

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Fundação Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1966 – São Luís - Maranhão.

**Coordenação do Curso Engenharia Civil.
(Cidade Universitária Dom Delgado - São Luís).**



RODRIGO AZEVEDO PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA DE ATERRAMENTO
ESTRUTURAL E SISTEMA EXTERNO DE ATERRAMENTO: ESTUDO DE
CASO NA CIDADE DE SÃO LUÍS/MA**

São Luís
2018

RODRIGO AZEVEDO PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SISTEMA DE ATERRAMENTO
ESTRUTURAL E SISTEMA EXTERNO DE ATERRAMENTO: ESTUDO DE CASO
NA CIDADE DE SÃO LUÍS/MA**

Trabalho de conclusão de curso II
submetido a Universidade Federal do
Maranhão como pré-requisito parcial
para a obtenção da graduação em
Engenharia Civil, sob a orientação do
Prof. Msc. Marcio Mendes Cerqueira.e
co-orientação do Prof. Msc. Fabio
Dieguez Barreiro Mafra.

São Luís
2018

Ficha catalográfica

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a). Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Pereira, Rodrigo Azevedo.

Análise comparativa entre o sistema de aterramento estrutural e sistema externo de aterramento: estudo de caso na cidade de são luís/MA / Rodrigo Azevedo Pereira. - 2018.

53 p.

Coorientador(a): Fabio Dieguez Barreiro Mafra.

Orientador(a): Marcio Mendes Cerqueira.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, São Luís/MA, 2018.

1. Aterramento convencional. 2. Aterramento estrutural. 3. Descargas atmosféricas. 4. SPDA. I. Cerqueira, Marcio Mendes. II. Mafra, Fabio Dieguez Barreiro. III. Título.

RESUMO

Este trabalho realiza uma caracterização de dois métodos de aterramento, subsistema que faz parte do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), o aterramento estrutural e o aterramento convencional. Com base nas características de cada um, e em visitas a edificações localizadas na cidade de São Luís/MA, foram levantadas as vantagens e desvantagens de cada metodologia, analisando aspectos construtivos e de segurança das edificações. Foi observado que apesar do aterramento estrutural ser mais vantajoso devido à possibilidade de redução de custos, ganho estético e eficiência quanto a garantia da segurança da edificação, poucos profissionais conhecem e utilizam esse sistema, devido ao método convencional ser consolidado e de simples execução. Além disso, a falta de conhecimento quanto à NBR 5419 aliado à falta de fiscalização por parte do Corpo de Bombeiros, contribuem para uma maior utilização do método convencional em detrimento do aterramento estrutural.

Palavras-chave: Aterramento convencional. Aterramento estrutural. Descargas atmosféricas. SPDA.

ABSTRACT

This work presents a characterization of two grounding methods, a subsystem that is part of the Atmospheric Discharge Protection System (SPDA), structural grounding and conventional grounding. Based on the characteristics of each one, and visits to buildings located in the city of São Luís / MA, the advantages and disadvantages of each methodology were analyzed, analyzing constructive and safety aspects of the buildings. It was observed that, although structural grounding is more advantageous due to the possibility of cost reduction, aesthetic gain and efficiency in building security, few professionals know and use this system, due to the conventional method being consolidated and simple execution. In addition, the lack of knowledge about NBR 5419 coupled with the lack of inspection by the Fire Department contributes to a greater use of the conventional method in detriment of structural grounding.

Key-words: Conventional grounding. Structural grounding. Atmospheric Discharges. SPDA.

Monografia avaliada e aprovada em sua versão final pela banca examinadora constituída pelos docentes.

Fabio Dieguez Barreiro Mafra
Universidade Federal do Maranhão

Marcio Mendes Cerqueira
Universidade Federal do Maranhão

Luiz Henrique Neves Rodrigues
Universidade Federal do Maranhão

Mikhail LUCZYNSKI
Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de realizar um sonho e chegar a este Trabalho de Conclusão de Curso. À minha mãe Ana Lúcia Azevedo por todo o apoio, suporte e confiança em toda a minha caminhada acadêmica.

Agradeço a meu pai pelo exemplo de homem e profissional que é e por ter me inspirado a seguir esta área.

À minha companheira Jaciane Pereira Pontes por todo o carinho e compreensão demonstrados durante a elaboração deste trabalho e de minha vida acadêmica.

À minha irmã Milena Azevedo pela paciência e suporte ao longo de minha trajetória acadêmica.

Agradeço ao meu orientador Professor Marcio Cerqueira por todo o conhecimento compartilhado para a realização deste trabalho.

“A arte de "engenharia" consiste em transformar números, cálculos, fórmulas e desenhos em realidade”.

Julio Ap.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Subsistemas de um SPDA.....	9
Figura 2 - Nuvem carregada eletricamente.....	12
Figura 3 - Conexão entre canais ascendentes e descendentes.....	13
Figura 4 - Neutralização pelo poder das pontas.....	14
Figura 5 - Nº de mortes no Brasil devido descargas atmosféricas.....	15
Figura 6 - Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419:2015.....	16
Figura 7 - Ângulo de proteção.....	18
Figura 8 - Comparação da NBR 5419 entre versões de 2005 e 2015 ângulo de proteção correspondente à classe III.....	18
Figura 9 - Para-raio tipo Franklin de edifício residencial.....	21
Figura 10 - elemento de descida passando pela estrutura do pilar.....	22
Figura 11 - Condutor de descida externo à edificação.....	23
Figura 12 – Representação de um sistema de aterramento em anel.....	25
Figura 13 – Representação de um sistema de aterramento em malha.....	25
Figura 14 - Conexão de cabo de aterramento de 50 mm ² com armadura de baldrame, utilizando solda exotérmica.....	26
Figura 15 - Barra de equalização ligada à baldrame.....	27
Figura 16 - Aterramento estrutural em edifício.....	29
Figura 17 - Emenda utilizando clipe galvanizado.....	30
Figura 18 - Conector entre Rebar e parte externa da viga baldrame.....	31
Figura 19 – Edifício Mirage em construção.....	33
Figura 20 - Edifício Mirage quando concluído.....	33
Figura 21 - Rebar posicionado junto à armadura de concreto.....	34
Figura 22 – Fachada do Bloco do Ensino Fundamental e do Ensino Médio.....	37
Figura 23 – Disposição das edificações ao longo do terreno.....	37
Figura 24 – Caixa de inspeção para medições de aterramento.....	38
Figura 25 – Descida não conectada à haste de aterramento.....	39
Figura 26 – Medições de aterramento realizadas ao redor das edificações.....	41
Figura 27 – Adequação realizada na malha de aterramento da caixa d'água.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores máximos dos ângulos de proteção, raio da esfera rolante e tamanho da malha para cada classe de SPDA.....	19
Tabela 2 – Resistência de aterramento Prédio Creche.....	39
Tabela 3 - Resistência de aterramento Prédio ADM.	40
Tabela 4 - Resistência de aterramento Prédio Colégio.....	40
Tabela 5 - Resistência de aterramento Prédio Ginásio.....	40
Tabela 6 - Resistência de aterramento Caixa D'água.....	41
Tabela 7 – Comparativo aterramento estrutural x aterramento convencional.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Considerações iniciais.....	8
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo geral.....	10
1.2.2 Objetivos específicos	10
1.3 Justificativa.....	10
1.4 Metodologia	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Conceitos iniciais	12
2.1.1 Descargas atmosféricas	12
2.1.2 Proteção contra descargas atmosféricas	14
2.2 COMPONENTE DO PDA - Proteção contra descargas atmosféricas ...	20
2.2.1 Subsistema de captação.....	20
2.2.2 Subsistema de descida.....	21
2.2.3 Subsistema de Aterramento.....	23
2.3 Elementos naturais da edificação no subsistema de aterramento	27
2.3.1 Controvérsias quanto a segurança da edificação	27
2.3.2 Vantagens e desvantagens do uso de aterramento estrutural.....	28
2.3.3 Como usar corretamente as ferragens	29
3 ESTUDO DE CASO	32
3.1 Edifício Mirage	32
3.1.1 Dados da edificação	32
3.1.2 Observações feitas em campo.....	34
3.1.3 Opinião dos construtores quanto aterramento estrutural	35
3.2 Colégio Marista.....	36
3.2.1 Dados da edificação	36

3.2.2 Observações feitas em campo.....	38
3.2.3 Opinião da equipe em campo	43
4 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Segundo Coutinho & Antóe (2003), as descargas atmosféricas vêm sendo objeto de estudo por parte da comunidade científica há certo tempo, visto que podem causar sérios danos a qualquer edificação, desde pequenas residências até prédios de maior porte. Tais estudos permitiram um conhecimento mais aprofundado a respeito da natureza elétrica desses fenômenos atmosféricos, de forma que fossem descobertos métodos que permitissem proteger propriedades, equipamentos e principalmente pessoas sujeitas aos perigos das descargas elétricas provenientes da atmosfera (COUTINHO & ANTOÉ, 2003).

