

FACULDADE METROPOLITANA DE RIO DO SUL - FAMESUL

SPDA - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

**RIO DO SUL
2020**

FACULDADE METROPOLITANA DE RIO DO SUL - FAMESUL

ALTAIR BALDO JUNIOR

SPDA - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Departamento de Serviço Social Faculdade Metropolitana de Rio do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Prof. Orientador: Marcelo da Silva

**RIO DO SUL
2020**

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela saúde e pela oportunidade de poder fazer parte de uma instituição de ensino superior, pela graça de adquirir conhecimento, concluir com muita dedicação e compromisso este curso de Engenharia Elétrica.

Aos meus pais Altair e Margarete, que foram os principais responsáveis desse longo caminho, sempre incentivando, apoiando de forma muito afetiva e amorosa. E mesmo nas horas mais difíceis sempre estavam presentes. Pai e Mãe, tudo que sou hoje agradeço a vocês, amo vocês obrigado por tudo.

A minha noiva Jéssyca, primeiramente por todo amor, carinho, apoio, incentivo e por sempre estar comigo nos momentos difíceis me acalmando e me guiando para sempre fazer o melhor. Você tem grande culpa de todo esse sonho estar sendo realizado, muito obrigado, te amo muito.

Ao corpo docente da Faculdade Metropolitana de Rio do Sul – Famesul que ao longo do curso foram fundamentais e essenciais. Contribuíram com seus conhecimentos e esforços para que minha formação fosse a melhor possível, fizeram toda a diferença. Ao meu Prof. Orientador Marcelo da Silva que sempre com muita disponibilidade, conhecimento e paciência de me orientar. Muito obrigado professor, tenho em você um exemplo de pessoa e profissional.

A todos os meus amigos e colegas de curso, que sempre me apoiaram e me deram força nas horas difíceis. Por todos os momentos de alegria e troca de informações.

RESUMO

Como tema deste trabalho, irá falar sobre descargas atmosféricas, como acontecem e os danos que podem causar, será explicado o que é o SPDA- Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, como também a Norma, modelos dos equipamentos de proteção disponíveis no mercado, e qual sua importância. Será feito registros de medição em um Ginásio de Esporte e uma Fábrica de Jeans e apresentado o sistema de proteção utilizado. A norma vem para minimizar ou até mesmo evitar problemas dos efeitos causados com descargas atmosféricas. Grandes impactos podem ser causados, como explosões, incêndios, danos materiais e corporais, que podem atingir tanto pessoas, como animais. A norma é conhecida popularmente, como Para-raios. No SPDA, existem 3 (três) métodos a serem utilizados, que são: método Franklin; método Eletro geométrico e/ou esfera rolante; método das malhas (Gaiola de Faraday). Cada qual com suas especificações e características, que podem ser usadas isoladas ou até mesmo a combinação de todas. Todos os métodos podem contribuir para a diminuição dos riscos e danos aos equipamentos, quando atingidos, mas nunca teremos 100% de proteção, apesar de tudo, são descargas atmosféricas.

Palavras-chave: Descargas Atmosféricas. SPDA. Para- Raios. Proteção. Segurança.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tempestade com descargas elétricas.....	11
Figura 2: Tipos de relâmpagos.....	12
Figura 3: Relâmpago em uma torre.....	12
Figura 4: Relâmpago nas nuvens.....	13
Figura 5: Relâmpago raros, esféricos.....	14
Figura 6: Descargas atmosféricas.....	16
Figura 7: SPDA.....	21
Figura 8: Sistema de Proteção + Raios.....	21
Figura 9: Incêndios causados por Raios	23
Figura 10: Manutenção do sistema SPDA.....	24
Figura 11: Para-Raios Tipo Franklin.....	26
Figura 12: Gaiola de Faraday.....	27
Figura 13 e 14: Esfera Rolante e/ou Eletro Geométrico.....	28
Figura 15. Terrômetro.....	28
Figura 16: Terrômetro.....	30

LISTA DE TABELA

Tabela 01: Medição de Resistencia e Tensão do Solo.....	31
Tabela 02: Medição de Resistencia e Tensão do Solo.....	32

SUMÁRIO

Agradecimentos	3
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVOS.....	10
1.3 JUSTIFICATIVA.....	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	11
2.1 RAIOS	11
2.2 RELÂMPAGOS NO SOLO.....	12
2.3 RELÂMPAGOS NA NUVEM.....	13
2.4 RELÂMPAGOS RAROS.....	14
2.5 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	16
3 SPDA - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS .	18
3.1 ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS	18
3.2 NORMA NBR 5419	19
3.3 SPDA – O QUE É?.....	20
3.4 SPDA - RISCOS SEM O SISTEMA	22
3.5 LAUDO DE SPDA.....	23
3.6 INSPEÇÃO.....	24
3.7 MANUTENÇÃO.....	24
3.8 OBRIGATORIEDADE DO SPDA	25
3.9 NÍVEL DE PROTEÇÃO.....	25
4 MODELOS DE SPDA - SISTEMAS DE PROTEÇÃO DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	25
4.1 CAPTOR DO TIPO DE FRANKLIN	26
4.2 GAIOLA DE FARADAY	26
4.3 MODELO ELETROGEOMÉTRICO – O MÉTODO DA ESFERA ROLANTE	28
5 TERRÔMETRO	28
5.1 INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA.....	29
5.2 TROCAS DE BATERIAS	29
5.3 CARACTERÍSTICAS.....	29
5.4 ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS	29
5.5 OPERAÇÃO.....	30
6 METODOLOGIA.....	31
7 RESULTADOS FINAIS	31
7.1 GINÁSIO DE ESPORTES.....	31
7.2 FABRICA DE JEANS	32

8 CONCLUSÃO.....	33
9 REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O SPDA- Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, nada mais é que um conjunto de dispositivos instalados nos pontos mais altos das edificações e estruturas, conectados à terra por meio de condutores. Este sistema pode ser utilizado nas indústrias, residências e comércios.

Todos os anos, fortes chuvas e tempestades, principalmente nas estações mais quentes, podem causar grandes transtornos e prejuízos, sejam eles materiais como também corporais. Descargas atmosféricas podem causar grandes perturbações nas redes aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

O sistema SPDA, veio como forma de proteção de raios e seu principal objetivo é encaminhar a energia do raio, desde o ponto que ele atinge a edificação até o aterramento, o mais rápido e seguro possível.

Neste trabalho, será apresentado a fundamentação teórica do SPDA, métodos de proteção existentes, o que é o sistema, quando deve ser usado e por que deve ser implantado o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA).

Será feito uma breve explicação sobre o aparelho utilizado e a medição da resistência ôhmica do solo. Os locais de medição e análise, já possuem instalação do sistema de SPDA. Os dados, juntamente com fotos, serão analisados e explicados de acordo com cada informação coletada.

