



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIAMÉRICA
ENGENHARIA ELÉTRICA

**NBR 5419/2015: PROJETO DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL**

VINICIUS MAGAGNIN FARINHA

Foz do Iguaçu – PR.
Novembro, 2021.

VINICIUS MAGAGNIN FARINHA

NBR 5419/2015: PROJETO DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Trabalho de Curso apresentado como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Elétrica pelo Centro
Universitário Uniamérica.

Orientação: Prof. Dra. Luciana P. Scarin
Freitas.

Foz do Iguaçu – PR.

Novembro, 2021.

RESUMO

O Brasil é o país com maior incidência de raios no mundo dada sua magnitude e localização geográfica. As descargas elétricas podem causar danos à vida e a bens materiais. Com o intuito de minimizar esses danos, a ABNT formulou a NBR 5419, que foi atualizada no ano de 2015 e possui quatro partes. A norma descreve como uma edificação deve ter um sistema de proteção de descargas atmosféricas adequadamente instalado e como coordenar sua manutenção. Para tanto a norma possui uma metodologia de gerenciamento de riscos que precisa ser aplicada de forma correta. O problema abordado é a aplicação do Gerenciamento de Risco no SPDA existente no edifício residencial em estudo. O objetivo geral é mostrar a aplicação prática desta seção da norma, para tanto, o método utilizado na pesquisa tem base descritiva e exploratória com técnicas qualitativas de obtenção de dados sobre o sistema de proteção existente.

Palavras chave: Gerenciamento de risco, SPDA, Descargas atmosféricas.

ABSTRACT

Brazil is the country with the highest incidence of lightning in the world given its magnitude and geographical location. Electrical discharges can cause damage to life and property. In order to minimize these damages, ABNT formulated NBR 5419, which was updated in 2015 and has four parts. The norm describes how a building should have a lightning protection system properly installed and how to coordinate its maintenance. Therefore, the norm has a risk management methodology that needs to be applied correctly. The problem addressed is the application of Risk Management in the SPDA existing in the residential building under study. The general objective of this is to show the practical application of this section of the norm, therefore, the method used in the research has a descriptive and exploratory basis with qualitative techniques for obtaining data on the existing protection system.

Key word: Risk management, SPDA, Lightning discharges.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa isoceráunico	12
Figura 2 - Método de Franklin	13
Figura 3 - Gaiola de Faraday	14
Figura 4 - Esfera Rolante	14
Figura 5 - Impulso atmosférico curto período	17
Figura 6 - Impulso atmosférico de longo período	18
Figura 7 - Relação dos danos e perdas com ponto de impacto	21
Figura 8 - Ângulo de proteção de acordo com a classe do SPDA e altura	26
Figura 9 - Ângulo de proteção de acordo com a classe do SPDA e altura	28
Figura 10 - Zonas de proteção contra descargas atmosféricas	31
Figura 11 - Desenho 3D do sistema em AutoCAD	38
Figura 12 - Desenho 3D do sistema com condutores de descida e aterramento	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distância dos condutores de descida e interligações horizontais	28
Tabela 2 - Dimensões mínimas dos condutores que interligam diferentes barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL) ou que ligam essas barras ao sistema de aterramento	31
Tabela 3 - Dimensões mínimas dos condutores que ligam as instalações metálicas internas aos barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL)	31
Tabela 4 - Características ambientais e globais da estrutura	33
Tabela 5 - Características da linha de energia	34
Tabela 6 - Linha de sinal	34
Tabela 7 - Fatores relevantes para o cálculo	35
Tabela 8 - Componentes de risco para diferentes tipos de danos e fontes de danos	35
Tabela 9 - Resultados das componentes de risco	35
Tabela 10 - Valores típicos de risco tolerável R_t	35
Tabela 11 - Valores de risco dependendo das medidas de proteção adotadas	35
Tabela 12 - Dados dos condutores de descida	38
Tabela 13 - Dados dos eletrodos de aterramento	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. Problema.....	9
1.2. Análise de algumas referências bibliográficas sobre SPDA	10
1.3. Formação e incidência dos raios.....	12
2. NBR 5419/2015	16
2.1. Princípios Gerais.....	17
2.2. Gerenciamento de Risco	20
2.2.1. Componentes do risco	23
2.2.2. Composição dos componentes de risco	24
2.3. Danos Físicos a Estrutura e Perigos à Vida.....	27
2.4. Sistemas Elétricos e Eletrônicos internos na Estrutura	31
3. METODOLOGIA	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42
6. ANEXOS	44

