrônico	11
4.17	Sistema internos	11
4.18	Linha	11
4.19	Linhas de sinais	11
4.20	Linhas de energia	12
4.21	Evento perigoso	12
4.22	Equipotencialização para descargas atmosféricas	12
4.23	Barramento de Equipotencialização Principal	12
4.24	Conexão de ensaio	12
4.25	Classe do SPDA	12
4.26	Plano de referência	12
5	MEMORIAL DE CÁLCULO	13
5.1	Procedimentos	13
5.2	Necessidade de proteção x análise de risco	13
	Tabela 2 - Valores típicos de risco tolerável RT	14



5.3	Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas	14
5.4	Método do ângulo de proteção (Franklin)	14
Figura 1 - Ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA		15
5.4.1	Volume de proteção provido por mastro.....	15
Figura 2 – Cone de proteção provido por um mastro.....		16
5.4.2	Método da Esfera Rolante (Modelo Eletro geométrico).....	16
Figura 3 - Posicionamento do subsistema de captação conforme método da esfera rolante		16
5.5	Método das Malhas (Gaiola de Faraday)	17
5.6	Condutores de descida.....	18
5.7	Sistema de aterramento.....	18
5.8	Proteção dos sistemas elétricos e eletrônicos internos	19
6	Materiais e procedimentos	19
6.1.1	Cabos	19
6.1.1.1	Cabo de cobre nu.....	19
6.1.2	Eletrodutos	19
6.1.2.1	Eletroduto de PVC Rígido Roscável.....	19
6.1.2.2	Curva 90° para eletroduto rígido de PVC, DN 32 mm, rosca Ø 1" BSP	19
6.1.2.3	Luva para eletroduto de PVC rígido, DN 32 mm, rosca Ø 1".....	19
6.1.2.4	Abraçadeira Tipo Colar, Cor Cinza em PVC, Ø 1" (DN 32 mm)	20
6.1.3	Componentes	20
6.1.3.1	Caixa de Equipotencialização com 5 Terminais para uso Interno e Externo, 180x150x90 mm, em Polipropileno.....	20
6.1.3.2	Caixa de inspeção para instalação de haste, Ø 300 mm, com tampa de ferro fundido reforçada.....	20
6.1.3.3	Condulete de inspeção Ø 1" de PVC para eletroduto.....	20
6.1.3.4	Conector de medição em latão com 4 parafusos, para cabos de cobre / aço cobreado 35-70 mm².....	20
6.1.3.5	Conector de Pressão tipo Split-bolt em liga de cobre, 35 mm².....	20
6.1.3.6	Fixador universal de latão estanhado para cabos de 16 a 70 mm².....	21
6.1.3.7	Presilha de latão 35/50 mm² F5 mm.....	21
6.1.3.8	Hastes de aterramento Cobreada Alta Camada, Ø 3/4" x 2,40 m (Ø 17,3 mm - Efetivo).....	21
6.1.3.9	Parafuso autoatarrachante em aço Inox, Ø 4,2 x 32 mm, fornecido com bucha de nylon.....	21
6.1.3.10	Solda exotérmica, com molde	21
6.1.3.11	Terminal de compressão com furo, em cobre estanhado.....	21
6.1.3.12	Fixador ômega em cobre, com furo de 5mm.....	22
6.1.3.13	Para-Raio Tipo Franklin com Mastro 6 m x 2", Captor, Sinaleiro e Acessórios de Fixação	22
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
8	NORMAS TÉCNICAS.....	23



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA	15
Figura 2 – Cone de proteção provido por um mastro.....	16
Figura 3 - Posicionamento do subsistema de captação conforme método da esfera rolante	16



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do projeto.....	7
Tabela 2 - Valores típicos de risco tolerável RT.....	14
Tabela 3 - Valores do raio r da esfera rolante.....	17
Tabela 4 - Espaçamento dos condutores pelo método das malhas.....	17
Tabela 5 - Espaçamento dos condutores de descida.....	18



1 APRESENTAÇÃO

1.1 Objetivo

O presente memorial tem por objetivo apresentar a especificação dos materiais e equipamentos, complementar as informações contidas nos projetos, demonstrar os cálculos e resultados referentes ao gerenciamento de riscos e orientar a execução dos serviços relativos ao projeto de implementação de sistema de abastecimento de água (SAA).

