

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS BOMBEIRO MILITAR

THAYANE CRISTHINA SANTOS VIANA

**LEVANTAMENTO DE VÍCIOS PERIGOSOS DURANTE AS MEDIÇÕES ÔHMICAS
DO SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO DO SPDA COM PRESENÇA DE ANÉIS
DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO COM EMPREGO DESFAVORÁVEL DO ALICATE
TERRÔMETRO**

São Luís - MA
2020

THAYANE CRISTHINA SANTOS VIANA

**LEVANTAMENTO DE VÍCIOS PERIGOSOS DURANTE AS MEDIÇÕES ÔHMICAS
DO SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO DO SPDA COM PRESENÇA DE ANÉIS
DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO COM EMPREGO DESFAVORÁVEL DO ALICATE
TERRÔMETRO**

Monografia apresentada ao Curso de Formação
de Oficiais Bombeiro Militar da Universidade
Estadual do Maranhão para o grau de bacharelado
em Segurança Pública.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Sérgio Silva Pinto

São Luís - MA
2020

Viana, Thayane Cristhina Santos.

Levantamento de vícios perigosos durante as medições ôhmicas do subsistema de aterramento do SPDA com presença de anéis de equipotencialização com emprego desfavorável do alicate terrômetro / Thayane Cristhina Santos Viana. – São Luís, 2020.

52.

Monografia (Graduação) – Curso de Formação de Oficiais BM-MA, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Sérgio Silva Pinto.

1.SPDA. 2.Alicate terrômetro. 3.CBMMA. 4.Subsistema de aterramento.
I.Título.

CDU: 621.317

THAYANE CRISTHINA SANTOS VIANA

**LEVANTAMENTO DE VÍCIOS PERIGOSOS DURANTE AS MEDIÇÕES ÔHMICAS
DO SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO DO SPDA COM PRESENÇA DE ANÉIS
DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO COM EMPREGO DESFAVORÁVEL DO ALICATE
TERRÔMETRO**

Monografia apresentada ao Curso de Formação
de Oficiais Bombeiro Militar da Universidade
Estadual do Maranhão – UEMA, para o grau de
bacharelado em Segurança Pública.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. PhD. Mauro Sérgio Silva Pinto (Orientador)

Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Ms. Airton Egydio Petinelli

Universidade Estadual do Maranhão

Yuri Beethovens Dutra Viana- 1º Ten QOCBM

Diretoria de Atividades Técnicas - CBMMA

A Deus, a minha família e a Ace,
companheiro nessa nova jornada de
minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, autor do meu destino, socorro presente nos momentos de inquietação, por ter me permitido chegar até esta etapa de minha vida.

A minha mãe, por ter persistido em me fazer continuar quando eu queria desistir.

Aos meus companheiros, Sandy, Rocha Silva, Vasconcelos, Carmo Sousa e Celso Filho, por terem feito os meus dias mais leves e agradáveis durante o curso.

Ao meu orientador, por ter tido paciência e compreensão quando precisei de auxílio na construção deste trabalho.

Ao meu cachorro, que nesta etapa da minha vida esteve comigo nas noites de solidão em Imperatriz.

Aqueles que abrem mão da liberdade essencial por um pouco de segurança temporária não merecem nem liberdade nem segurança.

Benjamin Franklin

RESUMO

O Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão é uma ferramenta de fiscalização imprescindível para o bom andamento das atividades na sociedade. O objeto de vistoria abordado neste trabalho é o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas – SPDA, popularmente chamado de para-raios. Por intermédio de pesquisas baseadas em estudos no campo da engenharia elétrica e segurança do trabalho foi possível reunir materiais e procedimentos os quais deram estrutura ao trabalho. Outrossim, o presente trabalho teve alicerce na internet e em algumas apostilas cujo conteúdo foi ordenado com os pressupostos teóricos dos autores dos livros usados. O objetivo deste trabalho é abordar sobre a possibilidade de ocorrer inconformidades na medição da resistência do subsistema de aterramento presente no SPDA. De forma mais específica, evidencia o uso incorreto do instrumento de medição, que aqui será o alicate terrômetro. Assim sendo, esta monografia vem expor um problema que poderá estar presente nos laudos técnicos emitidos por profissionais. Incompatibilidades estas que poderão custar, inesperadamente, bens materiais ou mesmo a vida.

Palavras-chave: SPDA. Alicate terrômetro. CBMMA. Subsistema de aterramento.

ABSTRACT

The Maranhão Military Fire Department is an essential inspection tool for the smooth running of activities in society. The object of inspection covered in this work is the Atmospheric Discharge Protection Systems - ADPS, popularly called lightning rod. Through research based on scholars in the field of electrical engineering and work safety it was possible to gather materials and procedures which gave structure to the work. Furthermore, the present work was founded on the internet and in some handouts whose content was ordered with the theoretical assumptions of the authors of the used books. The objective of this work is to address the possibility of non-conformities in the measurement of the resistance of the grounding subsystem present in the ADPS. More specifically, it shows the incorrect use of the measuring instrument, which here will be the terrometer pliers. Therefore, this monograph exposes a problem that may be present in the technical reports issued by professionals. These incompatibilities that may unexpectedly cost material goods or even life.

Keywords: ADPS. Terrometer pliers. Maranhão Military Fire Department. Grounding subsystem.

LISTA DE SIGLAS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	-	Anotação de Responsabilidade Técnica
CBMMA	-	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Maranhão
CONFEA	-	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
COSCIP	-	Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico
ELAT	-	Grupo de Eletricidade Atmosférica
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NBR	-	Norma Brasileira
SPDA	-	Sistema de Proteção contra Descargas Elétricas
UFBA	-	Universidade Federal da Bahia

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Campo elétrico estabelecido pela base da nuvem.....	16
Figura 2 - Cobertura metálica usada como SPDA em posto de combustível	19
Figura 3 - Captor Franklin no topo de edifício.	20
Figura 4 - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.	21
Figura 5 - Captor Franklin de quatro pontas.....	22
Figura 6 - Armação de aço interligada à estrutura como subsistema de descidas....	23
Figura 7 - Início de uma descida de Cobre.....	23
Figura 8 - Haste de aterramento	24
Figura 9 - Instalação Genérica em prédio	26
Figura 10 - Laudo técnico de SPDA	29
Figura 11 - Anotação de Responsabilidade Técnica	30
Figura 12 - Medições das resistências do subsistema de aterramento	34
Figura 13 - Alicate Terrômetro.....	35
Figura 14 - Medição da resistência em laço fechado com alicate terrômetro	36
Figura 15 - Medição ôhmica	37
Figura 16 - Medição da resistência com presença de anel de equipotencialização. .	38
Figura 17 - Medição da resistência sem presença de anel de equipotencialização ..	39
Figura 18 - Medição em SPDA sem anel.	40
Figura 19 - Medição em SPDA com anel.	41
Figura 20 - Tensão de passo de um raio.....	43
Figura 21 - Tensão de toque.	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	PRESSUPOSTOS HISTÓRICOS.....	15
2.1	Descargas Atmosféricas	15
2.2	Origem e formação do raio	15
2.3	Incidência dos raios no Brasil	16
3	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	18
3.1	Tipos de SPDA	19
3.2	Elementos do SPDA	20
3.2.1	Subsistema de captação.....	21
3.2.2	Subsistema de descida.....	22
3.2.3	Subsistema de aterramento.....	24
3.2.4	Ligações equipotenciais.....	25
4	LAUDO TÉCNICO DE SPDA.....	27
5	PERIODICIDADE DAS INSPEÇÕES	32
6	RESISTÊNCIA DE UM ATERRAMENTO	33
6.1	Fatores que determinam a resistividade do solo	33
6.2	Medição das resistências.....	34
6.3	Alicate Terrômetro	35
6.4	Incoerências na utilização do Alicate Terrômetro	36
6.5	Simulação computacional do problema citado.....	38
7	EFEITOS DA ALTA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO	42
7.1	Tensão de Passo	42
7.2	Tensão de Toque.....	43
8	METODOLOGIA.....	45
8.1	Quanto à natureza	45
8.2	Quanto aos objetivos	45
8.3	Quanto aos procedimentos	46
8.4	Quanto à abordagem do problema	46
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS.....	50
	ANEXO A – DECLARAÇÃO DE PLÁGIO	52

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que, desde o princípio, as descargas atmosféricas causam grandes perturbações em redes de distribuição elétrica, além de danos materiais nas estruturas atingidas por elas e riscos a que pessoas e animais ficam submetidos. Como resultado, é possível observar a evolução histórica dos equipamentos e dispositivos de proteção contra descargas elétricas. Mais especificamente, o desenvolvimento de mecanismos de segurança elétrica em edificações, o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA).

A instalação do SPDA, popularmente chamado de para-raios, é uma exigência do Corpo de Bombeiros e é regulamentada pela ABNT segundo a Norma NBR5419/2015. O objetivo deste sistema é evitar e/ou minimizar os impactos das descargas atmosféricas, que podem ocasionar incêndios, explosões, danos materiais e, até mesmo, risco à vida de pessoas e animais. A execução e manutenção do SPDA deve ser feita com observância total às normas e exigências da segurança do trabalho. É neste momento que o Corpo de Bombeiros Militar, diante de suas competências legais, atuará verificando se o sistema está em conformidade com as exigências estabelecidas pelas normas.

O Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão é responsável pela vistoria das edificações do Maranhão com intuito de garantir que estas estejam de acordo com as normas regulatórias, e posterior emissão de certificado que autorizará o funcionamento legal do estabelecimento. A vistoria do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) para fins de Certificado de Aprovação requer um Laudo técnico e a respectiva ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) apresentada por técnico responsável, com um parecer conclusivo.

Para se executar a medição das resistências, é imprescindível que haja dispositivos compatíveis e profissionais treinados. Dentre os aparelhos utilizados para tal estão o Terrômetro e o Alicate Terrômetro. Este último, foco principal deste trabalho, permite a leitura da resistência de aterramento em sistemas com várias hastas sem desconectar o aterramento em teste. No entanto, na produção dos Laudos Técnicos não é impossível que haja incoerências na utilização deste equipamento.

Por este motivo, não é incomum ver incompatibilidades grotescas nestes resultados, uma vez que é absolutamente possível ocorrer erros durante as

medições do sistema de aterramento do SPDA devido ao uso incorreto do dispositivo de medição chamado alicate terrômetro. Este dispositivo atua na medição da resistência do aterramento do SPDA, que tem a função de conduzir e dispersar a carga proveniente das descargas atmosféricas obtidas no captor do sistema. Com isto, este trabalho tem como objetivo tornar mais fácil e viável a localização de incompatibilidades nas medições ôhmicas com o alicate terrômetro nos laudos técnicos de SPDA, identificando as principais normas que norteiam o assunto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAIS

- Identificar as incompatibilidades de medição das resistências do subsistema de aterramento do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) com o uso do alicate terrômetro.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as principais normas brasileiras oficiais em vigor que tratam sobre o Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA);
- Expor as incompatibilidades na utilização do alicate terrômetro na medição ôhmica do SPDA;
- Desenvolver técnicas para avaliar as medições de aterramento de SPDA por meio do relatório de inspeção técnica.