1. INTRODUÇÃO

Descargas elétricas atmosféricas são ocorrências típicas da natureza e suas características são totalmente imprevisíveis em especial quanto ao local a serem atingidos, intensidade da descarga elétrica e o período de duração do evento.

Descarga atmosférica é um tipo de descarga elétrica que pode ocorrer entre nuvens ou entre nuvem e terra e, consiste em impulsos elétricos denominados raios, segundo Cruz e Aniceto (2012), os raios são impulsos elétricos de alta tensão, podendo chegar até 100 kV, com duração muito pequena, em torno de 200 ms.

As consequências de ficar exposto de maneira direta ou indireta a uma descarga atmosférica pode acarretar sérios danos desde queimaduras até causar o óbito de uma pessoa ou animal. Os efeitos segundo FILHO (2018) também são sentidos no que diz respeito a interferências e avarias em redes aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica e sistemas de telecomunicações. Os problemas também podem se estender para incêndios em edificações e florestas.

Em vista da necessidade de neutralizar ou minimizar tais problemas, foi elaborada a norma Brasileira NBR 5419 que trata sobre SPDA (sistema de proteção contra descarga atmosférica) e por sua vez teve diversas atualizações ao longo dos anos com o intuito de trazer novas metodologias e segurança para pessoas, animais e também as edificações. A versão mais recente é a NBR 5419/2015, composta por 04 partes, a primeira discorre sobre princípios gerais, a segunda fala de gerenciamento de risco, a terceira comenta a respeito de danos físicos a estruturas e perigos à vida e a quarta parte com relação a sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.

O projeto tem por finalidade dimensionar e descrever os pontos de melhoria do atual sistema de proteção contra descargas atmosféricas de um edifício residencial que possui 6 pavimentos totalizando aproximadamente 2200 metros quadrados de área construída, localizado na região central da cidade de Foz do Iguaçu. De acordo com a norma no item 7 diz que a “eficácia de qualquer SPDA depende da sua instalação, manutenção e métodos de ensaio utilizados. Todos estes fatores não podem ser realizados durante a ameaça de tempestade.” (NBR 5419/2015 - 3). Visto tamanha importância do tema, é fundamental o estudo no SPDA para identificar sinais de desgaste ao longo do seu sistema, ocasionado por intempéries, e demais problemas que pode torná-lo ineficaz numa eventual descarga elétrica, assim não cumprindo integralmente sua função. Vale ressaltar que para o bom funcionamento, cada parte

do conjunto deve estar em boas condições e suas manutenções que atendam a normativa mais atual, pois segundo o item 7.4.1 da norma “a regularidade das inspeções é condição fundamental para a confiabilidade de um SPDA” (NBR 5419/2015 - 3).

O cronograma do estudo é realizado primeiro com a coleta de informações bibliográficas relevantes que aborda o tema de forma criteriosa e detalhada, junto da norma mais atual NBR 5419/2015 que fixa condições mínimas de eficiência e eficácia de funcionamento de um para-raios. De posse dessas informações a segunda etapa é a inspeção visual e técnica de todo sistema de proteção contra descargas atmosféricas do local estudado, a fim de coletar dados que serão importantes para a terceira etapa de definição do método de dimensionamento que inclui todo sistema de captação, descidas, aterramento e equipotencialização. Já na quarta e última etapa, após levantar todas as informações necessárias, apresentar um descritivo dos pontos a serem atualizados.