1.2 Nota geral

As informações e dados apresentados neste documento foram definidos de acordo com as especificações contidas nos projetos, memoriais de cálculo, planilhas orçamentárias e informações obtidas a partir dos documentos elaborados pela COAEP/DEAMB/SESAI/MS. Em caso de inviabilidade, necessidade de alterações ou inconsistências identificadas, o Distrito Sanitário Especial Indígena (DSEI) poderá apresentar soluções para melhoria dos métodos adotados.

2 INFORMAÇÕES GERAIS

2.1 Dados do projeto

Área destinada para o preenchimento dos dados relativos à implantação do projeto. Serão apresentados a seguir os dados referentes ao projeto Executivo, apenas em caráter representativo.

Tabela 1 - Dados do projeto

DADOS DO PROJETO	
Objeto:	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA)
Endereço:	ALDEIA PITOP
Proprietário:	MINISTÉRIO DA SAÚDE - SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA - SESAÍ

3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

3.1 Atribuições e competências

A missão institucional da Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI), juntamente com as competências atribuídas aos Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEIs) está relacionada à promoção e proteção da saúde dos povos indígenas, e especificamente diante da responsabilidade de garantir à população indígena a integralidade da assistência à



saúde, de acordo com suas necessidades e especificidades individuais e coletivas, devendo ser realizadas nos mais diversos patamares de complexidade nos serviços de saúde, conforme preconiza a Lei nº 9.836, de 23 de setembro de 1999, Portaria nº 70/GM, de 20 de janeiro de 2004 e demais legislações que regulamentam as Diretrizes da Gestão da Saúde Indígena.

Cabe à SESAI coordenar, promover e avaliar as ações de atenção à saúde no âmbito do Subsistema de Atenção à Saúde Indígena do SUS (SASISUS), bem como articular-se e integrar-se com os setores governamentais e não governamentais que possuam interface com a atenção à saúde. É responsabilidade da SESAI identificar, organizar e disseminar conhecimento referente à saúde e estabelecer diretrizes e critérios para o planejamento, execução, monitoramento e avaliação das ações da atenção básica de saúde nos DSEIs.

As ações do Serviço de Edificação e Saneamento Ambiental Indígena (SESANI) consistem na construção de Unidades Básicas de Saúde Indígena, sedes de Polos Base, Casa de Apoio à Saúde Indígena (CASAI), implantação e ampliação de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), Módulos Sanitários Domiciliares (MSD), manutenção preventiva e corretiva de SAA e estabelecimentos de saúde, sendo responsabilidade do Distrito Sanitário Especial Indígena manter em funcionamento os estabelecimentos de saúde e os SAA implantados para que não haja prejuízo à saúde da população indígena.

3.2 Manutenção, inspeção e documentação de um SPDA

A eficácia de qualquer SPDA depende da sua instalação, manutenção e métodos de ensaio utilizados. Inspeções, ensaios e manutenção não podem ser realizados durante a ameaça de tempestades.

3.2.1 Inspeções

O objetivo das inspeções é assegurar, principalmente, que o SPDA esteja de acordo com projeto baseado na norma, todos os componentes do SPDA estão em boas condições e são capazes de cumprir suas funções.

As inspeções devem ser feitas durante a construção da estrutura, após a instalação do SPDA no momento da emissão do documento “as built”, após alterações ou reparos, ou quando houver suspeita de que a estrutura foi atingida por uma descarga atmosférica, inspeção visual semestral apontando eventuais pontos deteriorados no sistema.

Periodicamente deve ser realizada inspeção por profissional habilitado e capacitado a exercer esta atividade, com emissão de documentação pertinente, em intervalos de um



ano afim de checar a deterioração e corrosão dos captos, condutores de descida e conexões, condição das equipotencializações, corrosão dos eletrodos de aterramento.

Deve-se também proceder com os ensaios para medição de continuidade elétrica entre o subsistema de captação e subsistema de aterramento bem como aferição da resistência de aterramento.

3.2.2 Manutenção

A regularidade das inspeções é condição fundamental para a confiabilidade de um SPDA. O responsável pela estrutura deve ser informado de todas as irregularidades observadas por meio de relatório técnico após cada inspeção periódica. Cabe ao profissional emitente da documentação recomendar, baseado nos danos encontrados, o prazo de manutenção no sistema, que pode variar desde “imediato” a “item de manutenção preventiva”.

3.2.3 Documentação

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

- a) Verificação da necessidade do SPDA (externo e interno), além da seleção do respectivo nível de proteção para a estrutura, por meio de um relatório de uma análise de risco;
- b) Desenhos em escala mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA externo e interno;
- c) Verificação da integridade física do eletrodo (continuidade elétrica dos condutores);
- d) Laudo de SPDA contendo a aferição de continuidade entre subsistema de captação e aterramento bem como aferição da resistência do subsistema de aterramento.