A aplicação desta norma é exigida de acordo com cada legislação local, através do Corpo de Bombeiros e regulamentada pela ABNT. Segundo a Norma NBR 5419, seu principal objetivo é evitar ou minimizar, o impacto dos efeitos das descargas atmosféricas, que podem ocasionar incêndios, explosões, danos materiais e corporais.

1.1 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Definir e descrever em estudo geral que fala sobre SPDA - Sistema De Proteção Contra Descargas Atmosféricas, tipos de proteção existentes, equipamento de medição usado e visita com obtenção de fotos do sistema utilizado no local.

1.2.2 Específicos

Através do estudo geral sobre SPDA - sistema de proteção contra descargas atmosféricas, com foco nos tipos existentes de proteção, equipamentos de medição, iremos abordar os temas:

- Descrever sobre descargas atmosféricas: como acontecem, como chegam a superfície e os possíveis danos;
- Demonstrar o que é o SPDA, definir quando precisa ser usado e qual a importância;
- Citar a NORMA NBR 54-19;
- Identificar os modelos de SPDA;
- Registrar através de fotos e explicações sobre os equipamentos instalados em um Ginásio de esportes e uma Fábrica de Jeans;

1.3 JUSTIFICATIVA

O tema SPDA, foi escolhido por se tratar de um assunto de suma importância dentro do âmbito comercial, industrial e residencial. Pois quando falamos em descargas atmosféricas, temos que ter em mente, que além dos prejuízos materiais, podemos também sofrer com percas humanas e animais. Toda proteção que tivermos disponível para as edificações, podem ajudar a controlar possíveis danos causados por raios, que são fenômenos naturais.

É muito importante falar deste assunto, que pode contribuir muito para todos. Evitando prejuízos e deixando os locais mais seguros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RAIOS

Esta é uma das mais violentas manifestações da natureza. Manifestação que, em uma fração de segundos, pode produzir uma carga de energia tão alta cujos parâmetros podem chegar a:

- 125 milhões de volts
- 200 mil ampères
- 25 mil graus centígrados



Figura 1: Tempestade com descargas elétricas
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/raios>.

Para que um raio possa ocorrer é necessário que existam cargas de sinais opostos entre nuvens ou entre nuvens e o solo, quando isso ocorre, a atração entre as cargas é tão grande que provoca a descarga elétrica. Tais cargas foram nomeadas de cargas positivas e cargas negativas por Benjamin Franklin, por volta de 1750, século XVIII, quando esse realizou grandes descobertas sobre a eletricidade. Além de identificar o sinal das cargas, positivas e negativas, Franklin demonstrou de modo experimental que os raios são um fenômeno de natureza elétrica.

Os raios podem ser classificados de acordo com sua origem (conforme a Figura 2), assim, eles podem ser:

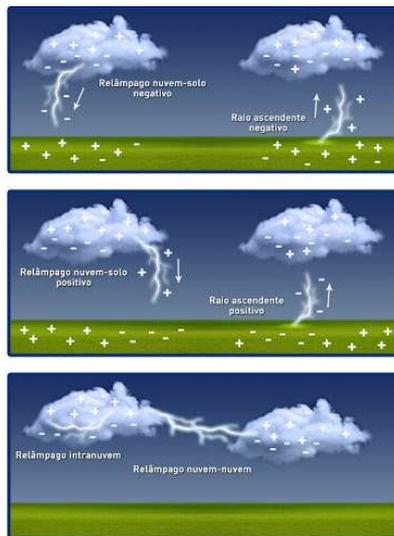


Figura 2: Tipos de relâmpagos

Fonte: <http://www.dge.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/tipos.php>

2.2 RELÂMPAGOS NO SOLO

Relâmpagos no solo podem se originar dentro da nuvem Cumulonimbus (relâmpago nuvem-solo) ou no solo (relâmpago solo-nuvem). Mais de 99% dos relâmpagos no solo são relâmpagos nuvem-solo. Em raras ocasiões, relâmpagos nuvem-solo apresentam um canal alargado ou com múltiplas interrupções, sendo conhecidos nestes casos como relâmpagos de faixa ou relâmpagos em contas.

Relâmpagos solo-nuvem são relativamente raros e, geralmente, ocorrem no topo de montanhas ou estruturas altas, como torres.



Figura 3: Relâmpago em uma torre

Fonte: <https://tempojoapessoa.jimdofree.com/raios/tipos-de-raios>

Os relâmpagos no solo podem também ser classificados em termos do sinal da carga líquida transportada da nuvem para o solo, como relâmpagos negativos ou relâmpagos positivos. Cerca de 90% dos relâmpagos do tipo nuvem-solo e solo-nuvem que ocorrem em nosso planeta são negativos. Este percentual, entretanto, pode mudar substancialmente em determinadas tempestades.

2.3 RELÂMPAGOS NA NUVEM

Relâmpagos na nuvem originam-se dentro das nuvens Cumulonimbus e propagam-se dentro (relâmpago intranuvem) ou fora da nuvem rumo à outra nuvem (relâmpago nuvem-nuvem) ou, ainda, fora da nuvem numa direção qualquer (descarga para o ar). Cerca de 70% do total de relâmpagos são do tipo intranuvem. Embora eles sejam a maioria dos relâmpagos, são menos conhecidos que os relâmpagos no solo, em parte porque eles são menos perigosos e porque são escondidos pela nuvem. Relâmpagos intranuvem são normalmente visíveis apenas como um clarão no céu.



Figura 4: Relâmpago nas nuvens

Fonte: http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/index.php?p=blog_tipos%20de%20relampagos

Em geral, o canal inicia-se na região inferior de cargas negativas com diversas ramificações horizontais, propagando-se então para cima em direção à região de cargas positivas, onde novamente ramifica-se horizontalmente. Mas em alguns casos o canal se inicia na parte superior da nuvem e se propaga para baixo, quando surgem os relâmpagos intranuvem invertidos.

Em alguns casos, o canal pode sair da nuvem para em seguida retornar para dentro dela. Nesses casos, eles podem ser confundidos com relâmpagos entre nuvens e descargas para o ar. Relâmpagos na nuvem costumam ser os primeiros a ocorrer em uma tempestade, precedendo os relâmpagos no solo por várias dezenas de minutos, dependendo do tipo de tempestade. Relâmpagos intranuvem costumam também apresentar um aumento de atividade durante períodos que antecedem tornados, diferentemente do relâmpago nuvem-solo, que podem ter atividade variada nesses momentos. Por sua vez, o percentual de relâmpagos intranuvem de uma tempestade específica pode ser altamente variável, com valores desde 30% até 100%.

2.4 RELÂMPAGOS RAROS

Uma forma rara de relâmpagos, não incluída nas categorias acima, são os relâmpagos esféricos. Um relâmpago esférico é uma esfera luminosa que geralmente ocorre perto das tempestades, mas não necessariamente simultaneamente a um relâmpago normal. A luz emitida pode ser vermelha, amarela, azul, laranja ou branca e tem um diâmetro de 10 a 40 centímetros. Em geral, surgem próximos ao solo e mantêm um brilho constante até desaparecer.