Espera-se que o estudo produza bons resultados no quesito aperfeiçoar os aspectos técnicos e segurança às vidas que o SPDA pode oferecer no local, além do enriquecimento didático sobre o tema proposto que é a aplicação do gerenciamento de risco no sistema de proteção de descargas atmosféricas existente no edifício em estudo e descrever pontos de melhorias ao longo do sistema.

1.1. Problema

Segundo Cruz e Aniceto (2012), o Brasil é o país com a maior incidência de raios do mundo, em torno de 100 milhões por ano. Assim, surge a necessidade do estudo de como são formados e como isso afeta a incidência ao redor do país para um possível projeto de SPDA.

A NBR 5419-3 (2015) estabelece alguns requisitos para a inspeção de um SPDA, sendo eles:

- a) O SPDA esteja de acordo com o projeto baseado nesta norma.
- b) Todos os componentes do SPDA estão em boas condições e são capazes de cumprir suas funções; que não apresentem corrosão, e atendam às suas respectivas normas.
- c) qualquer nova construção ou reforma que altere as condições iniciais previstas em projeto além de novas tubulações metálicas, linhas de energia e sinal que adentrem a estrutura e que estejam incorporados ao SPDA externo e interno se enquadrem nesta Norma.

Conforme descrito na NBR 5419 (2015), as inspeções devem ser realizadas periodicamente, por um profissional habilitado e capacitado a exercer esta atividade, com emissão de documentação pertinente, em intervalos determinados, assim relacionados.

Assim, como descrito na norma, as inspeções para esse tipo de estrutura devem ser realizadas a cada 3 anos. Contudo, não há registros de inspeções realizadas no edifício após a atualização da NBR 5419 para o ano de 2015.

Durante as inspeções, existem alguns itens de maior importância, são eles: deterioração e corrosão dos captos, condutores de descida e conexões, condição das equipotencializações, corrosão dos eletrodos de aterramento, e, verificação da integridade física dos condutores do eletrodo de aterramento para os subsistemas de aterramento não naturais.

Desta forma é fundamental atualizar e saber se a atual condição do SPDA está de acordo com a NBR 5419/2015 parte 2, no qual o estudo aborda exclusivamente o tema que diz respeito ao gerenciamento de risco, que delimita características para verificar a necessidade de um SPDA, posteriormente identificado a exigência da instalação do sistema, é realizada uma análise da condição do ambiente para classificar os tipos de danos, perdas e riscos da estrutura a ser protegida, com o intuito de manter os níveis de segurança dentro dos padrões toleráveis de acordo com a norma.

1.2. Análise de algumas referências bibliográficas sobre SPDA

O livro instalações elétricas - fundamentos, prática e projetos em instalações elétricas escrito por Cruz e Aniceto (2012) aborda conceitos de descargas elétricas, causas e efeitos, também destaca alguns pontos importantes a serem considerados na hora de realizar o projeto de um SPDA, partindo da seleção do nível de proteção e avaliação de risco, os tipos de sistema de proteção que podem ser utilizados de acordo com as características do local e os dispositivos de proteção contra surtos de tensão causados tanto por descargas atmosféricas quanto pelo próprio sistema elétrico

A NBR 5419 passou por uma atualização que foi emitida em 2015, nesta versão, se alinha muito mais aos parâmetros internacionais, cuja raiz nasce na Norma IEC 62305. Com a atualização, ela veio subdividida em 4 partes, compostas de “Princípios Gerais do PDA – Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA é uma parte dele)”, “Gerenciamento de Risco”, “Danos físicos a estruturas e perigos à vida” e “Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura”.

NBR 5419/2015 - Princípios Gerais do PDA Apresenta os princípios da proteção contra descargas atmosféricas. Um ponto importante que passa a fazer parte além do SPDA - sistema de proteção contra descargas atmosféricas é o MPS - medidas de proteção contra surtos, no qual a norma passa a abranger aspectos externos e internos de proteção à estrutura. Comenta sobre parâmetros da corrente da descarga atmosférica, assim também define tipos e fontes de danos a uma estrutura, as perdas em relação dos tipos e fontes de danos, relacionando-os com os riscos.