Por isso, foram criadas normas técnicas com objetivo de garantir a segurança das estruturas e evitar eventuais avarias causadas por descargas atmosféricas. No Brasil destaca-se a NBR 5419/2015 como principal orientadora para elaboração de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), norma na qual são descritos critérios específicos quanto a segurança predial.

Segundo a NBR 5419/2015 compõe um SPDA: um subsistema de captação, um subsistema de descida e um subsistema de aterramento. Em geral, as descargas elétricas são interceptadas pelo subsistema de captação, e através dos cabos do subsistema de descida a corrente elétrica é direcionada ao solo por meio do subsistema de aterramento, responsável por fazer escoar a corrente de descarga na terra (SUETA,2011).

O subsistema de aterramento é normalmente feito através de uma malha de aço enterrada. Entretanto, tem crescido o emprego dos próprios elementos de fundação das estruturas como parte do sistema de aterramento, conhecido com aterramento estrutural. Essa utilização tem gerado controvérsias no meio técnico, já que muitos profissionais da área argumentam que tal metodologia pode comprometer, em situações de altas descargas, a segurança estrutural da edificação (SUETA,2011).

Por isso, apesar da NBR 5419/2015 tratar de forma bastante clara sobre o aterramento estrutural, ainda não há total confiança por parte de alguns profissionais, visto que muitos alegam que o uso de ferragens de elementos de fundação pode não ser eficiente na proteção das estruturas contra descargas atmosféricas devido a utilização das armaduras poderem colocar em risco a integridade da estrutura ou a mesma não oferecer uma boa resistência de terra. Na figura 1 mostra-se o esquema do SDPA de uma edificação e seus subsistemas.

Figura 1- Subsistemas de um SPDA



Fonte: Sueta, 2011

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal analisar o sistema de aterramento estrutural e suas especificidades de execução e o sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas sob o ponto de vista da eficiência e segurança das edificações.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar as sugestões da NBR 5419/2015 quanto ao subsistema de aterramento;
- Levantar as vantagens e desvantagem de cada tipo de aterramento;
- Realizar medições nos sistemas de aterramento em edificações localizadas em São Luís/MA e verificar as condições do sistema de aterramento;
- Realizar visitas de campo às obras a fim de verificar o cumprimento da NBR 5419:2015.

1.3 Justificativa

A necessidade de garantir a segurança das estruturas contra descargas atmosféricas e também gerar economia tem impulsionado o uso do SPDA estrutural. Todavia, ainda há incerteza quanto a eficiência desse tipo de sistema, pois muitos profissionais acreditam que a passagem de corrente elétrica dentro da estrutura pode causar sérios danos à edificação.

Sendo assim, é salutar investigar o funcionamento do SPDA estrutural, de forma que seja possível traçar um comparativo com o método externo convencional de SPDA e obter informações que permitam estudar sua eficiência como sistema protetor de uma edificação.

1.4 Metodologia

Foi realizada uma revisão da literatura baseada nos principais teóricos da área de Sistemas de Aterramento, aliada a uma detalhada análise da NBR 5419/2015. Com base nas informações obtidas, foram realizadas visitas de campo em duas edificações com o objetivo de observar detalhes executivos e opiniões de profissionais da área. Além disso, foram realizadas medições de resistência de aterramento em uma das edificações visando verificar as condições do aterramento em uso.

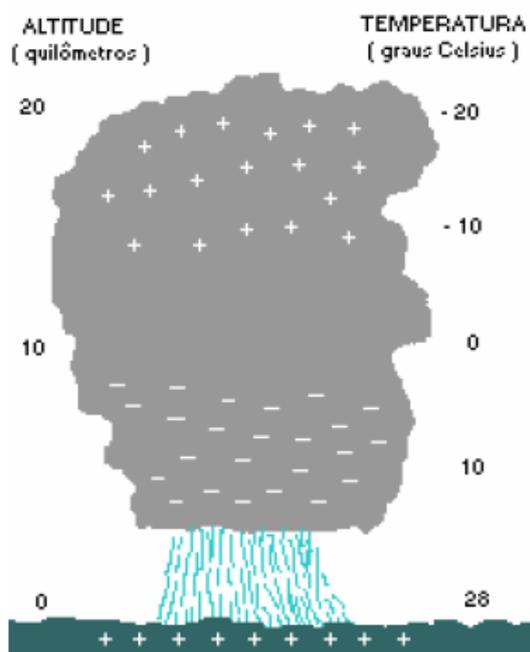
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos iniciais

2.1.1 Descargas atmosféricas

Por mais simples que pareça, a formação dos raios provenientes da atmosfera ainda é um fenômeno pouco conhecido pela comunidade científica, no sentido de previsibilidade de localização e intensidade dos raios. Estudos apontam a presença de cargas positivas na parte superior, e cargas negativas na parte inferior das nuvens, fato que proporciona o surgimento de cargas positivas da superfície da terra, conforme na figura 2 (COUTINHO & ANTOÉ,2003).

Figura 2 - Nuvem carregada eletricamente.



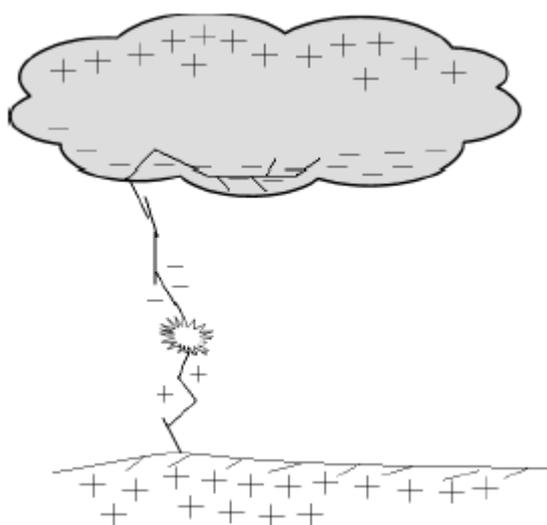
Fonte: Coutinho & Antóe,2003

De acordo com Sueta (2011) existem dois processos que explicam a eletrização das nuvens: teoria da precipitação e teoria da convecção. Segundo ele, na Teoria da precipitação, partículas pesadas em uma nuvem assumem cargas opostas (positivo e negativo) por meio de uma colisão ou através de

indução, em que duas partículas não carregadas, mas polarizadas eletricamente colidem de forma que a menor absorve energia da maior. Já na Teoria da eletrificação por convecção, as nuvens de ar seriam eletrizadas devido ao grande fluxo associado às tempestades, essa teoria, porém, apresenta mais contestações em relação à primeira.

Essa diferença de cargas ocasiona o surgimento de canais ascendentes entre o solo e as nuvens. Assim que tais canais se localizam a uma distância crítica, há uma comunicação entre eles estabelecendo uma corrente, definida como corrente de retorno, como mostrado na figura 3 (BURATTO, 2011).

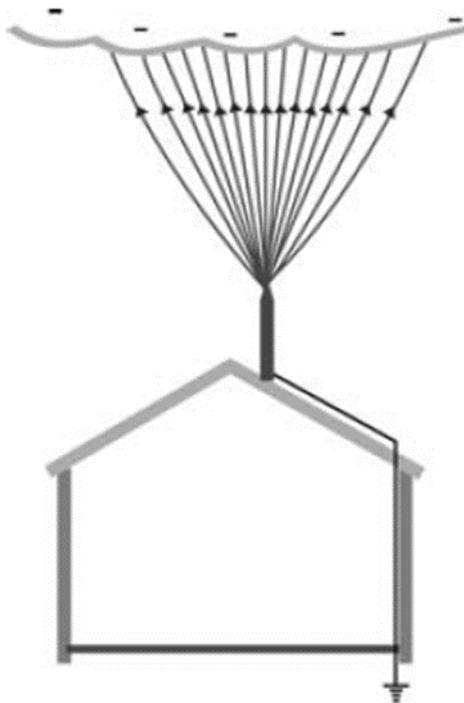
Figura 3 - Conexão entre canais ascendentes e descendentes.



Fonte: Buratto, 2011.

Além disso, Coutinho & Antóe (2003) destacam a importância dos para-raios, equipamentos metálicos localizados em edifícios cuja função é atrair os raios de que forma que não sejam causados danos à edificação. Tal capacidade pode ser explicada através do chamado “poder das pontas”, que consiste na atração elétrica entre os íons liberados no ar que os para-raios geram sobre as nuvens. Na figura 4, mostra-se esse efeito de atração entre as partículas elétricas.

Figura 4 - Neutralização pelo poder das pontas.