4 CONCEITOS GERAIS

4.1 Descarga atmosférica para a terra

Descarga elétrica de origem atmosférica entre nuvem e terra, consistindo em um ou mais componentes da descarga atmosférica.



4.2 Ponto de impacto

Ponto onde uma descarga atmosférica atinge a terra, ou um objeto elevado (por exemplo: estrutura SPDA, serviços, árvore etc.)

4.3 Estrutura a ser protegida

Estrutura para qual a proteção é necessária contra os efeitos das descargas atmosféricas de acordo com a Norma ABNT NBR 5419:2015.

4.4 Ambiente urbano

Área com alta densidade de edificações ou comunidades densamente populosas com edifícios altos.

4.5 Ambiente suburbano

Área com uma densidade média de edificações.

4.6 Ambiente rural

Área com baixa densidade de edificações.

4.7 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas - SPDA

Sistema completo utilizado para minimizar os danos físicos causados por descargas atmosféricas em uma estrutura, consiste nos sistemas de proteção externo e interno.

4.8 Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas

Parte do SPDA consistindo em um subsistema de captação, um subsistema de descida e um subsistema de aterramento.

4.9 Subsistema de captação

Parte do SPDA externo que utiliza elementos metálicos dispostos em qualquer direção, que são projetados e posicionados para interceptar as descargas atmosféricas.

4.10 Subsistema de descida

Parte de um SPDA externo projetado para conduzir a corrente da descarga atmosférica desde o subsistema de captação até o subsistema de aterramento.



4.11 Condutor em anel

Condutor formando um laço fechado ao redor da estrutura e interconectando os condutores de descida para a distribuição da corrente da descarga atmosférica entre eles.

4.12 Subsistema de aterramento

Parte de um SPDA externo que é destinada a conduzir e dispersar a corrente da descarga atmosférica na terra.

4.13 Eletrodo de aterramento

Parte ou conjunto de partes do subsistema de aterramento capaz de realizar o contato elétrico direto com a terra e que dispersa a corrente da descarga atmosférica nesta.

4.14 Eletrodo de aterramento em anel

Eletrodo de aterramento formando um anel fechado ao redor da estrutura, em contato com a superfície ou abaixo do solo.

4.15 Sistema elétrico

Componentes do sistema de fornecimento de energia elétrica de baixa tensão.

4.16 Sistema elétrico eletrônico

Sistema dotado de componentes eletrônicos sensíveis como equipamentos de comunicação, computador, sistemas de controle e instrumentação, sistemas de rádio, equipamentos de tecnologia da informação – ETI no geral e instalações de eletrônica de potência.

4.17 Sistema internos

Sistemas elétricos e eletrônicos localizados no interior de uma estrutura.

4.18 Linha

Linha de energia ou linha de sinal conectada à estrutura a ser protegida.

4.19 Linhas de sinais

Linhas utilizadas para comunicação entre equipamentos que podem ser instalados em estruturas separadas, como as linhas telefônicas e as linhas de dados.



4.20 Linhas de energia

Linhas de transmissão que fornecem energia elétrica, dentro de uma estrutura, aos equipamentos eletrônicos e elétricos localizados nesta, por exemplo, os quadros elétricos de baixa tensão (BT) ou alta tensão (AT).

4.21 Evento perigoso

Descarga atmosférica direta ou perto da estrutura a ser protegida ou direta ou perto de uma linha conectada à estrutura a ser protegida que pode causar danos.

4.22 Equipotencialização para descargas atmosféricas

Ligação ao SPDA de partes condutoras separadas, por conexões diretas ou via dispositivos de proteção contra surtos (DPS), para reduzir diferenças de potencial pela corrente da descarga atmosférica.

4.23 Barramento de Equipotencialização Principal

Barramento destinado a servir de via de interligação de todos os elementos que possam ser incluídos na equipotencialização principal.

4.24 Conexão de ensaio

Conexão projetada para facilitar ensaios elétricos e medições em subsistemas do SPDA.

4.25 Classe do SPDA

Número que denota a classificação de um SPDA de acordo com o nível de proteção para o qual ele é projetado.