NBR 5419/2015 - Gerenciamento de Risco, na versão de 2005 da norma o risco era classificado de maneira simples, com riscos pré-estipulados, agora precisa ser mais detalhado, através de uma análise de risco. Esta parte apresenta a metodologia para a quantificação do risco, a fim de analisar se ele é aceitável ou não aceitável, levando em consideração perdas ou danos de valor social como: patrimônio cultural, vidas humanas e serviços ao público.

NBR 5419/2015 - Danos físicos a estruturas e perigos à vida, fornece critérios de projeto, instalação, manutenção do conjunto de SPDA. uma relação entre o impacto causado pela descarga atmosférica diretamente na edificação e a vida.

NBR 5419/2015 - Sistemas elétricos e eletrônicos internos a estrutura, nesta parte encontra-se uma correlação entre as normas 5419/2015 e 5410/2004 - Instalações elétricas de baixa tensão, sobre os efeitos da descarga atmosférica nas instalações e equipamentos dentro da edificação e as condições adequadas para o correto funcionamento e principalmente seguro da instalação elétrica de baixa tensão, desta forma estabelece diretrizes para as medidas contra surtos em toda a estrutura.

Escrito por Gebran e Rizzato (2017) o livro Instalações Elétricas Prediais conta com as principais funções, conceitos e esquemas de aterramento, utiliza da versão da NBR 5419 do ano de 2005 para abordar os principais pontos para a proteção de um sistema, conta também com uma parte destinada especificamente para descargas atmosféricas e como são formadas.

Em seu livro instalações elétricas industriais, Filho (2018) dedica um capítulo para comentar sobre proteção contra descargas atmosféricas, no qual parte do princípio da origem dos raios, percorrendo até a parte técnica em que aborda de forma sucinta da norma 5419/2015 que auxilia no entendimento e aplicação nos mais diversos projetos de SPDA.

Nesse cenário, é fundamental a atualização do sistema de proteção contra descargas atmosféricas de acordo com a norma mais recente, visto que pode trazer resultados significativos de segurança à vidas e também aos aparelhos internos da estrutura, como consequência eliminar ou reduzir ao máximo custos não programados devido a queima e avaria de equipamentos.

1.3. Formação e incidência dos raios

A formação dos raios se inicia pela formação de uma nuvem chamada cúmulo-nimbo, que tem como característica grande crescimento vertical, com isso, existem a formação de água e gelo dentro da nuvem por correntes de ar úmido, que, com a ajuda do vento, se colidem gerando eletricidade. Segundo Cruz e Aniceto (2012), o granizo alojado na base da nuvem, com carga negativa, repele os cristais de gelo carregados positivamente para o topo, de modo que a nuvem fica polarizada.

A rigidez dielétrica do ar normalmente é elevada, contudo, com a presença de umidade e íons misturados com o ar, essa resistência encontra-se altamente reduzida. Com a rigidez reduzida, a concentração de cargas positivas e negativas resultam em uma diferença de potencial entre a nuvem e a terra, com o aumento dessa diferença de potencial, é possível que ocorra um rompimento da rigidez dielétrica do ar, fazendo cargas negativas migrarem para o solo com a chamada descarga piloto.

Segundo Filho (2018), A descarga piloto forma um canal contínuo de ar ionizado entre a nuvem e a terra, curto-circuitando as duas superfícies. Surge assim das ramificações da descarga piloto, a descarga de retorno ou principal, juntamente com uma descarga de intensidade inferior, assim formando a descarga completa.

Dentre esses acontecimentos, podemos destacar alguns fenômenos que ocorrem nesse meio e que podemos definir. Segundo Filho (2018), relâmpago, efeito luminoso causado pelas colisões de íons e átomos e a constante liberação de energia, e trovão, movimento do ar que envolve o raio em todo seu percurso, por efeito da grande temperatura.