Fonte: Coutinho & Antóe, 2003

2.1.2 Proteção contra descargas atmosféricas

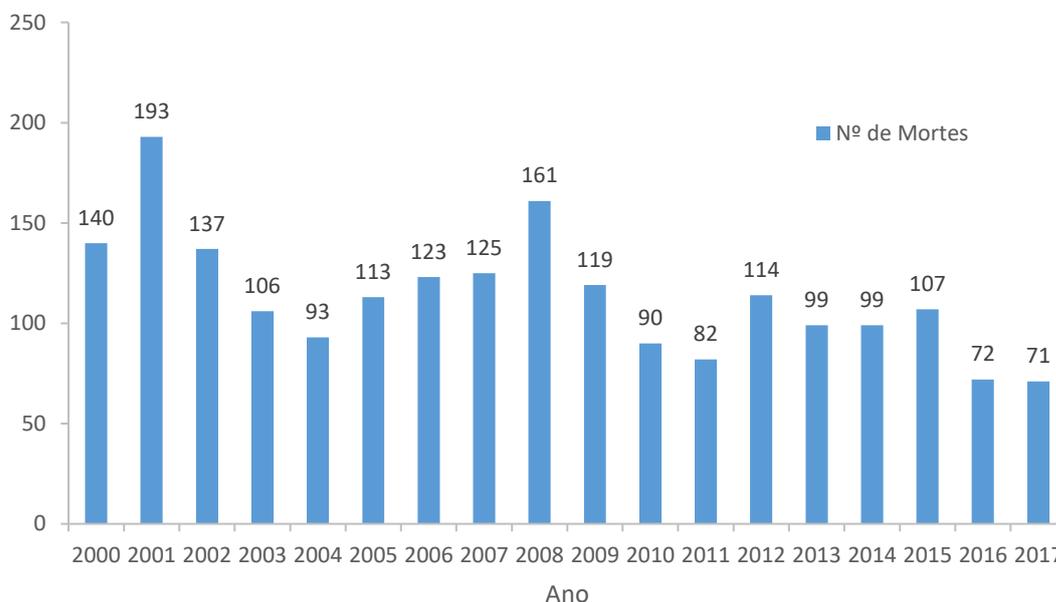
2.1.2.1 A importância da NBR 5419/2015

Devido sua posição geográfica e demais fatores climáticos, o Brasil é um dos países com maior incidência de raios no mundo, de acordo com o Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT, responsável pelo desenvolvimento de pesquisas no Instituto Nacional de Pesquisas Atmosféricas – INPE. Por ano, caem cerca de 80 milhões de raios em território brasileiro, e a cada 50 mortes por raio no mundo, 1 é no Brasil (ELAT,2018).

De acordo com as estatísticas, as descargas atmosféricas representam um risco à segurança tanto de pessoas como de equipamento dentro das edificações. Os acidentes envolvendo descargas atmosféricas ocorrem a todo momento, causando consideráveis prejuízos em diversas partes do país,

expondo a situação de insegurança vivida por certa parcela da população que desconhece os riscos pertinentes a tais fenômenos (ELAT,2018). Na figura 5, expõe-se o número de mortes por ano no Brasil, no período de 2000 a 2017.

Figura 5 - Nº de mortes no Brasil devido descargas atmosféricas.



Fonte: Adaptado de ELAT (2018)

Nesse contexto, faz-se necessária uma norma técnica que possa nortear os projetistas e executores de edificações, no sentido de garantir a correta execução dos Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas- SPDA. Por isso, a NBR 5419/2015 deve servir como grande referência para o desenvolvimento de projetos na construção civil, à medida que sua atualização representou uma grande mudança na concepção dos SPDA no Brasil.

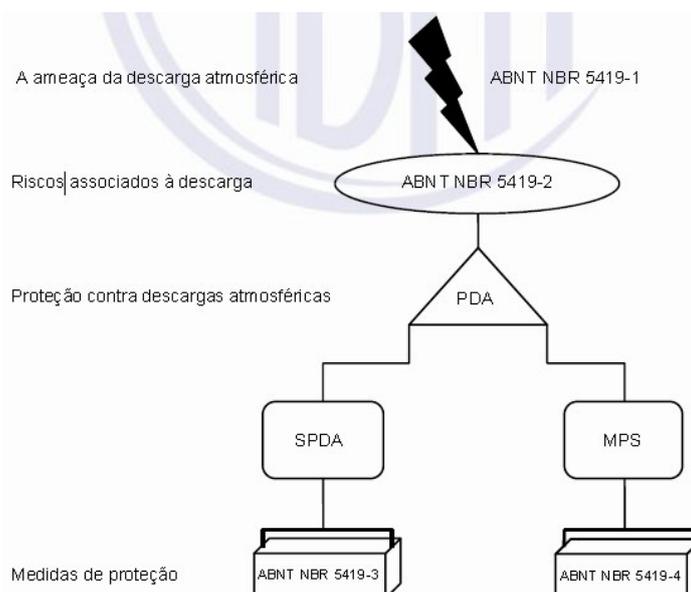
A NBR 5419/2015 conta com as seguintes partes:

- Parte 1: Princípios gerais;
- Parte 2: Gerenciamento de risco;
- Parte 3: Danos físicos à estrutura e perigos à vida;
- Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos à estrutura.

Sob o ponto de vista da estrutura, a Parte 1 estabelece “requisitos” para a determinação de Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA). A Parte 2

trata do gerenciamento e análise de riscos em função das descargas atmosféricas, a Parte 3 trata das medidas de proteção contra descargas atmosféricas, no interior e ao redor da estrutura, para reduzir os riscos de danos físicos e lesões a seres vivos, e a Parte 4 trata da proteção para reduzir riscos de danos a equipamentos eletrônicos, através das Medidas de Proteção contra Surtos (MPS). Na figura 6 mostra-se a estruturação da norma de acordo com cada parte e devido conteúdo.

Figura 6 - Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419:2015.



Fonte: NBR 5419:2015.

Em comparação à versão de 2005, a principal modificação da NBR 5419/2015 trata da separação entre SPDA (também chamado PDA externo) e MPS (também chamado PDA interno). Sendo assim, a norma passa a garantir proteção tanto à edificação quanto às suas proximidades, demonstrando uma maior eficiência da norma no que tange a proteção dos edifícios.

2.1.2.2 Nível de proteção

De acordo com a NBR 5419/2015, as edificações podem ser classificadas em quatro níveis de proteção (I a IV), sendo que para cada nível são fixados parâmetros máximos e mínimos de corrente de descargas

atmosféricas. Tal método permite que haja um tratamento mais específico para cada tipo de edificação de acordo com as suas características, e também proporciona um direcionamento ao projetista quanto a escolha de diversos componentes do SPDA tais como distância entre condutores de descida, materiais empregados na captação, dimensões de eletrodo de aterramento, etc. Além disso, os níveis de proteção garantem uma considerável eficiência dos métodos de proteção.

A parte 2 da NBR 5419, discorre quanto a análise de risco das edificações, a fim de determinar seu nível de proteção. Para que seja feita a determinação da necessidade ou não de uso do SPDA, deve ser feita uma análise de fatores como:

- Tipo de ocupação da estrutura;
- A natureza da construção;
- A localização da estrutura;
- Altura da estrutura.

2.1.2.3 Métodos de proteção

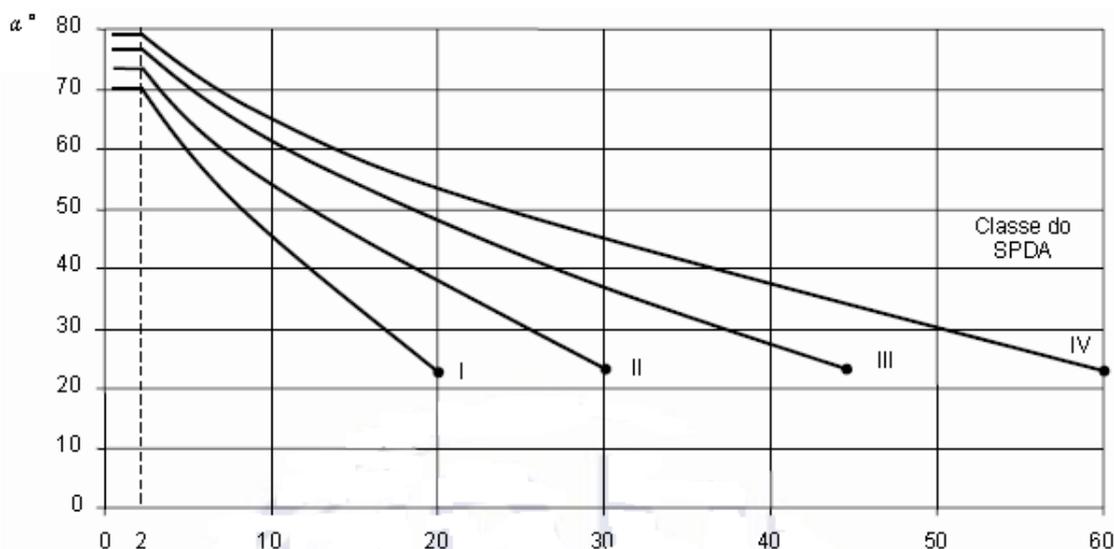
Uma vez determinada a necessidade ou não do SPDA e o respectivo nível de proteção, deve-se então buscar uma solução que seja viável tanto economicamente como tecnicamente, a fim de garantir a segurança da edificação. Para isso, é necessário que haja um trabalho conjunto entre o engenheiro responsável pela proteção contra descargas atmosféricas, o arquiteto e o engenheiro civil, a fim que seja feito um planejamento visando a perfeita harmonia entre os elementos da edificação (BURATTO, 2011).