4.26 Plano de referência

Superfície, geralmente plana, sobre a qual se faz a projeção do volume de proteção de elementos do sistema de captação ou sobre a qual se movimenta a esfera rolante na aplicação dos cálculos dos métodos de proteção. Vários planos de referência em diferentes níveis podem ser considerados na região dos componentes do sistema de captação sob análise.



5 MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 Procedimentos

Deve-se preencher a análise de risco com os dados da estrutura em questão e sobre as estruturas vizinhas, linhas de energia e telecomunicações ligadas a ela, para que seja verificado os riscos calculados de danos causados por descargas atmosféricas para a terra. Uma vez que os riscos foram calculados, parte-se a escolha das medidas de proteção apropriadas a serem adotadas para reduzir os riscos ao limite ou abaixo do limite tolerável.

5.2 Necessidade de proteção x análise de risco

Com a atualização da ABNT NBR 5419, o projetista deve efetuar cálculos e considerações sobre a estrutura, áreas adjacentes e equipamentos. O nível de proteção deixa de ser um dado de saída para ser um parâmetro de entrada na avaliação dos valores de risco toleráveis. Essa é uma das grandes mudanças da norma, que impacta já o início do projeto.

Na regra antiga calculava-se, por exemplo, o NG (Densidade de descargas atmosféricas para terra) através de um mapa de isocerânicos antigo e se aplicava a uma AE (área de exposição equivalente) e aos fatores de ponderação.

Agora, o NG é obtido de forma mais precisa e atualizada através de mapas fornecidos pelo INPE, na área de exposição equivalente, considerando mais parâmetros por meio de uma nova fórmula de cálculo. A nova norma também traz um novo conceito, de Zonas de proteção contra raio.

Continuando a avaliação da ABNT NBR 5419, temos quatro tipos de perdas: L1 – Perda de vidas humanas, L2 – Perda de instalação de serviço ao público, L3 – Perda de memória cultural e L4 – perda de valor econômico, na qual se calculam vários componentes de Risco (R_1 , R_2 , R_3 e R_4), que deverão ser comparadas aos valores típicos de risco tolerável RT , para avaliar se as medidas de proteção adotadas atendem as exigências.

Se $R \leq RT$, a proteção contra a descarga atmosférica não é necessária. Se $R > RT$, é preciso adotar medidas de proteção para reduzir $R \leq RT$ em todos os riscos que envolvem a estrutura.



Tabela 2 - Valores típicos de risco tolerável R_T

TIPO DE RISCO		R_T (y^{-1})
R₁	Risco de perdas ou danos permanentes em vidas humanas	10^{-5}
R₂	Risco de perdas de serviços ao público	10^{-3}
R₃	Risco de perdas do patrimônio cultural	10^{-4}

Para o risco de perda de valor econômico (R_4), deve-se comparar custo/benefício, conforme Anexo D da ABNT NBR 5419-2. Se os dados para esta análise não estão disponíveis, o valor representativo de risco tolerável $R_T = 10^{-3}$ pode ser utilizado. Para os estabelecimentos de saúde do âmbito da SESAI serão considerados apenas os riscos R_1 e R_2 .

5.3 Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas

O SPDA externo é projetado para interceptar as descargas atmosféricas diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais às estruturas, e conduzir a corrente da descarga atmosférica do ponto de impacto à terra. O SPDA externo tem também a finalidade de dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos que possam iniciar fogo ou explosões. O SPDA externo é composto por três subsistemas:

- a) Captação;
- b) Descidas;
- c) Aterramento.

A probabilidade de penetração da corrente da descarga atmosférica na estrutura é consideravelmente limitada pela presença de subsistemas de captação apropriadamente instalados.

Componentes do subsistema de captação instalados na estrutura devem ser posicionados nos cantos salientes, pontas expostas e nas beiradas (especialmente no nível superior de qualquer fachada) de acordo com um ou mais dos seguintes métodos.