Os raios tendem a cair nos pontos mais elevados, como por exemplo em regiões montanhosas, árvores, antenas, etc. Com relação aos terrenos, segundo Cruz e Aniceto (2012), houve uma comprovação estatística na qual diz que os solos menos condutores são mais propícios a descargas atmosféricas, e a explicação para tal fenômeno ocorra é que esses solos possuem maior concentração de carga elétrica na superfície.

O estudo da formação geológica do solo e subsolo das regiões permite analisar o comportamento das regiões em relação à incidência das descargas atmosféricas. O resultado desse estudo está descrito no mapa isoceráunico da Figura 1 que estima o número de dias de trovoadas por ano. (CRUZ, ANICETO, 2012)

Figura 1 - Mapa Isoceráunico

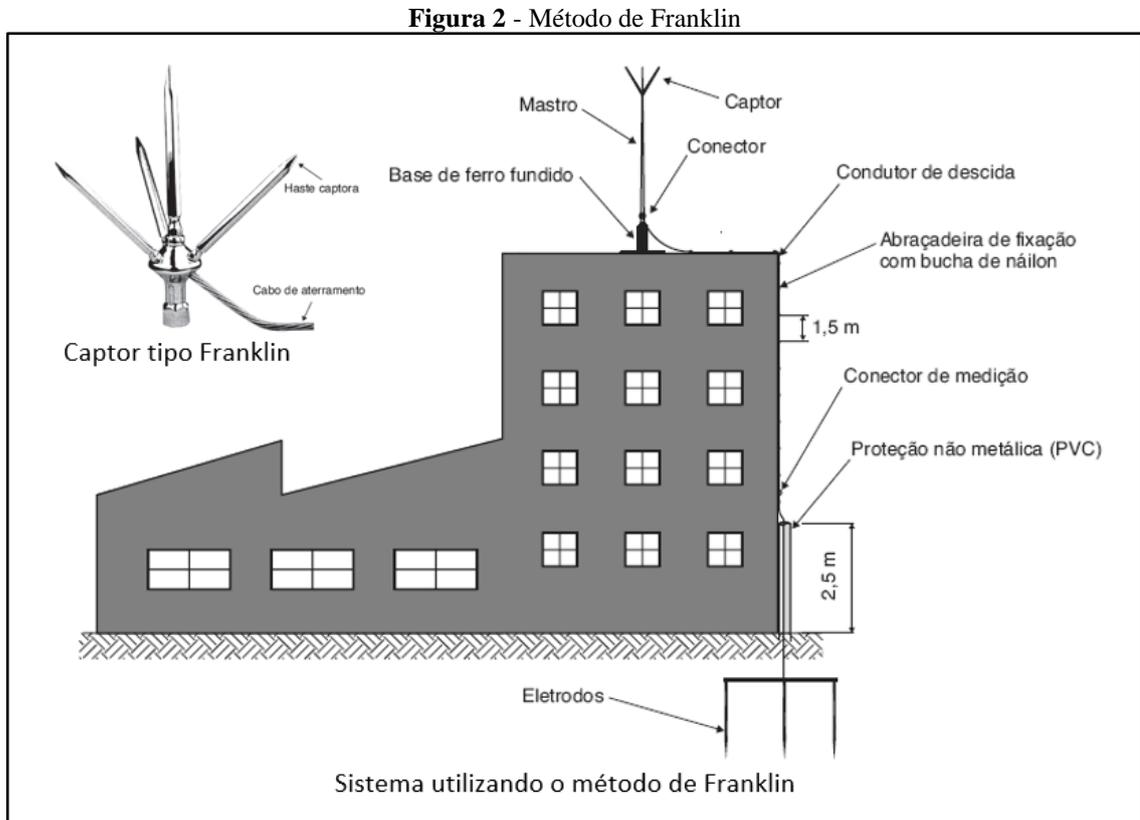


Fonte: ABNT NBR 5419-2005.