2 PRESSUPOSTOS HISTÓRICOS

2.1 Descargas Atmosféricas

É importante entender que desde os primórdios o fenômeno do raio intriga algumas civilizações, tanto pelo ruído sonoro, quanto pelos danos provocados. Para uma parte, ele era uma dádiva dos deuses, pois quase sempre vinham as chuvas e abastança nas colheitas. Para outros, um castigo e o indivíduo que fosse morto por um raio teria suscitado a ira dos Deuses. Após muitas culturas, terminou-se por descobrir que o raio é um fenômeno de natureza elétrica e por isso deve ser dissipado o mais rápido possível para o solo, a fim de reduzir suas consequências drásticas.

Para Souza (2014), a forma mais simples de compreender a origem das descargas atmosféricas é considerá-las como o rompimento do isolamento entre duas superfícies carregadas eletricamente e com polaridades opostas.

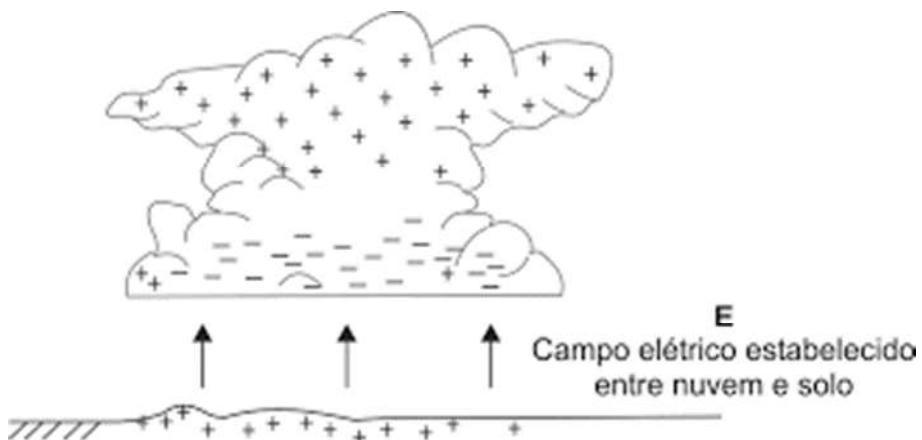
2.2 Origem e formação do raio

Segundo Cavalin (2013), o ar quente e úmido no solo se eleva na atmosfera por conta de sua densidade menor. Este deslocamento ascendente faz com que a temperatura diminua, até chegar ao topo da nuvem onde a temperatura é muito baixa, chegando a 30°C negativos. A partir desse momento o vapor d'água que estava misturado com o ar quente transforma-se em granizo, que em função do seu peso começa a se acumular na base da nuvem. No movimento descendente ocorre o choque com algumas partículas menores, principalmente com cristais de gelo. Com o ar revolto dentro da nuvem, estas duas partículas chocam-se umas contra as outras e acabam trocando energia entre si.

O granizo, como é mais pesado, termina por se tornar mais negativo e se desloca para a base da nuvem, enquanto os cristais de gelo ficam com carga positiva e, por terem menor massa, deslocam-se para o topo da nuvem. As cargas dentro da nuvem se separam, positivas na parte superior e negativas na inferior. Quando as cargas atingem valores extremamente elevados, ocorre o raio (CAVALIN, 2013).

Assim a base da nuvem fortemente carregada negativamente induz no solo sob sua sombra uma polo positivo de igual intensidade, gerando um campo elétrico forte na região intermediária, com grande diferença de potencial associado. A Figura 1 a seguir demonstra o campo induzido pelo carregamento da base nuvem.

Figura 1 - Campo elétrico estabelecido pela base da nuvem



Fonte: Visacro Filho (2005, p. 36).

O ar apresenta uma determinada rigidez dielétrica que depende de certas condições ambientais. O aumento dessa diferença de potencial poderá atingir um valor maior que a rigidez dielétrica do ar interposto entre a nuvem e a terra, fazendo com que as cargas elétricas migrem na direção da terra ou em sentido contrário, em um curso sinuoso e normalmente cheio de ramificações. Grande parte dos raios começa e termina no interior das nuvens. A quantidade que se direciona para o chão é pequena. Mas é justamente desses que se deve prevenir (CAVALIN, 2013).

2.3 Incidência dos raios no Brasil

Segundo o site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 77,8 milhões de raios são registrados por ano no Brasil. A maior incidência ocorre no Norte e no Centro-Oeste, mas ao se considerar a densidade, ou seja, proporcionalmente ao território, os estados do Sul ficam à frente. Em uma pesquisa feita pelo grupo de Eletricidade Atmosférica (Elat) do INPE, entre os anos de 2000 e 2017 os estados que apresentaram mais vítimas fatais foram São Paulo (313 mortes), Minas Gerais (167), Pará (150) e Rio Grande do Sul (139), seguidos por Mato Grosso do Sul (132), Goiás (120), Mato Grosso (116), Amapá (113), Paraná

(106) e Maranhão (95). Segundo o relatório, 25% das vítimas estavam em atividades rurais quando foram atingidas pelos raios e 18% estavam dentro de casa (INPE, 2017).

Além do número considerável de vítimas, as descargas atmosféricas causam diversos prejuízos materiais.

Os efeitos mais nefastos do fenômeno decorrem da incidência direta das descargas. Nesse caso, ao atingir prédios, estruturas, sistemas elétricos e seres vivos, os raios podem gerar destruição, incêndio e, eventualmente, morte. A potência elétrica dissipada pelo percurso de corrente sobre a vítima (corpo atingido) pode gerar destruição intensa. No entanto, os efeitos mais frequentes (embora menos intensos) são aqueles associados às descargas indiretas, ou seja, são os induzidos por uma descarga próxima. A característica de variação muito rápida da corrente de descarga torna o fenômeno uma importante fonte de distúrbios eletromagnéticos, capaz de gerar danos e interferência em sistemas elétricos eletrônicos. (VISACRO, 2005, p. 20).

3 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Os Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) protegem as edificações, equipamentos, instalações elétricas e de telecomunicações, reduzindo os danos impostos às estruturas, os impactos dos desligamentos e manutenções corretivas. Esses sistemas tem a função de proteção captando e direcionando a corrente elétrica proveniente da queda de raios para sistemas de aterramento (SOUZA, 2014). A primeira função é neutralizar não só o poder de atração das pontas, mas também o crescimento do gradiente de potencial elétrico entre o solo e as nuvens, por meio do permanente escoamento de cargas elétricas para a terra. A segunda função é oferecer à descarga elétrica um caminho preferência, de baixa impedância, reduzindo os riscos decorrentes da sua incidência (SOUZA, 2014).

O SPDA é um sistema de proteção contra as descargas atmosféricas, sendo sua função principal a proteção das mais variadas estruturas contra os efeitos provocados pelas descargas atmosféricas. O principal objetivo do SPDA é evitar os impactos dos efeitos e em casos mais graves, ao menos diminuí-los (ARAÚJO, 2010).

No Brasil a NBR 5419/2015 fixa as condições de projeto, instalação e manutenção do SPDA, para proteger as edificações e estruturas contra a incidência direta dos raios. A proteção se aplica também contra a incidência direta dos raios sobre os equipamentos e pessoas que se encontrem no interior destas edificações e estruturas ou no interior da proteção imposta.

Desse modo, explica a principal função do SPDA é orientar e dissipar as emissões atmosféricas da Terra que geram nuvens carregadas, evitando possíveis danos à estrutura e à vida humana. Nesse seguimento Araújo (2010), acrescenta que este sistema tem duas funções básicas, a primeira é neutralizar e a segunda é oferecer um caminho alternativo para a descarga, evitando por tanto que esta venha a atingir a estrutura protegida.

O sistema de proteção contra raios refere-se a um grupo de instituições instaladas no ponto mais alto de um edifício, que são conectadas ao solo (terra) por meio de condutores de metal.

O SPDA tem duas composições, a interna e externa. O sistema interno é um conjunto de dispositivos que vão reduzir os efeitos elétricos e magnéticos presente

na corrente da descarga atmosférica dentro da edificação que se deseja proteger. O externo consiste no sistema onde se intercepta, conduz e dispersa a descarga elétrica de um edifício.

3.1 Tipos de SPDA

Segundo Mamede (2017), o sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas pode ser definido, de forma geral, por dois modelos distintos de estrutura:

- a) Protegidas por Componentes Naturais:** utilizam para proteção componentes da atmosféricas. Exemplos, coberturas metálicas (Figura 2), tubos e tanques metálicos, pilares metálicos, armações de aço das fundações.

Figura 2 - Cobertura metálica usada como SPDA em posto de combustível



Fonte: Site da Termotécnica Pára-raios¹, 2020.

- b) Protegidas por Componentes Não Naturais:** são utilizados elementos elaborados especificamente para captação, descida e aterrramento das correntes. Exemplos, captor tipo Franklin (Figura 3), eletrodos verticais, cabos de cobre.

¹ Disponível em <<https://tel.com.br/dicas-essenciais-para-spda-em-postos-de-combustiveis/>>. Acesso em: 15 de maio, 2020.

Figura 3 - Captor Franklin no topo de edifício.



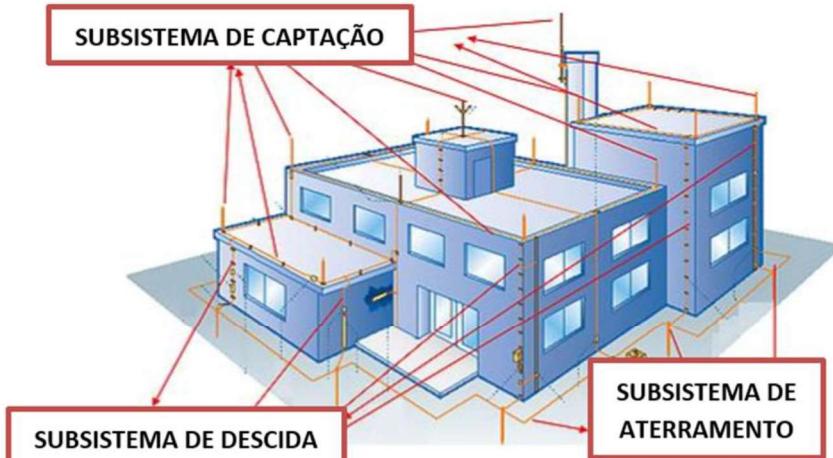
Fonte: EletroJr – Empresa Júnior de engenharia elétrica da UFBA², 2020.

3.2 Elementos do SPDA

O dispositivo externo do SPDA é composto por três subsistemas: de captação, de descida e de aterramento como na Figura 4. E deve ser feito conforme a NBR 5419:2015 para obtenção do atestado de conformidade das instalações elétricas e posterior emissão do Certificado de Aprovação – CA (CBMMA, 2020).