5.4 Método do ângulo de proteção (Franklin)

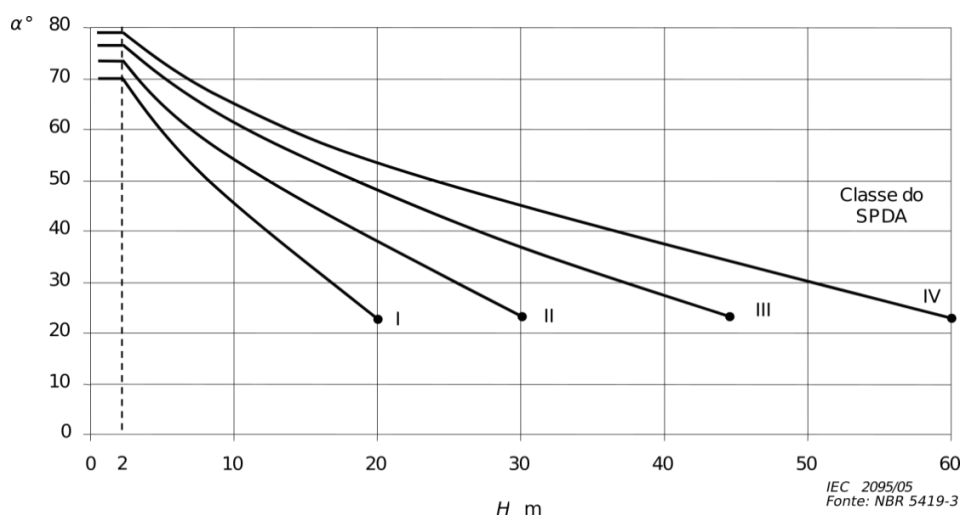
O método do ângulo de proteção é adequado para edificações de formato simples, mas está sujeito aos limites de altura dos captadores indicados na Figura 1.



Este método tem como característica a instalação de um mastro acima da estrutura a ser protegida. A posição do subsistema de captação é considerada adequada se a estrutura a ser protegida estiver situada totalmente dentro do volume de proteção provido pelo subsistema de captação.

Para definir o ângulo de proteção é necessário analisar o gráfico de curvas da ABNT NBR 5419-3 representado abaixo.

Figura 1 - Ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA



NOTA 1: Para valores de H (m) acima dos valores finais de cada curva (classes I a IV) são aplicáveis apenas os métodos da esfera rolante e das malhas.

NOTA 2: H é a altura do captor acima do plano de referência da área a ser protegida.

NOTA 3: O ângulo não será alterado para valores de H abaixo de 2 m.

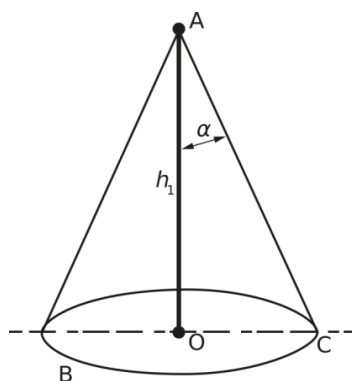
5.4.1 Volume de proteção provido por mastro

A posição do subsistema de captação é considerada adequada se a estrutura a ser protegida estiver situada totalmente dentro do volume de proteção provido pelo subsistema de captação.

O volume de proteção provido por um mastro é definido pela forma de um cone circular cujo vértice está posicionado no eixo do mastro, o ângulo α , dependendo da classe do SPDA, e a altura do mastro como consta na Figura 1. Conforme exemplificado na Figura 2.



Figura 2 – Cone de proteção provido por um mastro



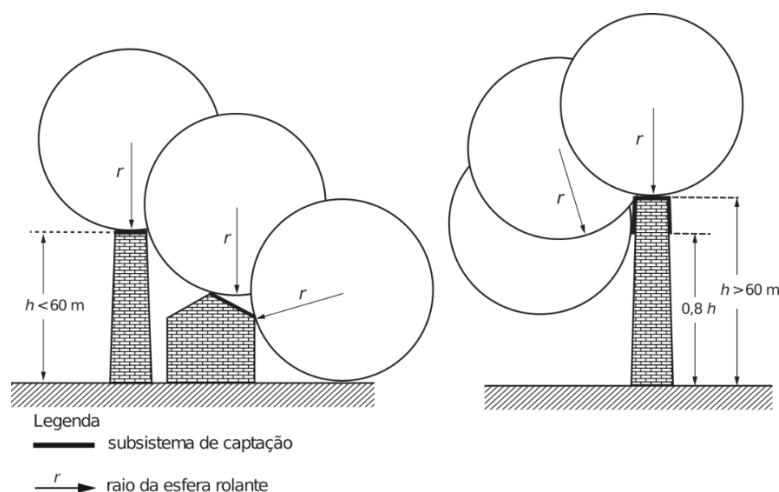
Na figura acima, “A” representa o topo do captor; “B”, o plano de referência; “OC”, o raio base do cone de proteção; “ h_1 ”, a altura de um mastro acima do plano B; e “ α ”, o ângulo de proteção (conforme Figura 1).