Os relâmpagos esféricos podem se mover ou ficar parados, podem ser silenciosos ou produzir estalos, durar poucos segundos ou alguns minutos e desaparecem lenta ou subitamente em silêncio ou produzindo um ruído. Embora eles tenham sido observados por mais de um século, não são bem conhecidos e ainda são considerados como um mistério.



Figura 5: Relâmpago raros, esféricos

Fonte: <https://www.tempo.com/noticias/ciencia/o-estranho-fenomeno-relampago-bola.html>

Outra forma rara de relâmpago são os relâmpagos bipolares, ainda pouco conhecidos. Eles são caracterizados por apresentarem corrente de ambas as polaridades. Evidências

sugerem que na maioria dos casos eles se iniciam com uma descarga de retorno negativa. Acredita-se que esses relâmpagos possam ser uma forma rara (cerca de 5%) de um relâmpago solo-nuvem. Medidas feitas durante a época de inverno no Japão têm registrado algumas tempestades com um percentual de quase 20% de relâmpagos bipolares. As causas desses altos valores ainda não são conhecidas.

Um raio dura em média meio segundo. Nesse intervalo de tempo vários fenômenos ocorrem, entre eles os fenômenos físicos e climáticos. De acordo com a variação do clima os raios podem ser mais ou menos intensos. Algumas regiões do planeta têm tendência para a formação de descargas elétricas, originando os raios.

A formação de um raio ocorre de forma rápida e violenta. Essa formação se dá a partir da grande diferença de potencial entre as cargas, positivas e negativas, entre nuvens e o solo ou até mesmo entre nuvens, e quando o campo elétrico de uma nuvem supera o limite de capacidade dielétrica do ar atmosférico, que normalmente varia entre 10000 volts/cm e 30000 volts/cm, dependendo das condições locais. O ar que está entre as cargas, ao se ionizar, torna-se condutor, permitindo assim que ocorra uma forte descarga elétrica. Devido a essa forte ionização do ar que está entre as cargas elétricas em movimento é que ocorrem os chamados relâmpagos, que é a parte visual de um raio. A parte sonora ocorre em virtude do aquecimento brusco e da rápida expansão do ar, produzindo assim uma forte pressão que se manifesta através do trovão, parte sonora. Sendo assim, relâmpago e trovão são conceitos diferentes, mas que tem origem no mesmo fenômeno, o raio.

A ionização da nuvem ocorre em razão das milhares de colisões das partículas de gelo que se encontram no seu interior, esta é uma das teorias aceitas. Outra causa, que não exclui a primeira, estaria em efeitos resultantes da diferença de condutividade elétrica do gelo em face das diferenças de temperatura no interior da nuvem. Durante as colisões, as partículas de gelo se rompem, perdendo elétrons e transformando em íons, o que torna a nuvem eletricamente carregada, vejamos:

Se as nuvens acumulam uma grande quantidade de cargas elétricas que não foram neutralizadas pela descarga principal, iniciam-se as chamadas descargas reflexas ou múltiplas, que são semelhantes às da descarga principal. (MAMEDE Filho, 2012, p 490).

A ionização da nuvem ocorre em razão das milhares de colisões das partículas de gelo que se encontram no seu interior, esta é uma das teorias aceitas. Outra causa, que não

exclui a primeira, estaria em efeitos resultantes da diferença de condutividade elétrica do gelo em face das diferenças de temperatura no interior da nuvem. Durante as colisões, as partículas de gelo se rompem, perdendo elétrons e transformando em íons, o que torna a nuvem eletricamente carregada. (Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/raios.htm>).

2.5 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Descarga atmosférica é definida como uma descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens (Figura 6), consistindo em um ou mais impulsos de vários quilo ampères. Para os leigos, as descargas atmosférica seriam os raios, apesar de tecnicamente segundo a mesma norma, o raio ser apenas um dos impulsos elétricos de uma descarga atmosférica para a terra.



Figura 6: Descargas atmosféricas

Fonte:

<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/caracteristicas.da.corrente.eletrica.php>

Para Cavalin e Cervelin (2011, p 373) consta que:

“Os relâmpagos, descargas atmosféricas, ou ainda os raios, são formados dentro de uma nuvem denominada Cumulo nimbo, que possui características diferenciadas em relação às outras, por ser verticalmente mais extensa. Essas nuvens se formam na altura de 2.000 metros do solo e podem se estender até 18.000 metros acima”

O raio, que também pode ser chamado de relâmpago, é um fenômeno natural, é uma forma de percebermos a energia elétrica sendo manifestada em um efeito visível aos olhos

de forma luminosa. A descarga atmosférica provoca uma corrente elétrica de imensa intensidade que ao longo do seu percurso ioniza o ar e cria um plasma que emite radiação eletromagnética, em parte sob forma de luz.

De acordo com o site da INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), raios são descargas elétricas de grande extensão.

“Descargas atmosféricas são descargas elétricas de grande extensão (alguns quilômetros) e de grande intensidade (picos de intensidade de corrente acima de um quilo ampère), que ocorrem devido ao acúmulo de cargas elétricas em regiões localizadas da atmosfera, em geral dentro de tempestades. A descarga inicia quando o campo elétrico produzido por estas cargas excede a capacidade isolante, também conhecida como rigidez dielétrica, do ar em um dado local na atmosfera, que pode ser dentro da nuvem ou próximo ao solo. Quebrada a rigidez, tem início um rápido movimento de elétrons de uma região de cargas negativas para uma região de cargas positivas. Existem diversos tipos de descargas, classificadas em função do local onde se originam e do local onde terminam.” (INPE)

Conforme NBR 5419-1 - Proteção contra descargas atmosféricas, Parte 1: Princípios gerais (2015, p 2), existem tipos de descargas atmosféricas:

“Descarga atmosférica para terra (lightning flash to earth): descarga elétrica de origem atmosférica entre nuvem e terra, consistindo de uma ou mais componentes da descarga atmosférica;
Descarga atmosférica descendente (downward flash): descarga atmosférica iniciada por um líder descendente de uma nuvem para terra;
Descarga atmosférica ascendente (upward flash): descarga atmosférica iniciada por um líder ascendente de uma estrutura aterrada para uma nuvem.” (ABNT NBR 5419-1, 2015)

Outra parte da grande energia de uma descarga atmosférica é responsável pela geração de um grande estrondo proveniente da onda de choque, conseqüente aquecimento e subsequente expansão supersônica do ar, este efeito comumente leva o nome de trovão.

A elevação térmica em uma descarga atmosférica consegue alcançar os incríveis 30000°C em frações de segundo e o local onde a descarga atmosférica atinge o solo e chamado de ponto de impacto. É importante saber que descarga elétrica atmosférica é um fenômeno natural absolutamente imprevisível e aleatório e de magnitudes da mesma forma imprevisíveis, tanto em características elétricas como em efeitos destruidores quando incidindo sobre estruturas, edificações e equipamentos.

Sabemos que não existem meios práticos (de acordo com normas vigentes) que impeçam a queda de uma descarga atmosférica sobre estruturas, edificações e equipamentos, sendo desta forma todas as soluções utilizadas em Sistemas de Proteção de Descargas

Atmosféricas (SPDA) formas de se amenizar o efeito possivelmente destruidor de uma destas descargas atmosféricas.

Devido a sua natureza devastadora a descarga atmosférica quando tem o ponto de impacto um ser humano, ou o ser humanos esteja nas proximidades de um ponto de impacto, haverá alta probabilidade de um eletrocuto mento devido a passagem de corrente elétrica no corpo deste indivíduo o que acarretará serias lesões e provável morte devido as grandes correntes existentes em tais fenômenos naturais.

“O Brasil é campeão mundial em raios. Ele é atingido anualmente por 100 milhões de raios.” (Cavalin e Cervelin, 2011, p. 375). A maior parte da incidência das descargas atmosféricas em território nacional brasileiro, se dá em regiões longe do litoral.

(Disponível <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-descargas-atmosfericas>).

3 SPDA - SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

3.1 ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

É muito importante que sejam definidas nas instalações prediais sistemas que protejam todos aqueles que utilizam do espaço, entre muitos cuidados e sistemas devem ser tomadas medidas para que se minimizes os impactos das descargas atmosféricas. Com este intuito a ABNT criou normas para diversas áreas incluindo uma norma para a proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros). Disponível em: (<https://www.mundodaeletrica.com.br/a-nbr-5419-protacao-de-estruturas-contradescargas-atmosfericas/>).

3.2 NORMA NBR 5419

A NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, é a norma que fala dentre outros importantes assunto do SPDA (sistemas de proteção contra descargas atmosféricas). Fica distribuída, como:

- NBR 5419-1 - Princípios Gerais

Esta parte estabelece os requisitos para a determinação de proteção contra descargas atmosféricas.

- NBR 5419-2 - Gerenciamento de Risco

Esta parte estabelece os requisitos para análise de risco em uma estrutura devido às descargas atmosféricas para a terra.

- NBR 5419-3 - Danos Físicos a Estruturas e Perigos à Vida

Esta parte estabelece os requisitos para proteção de uma estrutura contra danos físicos por meio de um SPDA - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas - e para proteção de seres vivos contra lesões causadas pelas tensões de toque e passo nas vizinhanças de um SPDA.

- NBR 5419-4 - Sistemas Elétricos e Eletrônicos Internos na Estrutura

Esta parte fornece informações para o projeto, instalação, inspeção, manutenção e ensaio de sistemas de proteção elétricos e eletrônicos (Medidas de Proteção contra Surtos — MPS) para reduzir o risco de danos permanentes internos à estrutura devido aos impulsos eletromagnéticos de descargas atmosféricas (LEMP).

Seu campo de aplicação é definido na própria norma em seu capítulo 1.

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis ao projeto, instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) de estruturas, bem como de pessoas e instalações no seu aspecto físico dentro do volume protegido.

Abrangendo aspectos como projeto, instalação e manutenção torna-se esta norma padrão para qualquer consulta referente a este sistema em específico. A norma ainda dita no item 1.2 que esta norma a quais os tipos de instalações a mesma se refere.

1.2 Esta Norma aplica-se às estruturas comuns, utilizadas para fins comerciais, industriais, agrícolas, administrativos ou residenciais, e às estruturas especiais previstas no anexo A.

Sendo as estruturas constantes do anexo A:

- A.1 Chaminés de grande porte.
- A.2 Estruturas contendo líquidos ou gases inflamáveis.
- A.3 Antenas externas.
- A.4 Aterramento de guindastes/gruas.

Esta compreendido ainda no seu item 1.3 as instalações as quais a NRB 5419 não se aplica:

1.3 Esta Norma não se aplica em:

- Sistemas ferroviários;
- Sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica externos às estruturas;
- Sistemas de telecomunicação externos às estruturas;
- Veículos, aeronaves, navios e plataformas marítimas.

Um ponto importante que a norma trata está descrito em seu item 1.4 que é a exclusão da norma NBR 5419 a proteção de efeitos e interferências eletromagnéticas causada em equipamentos elétricos e eletrônicos que sejam provenientes das descargas atmosféricas.

1.4 Esta Norma não contempla a proteção de equipamentos elétricos e eletrônicos contra interferências eletromagnéticas causadas pelas descargas atmosféricas. Disponível em: (<https://www.mundodaeletrica.com.br/a-nbr-5419-protacao-de-estruturas-contra-descargas-atmosfericas/>).

3.3 SPDA – O QUE É?

O SPDA - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, mais conhecido como para-raios, tem a função de impedir e minimizar o impacto das descargas atmosféricas, principalmente em estruturas e edificações, como prédios e estabelecimentos industriais.



Figura 7: SPDA

Fonte:

<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/caracteristicas.da.corrente.eletrica.php>

De acordo com Cavalin e Cervelin (2011, p.376), o sistema de proteção contra descargas atmosféricas é constituído pelos seguintes elementos:

- Captores (para-raios, terminais etc.);
- Condutores de interligação ou descida;
- Sistema de aterramento (hastes, cabos etc).

Quando acontece uma tempestade e vários raios atingem um prédio muito alto, o SPDA age como uma espécie de escudo, absorvendo o impacto do raio e levando suas correntes altíssimas para a terra por meio de condutores.



Figura 8: Sistema de Proteção + Raios

Fonte: <https://www.combrasen.com/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-spda/>

Esta é uma proteção importante, o SPDA é, regulamentada pela ABNT segundo a Norma NBR 5419, e tem como objetivo evitar e/ou minimizar o impacto dos efeitos das

descargas atmosféricas, que podem ocasionar incêndios, explosões, danos materiais e corporais.

Segue algumas características do SPDA:

- O SPDA tem como objetivo encaminhar a energia do raio, desde o ponto que ele atinge a edificação até o aterramento, o mais rápido e seguro possível.
- O SPDA não para o raio, não atrai raios e nem evita que o raio caia.
- O SPDA protege o patrimônio (edificação) e as pessoas que estão dentro da edificação que é protegida.
- Neutralizar, pelo poder de atração das pontas, o crescimento do gradiente de potencial elétrico entre o solo e as nuvens, por meio do permanente escoamento de cargas elétricas do meio ambiente para a terra.
- Oferecer à descarga elétrica que for cair em suas proximidades um caminho preferencial, reduzindo os riscos de sua incidência sobre as estruturas

(Disponível em: <https://www.montal.com.br/blog/28-o-que-%C3%A9-spda.htm>).

3.4 SPDA - RISCOS SEM O SISTEMA

Sem o sistema, estruturas que sofrem descargas atmosféricas muito fortes podem não ter condições de, sozinhas, suportar a força das correntes elétricas. Isso gera uma série de abalos, como:

- Incêndios: que podem iniciar na rede elétrica, principalmente se for instalação antiga.



Figura 9: Incêndios causados por Raios

Fonte: <https://setimoportal.wordpress.com/2017/06/20/aumento-de-raios-provocam-incendios-mundo-afora/>

- Rachaduras: por mais resistente que uma construção possa ser, o impacto de várias descargas elétricas pode gerar rachaduras com o tempo.
- Explosões: dependendo do tipo de armazenamento realizado em uma edificação, como produtos químicos e inflamáveis, ao receber uma descarga elétrica, é possível que ocorram explosões.
- Perda de eletrônicos: o impacto de uma descarga atmosférica pode danificar não apenas o sistema elétrico, como também transformadores, computadores, aparelhos de televisão e outros dispositivos.
- Risco à integridade de pessoas e animais: é altamente preocupante a circulação de pessoas e animais em lugares que são áreas de risco. Descargas elétricas podem ser fatais. (Disponível em: <https://www.rwengenharia.eng.br/importancia-do-spda-2>).

3.5 LAUDO DE SPDA

Segundo a Decisão Normativa 070/2011, os profissionais que podem exercer atividades de projeto, instalação e manutenção de SPDA são: engenheiro electricista, engenheiro de computação, engenheiro mecânico-eletricista, engenheiro de produção – modalidade electricista, engenheiro de operação – modalidade electricista, tecnólogo na área de engenharia elétrica e técnico industrial – modalidade eletrotécnica. Com exceção do

técnico industrial – modalidade eletrotécnica, todos os outros também podem exercer as atividades de laudo, perícia e parecer profissional.



Figura 10: Manutenção do sistema SPDA
Fonte: <https://www.ceest.com.br/elaboracao-laudo-spda>

As informações devem constar na ART. Ainda, de acordo com a ABENC (Associação Brasileira de Engenheiros Civis), após um recurso contra da decisão normativa, o TRF (Tribunal Regional Federal) confirmou que o engenheiro civil também possui atribuição para projetar e executar o SPDA.

3.6 INSPEÇÃO

A inspeção de um SPDA deve ser feita durante a construção da estrutura, após a instalação do sistema, após alterações ou reparos ou quando houver suspeita de que a estrutura foi atingida por uma descarga atmosférica. Além disso, deve ocorrer inspeção semestral que aponte pontos deteriorados no sistema e, periodicamente, deve ser realizada uma inspeção por profissional habilitado e capacitado, emitindo documentação pertinente, em intervalos de um ano para estruturas contendo munição ou explosivos, ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa, e 3 anos para as demais estruturas. Porém, vale ressaltar que é necessário consultar as normas estaduais e as do Corpo de Bombeiros para verificar se não há um prazo mais restritivo.

3.7 MANUTENÇÃO

A manutenção deve ser feita observando-se as recomendações provenientes da inspeção. Ainda, o profissional que elabora a documentação deve indicar um prazo de manutenção, seja ela imediata ou preventiva. Com o laudo SPDA é possível saber se:

- O projeto segue as normas de segurança.

- Encontra-se em bom estado.
- É inspecionado regularmente.
- Os problemas são corrigidos rápida e adequadamente.

Além disso, edificações, estabelecimentos e estruturas com carga instalada superior a 75kW devem manter Prontuário de Instalações Elétricas (PIE).

Ele reúne todas as informações técnicas das inspeções, certificações, resultados de laudos, e demais normas exigidas.

3.8 OBRIGATORIEDADE DO SPDA

É preciso saber se uma edificação deve ou não ter SPDA. O sistema é exigido por normas para determinados locais. Então, para verificar se um local precisa ou não de um SPDA, é preciso consultar a legislação pertinente, incluindo a ABNT NBR 5419/2015 e as normas estaduais, como a do Corpo de Bombeiros, e outras, se houver. Com os dados da edificação em mãos é possível averiguar a necessidade de um SPDA e, em caso afirmativo, definir qual tipo de sistema é melhor para o local. O dimensionamento fica a cargo de um profissional habilitado.

3.9 NÍVEL DE PROTEÇÃO

Somente uma avaliação do estabelecimento pode garantir com precisão o melhor projeto SPDA com o nível de proteção adequado e que siga todas as normas de segurança estabelecidas pela ABNT.

Muitos fatores serão avaliados: tipo de estrutura, altura, incidência de raios na área e técnicas de segurança necessárias para os trabalhadores do local. (Disponível em: <https://www.rwengenharia.eng.br/importancia-do-spda-2>).

4 MODELOS DE SPDA - SISTEMAS DE PROTEÇÃO DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Um SPDA é composto essencialmente por três componentes, o elemento captor, os condutores de baixada e o sistema de terra. Atualmente existe três modelos de para-raios: o captor do tipo de Franklin, método eletro geométrico e/ou esfera rolante e a gaiola de Faraday. (Disponível em: <http://www.qenergia.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=231>.)

4.1 CAPTOR DO TIPO DE FRANKLIN

O para-raios de Franklin, o volume de proteção é determinado por um cone, sendo que a altura da construção e o nível de proteção são considerados no dimensionamento. Ainda, há uma haste metálica onde ficam os captadores e um cabo de condução que atinge o solo, no aterramento, levando a energia da descarga elétrica. É indicado para construções altas e com pouca área horizontal. Para entender melhor o método:

Este método, consiste em determinar o volume de proteção propiciado por um cone, cujo ângulo da geratriz com a vertical varia segundo o nível de proteção desejado e para uma determinada altura da construção. (MAMEDE Filho, 2012, p. 505).

Podemos ver na imagem (Figura 11) abaixo a descrição completa:



Figura 11: Para-Raios Tipo Franklin

Fonte: <https://engenharia360.com/tudo-sobre-spda/>

O para-raios foi inventado por Benjamin Franklin em 1752, quando fez uma perigosa experiência utilizando um fio de metal para empinar uma pipa de papel e observou que a carga elétrica dos raios descia pelo dispositivo.

4.2 GAIOLA DE FARADAY

A Gaiola de Faraday surgiu no ano de 1930, a partir de um experimento realizado pelo físico inglês Michael Faraday. Esta gaiola é uma forma de impedir a entrada de campo elétrico e campo magnético no interior de superfícies e estruturas condutoras. Uma curiosidade é que unidade de capacitância Faraday, foi batizada com este nome em homenagem ao Michael Faraday. Esse famoso experimento de Faraday, químico que trouxe

muitas contribuições para o estudo da eletricidade, consistia numa espécie de gaiola feita de metal. O metal é dos materiais que são os melhores condutores elétricos.

A gaiola era grande o suficiente para Faraday e uma cadeira de madeira, onde ele se sentou.

Após se submeter a fortes descargas elétricas, que eram “barradas” pela gaiola, Faraday saiu em segurança da estrutura inventada por ele.

Faraday descobriu que o campo elétrico quando aplicado a uma superfície ou estrutura com extremidades condutoras, faz com que a superfície produza cargas elétricas opostas ao campo elétrico ou seja, estas cargas opostas cancelam o campo elétrico externo criando uma barreira que impede a entrada do campo elétrico no interior da superfície, assim como você pode ver na imagem abaixo. A indicação desse método, podemos entender melhor:

O método de Faraday, consiste em envolver a parte superior da construção com uma malha captora de condutores elétricos nus, cuja distância entre eles é em função do nível de proteção desejado, que estabelece a largura do módulo da malha de proteção; o comprimento do módulo não deve ser superior ao dobro da sua largura. (MAMEDE Filho, 2012, p. 509).

Podemos ver na imagem (Figura 12) abaixo a descrição completa:



Figura 12: Gaiola de Faraday

Fonte: <https://portalconstrucaofacil.com/para-raio-o-que-e-para-que-serve/>

4.3 MODELO ELETROGEOMÉTRICO – O MÉTODO DA ESFERA ROLANTE

O método de proteção eletro geométrico consiste em fazer rodar uma esfera fictícia, com raio determinado pela norma, em todos os sentidos e direções sobre o topo e fachadas da edificação. O objetivo é fazer com que os captosres lançados impeçam que a esfera toque a edificação. O modelo eletro geométrico delimita o volume de proteção oferecido por captosres de um SPDA, independentemente da sua disposição ser: vertical (com hastes), horizontal (com cabos) ou mista.

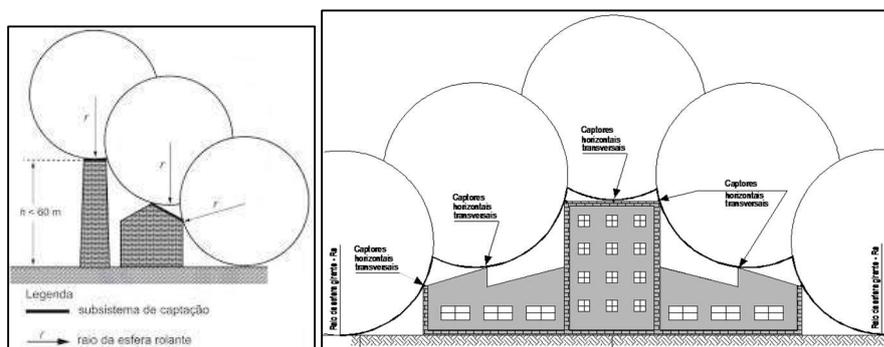


Figura 13 e 14: Esfera Rolante e/ou Eletro Geométrico

Fonte: <https://www.osetoreletrico.com.br/esclarecimentos-sobre-o-modelo-eletrogeometrico-o-metodo-da-esfera-rolante/>

5 TERRÔMETRO

O trabalho de medição executado foi utilizando o seguinte modelo Figura 15, de terrômetro, seguem especificações:

- MTR-1520D
- TERRÔMETRO DIGITAL



Figura 15: Modelo Digital Terrômetro

Fonte: <http://www.minipa.com.br/images/MTR-1520d-1301-BR>

5.1 INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA

Para um uso correto do aparelho, é necessário entender e saber todas as informações com relação ao uso. Seguem as seguintes instruções de segurança:

- Nunca efetue medidas com o instrumento nos seguintes casos: o terrômetro ou as pontas de prova apresentarem defeitos; as pontas de prova ou suas mãos estiverem úmidas; após o armazenamento ou acondicionamento do instrumento em condições anormais; ou com o instrumento aberto.
- Ao efetuar as medidas, mantenha suas mãos na parte isolada das pontas de prova e evite estar em contato com o potencial terra, ou seja, mantenha seu corpo isolado usando, por exemplo, calçados com solados de borracha.
- Nunca ultrapasse os limites de medida do instrumento.
- Os reparos, as trocas de peças e as calibrações devem ser executadas por pessoas qualificadas.

5.2 TROCAS DE BATERIAS

Retire as baterias quando for armazenar o instrumento por um longo período de tempo. Assegure-se que os terminais das pontas de prova estão conectados nos terminais apropriados do instrumento. Uma conexão solta pode resultar em medições incorretas.

5.3 CARACTERÍSTICAS

- Capacidade de medir tensão de terra.
- Função Auto Power Off: O instrumento se auto desliga em aproximadamente 3 minutos sem operação para manter as baterias.
- Função Data Hold.
- Indicação de Circuito Aberto: Um LED (vermelho) acende quando todas as conexões estiverem corretas.

5.4 ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS

- Resistência de Terra
 - Faixas: 20 Ω , 200 Ω , 2000 Ω .

- Precisão: $\pm (1.0\% \text{ Leit.} + 2 \text{ Díg.})$.
- Resolução: $0.01\Omega, 0.1\Omega, 1\Omega$.
- Corrente de Curto Circuito: 2mA DC.
- Tensão AC
- Faixa: 200V.
- Precisão: $\pm (1.0\% \text{ Leit.} + 2 \text{ Díg.})$.
- Faixa de Frequência: 40 a 500Hz.

5.5 OPERAÇÃO

Antes de efetuar qualquer medida, leia com atenção o item NOTAS DE SEGURANÇA e esteja ciente sobre todas as advertências. Sempre examine o instrumento a respeito de danos, contaminação (sujeira excessiva, graxa,) e defeitos. Examine os cabos contra rachaduras ou defeitos na isolação. Caso alguma condição anormal seja detectada, não efetuar nenhum tipo de medida.

- Fixe as estacas auxiliares P e C na terra como mostra a Figura 2. As estacas devem estar alinhadas, deixando uma distância de 5 a 10 metros entre os pontos de teste.

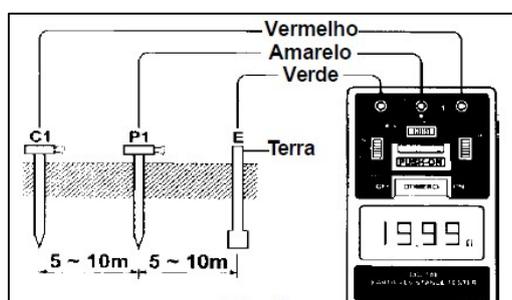


Figura 16: Painel Descritivo

Fonte: <http://www.minipa.com.br/images/MTR-1520d-1301-BR>

- Conecte o cabo de teste verde no terminal E do instrumento, o cabo de teste amarelo no terminal P e o cabo de teste vermelho no terminal C.
- Assegure-se que as estacas estejam fixadas em uma região de terra úmida. Caso as estacas estiverem em uma região de terra seca, com pedregulho ou arenosa, jogue um pouco de água nas estacas.
- Posicione a chave de funções para a posição ACV e verifique se a tensão lida é superior a 10V, se isto ocorrer a resistência de terra medida não terá precisão.
- Posicione a chave de funções para a posição Ω e a chave das faixas de resistências para 20 Ω . Pressione o botão “Push On” juntamente com o botão “Timer On”. Se a

leitura indicar fundo de escala (dígito mais significativo mostrado) posicione a chave das faixas de resistências para 200Ω e se a leitura ainda indicar fundo de escala posicione a chave das faixas de resistências para 2000Ω .

NOTA: Na função Ω e na faixa de $2k\Omega$, quando nenhum cabo estiver conectado nos terminais E, P e C do instrumento, é normal o display indicar uma leitura de 300 a 600Ω . (Disponível em: http://www.minipa.com.br/images/proposta_tecnica/MTR-1520d-1301-BR.pdf, 2020)

6 METODOLOGIA

O trabalho consiste em pesquisa em campo e análise dos dados coletados. Teremos como campo de observação dois locais: Ginásio de Esportes e Fabrica de Jeans, ambos localizados na cidade de Rio do Sul.

A pesquisa classifica-se como descritiva e ilustrativa, ambos os estabelecimentos possuem instalação do SPDA, foram feitas as medições de resistência ôhmica do solo através do terrômetro, também está sendo apresentado fotos dos locais e fotos do tipo de proteção existente.

Todas as informações foram registradas em tabelas e fotos, para melhor visualização das informações.

7 RESULTADOS FINAIS

7.1 GINÁSIO DE ESPORTES

No SPDA do ginásio de esportes, encontramos uma instalação feita a um ano e meio. A mesma é composta por um Sistema, no modelo Gaiola de Faraday. Esse mesmo sistema conta com oito subsistemas de descidas.

Toda a estrutura de telhado como também as descidas até no eletroduto de proteção, são com fitas maciças de alumínio. No telhado também temos os terminais aéreos.

Na parte do solo, temos as hastes de terra e o cabo de cobre nu 50 mm² e as caixas de inspeção. Todo o sistema é interligado, as conexões são feitas com vários modelos de terminais e grampos. Conforme Anexo 01.

Para esse sistema coletamos os seguintes dados:

GINASIO	TENSÃO (V)	RESISTÊNCIA (Ω)
DESCIDA 1	0	7,73
DESCIDA 2	0	0,39
DESCIDA 3	0	0,25
DESCIDA 4	0	0,18
DESCIDA 5	0	0,23
DESCIDA 6	0	3,27
DESCIDA 7	0	0,42
DESCIDA 8	0	0,27

Tabela 01: Medição de Resistencia e Tensão do Solo
Fonte: Elaborado por este autor (2020)

Na medição, conforme Tabela 01, foi constatada que não há presença de tensão e que a resistência do solo oferece uma ótima qualidade para o sistema. Apenas a Descida 01 e a Descida 3, foi registrado um valor ôhmico mais elevado. Atualmente, a NBR 5419/2015, menciona que quanto menor o valor ôhmico for, melhor o grau de proteção do sistema.

Para o estado de SC, quando o Corpo de Bombeiro Militar fazia a vistoria no sistema SPDA, era estipulado um valor máximo de 10Ω, caso contrário o sistema deveria ser adequado a Norma.

As duas descidas mencionadas que tiveram os registros mais altos, estavam em locais de pouca umidade e com calçamento.

7.2 FABRICA DE JEANS

No sistema da fábrica de Jeans, temos um sistema híbrido instalado a mais de dez anos, onde conta com um sistema todo interligado por cabos de cobre nu 35 mm² na parte de telhado e de descidas, na parte de solo temos um cabo de cobre nu 50 mm² e as hastes de terra. Todo o sistema é conectado por vários terminais e grampos. Conforme Anexo 2.

A menos de dois meses também foi mudado o telhado, que era de fibrocimento e hoje conta com telhas metálicas onde proporciona uma proteção ainda melhor a edificação.

Para este sistema coletamos os seguintes dados:

FABRICA JEANS	TENSÃO (V)	RESISTÊNCIA (Ω)
DESCIDA 1	0,5	1,92
DESCIDA 2	0,4	4,07
DESCIDA 3	0,3	0,95
DESCIDA 4	0,4	2,53
DESCIDA 5	0,4	1,19
DESCIDA 6	0,3	2,20

Tabela 02: Medição de Resistencia e Tensão do Solo
 Fonte: Elaborado por este autor (2020)

Nas medições da fábrica, foi constatado uma pequena tensão no solo, segundo o equipamento utilizado (Terrômetro Digital MTR-1520D). Se for uma tensão superior a 10V não terá uma boa precisão, e não se indica fazer a medições da resistência do solo. Neste caso, o primeiro passo a se tomar, é a inserção de mais hastes no sistema, se mesmo assim não resolver, o tratamento de solo é a indicação.

Como as tensões foram menores que 1V (volts), as medições foram feitas. Apesar de ser um solo mais seco, foram constatados bons valores de resistência ôhmica, assim oferecendo um segurança ainda melhor para as pessoas que circulam no local e também para a edificação.

8 CONCLUSÃO

O estudo foi concentrado em informar e alertar qual é a importância de um de SPDA, desde a formação de uma descarga atmosférica, quais os possíveis danos e quais os modelos de sistema que podem ser usados para minimizar os prejuízos causados por esse fenômeno da natureza que é tão perigoso.

Todo o SPDA tem que ser projetado, calculado, instalado, inspecionado e feito a manutenção por profissionais capacitados e sempre seguindo a norma vigente ABNT NBR 5419/2015.

Em campo, teve-se a oportunidade de avaliar, verificar e registrar modelos de SPDA de um Ginásio de Esportes que conta com um sistema de SPDA conhecido como Gaiola de Faraday e de uma Fábrica de Jeans que apresenta um sistema Híbrido onde tem a junção do tipo Gaiola de Faraday com Captor Franklin.

Nas aferições feitas com o Terrômetro nos dois locais foram constatados valores de resistência ôhmica muito bons, e foi notado também a diferença de valores de resistência ôhmica do solo de uma descida para a outra e de um sistema para o outro também.

Após todo conhecimento obtido através da busca de informações, em livros e sites sobre esse assunto, percebe-se a grande importância de possuir um SPDA de boa qualidade, atendendo todos os requisitos para que a funcionalidade tenha êxito que é proteger. Também pode-se entender que estamos falando de efeitos naturais (raios/descargas elétricas), que está acima do controle. Com todo o sistema funcionando, consegue-se apenas minimizar os danos, protegendo a todos (pessoas/edificações etc.), evitando perdas e prejuízos maiores.

9 REFERÊNCIAS

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. "**Raios**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/raios.htm>. Acesso em 10 de Agosto de 2020.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora 2012.

A importância do SPDA.

Disponível em: <https://www.rwengenharia.eng.br/importancia-do-spda-2/> - Acesso em 10 de Agosto de 2020.

Montal Para-raios.

Disponível em: (<https://www.montal.com.br/blog/28-o-que-%C3%A9-spda.html>). Acesso em 10 de Agosto de 2020.

Raios

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. "**Raios**"; *Brasil Escola*. Disponível em: (<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/raios.htm>). Acesso em 10 de Agosto de 2020

CREA-PR

Disponível em: (<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/protecao-contra-descargas-atmosfericas-SPDA.pdf>). Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Modelos De Spda (Sistemas De Proteção Descargas Atmosféricas)

Disponível em: (<http://www.qenergia.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=231>). Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas

Disponível em: (<https://www.mundodaeletrica.com.br/a-nbr-5419-protecao-de-estruturas-contra-descargas-atmosfericas/>). Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Instalações Elétricas Prediais

G. Cavalin, S. Cervelin, “Instalações elétricas prediais”, 19ª Ed., São Paulo: Erica, 2011

INPE

Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em 18 de Agosto de 2020.

ABNT

Disponível em: ABNT NBR 5419-1, 2015. Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Minipa

Disponível em: http://www.minipa.com.br/images/proposta_tecnica/MTR-1520d-1301-BR.pdf. Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Relâmpagos

<http://www.dge.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/tipos.php> Acesso em 19 de Outubro de 2020.

Esclarecimentos sobre o modelo eletro geométrico

<https://www.osetoreletrico.com.br/esclarecimentos-sobre-o-modelo-eletrogeometrico/>
Acesso em 19 de Outubro de 2020.

Laudos

<https://www.ceest.com.br/elaboracao-laudos-spda>. Acesso em 14 de Setembro de 2020

SPDA

<https://engenharia360.com/tudo-sobre-spda/>. Acesso em 14 de Setembro de 2020

Tipos de Raios

<https://tempojaopessoa.jimdofree.com/raios/tipos-de-raios> . Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Relâmpagos

http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/index.php?p=blog_tipos%20de%20relampagos.
Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Relâmpagos

[HTTPS://WWW.TEMPO.COM/NOTICIAS/CIENCIA/O-ESTRANHO-FENOMENO-RELAMPAGO-BOLA.HTML](https://www.tempo.com/noticias/ciencia/o-estranho-fenomeno-relampago-bola.html) Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Para-Raios

<https://portalconstrucaofacil.com/para-raio-o-que-e-para-que-serve/> Acesso em 18 de Agosto de 2020.

SPDA

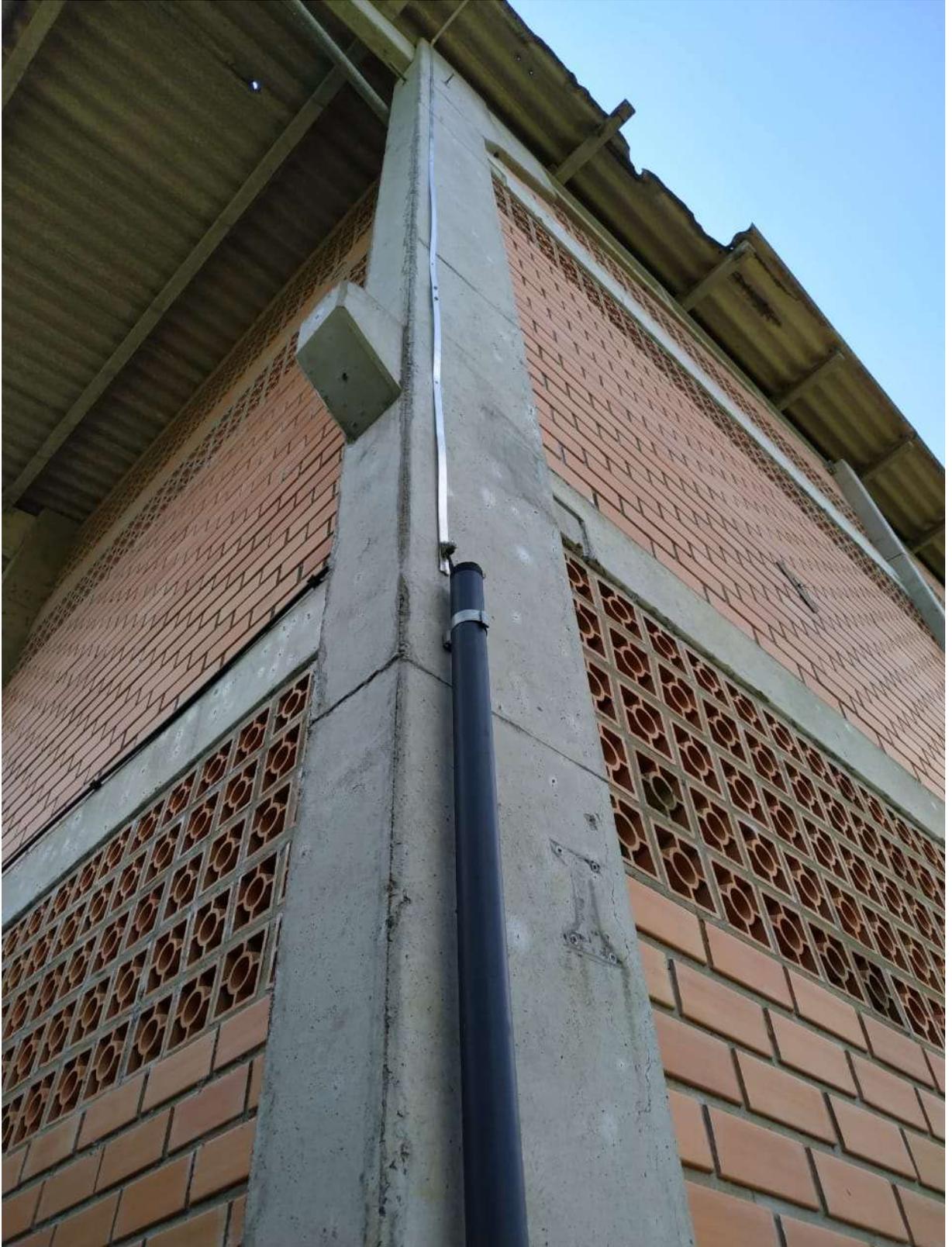
<https://www.combrasen.com/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-spda/> Acesso em 18 de Agosto de 2020.

Raios

<https://setimoportal.wordpress.com/2017/06/20/aumento-de-raios-provocam-incendios-mundo-afora/> Acesso em 18 de Agosto de 2020.

ANEXO 1

















ANEXO 2