² Disponível em <<https://www.eletrojr.com.br/2020/03/21/tipos-de-para-raios/1-para-raio/>>; Acesso em: maio, 2020.

Figura 4 - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.



Fonte: IPT Engenharia, 2017.

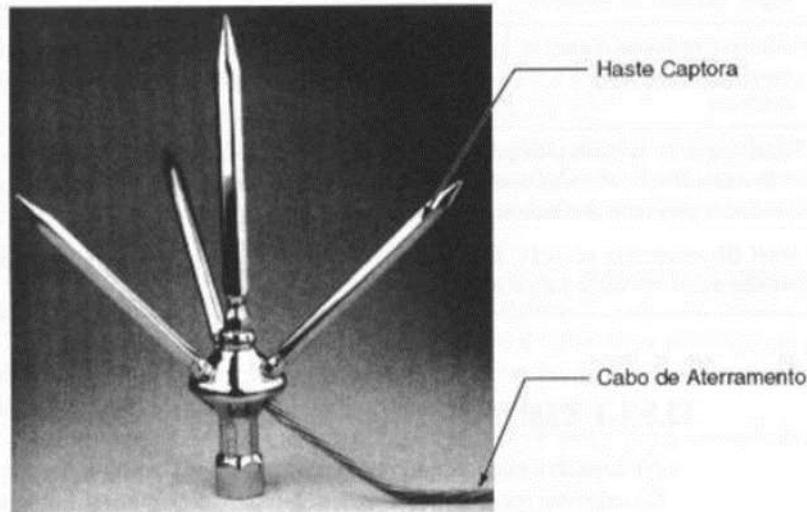
O SPDA, de forma geral, é composto de três subsistemas com funções bem definidas, porém interligados, ou seja:

3.2.1 Subsistema de captação

Localizado na parte superior da edificação, tem por função limitar a penetração da descarga atmosférica na estrutura e pode ser considerado como natural e não natural (MAMEDE FILHO, 2017):

- **Captadores naturais:** São constituídos de elementos condutores expostos a uma descarga atmosférica e podem ser tomados como parte do SPDA. Exemplos, coberturas metálicas, mastros ou quaisquer elementos de condução acima das coberturas, tubos e tanques metálicos, etc.
- **Captadores não naturais:** São elementos desenhados com o objetivo de proteção contra as descargas atmosféricas. Exemplos, os condutores de cobre nu expostos em forma de malha e os captadores do tipo Franklin, formados normalmente por três ou mais pontas de aço inoxidável ou cobre (Figura 5).

Figura 5 - Captor Franklin de quatro pontas



Fonte: MAMEDE (2017, p. 610).

3.2.2 Subsistema de descida

A ABNT NBR 5419-3 (2015, p. 14) define finalidade dos condutores da seguinte forma:

Com o propósito de reduzir a probabilidade de danos devido à corrente da descarga atmosférica pelo SPDA, os condutores de descida devem ser arranjados a fim de proverem: diversos caminhos paralelos para a corrente elétrica; o menor comprimento possível do caminho da corrente elétrica [...]

São elementos expostos ou não que permitem a continuidade elétrica das descargas atmosféricas recebidas no captor e direcionadas ao subsistema de aterramento. Podem ser classificados como naturais e não naturais (MAMEDE FILHO, 2017):

- **Condutores de descidas naturais:** São aqueles constituídos por elementos próprios da estrutura da edificação, que por sua capacidade de condução de corrente são capazes de escoar as descargas elétricas originadas do subsistema de captação. São exemplos, pilares metálicos de estruturas, armações de aço interligadas à estrutura de concreto armado (Figura 6), torres metálicas de comunicação (rádio e TV).
- **Condutores de descidas não naturais:** São aqueles constituídos por elementos expostos ou não com destino específico à condução ao subsistema de aterramento da edificação das correntes elétricas

originadas dos raios. Exemplo, os condutores de cobre nu instalados sobre as laterais das edificações, ou nela embutidos (Figura 7).

Figura 6 - Armação de aço interligada à estrutura como subsistema de descidas



Fonte: Site da FAW7³, 2020.

Figura 7 - Início de uma descida de Cobre



Fonte: EletroJr – Empresa Júnior de engenharia elétrica da UFBA, 2020.

³ Disponível em <<http://www.faw7.com.br/servicos/spda/estrutural-estrutural-como-descidas-do-spda/>>; Acesso em: 05 de maio 2020.

3.2.3 Subsistema de aterramento

Visacro (2002, p.143) determina como função do aterramento em um sistema de SPDA. "Sua função é prover um caminho de baixa impedância para a corrente de descarga, no seu percurso preferencial em direção ao solo (constituído pelos cabos do sistema de proteção)".

São compostos por elementos condutores enterrados nas fundações das edificações responsáveis pela disseminação das correntes elétricas no solo. São divididos em natural e não natural (MAMEDE FILHO, 2017):

- **Subsistema de aterramento natural:** São elementos embutidos que integram a fundação da edificação encarregados de dispersar as correntes elétricas advindas dos demais subsistemas do SPDA. Exemplo, fundações de concreto armado das edificações.
- **Subsistema de aterramento não natural:** São componentes enterrados no solo horizontal ou verticalmente que espalham a corrente elétrica. Exemplo, hastes de terra com cobertura eletrolítica de cobre enterradas verticalmente (Figura 8).

Figura 8 - Haste de aterramento



Fonte: Site da Stilelecom⁴, 2020.

De forma geral, ambos subsistemas de aterramento têm que atender às seguintes prescrições (MAMEDE FILHO, 2017):

⁴ Disponível em <<http://stilelecom.com.br/aterramento--spda.html>>; Acesso em:25 de junho 2020.

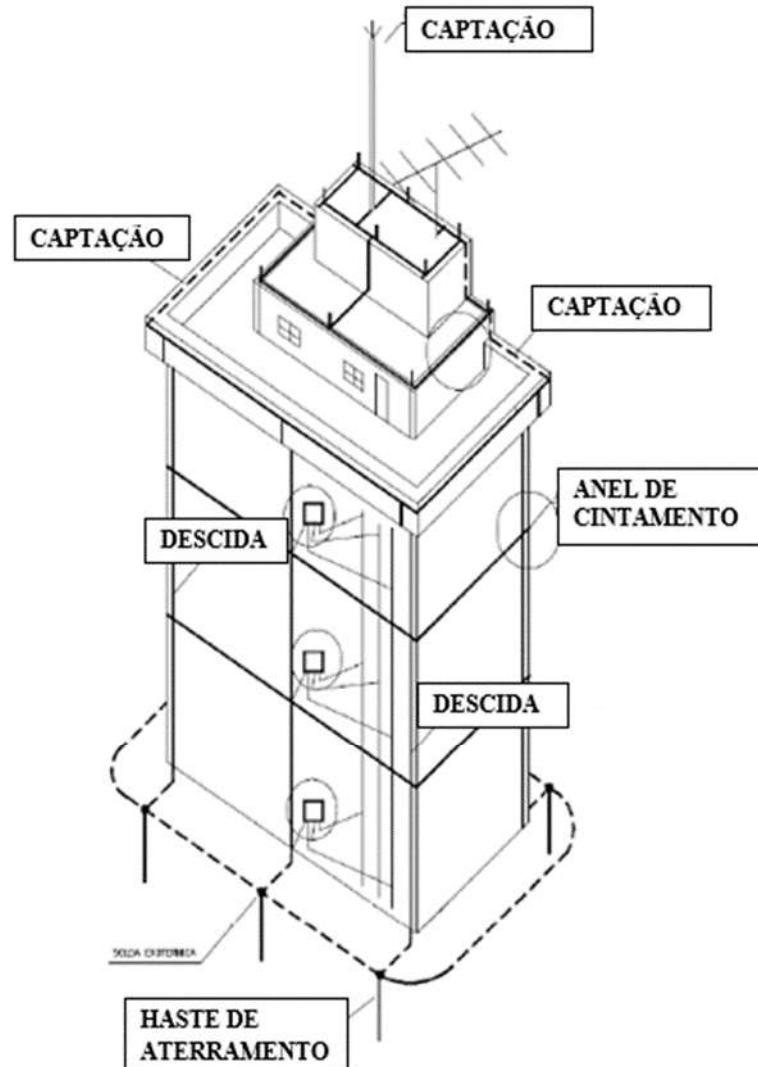
- O subsistema de aterramento deve ser único para os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, sistema de potência e sistema de tecnologia da informação.
- Para assegurar a dispersão das correntes elétricas devido às descargas atmosféricas sem causar sobretensões que possam trazer perigo às pessoas e danos materiais, é mais importante o arranjo e as dimensões da malha de aterramento do que o valor de sua resistência considerada.
- Deve-se perseguir uma resistência de aterramento igual ou inferior a 10Ω , com a finalidade de reduzir o processo de centelhamento entre elementos da estrutura a ser protegida e diminuir os valores dos potenciais elétricos produzidos no solo.
- Quando em uma mesma área existirem dois ou mais subsistemas de aterramento, devem-se interligar todos eles por meio de uma ligação equipotencial realizada pela fita trançada de cobre ou, mais comumente, cabo de cobre.
- De preferência, os condutores não devem conter emendas. Quando necessário, deve ser utilizada solda exotérmica. Se se utilizarem conexões mecânicas de pressão, as mesmas devem estar contidas no interior de caixas de inspeção.

3.2.4 Ligações equipotenciais

Para evitar o risco de incêndios, choques elétricos e/ou explosões no interior da edificação que se deseja proteger, é necessário a instalação de ligações equipotenciais que unem todos os elementos condutivos presentes na estrutura e em seu interior. Portanto devendo seguir as seguintes prescrições (MAMEDE FILHO, 2017):

- A equipotencialização dos SPDA externos isolados deve ser realizada ao nível do solo.
- A equipotencialização dos SPDA externos não isolados deve ser realizada na base da estrutura ao nível do solo.
- Os condutores de ligação equipotencial devem ser conectados a uma barra de ligação equipotencial instalada no subsolo ou próxima ao nível do solo ou, ainda, próximo ao Quadro Geral de BT, de forma a proporcionar fácil acesso.
- Os condutores de equipotencialização devem ser retilíneos e de menor comprimento possível.
- Em grandes estruturas, deve ser instalada mais de uma barra de ligação equipotencial devidamente interligada.
- A cada intervalo não superior a 20 m deve existir uma ligação equipotencial (BEL) para estruturas com mais de 20 m de altura.
- As barras de ligação equipotencial local BEL (barramento de equipotencialização local) devem ser conectadas ao anel horizontal que interligam os condutores de descida.
- O barramento de equipotencialização principal BEP (barramento de equipotencialização) deve ser ligado ao subsistema de aterramento.

Figura 9 - Instalação Genérica em prédio



Fonte: Termotécnica, 2020.