5.4.2 Método da Esfera Rolante (Modelo Eletro geométrico)

O adequado posicionamento do subsistema de captação na aplicação deste método ocorre se nenhum ponto da estrutura a ser protegida entrar em contato com uma esfera fictícia rolando ao redor e no topo da estrutura em todas as direções possíveis. Esta esfera tem em seu raio (r) uma projeção estimada da distância entre o ponto de partida do líder ascendente (raio - terra-nuvem) e a extremidade do líder descendente (nuvem - terra) que forma a descarga atmosférica.

Os locais onde a esfera tangencia a estrutura são de maior probabilidade para o impacto direto dos raios. Para protegê-la é necessário realizar a instalação de captores de tal modo que eles apoiem a esfera rolante sem permitir que seu tangente toque na estrutura a ser protegida, ou, no mínimo que a esfera toque em um elemento do SPDA posicionado naquele ponto da estrutura. Conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3 - Posicionamento do subsistema de captação conforme método da esfera rolante





O raio, r , dessa esfera depende da classe do SPDA, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 3 - Valores do raio r da esfera rolante

Classe do SPDA	Raio da esfera rolante (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

5.5 Método das Malhas (Gaiola de Faraday)

O método das malhas é composto por módulos fechados de condutores elétricos (conectados de forma a criar múltiplos nós e a dividir a corrente elétrica da descarga atmosférica) dispostos no plano horizontal ou levemente inclinados sobre o volume a proteger.

As dimensões máximas dos módulos das malhas são determinadas pela ABNT NBR 5419-3, conforme apresentado na Tabela 3, o método das malhas tem maior aplicação em edificações de grandes dimensões de largura e comprimento. Para a lista de todos os requisitos da estrutura e da aplicação deste método, consultar Anexo A.3 da ABNT NBR 5419-3.

Tabela 4 - Espaçamento dos condutores pelo método das malhas

Classe do SPDA	Máximo afastamento dos condutores da malha (m)
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

A denominada "gaiola de Faraday" é formada quando, construtivamente, a malha de captação for interligada a outras redes de condutores envolvendo todos os lados do volume a proteger e todo este conjunto estiver aterrado.

Neste método é comum, mas não obrigatória, a utilização de mini captadores conectados aos condutores horizontais. Uma vez que o conceito de proteção reside na



malha captora, os mini captores tornam-se apenas pontos preferenciais de impacto do raio, o que facilita a manutenção do SPDA. Isso é útil porque é mais fácil e barato substituir apenas o mini captor danificado pelo impacto de uma descarga atmosférica do que trocar total ou boa parte dos condutores horizontais que venham a ser rompidos pelo raio.

5.6 Condutores de descida

O subsistema de condutores de descida é a parte do SPDA destinada a conduzir a corrente elétrica de descargas atmosféricas desde o subsistema de captação até o subsistema de aterramento da forma mais curta e retilínea possível. Os componentes deste subsistema podem ser compostos por pilares metálicos ou pelas armaduras da estrutura do concreto dos pilares, desde que haja continuidade elétrica garantida.

A ABNT NBR 5419-3 define o espaçamento dos condutores de descidas conforme tabela a seguir:

Tabela 5 - Espaçamento dos condutores de descida

Classe do SPDA	Distâncias (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

5.7 Sistema de aterramento

O sistema de aterramento, que deve estar presente no SPDA e nas instalações elétricas de energia e de sinal, tem a principal função de escoar para a terra as correntes elétricas indesejáveis que surjam nesses locais, de modo a causar a menor perturbação possível nos arredores.

O sistema de aterramento é um componente fundamental de diversos sistemas de proteção contra choques elétricos (ABNT NBR 5410:2008), contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419:2015), contra sobre tensões, na proteção de instalações elétricas de energia e de sinal, contra sobre tensões de linhas elétricas de telecomunicações e na proteção contra descargas eletrostáticas.

Na prática, é comum que seja feito um estudo em separado para cada proteção mencionada, o que pode induzir ao erro de interpretação de que os eletrodos de aterramento



devem ficar separados. Para efeito de estudo e compreensão dos fenômenos, é conveniente separar os casos, porém para um efetivo e confiável funcionamento das instalações elétricas, sua consequente proteção e das pessoas, deve existir eletrodo de aterramento único para cada edificação ou estrutura.

5.8 Proteção dos sistemas elétricos e eletrônicos internos

O projeto de SPDA deve proteger os equipamentos eletroeletrônicos com a utilização de dispositivos de proteção contra surtos (DPS), arranjos de aterramento e equipotencialização, blindagem eletromagnética e roteamento dos circuitos elétricos, entre outros.