Com essa possibilidade de descargas atmosféricas atingirem vários locais de grande importância e risco, como não é possível impedir essas descargas, foram desenvolvidos os para-raios para tentar controlá-las e descarrega-las de forma segura. Existem três métodos de sistemas protetores, são eles, Para-raios de Franklin, Gaiola de Faraday, e o Método Eletromagnético.

O método de Franklin é formado por um captor no ponto mais alto do local a ser protegido, o raio de proteção tem um formato de cone que depende da altura e do nível de proteção necessário, juntamente com um cabo de descida que é ligado a uma haste de aterramento no solo. Segundo Filho (2018) esse é o método universalmente aceito, usual em proteção de edifícios.

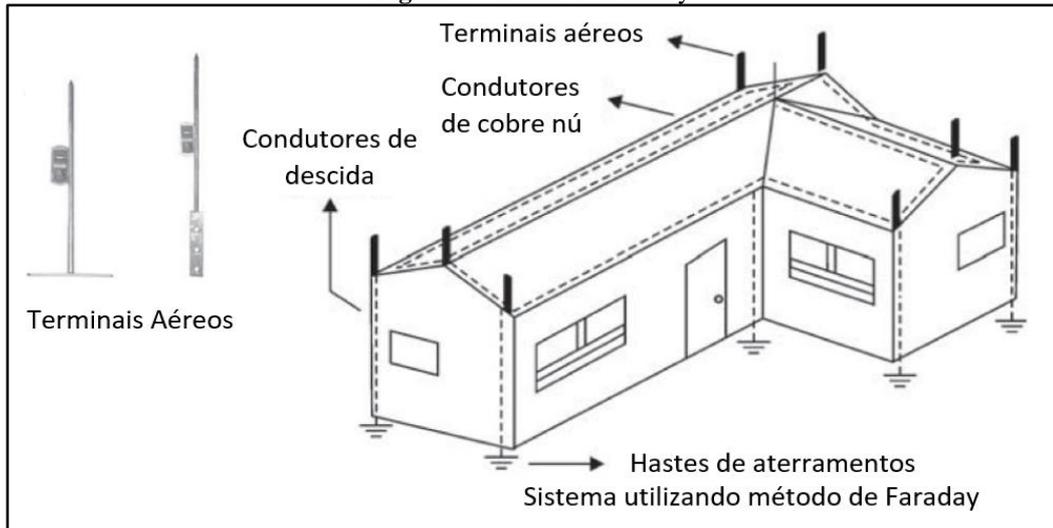
No método de Franklin, demonstrado na Figura 2, consta todos os componentes de um sistema de Franklin, desde o captor, o que o caracteriza como método de Franklin, até os eletrodos, que são utilizados para o aterramento.



Fonte: Mamade (2017).

O método de Faraday também conhecido como Gaiola de Faraday, é composto por vários captores em formato retangular contornando todo o local do qual deseja proteger, conforme mostrado na figura 3. Esse sistema, segundo Cruz e Aniceto (2012), parte do princípio de que um corpo encerrado em uma estrutura metálica interligada (gaiola) fica protegido contra as descargas externas, apresentando campo elétrico nulo em seu interior, funcionando como blindagem.