4 LAUDO TÉCNICO DE SPDA

Este laudo (Figura 10) é elaborado com o objetivo de registrar o resultado da inspeção visual e de medições quanto à adequação do sistema de aterramento e sistema de proteção contra descargas atmosféricas – SPDA aos requisitos das normas técnicas e de segurança. Os principais pontos discriminados no laudo devem atender às solicitações dos órgãos competentes além de estarem de acordo com as normas mais atualizadas.

O Código Contra Incêndio e Pânico - COSCIP e a Norma Técnica nº 01, ambas do CBMMA, especificam as exigências para o SPDA. Além de frisar que o sistema deve estar de acordo com a NBR 5419 da ABNT, o Art. 188 do COSCIP elenca os principais requisitos determinados pelo Corpo de Bombeiros:

- I - Edificações e estabelecimentos industriais ou comerciais com mais de 1.500m² (mil e quinhentos metros quadrados) de área construída;
- II - Toda e qualquer edificação com mais de 30m (trinta metros) de altura;
- III - Áreas destinadas a depósitos de explosivos ou inflamáveis;
- IV - Outros casos, a critério do Corpo de Bombeiros, quando a periculosidade o justificar.

Além do COSCIP, a NT nº01/2019- Procedimento administrativos do CBMMA, como mencionado, também regula as obrigações quanto ao Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas, mais precisamente nos itens 6.4.3.9 ao 6.4.3.11 (NT 01/CBMMA, 2019):

6.4.3.9. Para o Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), será exigido a apresentação da análise de risco para todas as edificações e áreas de riscos quanto a necessidade da instalação deste sistema de acordo com as normas brasileiras oficiais em vigor, exceto para as que incidirem no Processo Técnico Simplificado⁵;

6.4.3.10. A análise de risco tratada no item anterior deverá ser acompanhada da ART e do formulário constante no Anexo E.

6.4.3.11. As edificações e áreas de risco devem ter suas instalações elétricas e sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) executados, de acordo com as prescrições das normas brasileiras oficiais e normas das concessionárias dos serviços locais;

Este relatório deve vir acompanhado por uma Anotação de Responsabilidade Técnica – ART (Figura 11), conforme Lei nº 6.496/1977 .

Os profissionais, quando executam serviços, ficam sujeitos à Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), de acordo com a Lei nº 6.496/77. Esse documento traz informações úteis para o profissional, para a sociedade, para o contratante e, ainda, auxilia a verificação do efetivo exercício profissional e da execução das atividades técnicas.

⁵ Segundo a NT 01 (CBMMA, 2019): “[...] estabelece os procedimentos administrativos e as medidas de segurança contra incêndio para regularização das edificações com atividade econômica de baixo risco [...]”

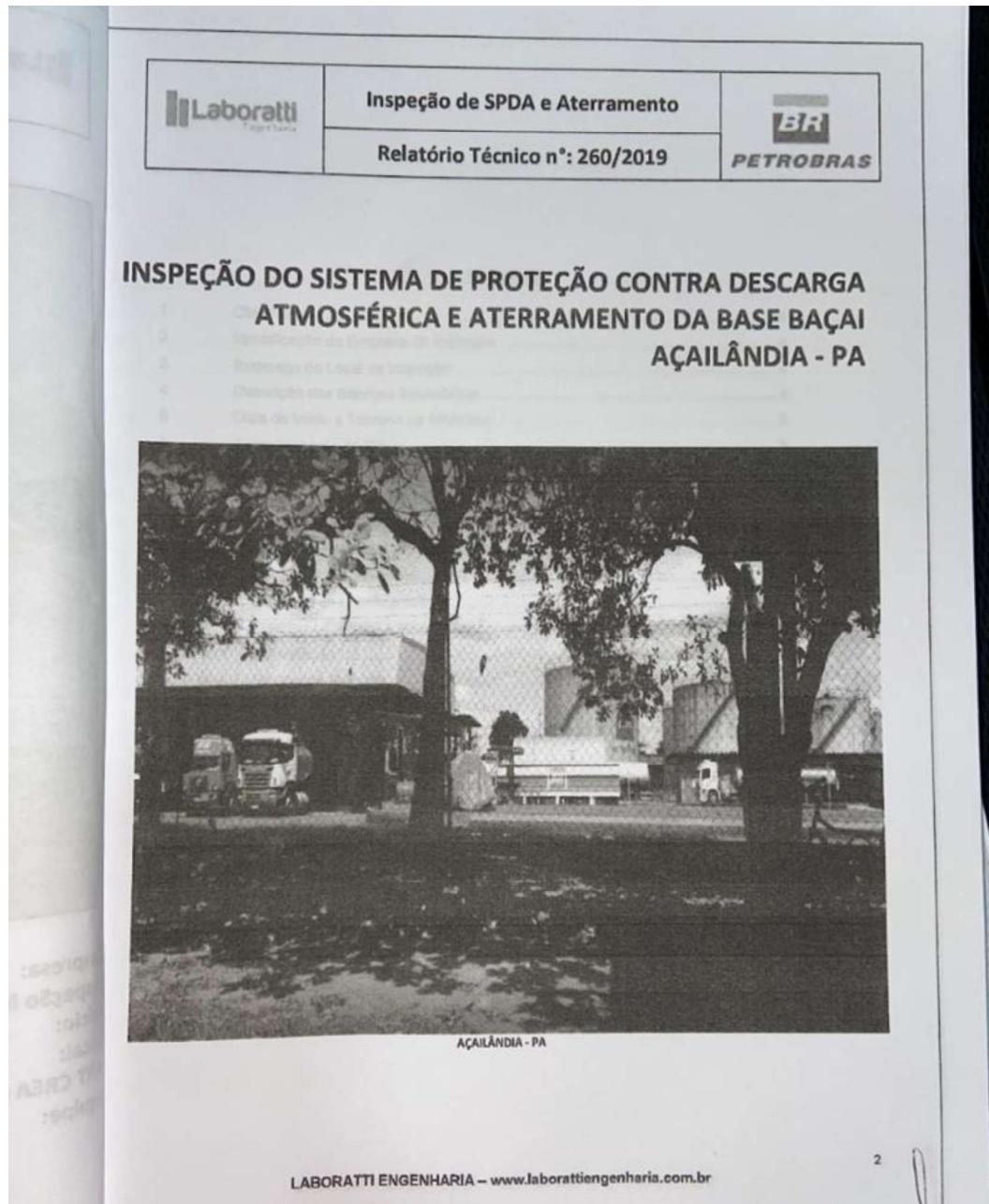
Para o profissional, o registro é importante porque garante os direitos autorais; comprova a existência de um contrato, principalmente em caso de contratação verbal; garante o direito à remuneração, pois pode ser usado como comprovante de prestação de serviço; define o limite das responsabilidades, respondendo o profissional apenas pelas atividades técnicas que executou; e pode ser usado para dar entrada na aposentadoria. Ainda sobre os benefícios da ART, vale destacar que esse documento indica para a sociedade os responsáveis técnicos pela execução de obras ou prestação de quaisquer serviços profissionais referentes à área tecnológica, assim como as características do serviço contratado.

Para o consumidor, a ART serve como um instrumento de defesa, pois formaliza o compromisso do profissional com a qualidade dos serviços prestados. Em casos de sinistros, identifica individualmente os responsáveis, auxiliando na confrontação das responsabilidades junto ao Poder Público. Isso explica porque em serviços que envolvem trabalho em equipe (multidisciplinares ou da mesma modalidade) cada profissional deve registrar individualmente a ART, como responsável, coautor ou corresponsável, em sua área de atuação (PLANALTO, 2020).

Ademais somente poderá ser assinado o laudo por pessoa física ou jurídica devidamente registrada no CREA. Além disso, conforme o Art. 2º da Decisão Normativa nº 70, de 26 de outubro de 2001, do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia - CONFEA só terão validade caso tenha sido supervisionado por um dos profissionais abaixo:

- I – Engenheiro eletricista;
- II – Engenheiro de computação;
- III – Engenheiro mecânico-eletricista;
- IV – Engenheiro de produção, modalidade eletricista;
- V – Engenheiros de operação, modalidade eletricista;
- VI – Tecnólogo na área de engenharia elétrica, e
- VII – Técnico industrial, modalidade eletrotécnica.

Figura 10 - Laudo técnico de SPDA



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 11 - Anotação de Responsabilidade Técnica

	Anotação de Responsabilidade Técnica - ART Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977	CREA-MA	ART OBRA / SERVIÇO Nº MA20180203421						
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Maranhão		INICIAL							
<p>1. Responsável Técnico</p> <p>LAURO GOMES MARTINS</p> <p>Titulo profissional: ENGENHEIRO CIVIL, ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO RNP: 110301865-5 Empresa contratada: GOMES SODRE ENGENHARIA LTDA Registro: 000000139-4</p> <hr/> <p>2. Contratante</p> <p>Contratante: SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA - SINFRA CPF/CNPJ: 08.892.295/0001-60 AVENIDA JERÔNIMO DE ALBUQUERQUE MARANHÃO N°: S/N Complemento: EDIFÍCIO CLODOMIR MILLET Bairro: CALHAU Cidade: SÃO LUIS UF: MA CEP: 65074220 País: Brasil Telefone: (98) 3235-7108 Email: Contrato: 031/2013 Celebrado em: Valor: R\$ 3.403.105,53 Tipo de contratante: PESSOA JURIDICA DE DIREITO PUBLICO Ação Institucional: Outros</p> <hr/> <p>3. Dados da Obra/Serviço</p> <p>Proprietário: SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA - SINFRA CPF/CNPJ: 08.892.295/0001-60 AVENIDA GETÚLIO VARGAS N°: s/n Complemento: RUA DO COMÉRCIO Bairro: CENTRO Cidade: IMPERATRIZ UF: MA CEP: 65903280 Telefone: (98) 3235-7108 Email: Coordenadas Geográficas: Latitude: -5.528385 Longitude: -47.480419 Data de Início: 21/08/2018 Previsão de término: 21/02/2019 Finalidade: SEM DEFINIÇÃO</p> <hr/> <p>4. Atividade Técnica</p> <table border="0"> <tr> <td>7 - EXECUÇÃO</td> <td>Quantidade</td> <td>Unidade</td> </tr> <tr> <td>53 - EXECUCAO > ATIVIDADES DE A.R.T. -> #A0299 - SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM URBANISMO</td> <td>1,00</td> <td>un</td> </tr> </table> <p>Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART</p> <hr/> <p>5. Observações</p> <p>EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA DE LOGRADOUROS PÚBLICOS DO ESTADO DO MARANHÃO CONFORME CONTRATO -031/2013-UGCC/SINFRA, REFERENTE A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE URBANIZAÇÃO,MANUTENÇÃO E REVITALIZAÇÃO DO CALÇADÃO DA RUA DO COMÉRCIO (AV: GETÚLIO VARGAS) CENTRO,NA CIDADE DE IMPERATRIZ-MA,IMPLEMENTAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS COM TAPUME,PLACAS E INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS.O.S N° 051/2018</p> <hr/> <p>6. Declarações</p> <p>- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.</p> <hr/> <p>7. Entidade de Classe</p> <p>SEM INDICACAO DE ENTIDADE DE CLASSE</p> <hr/> <p>8. Assinaturas</p> <p>Declaro serem verdadeiras as informações acima</p> <p style="text-align: right;">LAURO GOMES MARTINS - CPF: 104.193.303-72</p> <p>_____, _____ de _____ de _____</p> <p>Local data</p> <p style="text-align: right;">SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA - SINFRA - CNPJ: 08.892.295/0001-60</p> <hr/> <p>9. Informações</p> <p>* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.</p> <hr/> <p>10. Valor</p> <p>Valor da ART: R\$ 218,54 Pago em: 11/09/2018 Nossa Número: 8301682250</p>				7 - EXECUÇÃO	Quantidade	Unidade	53 - EXECUCAO > ATIVIDADES DE A.R.T. -> #A0299 - SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM URBANISMO	1,00	un
7 - EXECUÇÃO	Quantidade	Unidade							
53 - EXECUCAO > ATIVIDADES DE A.R.T. -> #A0299 - SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM URBANISMO	1,00	un							

Fonte: CBMMA, 2020.

Na análise técnica do SPDA, deve conter algumas informações e/ou pareces imprescindíveis para assegurar a proteção da edificação. O indivíduo responsável por sua produção deve cuidar de vários itens necessários para a manutenção adequada do sistema, entre os quais podemos distinguir:

- Análise da deterioração e corrosão de dispositivos de captação, queda de cabos e conexões;
- Status de equipotencialização;
- Análise da corrosão de eletrodos de aterramento;
- Verificação da integridade física dos condutores de eletrodo de aterramento para subsistemas de aterramento não naturais;
- Tabela de medições ôhmicas e de continuidade;
- Registros fotográficos;

5 PERIODICIDADE DAS INSPEÇÕES

A ordem das inspeções do SPDA deve seguir os seguintes itens (NBR 5419-3, 2015):

- a) durante a construção da estrutura;
- b) após a instalação do SPDA, no momento da emissão do documento "as built";
- c) após alterações ou reparos, ou quando houver suspeita de que a estrutura foi atingida por uma descarga atmosférica;
- d) inspeção visual semestral apontando eventuais pontos deteriorados no sistema;
- e) periodicamente, realizada por profissional habilitado e capacitado a exercer esta atividade, com emissão de documentação pertinente, em intervalos determinados, assim relacionados:
 - um ano, para estruturas contendo munição ou explosivos, ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa (regiões litorâneas, ambientes industriais com atmosfera agressiva etc.), ou ainda estruturas pertencentes a fornecedores de serviços considerados essenciais (energia, água, sinais etc)
 - três anos, para as demais estruturas.

6 RESISTÊNCIA DE UM ATERRAMENTO

A resistência de aterramento é o resultado de três resistências (MAMEDE FILHO, 2017):

- A resistência relativa às conexões existentes entre os eletrodos de terra (hastes e cabos).
- A resistência relativa ao contato entre os eletrodos de terra e a superfície do terreno em torno dos mesmos.
- A resistência relativa ao terreno nas imediações dos eletrodos de terra, denominada, também, resistência de dispersão.

O cientista afirma que a resistência entre os eletrodos de terra é desprezível, tornando assim o dimensionamento do subsistema de aterramento o valor da resistência da terra circunvizinha, esta dependente basicamente da resistividade do solo e da distribuição da corrente provinda do eletrodo.

6.1 Fatores que determinam a resistividade do solo

A resistividade do solo é uma característica ligada à sua composição físico-química, associada a quanto o mesmo se opõe à passagem de corrente elétrica. O sistema de aterramento tem uma relação direta com os parâmetros que influenciam a resistividade do solo. A seguir são considerados os principais fatores que influenciam na resistividade do solo (VISACRO FILHO, 2005):

- a) Tipo de solo;
- b) Umidade do solo;
- c) Concentração e tipos de sais dissolvidos na água;
- d) Compacidade do solo;
- e) Granulometria do solo;
- f) Temperatura do solo;
- g) Estratificação do solo.

Todos os fatores listados acima influenciam na resistividade do solo. Um tipo de terreno não está claramente definido, então vários solos em locais diferentes podem ter distintos valores de resistividade. Portanto, não é possível atribuir um valor específico de resistividade a uma espécie de solo. Além disso, o fator umidade altera com proporção inversa a resistividade do solo, isto é, quanto maior a quantidade de água menor a resistência (VISACRO FILHO, 2005, p. 27).

Outro fator importante é a salinidade. A condução elétrica no solo é eletrolítica, isto é, aumenta conforme a oferta de sais minerais.

Sendo a resistividade de um solo dependente da quantidade de água retida neste, e conhecendo-se o fato de que a resistividade da água é governada

pelos sais dissolvidos nesta (condução eletrolítica), conclui-se que a resistividade do solo é influenciada pela quantidade e pelos tipos de sais dissolvidos na água retida no mesmo (VISACRO FILHO, 2005, p. 29)

Dando continuidade, a compacidade e granulometria do solo são também agentes na formação de um terreno menos ou mais resistivo. O primeiro diz respeito a uma maior pressão que ocasionará a redução da resistividade. O segundo, relaciona-se à influência do tamanho dos grãos que o compõe.

A temperatura, por sua vez, altera a passagem de corrente elétrica no sentido de alterar a umidade no solo. Logo, é razoável supor que resistividade tende a aumentar quando a temperatura diminui. A seguir, a estratificação está diretamente relacionada com a composição das várias camadas de formação do solo, com diferentes resistividades que, portanto, poderão ser alteradas de acordo com a direção considerada.

6.2 Medição das resistências

Nos laudos técnicos de SPDA, como mencionado, deve haver uma tabela com as medições das resistências do subsistema de aterramento (Figura 12).

Figura 12 - Medições das resistências do subsistema de aterramento

MEDIDA DAS RESISTÊNCIAS EM CAMPO					
	PONTOS	DISTANCIA SONDA DE CORRENTE (m)	DISTANCIA SONDA DE POTENCIAL (m)	PROFOUNDIDADE DA SONDA (m)	RESISTÊNCIA MEDIDA Ω
13	DESCIDA 1	10	5	0,40	5,30 Ω
14	DESCIDA 2	10	5	0,40	5,26 Ω
15	DESCIDA 3	10	5	0,40	5,29 Ω
16	DESCIDA 4	10	5	0,40	5,35 Ω
17	DESCIDA 5	10	5	0,40	5,36 Ω
18	ATERRAMENTO TANQUE	10	5	0,40	5,42 Ω
19	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
OBSERVAÇÃO					
22	O SISTEMA DE ATERRAMENTO ATENDE OS REQUISITOS DEFINIDOS PELA NORMA TECNICA QUE REGE O MESMO,				
23	NBR5419, NBR5410, ESTANDO O PONTO DE MEDIÇÃO COM RESISTÊNCIA ABAIXO DE 10 Ω .				

Fonte: Elaborada pela autora.

Estas medições têm a finalidade de atender a NBR-5419:2015, NBR-5410:2008 e NBR-15749:2009. No entanto, estas normas não mencionam um valor

específico para servir como parâmetro para a resistência de aterramento. E, sim, trazem o conceito de que deve haver o menor valor possível.

Quando se tratar da dispersão da corrente da descarga atmosférica (comportamento em alta frequência) para a terra, o método mais importante de minimizar qualquer sobretensão potencialmente perigosa é estudar e aprimorar a geometria e as dimensões do subsistema de aterramento. Deve-se obter a menor resistência de aterramento possível, compatível com o arranjo do eletrodo, a topologia e a resistividade do solo no local (ABNT NBR 5419, 2015).

Diante disto, os profissionais, ao elaborarem o laudo técnico de SPDA, esperam de um bom aterramento valores reduzidos, que garantem que a corrente elétrica, ao ser captada pelo sistema, consiga se dispersar pelo solo. No entanto, ao fazerem as medições podem se equivocar, justamente por levarem apenas os baixos valores das resistências em consideração e utilizando os instrumentos de medição de forma incorreta.

6.3 Alicate Terrômetro

O Alicate Terrômetro (Figura 13), o instrumento de medição alvo da análise deste trabalho, permite o usuário medir a resistência de terra de uma haste de aterramento sem o uso de eletrodos auxiliares, além de permitir a leitura da resistência de aterramento em sistemas com várias hastes sem desconectar o aterramento em teste. A utilização deste aparelho vem se popularizando devido a sua praticidade e à facilidade de manuseio.

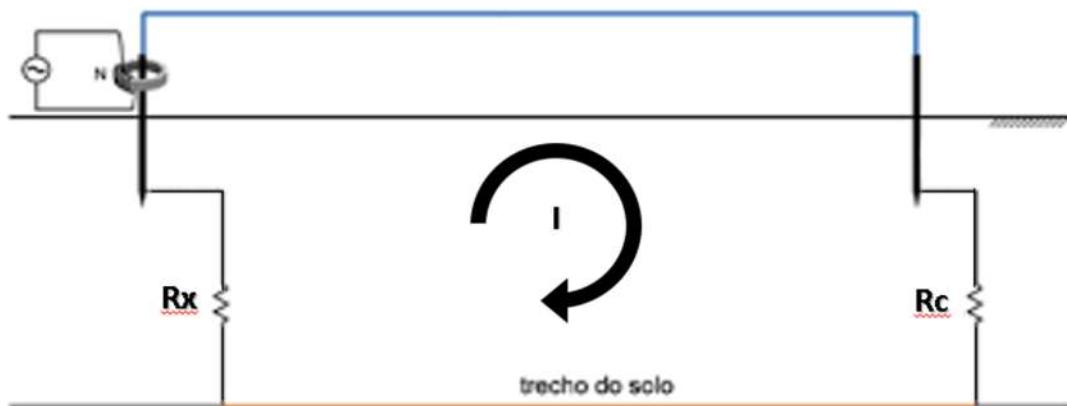
Figura 13 - Alicate Terrômetro.



Fonte: Minipa, 2018.

O instrumento funciona criando uma força eletromotriz que gerará uma corrente elétrica que, imprescindivelmente, necessitará da existência de um laço fechado na estrutura por onde percorrerá permitindo o cálculo da resistência de aterramento (Figura 14).

Figura 14 - Medição da resistência em laço fechado com alicate terrômetro



Fonte: O setor elétrico, 2011.

O valor da resistência obtida será igual ao valor da resistência do laço e obedecerá a seguinte soma (MINIPA, 2018):

$$R_{medido} = R_c + R_x + R_{Cabo}$$

Em que:

Rcabo - resistência (impedância) ôhmica do cabo de ensaio auxiliar;

Rx - resistência (impedância) ôhmica do conjunto formado pelo eletrodo a ser ensaiado, mais a região do solo sob a zona de influência desse eletrodo; e

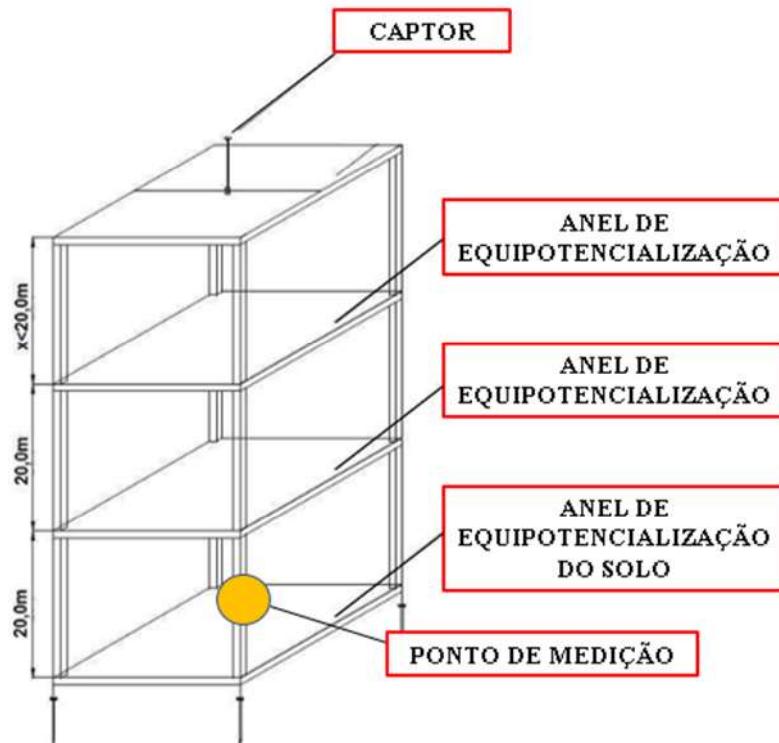
Rc - resistência (impedância) ôhmica do conjunto formado pelo eletrodo auxiliar mais a região do solo sob a zona de influência desse eletrodo.

6.4 Incoerências na utilização do Alicate Terrômetro

A principal incoerência encontrada na medição das resistências com o Alicate Terrômetro é quando a rede de aterramento está disposta com vários elementos conectantes horizontais situados à jusante do ponto de medição. Ao medir as resistências de terra, o alicate terrômetro é posicionado de maneira incorreta alterando o valor real (Figura 15).

A corrente elétrica gerada pela força eletromotriz produzida pelo instrumento de medição procura sempre percorrer o caminho de menor resistência, conforme a 2^a Lei de Ohm, “a intensidade da corrente elétrica que percorre um circuito aumenta proporcionalmente ao aumento da força eletromotriz e decresce proporcionalmente ao aumento da resistência”.

Figura 15 - Medição ôhmica



Fonte: Elaborada pela autora.

É neste sentido que se percebe um equívoco ao estabelecer a tabela de medições das resistências. A corrente elétrica, ao procurar o caminho de menor resistência no SPDA, percorrerá um laço diferente daquele que inclui as hastes de terra e o solo comum que os envolve. Dessa maneira, o equipamento não pode ser utilizado na medição de eletrodos que não formam parte de um laço (ABNT NBR 15749).

A principal e grande desvantagem de não ter necessidade de cravar hastes auxiliares leva alguns usuários a acreditarem que todos os sistemas de aterramento podem ser medidos com este tipo de medidor. No entanto, deve-se ter em conta que no mínimo sejam cumpridas as seguintes premissas:

[...]

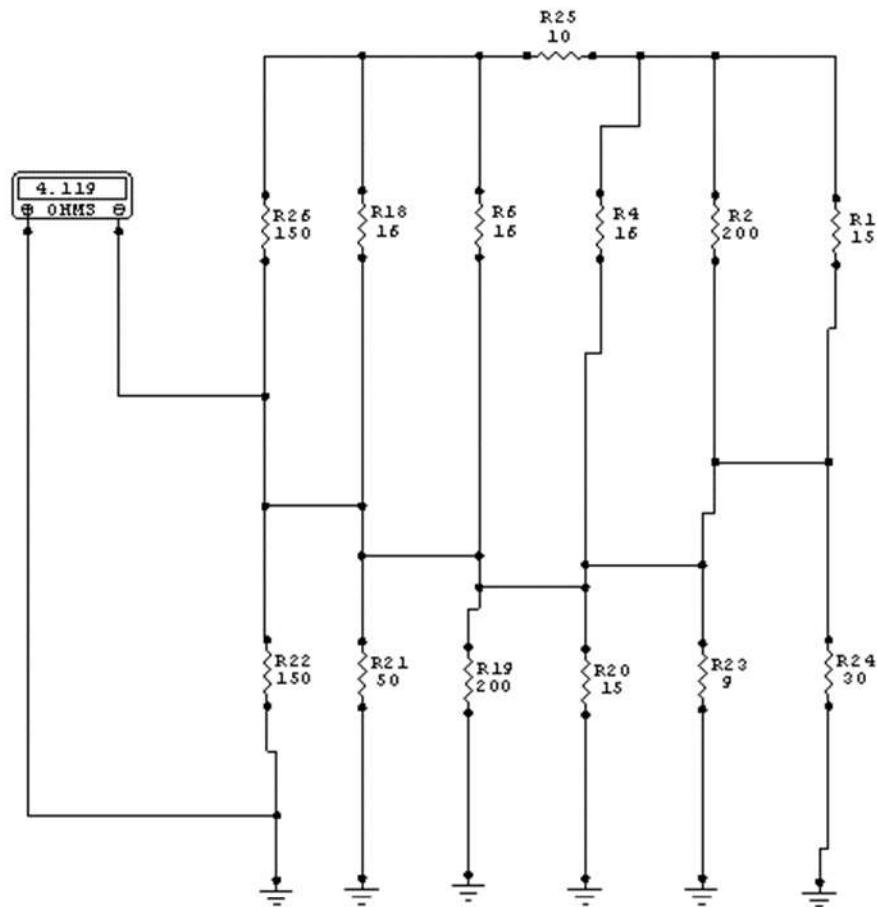
e) a resistência do sistema sob medição deve ser percorrida pela totalidade da corrente injetada no terreno. No caso de aterramentos com múltiplas descidas do SPDA, não se pode aplicar o método para determinar a resistência de aterramento do conjunto. Se o conjunto estiver conectado em

anel, pode-se incorrer no erro de se estar medindo a resistência do laço fechado quando se envolve a descida do SPDA.

6.5 Simulação computacional do problema citado

A seguir foram feitas simulações no aplicativo *CircuitMaker*, software capaz de simular circuitos elétricos, das medições do aterramento, executadas por um ohmímetro que aqui representará o alicate terrômetro, com anel de equipotencialização (Figuras 16 e 17):

Figura 16 - Medição da resistência com presença de anel de equipotencialização.

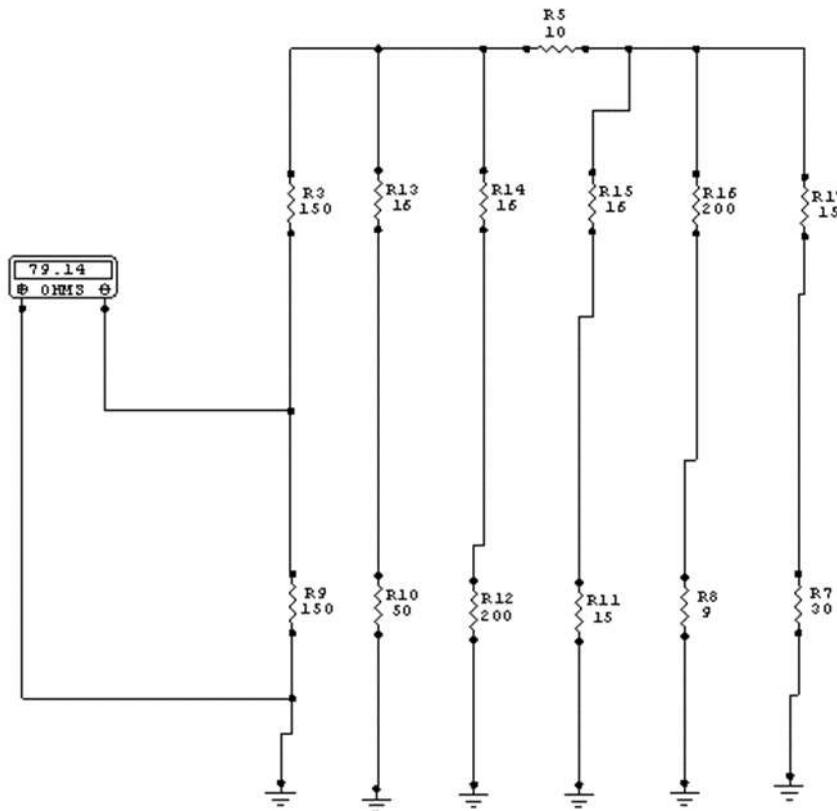


Fonte: feito no aplicativo *CircuitMaker*.

Percebe-se em ambas simulações que o valor da resistência não acusa o valor correto da resistência de aterramento. Na Figura 16, o valor indicado é equivalente ao laço que inclui apenas as resistências das descidas do SPDA e do anel de equipotencialização. A simulação da Figura 17 foi feita em um sistema sem

presença de barramentos de equipotencialização demonstrando a influência deste no para-raios.

Figura 17 - Medição da resistência sem presença de anel de equipotencialização



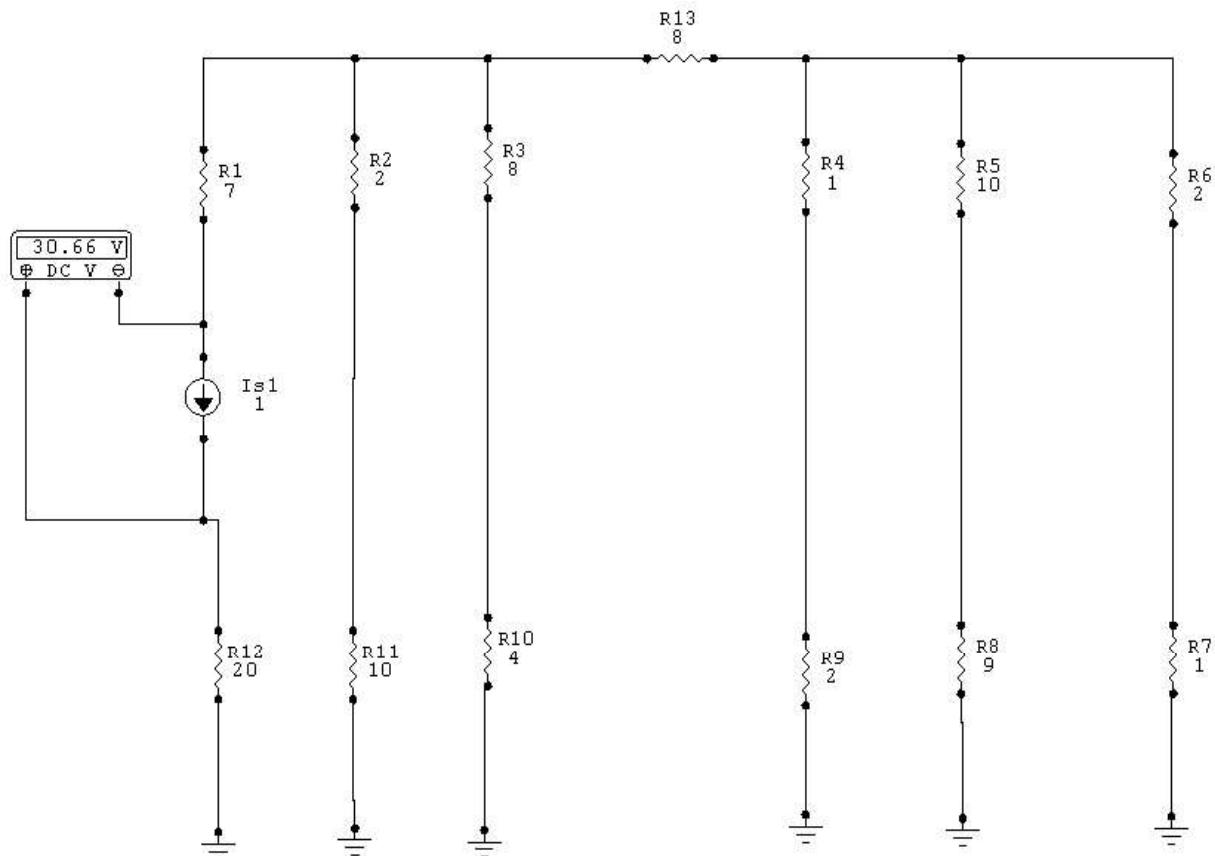
Fonte: feito no aplicativo *CircuitMaker*.

Como forma de explorar mais o problema, resolveu-se simular o circuito com uma fonte de corrente que mimetiza de forma mais inequívoca o funcionamento do alicate terrômetro, como se pode verificar nas próximas figuras. E desta forma, repetiu-se as mesmas condições com alguns resistores diferentes para se ter valores mais próximos de medições reais. Da mesma forma como a ilustração anterior, em outras duas simulações, existem dois circuitos, um com o anel e outro circuito sem o anel.

Para o primeiro circuito (Figura 18), a fonte de corrente é de 1A e o multímetro está medido 30,66V, isso significa, pela Lei de Ohm que a resistência elétrica seria igual a $30,66\Omega$. Por outro lado, o segundo circuito (Figura 19), inseriu-se o anel e desta forma, a tensão medida cai para 8,35V, o que resulta em $8,35\Omega$. Percebe-se claramente que a resistência elétrica cai significativamente quando o anel é considerado, porém esta queda da resistência é artificial e só foi detectada

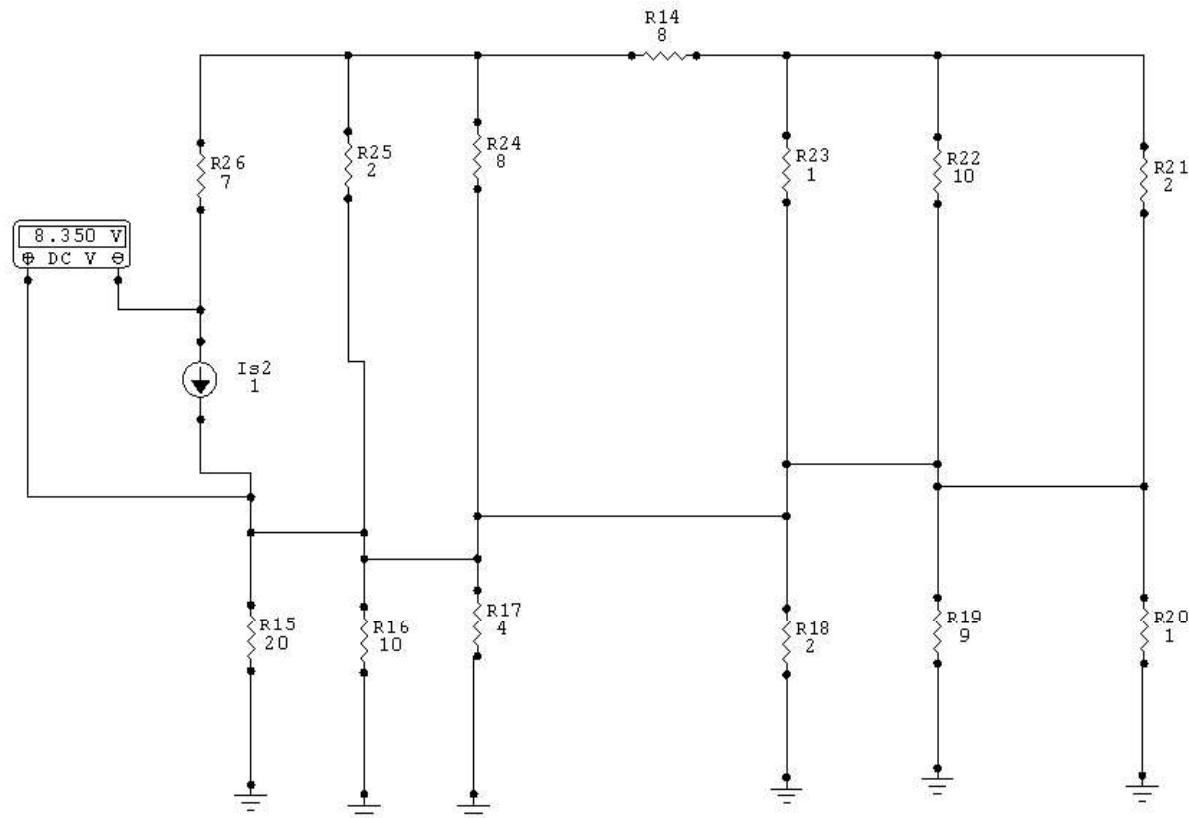
em função da forma como se está medindo: utilizando o alicate terrômetro. Os dois circuitos simulados, evidenciam claramente o problema.

Figura 18 - Medição em SPDA sem anel.



Fonte: feito no aplicativo *CircuitMaker*.

Figura 19 - Medição em SPDA com anel.



Fonte: feito no aplicativo *CircuitMaker*.

7 EFEITOS DA ALTA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

Um subsistema de aterramento, como já mencionado, deve possuir o menor valor possível para as resistências. No entanto, devido a utilização incorreta do alicate terrômetro, por exemplo, esses valores podem ser aparentes e os reais podem estar maiores do que o permitido. Nesses casos, a alta resistência pode causar sérias consequências para o homem. O corpo humano suporta até uma determinada quantidade de corrente elétrica e após esse limite começa a sentir efeitos patológicos.

A avaliação de tais efeitos apresenta certa complexidade, pois os mesmos dependem de muitos fatores (percurso no corpo, intensidade e tempo de duração do choque, tipo de onda e frequência da corrente, valor da diferença de potencial que gera a corrente, condições orgânicas do indivíduo etc.). São várias as formas de manifestação desses efeitos. Numa escala progressiva associada à intensidade de Conceitos básicos de segurança em aterramentos corrente, pode-se dizer que os mesmos evoluem numa certa sequência:

- simples formigamento (ou aquecimento);
- enrijecimento muscular;
- inibição dos centros nervosos (com possibilidade de parada respiratória);
- alteração do ritmo cardíaco (em alguns casos causando a fibrilação ventricular);
- ocorrência de queimaduras profundas com necrose dos tecidos;
- alterações no sangue (provocadas por efeitos térmicos e eletrolíticos da corrente) (VISACRO FILHO, 2005, p. 123)

Em relação ao aterramento elétrico, quando a corrente flui, algumas das situações típicas podem ser descritas, geralmente são classificadas e citadas como parâmetros limitantes no projeto de aterramento. A tensão de passo e a tensão de toque são os principais efeitos gerados pela passagem da corrente elétrica no corpo humano.

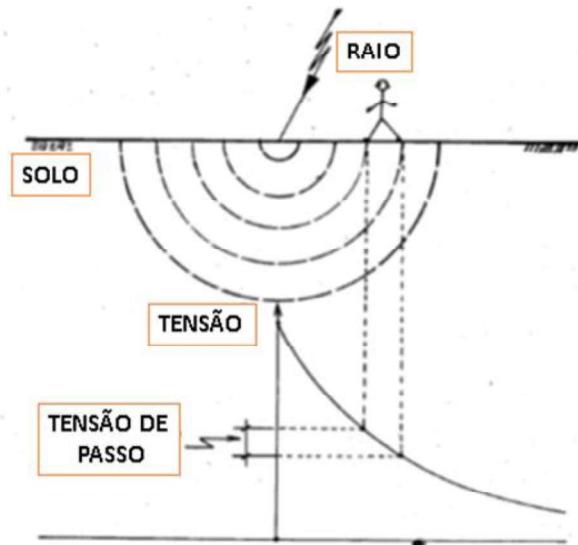
7.1 Tensão de Passo

A tensão de passo é a diferença de potencial (Figura 18) que ocorre entre os pés de uma pessoa ou entre as patas de um animal em contato com o chão energizado. Em um SPDA, isso ocorre devido às descargas atmosféricas de grande potencial ou mesmo um cabo partido em contato com o solo, ou então algum tipo de escoamento de tensão por exemplo um aterramento mal feito.

Máxima diferença de potencial entre os pés (arbitra-se uma distância de 1m entre os mesmos) a que ficaria submetida uma pessoa, eventualmente

presente na região do aterramento, durante o fluxo de corrente pelo mesmo (VISACRO FILHO, 2005, p. 121)

Figura 20 - Tensão de passo de um raio



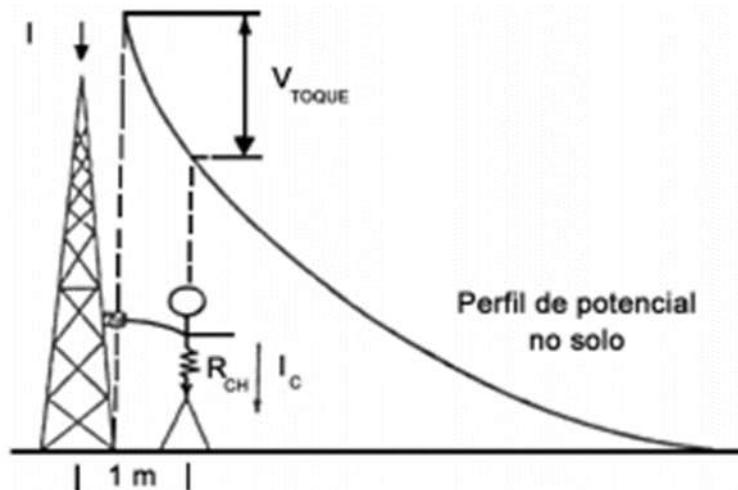
Fonte: Site da FAW7.

7.2 Tensão de Toque

A tensão de toque é a diferença de potencial encontrada entre mão e pés quando uma pessoa toca em uma estrutura metálica (Figura19) em que passa uma corrente forte, como um curto-circuito ou um raio. Este é uma das condições de projeto para evitar choque elétrico.

Tensão de toque: máxima diferença de potencial entre mão e pés a que ficaria submetida uma pessoa, eventualmente presente na região do aterramento, que tivesse contato com uma parte metálica ligada aos seus eletrodos, durante o fluxo de corrente pelo aterramento (considera-se ambos os pés afastados de 1m da estrutura tocada) (VISACRO FILHO, 2005, p. 121)

Figura 21 - Tensão de toque.



Fonte: VISACRO FILHO (2005, p. 121)

8 METODOLOGIA

Nesta etapa serão apresentados os métodos que servirão de base para o entendimento do fenômeno estudado, a partir da utilização de procedimentos adequados será possível identificar e apresentar resultados de cunho científico e dados fidedignos, que são indispensáveis para uma pesquisa no âmbito acadêmico.

Segundo Richardson (1999), o método científico é o método que a sociedade encontra para legalizar o conhecimento obtido com base na experiência, ou seja, quando o conhecimento é obtido pelo método científico, qualquer pesquisador que repita a pesquisa nas mesmas circunstâncias pode obter resultados semelhantes. Desta forma é fundamental a aplicação de métodos adequados a pesquisa.

8.1 Quanto à natureza

Metodologicamente, este estudo se baseia em uma pesquisa de natureza aplicada, pois procura produzir conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. De acordo com Barros e Lehfeld (2000, p. 78), a motivação da pesquisa aplicada é a necessidade de gerar conhecimento para aplicar seus resultados, o objetivo é promover propósitos práticos, com o objetivo de resolver mais ou menos imediatamente os problemas encontrados na realidade.

8.2 Quanto aos objetivos

De acordo com Castro (1976) de forma geral as pesquisas científicas podem ser classificadas em três tipos: exploratória, descritiva e explicativa. Desta forma, quanto aos objetivos, este estudo se baseia em uma pesquisa de caráter exploratório, pois será realizado o levantamento de um conjunto de informações e dados que levarão ao maior conhecimento acerca do tema.

O principal objetivo da pesquisa exploratória é desenvolver, esclarecer e revisar conceitos e ideias com o intuito de fazer perguntas mais precisas ou hipóteses pesquisáveis para investigações futuras. De modo geral, visa explorar problemas a fim de fornecer informações para pesquisas mais precisas. Tem como

finalidade estabelecer um relacionamento mais próximo com o tema e podem construí-lo com base em suposições ou intuição.

Um trabalho é de natureza exploratória quando envolver levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram (ou tem) experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Possui ainda a finalidade básica de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias para a formulação de abordagens posteriores. Dessa forma, este tipo de estudo visa proporcionar um maior conhecimento para o pesquisador acerca do assunto, a fim de que esse possa formular problemas mais precisos ou criar hipóteses que possam ser pesquisadas por estudos posteriores (GIL, 1999, p. 43).

8.3 Quanto aos procedimentos

Quanto aos procedimentos será realizada uma pesquisa documental e pesquisa bibliográfica, em que serão analisados livros, artigos, periódicos, normas e laudos técnicos de SPDA feitos por profissionais. Neste mesmo sentido, Gil (2007, p. 44) esclarece que o exemplo mais típico desse tipo de pesquisa é uma investigação da ideologia ou um estudo que propõe uma posição diferente para analisar o problema.

A pesquisa documental trilha os mesmos caminhos da pesquisa bibliográfica, não sendo fácil por vezes distingui-las. A pesquisa bibliográfica utiliza fontes constituídas por material já elaborado, constituído basicamente por livros e artigos científicos localizados em bibliotecas. A pesquisa documental recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, etc. (FONSECA, 2002, p. 32).

8.4 Quanto à abordagem do problema

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa é de caráter qualitativa, onde serão interpretados os fenômenos e coletados dados nos laudos técnicos produzidos pelos profissionais.

A pesquisa qualitativa preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais. Para Minayo (2001), a pesquisa qualitativa trabalha com um universo de significado, motivação, ambição, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo de relacionamentos, processos e fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalidade de variáveis.

Uma das vantagens básicas desse tipo de pesquisa é que permite o estudo de pessoas às quais não temos acesso físico, porque não estão mais vivas ou por problemas de distância. Se quisermos, por exemplo, estudar as relações patrão-empregado antes da Revolução Industrial, teremos quer e correrá documentos diversos de empresas da época, uma vez que não será possível encontrar pessoas que tenham vivido naquele período para entrevistar. Além disso, os documentos constituem uma fonte não-reactiva, as informações neles contidas permanecem as mesmas após longos períodos de tempo. Podem ser considerados uma fonte natural de informações à medida que, por terem origem num determinado contexto histórico, econômico e social, retratam e fornecem dados sobre esse mesmo contexto. Não há, portanto, o perigo de alteração no comportamento dos sujeitos sob investigação (GODOY, 1995)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou o esclarecimento quanto a uma dificuldade que pode surgir nas análises dos laudos técnicos de SPDA. As medições das resistências ôhmicas no subsistema de aterramento fazem parte do documento e deve ser objeto de análise pelo agente da segurança pública. Uma vez que a utilização do instrumento de medição, o alicate terrômetro, está se tornando mais comum e que, por diversos motivos, permite a facilidade de manuseio e transporte, é necessário manter a precaução ao examinar os pareceres técnicos referentes ao SPDA.

Dada a importância do assunto para o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão, é imprescindível o aumento da prudência no momento do aceite de projetos que se refiram a SPDA e, mais especificamente, os que fazem o uso do alicate terrômetro como instrumento de medição das resistências. Como mencionado, as consequências humanas e materiais são graves e podem gerar desconforto e desgaste imensos. A passagem de corrente elétrica pelo corpo humano pode causar efeitos patológicos irreversíveis e até fatais.

Nesse sentido, a pesquisa bibliográfica foi de extrema relevância, uma vez que a maior parte das informações foram extraídas das obras de teóricos das áreas da engenharia e segurança pública. Além disso, foram identificadas as principais normas que regem um projeto e análise de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas para construir o corpo do trabalho.

Devido às dificuldades relacionadas à logística e à escassez de recursos, desencadeadas pela nova pandemia que assola o Brasil e o restante do mundo, o objetivo inicial do trabalho não pode ser finalizado. Assim, as resoluções para a problemática na medição das resistências de terra no SPDA pelo profissional de segurança pública, mais especificamente o bombeiro militar, não foram desenvolvidas. No entanto, a pesquisa fica então em evidência e estará disponível à evolução em uma futura pós-graduação.

Ainda assim, ao trazer um iminente problema que pode ocorrer na Corporação e, considerando as repercussões negativas produto dos danos materiais e humanos, a relevância do tema torna-se pertinente diante da sociedade. Outrossim, o CBMMA na figura do órgão responsável por atuar no âmbito do Estado, exercendo atividades de polícia administrativa para os serviços de Segurança

Contra Incêndio e Pânico e de Salvamento, pode atuar por meio de estudos, vistorias e fiscalizações no controle de edificações e projetos com a finalidade de que estes estejam de acordo com as normas e requisitos técnicos. Assim, atuando na prevenção de eventos que causem perdas gerais para a sociedade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Marcel. **Projeto de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas para uma Linha de Transmissão de 69kV**. São Carlos, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5419-1: **Proteção contra descargas atmosféricas**: Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro, 2015.

_____. ABNT NBR 5419-2: **Proteção contra descargas atmosféricas**: Parte 2: Gerenciamento de risco. Rio de Janeiro, 2015.

_____. ABNT NBR 5419-3: **Proteção contra descargas atmosféricas**: Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida. Rio de Janeiro, 2015.

_____. ABNT NBR 5419-4: **Proteção contra descargas atmosféricas**: Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura. Rio de Janeiro, 2015.

BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S. **Projeto de pesquisa**: propostas metodológicas. Petrópolis: Vozes, 2000.

BRASIL. **Lei Federal Nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**. Institui a "Anotação de Responsabilidade Técnica" na prestação de serviços de engenharia, de arquitetura e agronomia; autoriza a criação, pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CONFEA, de uma Mútua de Assistência Profissional; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6496.htm>. Acesso em: 14 de jul. 2020.

CASTRO, C. M. **Estrutura e apresentação de publicações científicas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. 21 ed. São Paulo: Érica, 2013.

CONFEA. **Decisão Normativa nº 070, de 26 de outubro de 2001**. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=624&idTi>>. Acesso em: 10 de dez. 2019.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO MARANHÃO. **Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico**. Maranhão, 1995. Disponível em: <<https://cbm.ssp.ma.gov.br/index.php/cbmma/institucional/legislacao/#1495502092506-aa5b50da-f39a>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO MARANHÃO. Norma Técnica N° 01/2019: **Procedimentos Administrativos**. Maranhão, 2019. Disponível em: <https://cbm.ssp.ma.gov.br/wp-content/uploads/2020/01/NT-01_2019-procedimentos-administrativos.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2002.

- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- _____, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa qualitativa tipos fundamentais. In: **RAE- Revista de Administração de Empresas**. v. 35, n. 2, São Paulo, 1995.
- INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. 2017. Disponível: <<http://www.inpe.br>> em Acesso em 15 de dez. 2019.
- MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 9^a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- MINAYO, M. C. de S. (Org.). et al. **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade**. 30. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.
- MINIPA DO BRASIL LTDA. **Alicate Terrômetro Earth Clamp Meter Telurômetro de Pinza Et-4310**. São Paulo: Minipa Do Brasil Ltda., 2018.
- MODENA, Jobson; SUETA, Hélio. **Métodos normalizados para medição de resistência de aterramento**. O Setor Elétrico. n. 66, 2011.
- RICHARDSON, Roberto J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.
- SOUZA, André Nunes de et al. **SPDA Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas Teoria, Prática e Legislação**. São Paulo: Érica, 2014.
- VISACRO FILHO, Silvério. **Aterramentos Elétricos**: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento. São Paulo: Artliber, 2002.
- VISACRO FILHO, Silvério. **Descargas Atmosféricas uma abordagem de engenharia**. Artliber Editora, 2005.

ANEXO A – DECLARAÇÃO DE PLÁGIO



DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

1. Eu, ASP OF BM, **Thayane** Cristhina Santos Viana, declaro para todos os fins que meu trabalho de fim de curso intitulado "LEVANTAMENTO DE VÍCIOS PERIGOSOS DURANTE AS MEDIÇÕES ÔHMICAS DO SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO DO SPDA COM EMPREGO DESFAVORÁVEL DO ALICATE TERRÔMETRO" é um documento original elaborado e produzido por mim.

Dados do Orientador:

Nome/Grau/Hierarquia: Prof. PhD Mauro Sérgio Silva Pinto

Filiação/Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

E-mail: maurossp@yahoo.com.br

Telefones: (98) 9 8896-4585

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Thayane Cristhina Santos Viana".

DISCENTE

CPF: 607.222.293-56