Basicamente, os métodos de proteção são três: Método de Franklin, método eletromagnético e método da gaiola de Faraday. A principal diferença entre eles consiste no formato do subsistema de captação, já que enquanto os sistemas Franklin e eletromagnético utilizam hastes verticais denominadas para-raios, o método de Faraday emprega condutores horizontais não suspensos que formam uma malha sobre a estrutura (FERREIRA, 2011).

O método Franklin relaciona o ângulo geratriz de uma haste com sua respectiva altura, a fim de determinar um volume de proteção, para que toda a

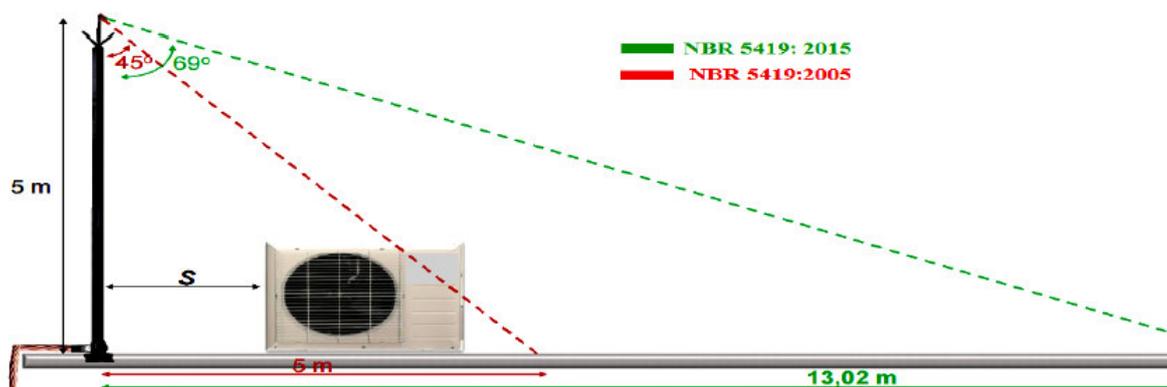
edificação esteja coberta por essa proteção. A NBR 5419 auxilia na determinação de tais ângulos através de um gráfico no qual relaciona ângulo e altura da haste de captação conforme mostrado na figura 7 (NUNES, 2016). Na figura 8 mostra-se a o ângulo geratriz de uma haste de 5 metros, comparando o volume de proteção de acordo com as normas de 2005 e 2015.

Figura 7 - Ângulo de proteção.



Fonte: NBR 5419/2015

Figura 8 - Comparação da NBR 5419 entre versões de 2005 e 2015 ângulo de proteção correspondente à classe III



Fonte: Nunes,2016

Em relação à última versão da norma, o chamado volume de proteção, ou seja, a área de cobertura do captor tipo Franklin aumentou consideravelmente. Associando-se a altura do captor acima do plano de referência da área a ser protegida, com o respectivo nível de proteção, pode-se obter o ângulo de proteção, a partir do qual é calculada a distância de cobertura em metros (NUNES, 2016).

Já o método da gaiola de Faraday consiste na formação de malhas que visam anular o campo elétrico na região da edificação, desde que seja garantida a percolação de uma corrente de descarga através de um condutor. Para isso, é instalado um sistema de captores formado por condutores horizontais interligados em forma de malha. A NBR 5419/2015 fixa as distâncias que as malhas devem ter de acordo com o nível de proteção em questão.

Há ainda o método eletromagnético, que consiste em uma análise de natureza da física de uma descarga atmosférica. Também conhecido como método da esfera rolante, nesse sistema de acordo com a norma é determinado um raio R, no qual pode ser determinado volume de proteção do sistema. De forma geral, os valores dos ângulos de proteção, raio da esfera rolante e tamanho da malha para cada classe de SPDA são dados na tabela 1.

Tabela 1 - Valores máximos dos ângulos de proteção, raio da esfera rolante e tamanho da malha para cada classe de SPDA.

Classe do SPDA	Raio da esfera rolante – R (m)	Máximo afastamento dos condutores da malha (m)
I	20	5x5
II	30	10x10
III	45	15x15
IV	60	20x20

Fonte: NBR 5419/2015

2.2 COMPONENTES DO PDA - Proteção contra descargas atmosféricas

Apesar da natureza complexa, muito se conhece sobre a capacidade destrutiva das descargas atmosféricas. Por isso, faz-se necessário de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA voltado a garantir a segurança da edificação e das pessoas presentes. As partes constituintes do SPDA são: subsistema de captação, subsistema de decida e subsistema de aterramento (COUTINHO & ANTOÉ,2003).

2.2.1 Subsistema de captação

Define-se como a parte do SPDA destinado a interceptar as descargas atmosféricas, reduzindo a probabilidade de a estrutura ser atingida. Dependendo do método escolhido, a captação pode ser feita através de hastes verticais, condutores horizontais ou elementos naturais da edificação tais como tubos, postes, etc. (BURATTO, 2011).

Os elementos do subsistema de captação são geralmente empregados em edifícios de grandes alturas, e de acordo com a NBR 5419/2015, as hastes devem ser feitas de materiais capazes de resistir a grandes impactos. Além disso, de acordo com o posicionamento dos captadores é determinado o respectivo volume de proteção, por isso, em geral os elementos são posicionados nos cantos salientes e pontas expostas, visando cobrir toda a área da edificação. Na figura 9 mostra um para-raio de uma edificação de quinze pavimentos, posicionado no centro da edificação.

Figura 9 - Para-raio tipo Franklin de edifício residencial.



Fonte: O autor.

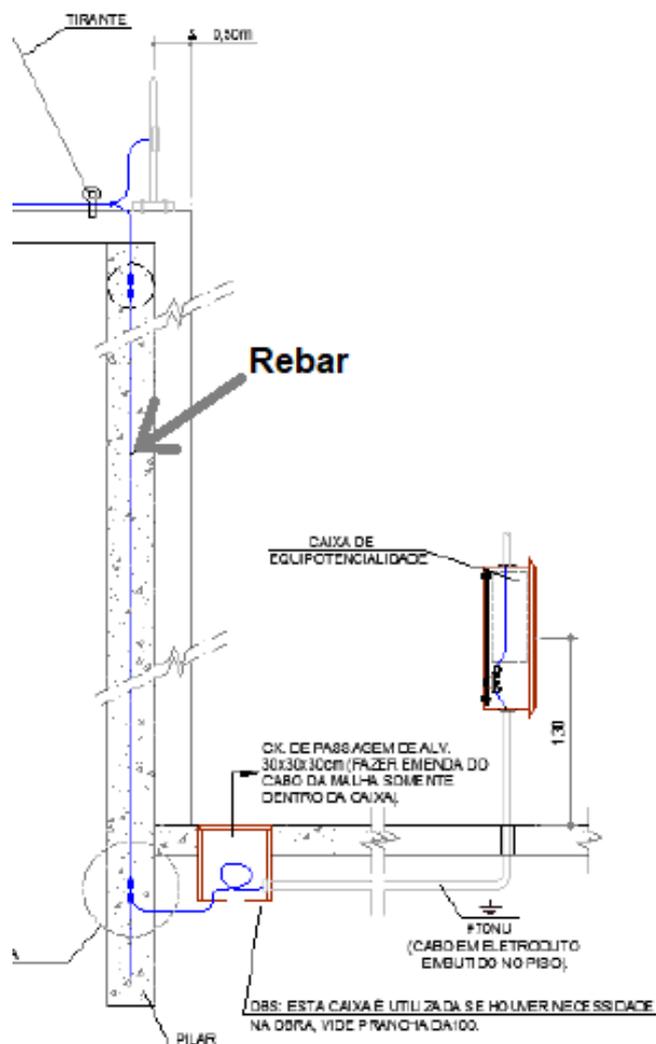
2.2.2 Subsistema de descida

Consiste no subsistema responsável pela transferência da descarga atmosférica da captação para o aterramento. Cabe ao projetista determinar um número de descidas de acordo com as prescrições da NBR 5419/2015, fixando uma distância mínima entre os condutores de descida, para que seja feita uma correta distribuição da corrente elétrica, e estejam disponíveis diversos caminhos paralelos para que ela possa fluir.

Cabe também ao projetista determinar o material para ser utilizado como condutor de descida, avaliando o custo e a disponibilidade para determinado local. Normalmente, o cobre é o mais empregado como condutor de descida, apesar de ter um custo maior quando comparado ao alumínio e ao aço galvanizado (BURATTO, 2011).