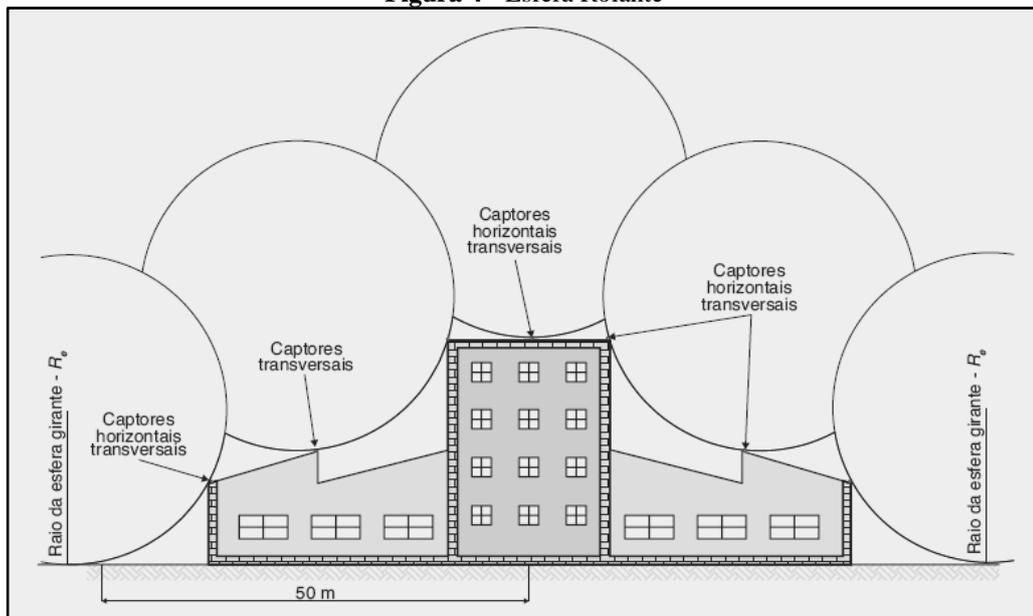
Figura 3 - Gaiola de Faraday



Fonte: Cruz e Aniceto (2018).

O método Eletrogeométrico, também conhecido como esfera rolante ou fictícia, é um tipo de proteção onde, de acordo com Nery (2017), consiste em imaginar uma esfera fictícia cujo raio, R , corresponde à distância de atração da descarga atmosférica deslocando-se ao lado e sobre a estrutura, as partes da estrutura não tocadas pela superfície da esfera estão protegidas, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Esfera Rolante



Fonte: Mamade (2018).

Além desses, havia outro chamado Para-raios Radioativo, com o objetivo de, segundo Filho (2017), criar uma elevada ionização do ar sobre ele por meio do bombardeio do ar por

partículas alfa emitidas pelo material radioativo. Contudo, por ser um material radioativo, seu uso foi proibido em inúmeros países, inclusive o Brasil.

2. NBR 5419/2015

SANTINI 2016 corrobora pontuando que a NBR 5419 de 2015 após 10 anos da sua até então última atualização no ano de 2005, na sua revisão mais atual, foi projetada com base na norma internacional IEC 62305. Com uma visão técnica o intuito da atualização é que haja um impacto positivo na área elétrica, de forma a causar mudanças também no mercado de equipamentos, na conduta dos profissionais e principalmente na segurança das edificações e as pessoas que nela circulam. De acordo com COELHO 2011, a norma internacional IEC 62305 criada em 2006 contém quatro volumes referente a SPDA:

Parte 01: Princípios Gerais

Parte 02: Gerência de Risco

Parte 03: Danos físicos a Estrutura e perigo de vida

Parte 04: Sistemas Eletroeletrônicos embarcados

A norma internacional IEC 62305 de 2010 (*International Electrotechnical Commission*) é a Comissão Eletrotécnica Internacional que contextualiza de forma abrangente dentro das 4 partes o projeto de um SPDA, desde aspectos na parte 01 que fala sobre características gerais e técnicos sobre descargas atmosféricas, riscos inerentes, já na parte 02, é mostrada a ferramenta para análise probabilística de riscos referente a descargas atmosféricas, no qual envolve estruturas simples e complexas, com relação à parte 03, são exposta técnicas para a proteção de estrutura contra os raios, no qual aborda meios de controle dos danos indiretos das descargas, assim também diretivas para projeto, instalação e manutenção de um SPDA. Por fim a parte 04 específicas conceitos e técnicas voltados para a proteção de aparelhos eletrônicos embarcados na edificação.

De acordo com Santos (2016, p.22) o texto referência da IEC foi adaptado para a NBR 5419 de 2015, pois no Brasil diferente de muitos países quanto ao ambiente do clima brasileiro. Um fato importante do qual o trabalho trata, que é a análise de risco, foram incluídos na norma o mapa do Brasil e de suas regiões com seus respectivos números de descargas atmosféricas por quilômetro quadrado e ao ano.