6 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

6.1.1 Cabos

6.1.1.1 Cabo de cobre nu

Cabo de cobre nu, meio duro ou duro em coroas concêntricas, para instalações de aterramento, equipotencialização e sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Referência: Termotécnica, Prysmian, Ficap, Condumax ou similar.

6.1.2 Eletrodutos

6.1.2.1 Eletroduto de PVC Rígido Roscável

Eletroduto de PVC rígido roscável, com diâmetro Ø 1", antichama, na cor preta, imune a elementos nocivos do solo, alta resistência mecânica, comprimento de 3 m, com luvas e curvas de raio longo (raio igual ou superior a dez vezes o seu diâmetro interno). Referência: Tigre, Amanco, Termotécnica ou similar.

6.1.2.2 Curva 90° para eletroduto rígido de PVC, DN 32 mm, rosca Ø 1" BSP

Curva rígida 90° com rosca nas extremidades, fabricada em PVC, com diâmetro Ø 1", antichama, na cor preta, conforme ABNT NBR 15465. Referência: Tigre, Daisa, Amanco, Termotécnica ou similar.

6.1.2.3 Luva para eletroduto de PVC rígido, DN 32 mm, rosca Ø 1"

Luva roscada fabricada em PVC rígido, com diâmetro Ø 1", antichama, na cor preta, BSP conforme ABNT NBR 15465. Referência: Tigre, Amanco, Termotécnica ou similar.



6.1.2.4 Abraçadeira Tipo Colar, Cor Cinza em PVC, Ø 1" (DN 32 mm)

Abraçadeira tipo colar para eletroduto PVC rígido, na cor cinza ou preta, com diâmetro de Ø 1", utilizada para fixar eletrodutos e demais acessórios. Referência: TEL-5510 da Termotécnica ou similar.

6.1.3 Componentes

6.1.3.1 Caixa de Equipotencialização com 5 Terminais para uso Interno e Externo, 180x150x90 mm, em Polipropileno

Caixa em polipropileno com 180 mm de altura, 150 mm de largura e 90 mm de profundidade, com barramento em cobre com cinco terminais de pressão em latão sendo quatro terminais para cabos de até #16 mm² e um terminal para cabo de até 50 mm², com tampa, para equalização de massas metálicas, equipamentos etc. a fim de evitar que a diferença de potencial gere correntes que possam causar danos a pessoas e equipamentos. Referência: TEL-902 da Termotécnica ou similar.

6.1.3.2 Caixa de inspeção para instalação de haste, Ø 300 mm, com tampa de ferro fundido reforçada

Caixa cilíndrica em polipropileno com 300 mm de diâmetro e altura de 300 mm, embutida no solo de modo a visualizar a haste e/ou cordoalha de aterramento, com tampa circular em ferro fundido com escotilha, com 300 mm de diâmetro e carga suportável de 340 kg. Referência: TEL-552PP e TEL-536 da Termotécnica ou similar.

6.1.3.3 Condulete de inspeção Ø 1" de PVC para eletroduto

Caixa 4x2" em PVC rígido, na cor cinza ou preta, com diâmetro de Ø 1", utilizada para instalar o conector de medição em latão. Referência: Tigre, Cemar, Daisa ou similar.

6.1.3.4 Conector de medição em latão com 4 parafusos, para cabos de cobre / aço cobreado 35-70 mm²

Conector de medição em latão com 4 parafusos para cabos de 35 a 70 mm² para realizar a conexão entre o cabo proveniente da descida com o cabo da malha de aterramento. Referência: TEL-560 da Termotécnica ou similar.

6.1.3.5 Conector de Pressão tipo Split-bolt em liga de cobre, 35 mm²

Conector de pressão Split-Bolt natural 35 mm², tipo parafuso fendido em cobre natural para cabos até 35 mm², utilizado para derivações e conexões entre cabos. Referência: TEL-5015 da Termotécnica ou similar.



6.1.3.6 Fixador universal de latão estanhado para cabos de 16 a 70 mm²

Fixador universal em latão estanhado para 2 condutores de 16 a 70 mm², utilizado para fixar o cabo na cobertura, derivações, conexões com estruturas diversas. Referência: TEL-5024 da Termotécnica ou similar.