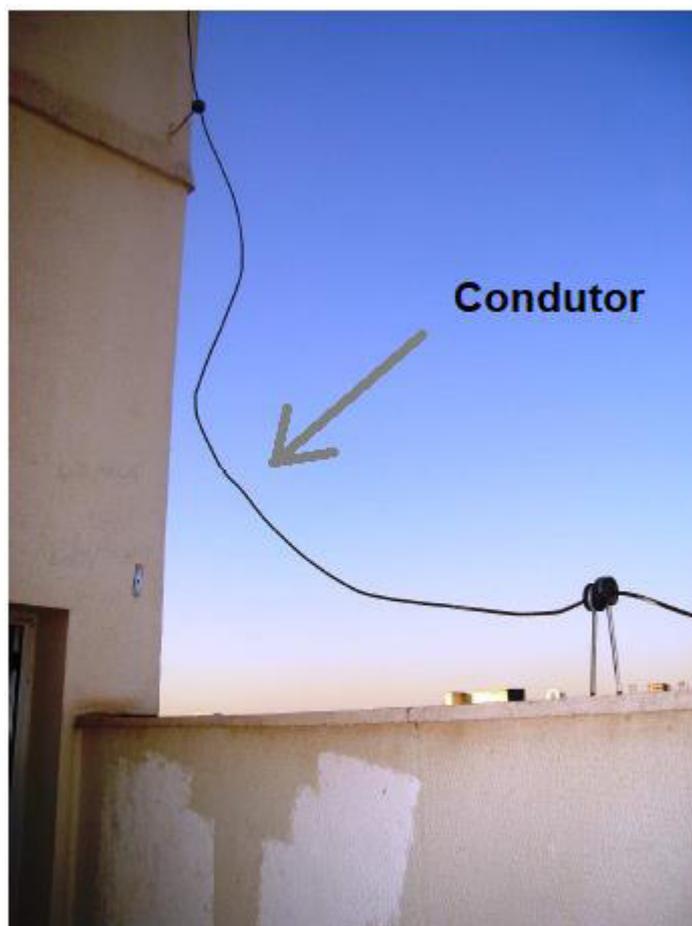
As descidas podem ser externas, como ocorrem com os cabos que descem pela estrutura, ou naturais quando empregam elementos da própria edificação tais como estruturas metálicas, armaduras da estrutura de concreto armado eletricamente contínuas e vigamentos de aço interconectado da estrutura. No caso de utilização de armaduras da estrutura de concreto, deve ser prevista desde o início da concepção do projeto, a passagem de barras de aço destinadas exclusivamente com a função de descidas, posicionadas estrategicamente a fim facilitar a execução. Na figura 10 mostra-se o elemento de descida passando pela estrutura do pilar, já na figura 11 pode ser verificada a existência de um condutor de descida externo à edificação (BURATTO, 2011).

Figura 10 - elemento de descida passando pela estrutura do pilar



Fonte: O autor

Figura 11 - Condutor de descida externo à edificação.



Fonte: Noleto, 2006.

2.2.3 Subsistema de Aterramento

O aterramento consiste em uma estrutura condutora enterrada no solo que visa entre outros fatores, dissipar a corrente de descargas atmosféricas no solo, com o objetivo de garantir a proteção de pessoas, animais e equipamentos. Para isso, é de suma importância conhecer as propriedades elétricas do solo tais como resistividade, umidade, concentração de sais e temperatura. Além de ter conhecimento dessas propriedades, o projetista de um sistema de aterramento deve se utilizar das diversas geometrias existentes como haste vertical, haste em paralelo, hastes em triângulo, malha, etc, de forma a obter a melhor configuração para determinada situação (BEZERRA, 2011).

Dentro do sistema de aterramento existe o chamado eletrodo de aterramento, definido como um condutor enterrado no solo e eletricamente ligado à terra, classificado em estrutural, quando são utilizadas as armaduras de

fundações como parte do aterramento e convencional quando são empregados eletrodos “exclusivos” para o aterramento elétrico. A eficiência de qualquer eletrodo de aterramento depende das condições do solo e da correta escolha do tipo de eletrodo a ser utilizada (BEZERRA, 2011).

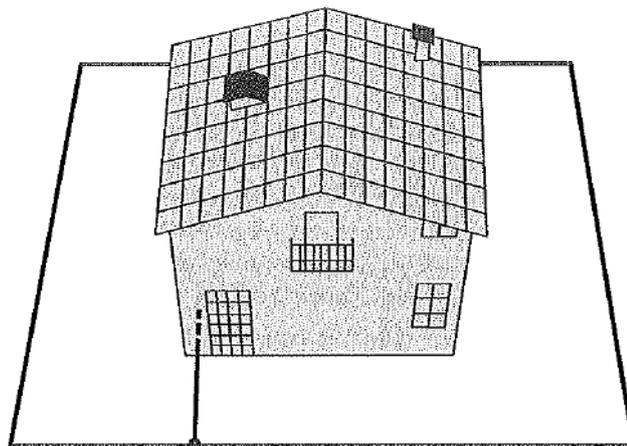
Uma mudança na NBR 5419/2015 em relação à versão de 2005 tem causado bastante discussão no meio profissional. Trata-se da ausência do valor máximo de 10Ω para resistência de aterramento, valor que era utilizado por profissionais da área como prova de qualidade da instalação do SPDA, dessa forma, agora deve-se buscar garantir ao máximo a conexão dos elementos para que seja atestada a eficiência do SPDA (NUNES, 2016).

2.2.3.1 Aterramento convencional

Consiste na utilização de eletrodos exclusivos para o sistema de aterramento. Define-se a configuração de eletrodo em anel, quando é formado um anel por volta do perímetro da construção formado por condutores e hastes interligados entre si enterrados no solo. Já o aterramento em malha, consiste na combinação de hastes e condutores interconectados cuja função é equalizar os potenciais na superfície do terreno (CREDER, 2007). Na figura 12 representa-se o sistema de aterramento em anel, enquanto na figura 13 representa-se o aterramento em malha.

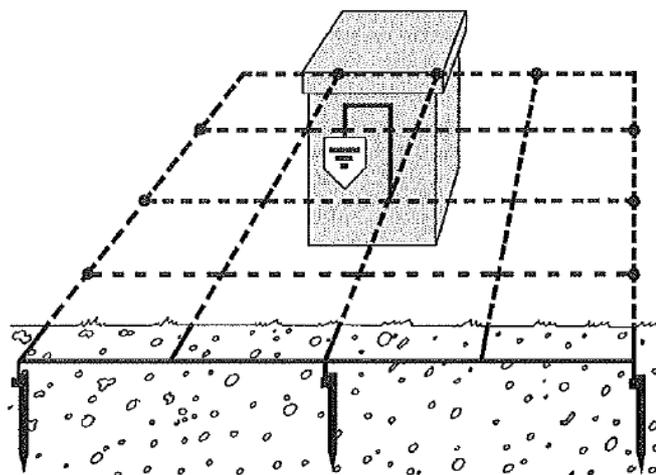
O sistema de aterramento em anel é amplamente conhecido e aplicado nas edificações no Brasil, normalmente são usadas hastes metálicas com comprimento variando de dois a três metros enterradas junto ao solo protegidas por caixas de inspeção que permitam o acesso para manutenções (CREDER, 2017).

Figura 12 – Representação de um sistema de aterramento em anel.



Fonte: Creder, 2007.

Figura 13 – Representação de um sistema de aterramento em malha.



Fonte: Creder,2007

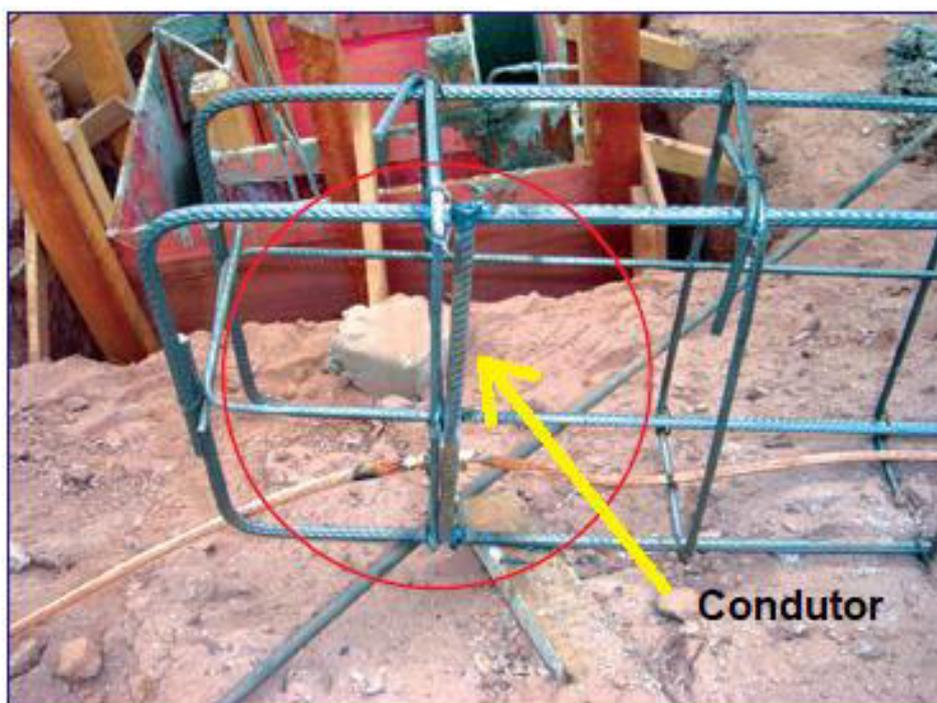
2.2.3.2 Aterramento estrutural

Segundo Gomes (2006), o emprego das ferragens de elementos de fundações como eletrodos de aterramento é prática utilizada há décadas em edificações em diversos países. Dentre as inúmeras vantagens existentes, o autor destaca a diminuição da variação de tensão durante a dissipação das correntes associadas às descargas atmosféricas para o solo, o que atende as exigências previstas pela NBR 5419/2015.

De acordo com Vicente (2010), a eliminação das descidas externas representa também um considerável ganho estético à edificação proporcionado pelo aterramento estrutural, visto que ocorre o embutimento dos condutores presentes no sistema.

Além disso, segundo Creder (2007) o uso de elemento de fundação como parte do aterramento também representa uma redução de custos para a instalação do sistema de aterramento, pois a execução ocorre concomitantemente à construção das sapatas ou baldrames. Na figura 14 ilustra-se a conexão do cabo de aterramento com a armadura do baldrame, já na figura 15 mostra-se barras de equalização locais (BEL), ligadas diretamente à ferragem nas vigas baldrames.

Figura 14 - Conexão de cabo de aterramento de 50 mm² com armadura de baldrame, utilizando solda exotérmica.



Fonte: Gomes, 2016.

Figura 15 - Barra de equalização ligada à baldrame.



Fonte: Gomes, 2016

2.3 Elementos naturais da edificação no subsistema de aterramento

2.3.1 Controvérsias quanto a segurança da edificação

Apesar de uma técnica consolidada, a utilização do aterramento estrutural ainda é alvo de desconfiança por parte dos projetistas e executores de obras no Brasil. Ainda há certo receio, de alguns profissionais quanto à garantia da integridade do concreto, visto que qualquer erro de execução pode ter sérias consequências para a segurança da estrutura. Apesar disso, a NBR 5419/2015 prescreve uma série de critérios de forma a garantir a correta execução do aterramento estrutural, porém alguns projetistas alegam que a baixa resistência de contato não seria garantia suficiente contra possível danos no concreto (VICENTE, 2010).

Outro ponto que vem gerando muita divergência se trata do Anexo E da norma, que descreve um ensaio de continuidade de armaduras para verificação

da continuidade elétrica das ferragens de um edifício. Alega-se que não há como garantir através do ensaio que as ferragens vão resistir aos esforços decorrentes das descargas atmosféricas, e que tal fato poderia colocar em risco a segurança estrutural da edificação. Em contrapartida, argumenta-se que nunca houve desabamento de um prédio devido a descargas atmosféricas, e que a situação normal é que as descargas sejam destinadas corretamente até o solo (SUETA, 2011).

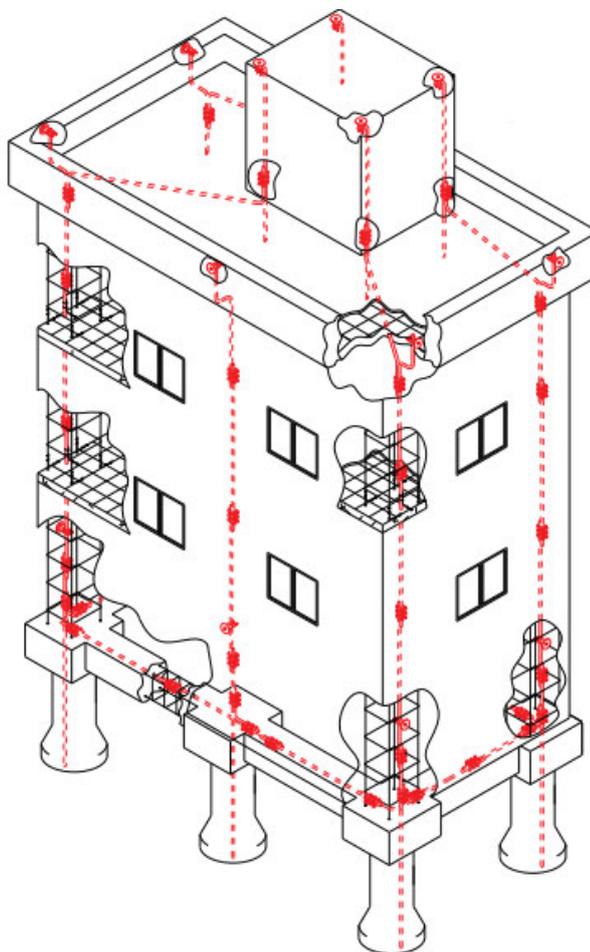
2.3.2 Vantagens e desvantagens do uso de aterramento estrutural

Dentre as principais vantagens do uso das ferragens no SPDA, pode-se citar principalmente o ganho estético proporcionado pela eliminação das descidas externas. Além disso, existe ainda um caso em que se faz necessário o uso do aterramento estrutural, trata-se de edifícios com pavimento pilotis, já que nesse caso, condutores externos provocariam curvas perigosas de tensão no solo em caso de descargas (VICENTE, 2010).

Outra vantagem a ser considerada é a diminuição da variação de tensões durante a dissipação das correntes associadas às descargas atmosféricas ao solo, reduzindo o risco de tensões que possam oferecer risco a pessoas dentro da edificação (BURATTO, 2011).

Além disso, outro fator muito importante e muito positivo quanto ao aterramento estrutural é a redução dos custos. De acordo com Noleto (2006), os custos podem ser reduzidos à medida que materiais como hastes de aterramento, e cabos de descidas sejam substituídos por ferragens embutidas na estrutura, itens que em geral representam um custo menor. Somado a isso, há de se ressaltar também que já que o próprio construtor irá executar esse tipo de aterramento, haverá uma economia de mão de obra terceirizada que não será necessária para execução do Serviço (TERMOTÉCNICA, 2017). Na figura 16 mostra-se o esquema completo de um aterramento estrutural de uma edificação.

Figura 16 - Aterramento estrutural em edifício.



Fonte: Termotécnica, 2017

2.3.3 Como usar corretamente as ferragens

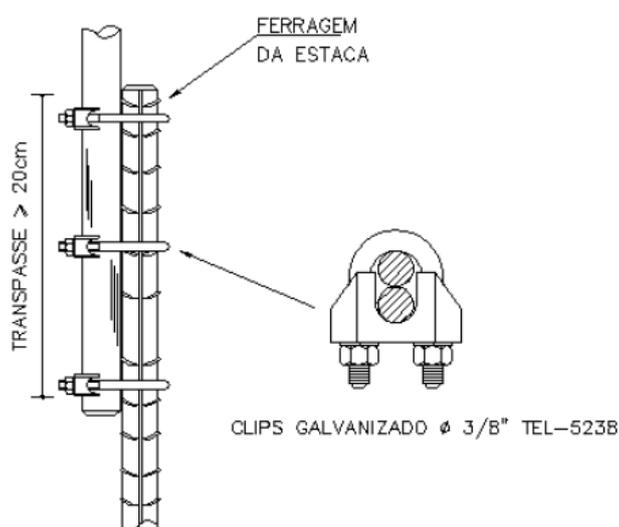
Para que haja garantia da eficiência e segurança do aterramento estrutural, a NBR 5419/2015 faz algumas recomendações que devem obrigatoriamente ser atendidas, tais como:

- As armaduras de aço interconectadas nas fundações de concreto, ou outras estruturas metálicas subterrâneas disponíveis, podem ser utilizadas como eletrodos de aterramento, desde que sua continuidade elétrica seja garantida;
- Devem ser previstos pontos de medição de resistência de aterramento durante e após a construção da edificação;

- No caso de concreto protendido, cabos de aço não podem ser usados como condutores de descarga.

Como pode-se verificar, a principal garantia solicitada pela norma é a garantia da continuidade elétrica do sistema, ou seja, não pode haver rompimento de cabos ou qualquer outra situação que comprometa a integridade do SPDA. Para isso, alguns fabricantes desenvolveram peças com tal função que facilitam a execução de tais ligações, tornando o transpasse dos Rebar muito mais seguro e confiável, como mostrado na figura 17.

Figura 17 - Emenda utilizando clipe galvanizado.



Fonte: Buratto, 2011.

No caso de edificações que utilizam viga baldrame é recomendada a passagem de um Rebar horizontal de forma a garantir a formação de um anel através da estrutura. Dessa forma, alguns fabricantes criaram conectores que permitem a fácil conexão entre o Rebar e meio externo, garantindo a execução de ensaios de continuidade elétrica, aterramento de massas metálicas e interligação com barramentos de equipotencialização. O dispositivo *Aterrintert®* desenvolvido pela empresa Termotécnica Para-Raios é mostrado na figura 18.

Figura 18 - Conector entre Rebar e parte externa da viga baldrame.



Fonte: Termotécnica, 2017

3 ESTUDO DE CASO

Neste trabalho foi realizada uma análise de campo em edificações localizadas em São Luís a fim de verificar o cumprimento da NBR 5419/2015 em cada uma delas e comparar as diferentes metodologias empregadas. Foram estudados o Edifício Mirage, obra em construção de alto padrão na Península da Ponta D'areia e o Colégio Marista Araçagi localizado à margem da MA - 203.

3.1 Edifício Mirage

3.1.1 Dados da edificação

Localizado na região da Península da Ponta d'Areia em São Luís/MA, o edifício Mirage é um empreendimento de alto padrão, executado pela Alfa Engenharia, no formato torre única com 12 pavimentos e 2 apartamentos por andar. A obra com previsão de entrega para o início de 2020 contará com 2 opções de apartamento variando entre 3 e 4 quartos, além de extensa área de lazer e ampla varanda. Quanto à estrutura, está sendo empregado o sistema de estruturas de concreto armado, além de lajes protendidas com cordoalhas engraxadas a fim de viabilizar grandes vãos dentro dos apartamentos.

A construção iniciada em meados de 2017, até o momento da visita, está 20% concluída e avança na parte estrutural com a montagem da sexta laje do empreendimento. Quanto às fundações, foram utilizadas sapatas retangulares devido à boa capacidade de suporte do solo. Na figura 19 mostra-se a obra em execução e na figura 20 é mostrado como ficará o edifício após a conclusão.

Figura 19 – Edifício Mirage em construção



Fonte: Site Alfa engenharia

Figura 20 - Edifício Mirage quando concluído.



Fonte: Site Alfa engenharia

3.1.2 Observações feitas em campo

Quanto ao SPDA, a solução escolhida foi a utilização das descidas estruturais, visando dentre outros fatores garantir a estética do empreendimento, já que se trata de um edifício de alto padrão. Além disso, a existência de uma ampla área de lazer aberta nos pisos inferiores do edifício inviabilizaria o uso de descidas externas, fato que contribuiu pela escolha feita pelo projetista. Na figura 21 mostra-se o uso do Rebar dentro de um pilar central, já com a espera para ser conectado à outra barra, atingindo o pavimento do andar superior.

Apesar da utilização das descidas estruturais, foram deixadas esperas nos pavimentos inferiores para que sejam instaladas caixas de inspeção com as respectivas hastes de aterramento convencional. A execução dessas caixas será feita posteriormente de acordo com o cronograma da obra.

Figura 21 - Rebar posicionado junto à armadura de concreto.



Fonte: O autor

Apesar da possibilidade de uso das fundações, o projeto não contemplava a utilização das ferragens dos elementos de fundação como

elemento do sistema de aterramento, fato que de certa forma pode constatar o conservadorismo do projetista quanto a elaboração do projeto de SPDA.

O emprego das descidas estruturais aliado ao aterramento convencional é um método que apesar de não estar descrito na norma, atende as recomendações desde que seja garantida a continuidade elétrica das descidas, como prevê a parte 3 da NBR 5419/2015.

Além disso, foi observado também o atendimento à norma em relação ao não emprego das cordoalhas do sistema proteção como parte do SPDA, o que garante a segurança estrutural do projeto. A equipe demonstrou bastante conhecimento à cerca das recomendações de norma, principalmente no que tange a garantia da continuidade das descidas que devem ser absolutamente garantidas.

3.1.3 Opinião dos construtores quanto ao aterramento estrutural

De acordo com os construtores, em relação às descidas estruturais a principal dificuldade desse método é a impossibilidade de execução de manutenções periódicas em partes localizadas dentro da estrutura. Segundo relatado, isso dificulta que eventuais erros construtivos sejam verificados e posteriormente corrigidos, reafirmando ainda mais a necessidade de maior atenção durante a execução das ligações. Há de se destacar, que a norma prevê a execução de teste de continuidade que visem garantir a conexão de todos os elementos do SPDA.

Já em relação ao aterramento, a equipe relatou ter conhecimento sobre a possibilidade de emprego das ferragens, porém demonstrou certa desconfiança quanto a eficiência desse sistema, argumentando que nesse caso a execução de manutenções e procedimentos corretivos seria bastante difícil, daí a escolha do método de aterramento convencional

Por ser bastante experiente na execução de prédios de conceito moderno, o Mestre de obras relatou que há certo tempo utiliza tal metodologia construtiva no que tange às descidas estruturais, e que as vantagens de sua utilização são diversas, como por exemplo a redução de custos com mão de obra terceirizada e a melhora estética causada pela ausência de descidas verticais.

Porém, quando questionado a respeito do uso das próprias ferragens das fundações, o colaborador destacou que o método de aterramento com haste metálica já é consolidado e de fácil execução, fato que segundo ele contribui para seu maior emprego na construção civil.

3.2 Colégio Marista

3.2.1 Dados da edificação

Localizado na Estrada do Araçagy, 48 - Araçagy, São José de Ribamar/MA, o Colégio Marista é uma instituição que iniciou seu funcionamento na atual localização em 13 de novembro de 2004, com a inauguração do Bloco da educação infantil (Maristinha). Dois anos depois, em 2006, foi inaugurado o bloco do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, prédios que passaram por eventuais reformas e manutenções ao longo dos anos.

A escola conta com uma ampla estrutura física composta por área de lazer, biblioteca, campo de futebol, quadra poliesportiva, etc. Com uma extensa área, o bloco principal possui 3 pavimentos e foi construído na forma de W, com ampla área de vivência à frente. A arquitetura propicia a circulação de ar pelos corredores dos três pavimentos da edificação, como é mostrado na figura 22.

Outra questão bastante relevante a respeito da edificação é que existem grandes áreas abertas nas proximidades, incluindo um campo de futebol, fato que reitera a necessidade de atenção quanto aos dispositivos de proteção contra descargas atmosféricas. Na figura 23 mostra-se a estrutura física do Colégio Marista e a disposição dos prédios ao longo do terreno.

Figura 22 – Fachada do Bloco do Ensino Fundamental e do Ensino Médio.



Fonte: Site Marista

Figura 23 – Disposição das edificações ao longo do terreno.



Fonte: Google Earth

3.2.2 Observações feitas em campo

Foi realizada uma visita à edificação acompanhando uma equipe que executava inspeção para elaboração de um laudo técnico das instalações elétricas. A equipe implementou melhorias no SPDA e realizou medições de resistência de aterramento a fim verificar as condições da malha de aterramento.

O sistema da edificação é composto por para-raios tipo Franklin posicionados nas esquinas das edificações, descidas externas com cabos de cobre de 35 mm² e malha de aterramento com cabos e 50 mm². Na figura 24 mostra-se uma das caixas de inspeção empregadas na edificação.

Figura 24 – Caixa de inspeção para medições de aterramento



Fonte: O autor

Dentre as principais observações feitas pode-se citar a considerável quantidade de conexões feitas equivocadamente e que foram em seguida corrigidas pela equipe. Por se tratar do método convencional de SPDA, ao se verificar algumas caixas de inspeção, facilmente foi possível notar a não conexão de algumas descidas com as hastes de aterramento utilizadas, como mostrado na figura 25.

Figura 25 – Descida não conectada à haste de aterramento.



Fonte: O autor

Quanto às caixas de inspeção, foi verificado que grande parte delas estava com fácil acesso e executadas corretamente, facilitando o trabalho da equipe nas medições de resistência de aterramento. Para as medições foi empregado um Terrômetro digital Minipa MTR-1522 TAG, empregando o método dos três pontos.

Este método consiste basicamente em fazer circular uma corrente por meio de um circuito compreendido pela malha de aterramento que queremos saber o valor da resistência ôhmica de aterramento, um trecho da terra e um eletrodo auxiliar de corrente. Simultaneamente deve-se medir a tensão entre a malha e o terra de referência (terra remoto) por meio de uma sonda ou eletrodo auxiliar de potencial. Os resultados das medições realizadas constam nas tabelas a seguir.

Tabela 2 – Resistência de aterramento Prédio Creche.

EQUIPAMENTO	VALOR MEDIDO (Ω)
Tag 01	9,00
Tag 02	8,00

Tabela 3 - Resistência de aterramento Prédio ADM.

EQUIPAMENTO	VALOR MEDIDO (Ω)
Tag 01	77,30
Tag 01	4,00*

* Medida realizada após adequação da malha de aterramento

Tabela 4 - Resistência de aterramento Prédio Colégio.

EQUIPAMENTO	VALOR MEDIDO (Ω)
Tag 01	6,00
Tag 02	8,00
Tag 03	6,00
Tag 04	7,00
Tag 05	10,00
Tag 06	4,00
Tag 07	6,00
Tag 08	1,59
Tag 09	2,85
Tag 10	9,62
Tag 11	8,79
Tag 12	5,20

Tabela 5 - Resistência de aterramento Prédio Ginásio.

EQUIPAMENTO	VALOR MEDIDO (Ω)
Tag 01	1,00
Tag 02	1,58
Tag 03	0,70
Tag 04	0,70
Tag 05	8,00
Tag 06	2,00
Tag 07	1,20
Tag 08	6,10

Obs: as tags de 5 a 7 foram tomadas como referência tomando como base as medidas do prédio colégio, uma vez que não foi possível medir a resistência de aterramento devido ao solo não estar compatível com a malha.

Tabela 6 - Resistência de aterramento Caixa D'água.

EQUIPAMENTO	VALOR MEDIDO (Ω)
Tag 13	25,11
Tag 13	4,00*

* Medida realizada após adequação da malha de aterramento

Com base nas medições, foi possível observar que em alguns pontos os valores obtidos estavam bem acima do ideal, apontando a necessidade de execução de melhorias nesses pontos, tais como limpeza dos cabos de cobre e até mesmo troca do material.

Foram realizadas diversas melhorias na malha, com o objetivo de reduzir as resistências de aterramento encontradas após a primeira medição para padrões mais adequados, ou seja, valores entre 0 e 10 Ω , apesar da não obrigatoriedade segunda NBR 5419/2015. Houve necessidade por exemplo, de instalação de novas caixas de inspeção e adequação da malha, visando reduzir os valores obtidos após medição no terrômetro. Na figura 26 mostra-se algumas medições realizadas nos diferentes prédios e na figura 27 mostra-se uma adequação feita nas proximidades da caixa d'água, com a instalação de uma nova caixa de inspeção.

Figura 26 – Medições de aterramento realizadas ao redor das edificações.



Fonte: O autor

Figura 27 – Adequação realizada na malha de aterramento da caixa d'água.



Fonte: O autor

Vale ressaltar também a utilização da cobertura metálica da quadra poliesportiva como elemento de captação no SPDA. Entretanto, foram empregadas descidas com cabo de cobre e aterramento convencional conforme mostrado na figura 28.

Figura 27 – Utilização de cobertura metálica como elemento de captação.



Fonte: O autor

3.2.3 Opinião da equipe em campo

Durante o acompanhamento dos colaboradores que realizaram o serviço foi relatado que o aterramento convencional utilizando haste metálica é um sistema bastante consolidado e de simples execução, sendo assim a manutenção torna-se mais facilitada. Na maioria dos casos, o acesso às caixas de inspeção é fácil, o que proporciona uma melhor segurança para a equipe quanto a execução do serviço.

Além disso, a equipe desconhecia a mudança quanto a não delimitação de uma resistência de aterramento máxima. Segundo foi verificado, o valor de 10Ω que era sempre tomado como referência, não é mais especificado pela NBR 5419/2015.

Quando questionados a respeito do aterramento estrutural, foi relatado que apenas em construções de maior complexidade os colaboradores já haviam tido contato com esse tipo de sistema. Nesse caso, havia uma empresa responsável especificamente pela execução do aterramento ligado às fundações, o que denota que não é um procedimento empregado corriqueiramente na construção civil.

À medida que a edificação relativamente recente era vistoriada, a equipe observou diversos erros executivos básicos como por exemplo a não interligação de algumas descidas às caixas de inspeção. Segundo relatado pela equipe, isso se deve à execução prestes à entrega da obra e sem mão de obra capacitada, ocasionado um serviço em desacordo com as recomendações da norma e que pode colocar em risco a segurança da edificação.

Tendo em vista essa falta de importância dada a execução do aterramento de edificações, a equipe relatou ainda considerar necessária a medição de resistência de aterramento, já que mesmo que não prescrito em norma, quanto menor a resistência de aterramento obtida melhor a eficiência da malha em questão.

4 CONCLUSÃO

Com base na pesquisa bibliográfica realizada e nas observações feitas em campo, pode-se criar um quadro comparativo elencando as principais características do aterramento estrutural e do aterramento convencional, conforme a tabela 7.

Tabela 7 – Comparativo aterramento estrutural x aterramento convencional.

ATERRAMENTO ESTRUTURAL	ATERRAMENTO CONVENCIONAL
Redução de custos com materiais e mão de obra.	Uso de mão de obra e materiais específicos para sua execução.
Execução do sistema concomitante à obra.	Criação de uma nova etapa, geralmente ao final da obra, para execução do aterramento.
Execução requer atenção e conhecimento de prescrições normativas.	Utiliza materiais simples e facilmente encontrados no mercado.
Método pouco conhecido no setor da construção civil e que ainda gera dúvidas quanto a eficiência.	Método amplamente conhecido e de simples execução.
Quando executado corretamente evita custos futuros com furtos e manutenções.	Fácil acesso para manutenções corretivas.

De acordo com todas as informações levantadas pode-se inferir que o aterramento estrutural, apesar de algumas nuances adversas, é mais eficiente quando comparado ao aterramento convencional. Isso se explica por uma série de vantagens obtidas por sua utilização que se sobressaem aos ganhos obtidos pelo aterramento convencional. Além de aliar ganho estético e economia, o uso de ferragens das fundações como parte do aterramento é respaldado

enfaticamente pela NBR 5419/2015, o que corrobora sua garantia de segurança estrutural, já que a norma brasileira está em acordo com normas internacionais.

Todavia, para que esse método seja utilizado mais comumente no Brasil é necessário que o meio profissional tenha acesso às informações contidas na norma brasileira, para que dessa forma possam empregar métodos mais eficientes apesar da existência de sistemas já consolidados.

Por meio de uma rápida entrevista com profissionais da área pode-se verificar que tem crescido o número de edificações que empregam um sistema com descidas estruturais através dos Rebar associado à malha de aterramento convencional. O que denota uma busca pela não utilização das descidas convencionais, porém ainda empregam as hastes de aterramento comuns, que permitem fácil acesso para manutenções. Esse foi o caso do Edifício Mirage, analisado neste trabalho.

De acordo com o Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico no Estado do Maranhão, criado pela Lei 6546 de 29 de dezembro de 1995, é responsabilidade do Corpo de Bombeiros do estado fiscalizar o SPDA das edificações, bem como realizar inspeções a fim de verificar sua correta execução. Todavia, em função de um contingente reduzido, a falta de fiscalização por parte do Corpo de bombeiros promove o descaso dos construtores quanto ao cumprimento das prescrições normativas, incentivando a execução do SPDA sem os devidos cuidados recomendados pela NBR 5419/2015.

Baseado nisso, é necessário que através de treinamentos e cursos tanto engenheiros civis e engenheiros eletricitas como executores de obra sejam apresentados à NBR 5419/2015, para que assim, tenham ciência e domínio das prescrições normativas e possam executar o melhor aterramento possível. É essencial que haja uma fiscalização mais forte por parte do Corpo de Bombeiros, de forma que os profissionais da área sejam conscientizados a buscar conhecimento e executar corretamente o SPDA das edificações.

Enquanto não houver a consolidação de novas técnicas construtivas que substituam os já consolidados métodos, como é o caso do aterramento convencional, torna-se difícil inserir no mercado de trabalho mudanças

estratégicas que visem melhorar a qualidade das edificações executadas no Brasil.

É necessário modificar a metodologia atual, na qual não se questiona um sistema executivo, pela explicação de que sempre foi feito daquela forma. Logo, é preciso mudar a cultura de execução de obras no Brasil para que a evolução dos sistemas de construção seja permanente e acelerada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BEZERRA, S. R. C. **Avaliação de sistemas de aterramento considerando a utilização de condutores e hastes envolvidos em concreto.** Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- [2] BURATTO, F. S. **Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas utilizando componentes naturais da edificação.** Trabalho de Conclusão de Curso de graduação - UEL Londrina, 2011.
- [3] COUTINHO, F. N.; ANTOÉ, C.A. **Levantamento de estruturas que necessitam de SPDA na UnB e análise de seus efetivos sistemas de proteção.** Dissertação de mestrado - UNB. Brasília, 2003.
- [4] CREDER, H. **Instalações elétricas.** Rio de Janeiro. Editora LTC. 15ª edição. 2007.
- [5] ELAT, 2018. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/>>. Acesso em 27/09/2018.
- [6] FERREIRA, R. O. **Aterramento Estrutural: Estudo sobre o Comportamento Elétrico do Concreto.** Trabalho de conclusão de curso - UEL. Londrina, 2011.
- [7] GOMES, G. L. **Sistema de aterramento e proteção contra raios utilizando ferragens do concreto armado.** In: Encontro Nacional de Instalações Elétricas, 11, 2006, São Paulo, Anais, São Paulo:2006. p. 1-5.
- [8] NBR 5419, Parte 1. **Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 1: Princípios gerais.** Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2015.

[9] NBR 5419, Parte 2. **Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 2: Gerenciamento de riscos.** Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2015.

[10] NBR 5419, Parte 3. **Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 3: Danos físicos às estruturas e perigos à vida.** Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2015

[11] NBR 5419, Parte 4. **Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 3: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.** Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2015.

[12] NOLETO, S. R. C. **As estruturas metálicas das edificações como sistema de proteção contra descargas atmosféricas.** Trabalho de conclusão de curso - UNB. Brasília, 2006.

[13] NUNES, E. G. S. **Prevenção contra choque elétrico em edificações prediais do Distrito Federal: estudo exploratório das Normas NR 10, NBR 5410 e NBR 5419.** Trabalho de conclusão de curso – UNB. Brasília, 2016.

[14] TERMOTÉCNICA. **Catálogo de produtos e serviços SPDA e MPS.** 2007

[15] SUETA, H. E. **Uso de componentes naturais da edificação como parte integrante do sistema de proteção contra descargas atmosféricas - Uma visão relativa aos danos físicos.** Tese de doutorado – USP. São Paulo, 2005.

[16] VICENTE, O. **Estudo sobre o comportamento elétrico do concreto utilizado em sistemas de aterramento estrutural.** Dissertação de mestrado-UEL. Londrina, 2010.