6.1.3.7 Presilha de latão 35/50 mm² F5 mm

Presilha feita em latão, com 2 furos de Ø 5 mm² para cabos de cobre de 35/50 mm², resistente aos esforços realizados pelo cabo a ser fixado. Referência: TEL-744 da Termotécnica ou similar.

6.1.3.8 Hastes de aterramento Cobreada Alta Camada, Ø 3/4" x 2,40 m (Ø 17,3 mm - Efetivo)

Haste de aterramento tipo copperweld de alta camada, comprimento 2,4 m, diâmetro de 17,3 mm efetivo e 3/4" nominal, aço do núcleo SAE 1010/1020, revestimento em cobre eletrolítico de pureza mínima 99,9 % sem traços de zinco e espessura do revestimento de 254 microns. Referência: Referência TEL-5822 da Termotécnica ou similar.

6.1.3.9 Parafuso autoatarrachante em aço Inox, Ø 4,2 x 32 mm, fornecido com bucha de nylon

Parafuso inox autoatarrachante cabeça de panela 4,2 x 32 mm com bucha de nylon, fabricado em aço inoxidável A2-18.8(304), com acabamento passivado, rosca DIN 7970, chave Philips nº 2, bucha para fixação e ancoragem fabricada em nylon tipo S6x30 mm. Referência: TEL-5333 e TEL-5306 da Termotécnica ou similar.

6.1.3.10 Solda exotérmica, com molde

Método de soldagem com a reação química que gera calor, criando ligações permanentes dos metais e condutores elétricos, moldes fabricados em grafite, cartuchos de solda exotérmica (óxido de cobre de alumínio em pó), alicate para manuseio dos moldes. Referência: Termotécnica ou similar.

6.1.3.11 Terminal de compressão com furo, em cobre estanhado

Terminal à compressão de cobre eletrolítico estanhado, com um furo e uma compressão. Referência: TEL-5135 da Termotécnica ou similar.



6.1.3.12 Fixador ômega em cobre, com furo de 5mm

Fixador ômega feito em cobre, com 2 furos de Ø5mm para cabos de cobre, resistente aos esforços realizados pelo cabo a ser fixado. Referência: TEL-833 da Termotécnica ou similar.

6.1.3.13 Para-Raio Tipo Franklin com Mastro 6 m x 2", Captor, Sinaleiro e Acessórios de Fixação

Para-raio com montagem tipo porta-bandeira, fornecido completo com mastro metálico galvanizado de 6 metros de altura por 2 polegadas de diâmetro, captor tipo Franklin com ponta em aço inoxidável, 1 cabo de descida, sinaleiro de centelhamento para inspeção visual do funcionamento do sistema e conjunto de abraçadeiras para fixação do cabo à estrutura. Referência: TEL-010 da Termotécnica ou similar.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condutores horizontais devem ser fixados a cada 1 metro, condutores verticais devem ser fixados a cada 1,5 metros.

Para garantir uma instalação segura de descidas, é preferível que elas sejam colocadas nas quinas do edifício. Independentemente do método escolhido para a captação, é essencial ter no mínimo duas descidas, especialmente se for necessário um sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). É importante observar que emendas não são permitidas. Além disso, para descidas feitas de cobre, a seção transversal mínima deve ser de 35 mm², enquanto para as de aço galvanizado, deve ser de pelo menos 50 mm². Essas diretrizes asseguram a eficácia e a conformidade das descidas com os padrões de segurança.

O anel de aterramento deve estar enterrado no mínimo de 50cm de profundidade solo e deverá ter afastamento de 1 metro das paredes da edificação, os condutores de aterramento deverão ser de cobre com seção de 50mm² ou aço galvanizado com seção de 70mm².

O sistema de aterramento deve ser conectado a BEP (Barra de equipotencialização principal) da edificação e ao sistema de aterramento da concessionária local

Recomenda-se utilização de condutores curtos para equipotencialização, na conexão da malha de aterramento com a BEP deverá ser utilizado cordoalha de 50mm², para conexões entre BEP e BELs (se existir) utilizar cordoalha de 16mm² e para equipotencialização de infraestrutura deverá ser utilizado jumpers e cordoalhas de 6mm².



Todos os critérios aqui estabelecidos podem ser alterados de acordo com a realidade executiva apresentada e de acordo com especificidades regionais e locais.

8 NORMAS TÉCNICAS

ABNT NBR 5419-1:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 1: Princípios gerais.

ABNT NBR 5419-2:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 2: Gerenciamento de risco.

ABNT NBR 5419-3:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida.

ABNT NBR 5419-4:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos