

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

ÍGOR FARIAS ALMEIDA

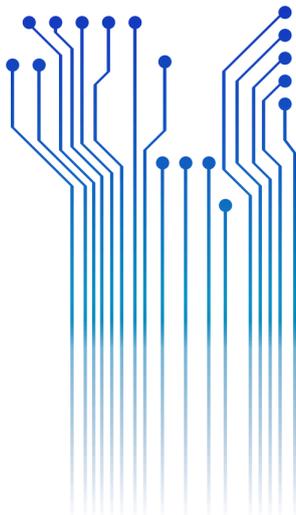


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS DO TIPO ESTRUTURAL E EXTERNO



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2018

ÍGOR FARIAS ALMEIDA

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS DO TIPO ESTRUTURAL E EXTERNO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Instalações Elétricas

Orientador:

Professor Ronimack Trajano de Souza, D. Sc.

Campina Grande

2018

ÍGOR FARIAS ALMEIDA

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS DO TIPO ESTRUTURAL E EXTERNO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistemas Elétricos

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Ronimack Trajano de Souza, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho às minhas queridas e amadas avó Senhorinha Albino e mãe Maria da Conceição, pelo apoio e carinho durante toda a minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora das Graças, pois a eles entreguei todas as minhas angústias, medos e inseguranças, tornando a jornada mais leve. Toda honra e glória sejam dadas.

Aos meus pais Maria da Conceição e Cláudio Almeida, por todo empenho, dedicação e amor dedicados a mim e às minhas irmãs. Sem vocês ao meu lado eu com certeza não teria conseguido.

Às minhas irmãs: Larissa, Ítala, Lorena e ao meu afilhado Antônio Gabriel, que mesmo tão pequenino trouxe um novo significado para minha vida e ainda mais alegria para nossa família. As minhas tias e tio, por não medirem esforços por mim e minha família.

À minha namorada, Valeska Luna, que esteve comigo em todos os momentos dessa caminhada. Obrigado por todo companheirismo, pelas palavras e gestos de carinho.

Ao meu orientador Ronimack Trajano, pelas dicas e conselhos nesses últimos meses. Levarei comigo todos os ensinamentos.

A todos os meus amigos do curso, em especial àqueles que dividiram comigo diversas situações alegres, tristes e engraçadas.

Essa vitória não é só minhas, mas de todos vocês, pois com certeza marcaram minha vida da melhor forma possível. Meu muito obrigado!

*“Ou você se compromete
com o objetivo da
vitória, ou não.”*

Ayrton Senna.

RESUMO

A presente conjuntura do mercado da construção civil brasileira, com um grande número de obras e prazos reduzidos, permite que práticas que visem à diminuição dos custos, dos desperdícios e redução do tempo gasto na execução dos projetos sejam bem vistas e requisitadas. Desta forma, tentando atender a estas expectativas no que diz respeito a um projeto no âmbito da engenharia elétrica na construção civil, este trabalho propõe uma investigação de quais maneiras isso pode ser alcançado. No trabalho aqui descrito, a partir de uma análise comparativa entre os projetos estrutural e externo do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas de um edifício multifamiliar, situado na cidade de Campina Grande, é possível discutir sobre as vantagens e desvantagens provenientes da escolha de um em detrimento do outro, objetivando àquelas práticas supracitadas. Além disso, são feitas algumas ponderações sobre a compatibilização dos projetos que envolvem a execução de uma obra civil. O resultado da análise comprova que o aproveitamento da própria estrutura, no caso do sistema estrutural, é a melhor solução para diferentes níveis de proteção exigidos pela edificação, pois em todas elas consegue suprir as expectativas relacionadas com esta política de redução.

Palavras-chave: Construção Civil, Diminuição dos Custos, Engenharia Elétrica, Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

ABSTRACT

The current situation of the Brazilian construction market, with a large number of constructions and reduced deadlines, allows that practices intended for cost, waste and time reductions spent in the execution of projects are required and well seen. Therefore, trying to meet these expectations concerning to projects in the field of electrical engineering in civil construction, this work proposes an investigation into what ways this can be achieved. In the work described here, from a comparative analysis between the structural and external projects of the Protection System against Atmospheric Discharges of a multi-family building located in the city of Campina Grande, it is possible to discuss the advantages and disadvantages of choosing one over the other, aiming at those practices mentioned above and, lastly, some considerations are made on the compatibility of the projects that involve the execution of a civil work. The result of the analysis proves that the use of the structure itself, in the case of the structural system, is the best solution for different levels of protection required by the building.

Keywords: Civil Construction, Costs Reduction, Electrical Engineering, Protection System against Atmospheric Discharge.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Formação dos raios.	16
Figura 2 – Grandes cidades e as descargas atmosféricas.....	17
Figura 3 – Torres e as descargas atmosféricas	17
Figura 4 – Danos causados por descarga atmosférica em um prédio	19
Figura 5 – Tensão de passo.	20
Figura 6 – Tensão de toque.....	21
Figura 7 – Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419	24
Figura 8 – Método do ângulo	27
Figura 9 – Método da esfera rolante.....	28
Figura 10 – Método da malha.....	29
Figura 11 – Captação.....	30
Figura 12 – Subsistema de descida e aterramento.....	31
Figura 13 –Anel de aterramento.....	31
Figura 14 – Conexões entre os subsistemas de um SPDA	32
Figura 15 – SPDA Externo.....	34
Figura 16 – Instalação de barra chata de alumínio em edifício	35
Figura 17 – Homens e máquinas trabalhando para abertura de vala.....	36
Figura 18 – Edifício objeto de estudo.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros das descargas atmosféricas	18
Tabela 2 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Convencional classe I.....	42
Tabela 3 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Estrutural classe I.....	42
Tabela 4 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Convencional classe II	43
Tabela 5 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Estrutural classe II.....	43
Tabela 6 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Convencional classe III.....	44
Tabela 7 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Estrutural classe III.....	44
Tabela 8 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Convencional classe IV	45
Tabela 9 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Estrutural classe IV	45
Tabela 10 – Lista de materiais e orçamento SPDA Estrutural	52
Tabela 11 – Lista de materiais e orçamento SPDA Convencional.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CDC	Código de Defesa do Consumidor
CEF	Caixa Econômica Federal
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
ELAT	Grupo de Eletricidade Atmosférica
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MTE	Ministério de Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
OGU	Orçamento Geral da União
PIE	Prontuário das Instalações Elétricas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
1.1	Objetivos do trabalho.....	13
1.2	Estrutura do trabalho.....	13
2	Descargas atmosféricas	14
2.1	Formação das descargas atmosféricas.....	14
2.2	Parâmetros das descargas atmosféricas.....	16
2.3	Consequências	18
2.3.1	Tensão de passo.....	20
2.3.2	Tensão de toque.....	21
3	Medidas de proteção contra descargas atmosféricas	21
3.1	Projeto de um SPDA.....	23
3.2	Legislação e Normas Técnicas.....	24
3.3	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas - (SPDA).....	26
3.3.1	Subsistema de captação	26
3.3.2	Subsistema de descida	29
3.3.3	Aterramento	30
3.4	Compatibilização de projetos.....	32
3.5	SPDA Externo.....	32
3.5.1	Materiais	33
3.5.2	Projeto	34
3.5.3	Execução.....	34
3.5.4	Manutenção	35
3.6	SPDA Estrutural	36
3.6.1	Materiais	36
3.6.2	Projeto	36
3.6.3	Execução.....	37
3.6.4	Manutenção	38
3.6.5	Observações.....	38
4	Material e métodos	39
5	Apresentação e análise de resultados.....	42
6	Conclusão	47
	Referências	48
	APÊNDICE A – Projeto de SPDA Convencional	49
	APÊNDICE B – Projeto de SPDA Estrutural.....	50
	ANEXOS.....	51

1 INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas causam sérias perturbações nas redes aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além de provocarem danos materiais nas construções atingidas por elas e, também, representarem riscos de vida a pessoas e animais, conforme aponta Mamede Filho (2002).

O Brasil, devido a sua extensão territorial e por estar próximo à linha do equador, é o país com maior incidência de raios no mundo. E esse dado preocupa no tocante aos prejuízos ocasionados por eles. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), os raios causaram em 2007, em média, um prejuízo de R\$ 1 bilhão à economia do país.

Quando as descargas elétricas atingem quaisquer tipos de construção tais como edificações, linhas elétricas, tubulações metálicas que adentram nas estruturas, partes estruturais ou não de subestações, são verificados grandes danos materiais que poderiam ser minimizados ou até evitados, caso essas construções estivessem protegidas adequadamente por Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA (MAMEDE FILHO, 2002).

Na tentativa de amenizar as consequências danosas causadas por este fenômeno, a ABNT NBR 5419 regulamenta as medidas de proteção que devem ser utilizadas nos empreendimentos, desde a análise de risco, passando pela elaboração do projeto, chegando até sua instalação e manutenção.

O SPDA é parte integrante do projeto de combate a incêndios, sendo exigido pelos bombeiros para liberação de alvarás de funcionamento de prédios comerciais, industriais, de atendimento ao público e habitações de uso coletivo, dentre outros. Adicionalmente, o SPDA deve fazer parte do prontuário elétrico exigido pela norma regulamentadora N° 10 do Ministério do Trabalho e Emprego.

No tocante a instalação e conservação do SPDA, observa-se, ainda, que há negligência por parte dos órgãos fiscalizadores e principalmente dos construtores em projetar e executar adequadamente o SPDA, bem como na manutenção destas instalações, tanto pelo custo associado quanto pelo desconhecimento dos prejuízos estar associados à vida e aos bens materiais na ocorrência de uma descarga elétrica.

Em face aos custos associados a instalação e manutenção do SPDA, este trabalho propõe a comparação entre os dois métodos de instalação dos componentes de um SPDA (convencional e estrutural).

Os componentes do SPDA podem ser instalados externamente sobre a parede, denominado SPDA convencional, ou embutidos nas vigas e pilares, denominado SPDA estrutural. O SPDA estrutural difere do SPDA convencional apenas quanto à instalação dos seus componentes, mantendo-se o procedimento de cálculo de todos os seus componentes.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O principal objetivo do trabalho é realizar uma análise comparativa entre duas formas diferentes de instalação de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, a estrutural e a convencional, abordando fatores como custos envolvidos com a execução do projeto, elaboração e manutenção, bem como dos aspectos estéticos e dos resultados obtidos com cada um deles.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No Capítulo 1, conforme visto, estão apresentadas as considerações iniciais e objetivo do trabalho. No segundo e terceiro capítulos encontra-se a fundamentação teórica do trabalho, em que são apresentados os conceitos relacionados às descargas atmosféricas, parâmetros que as definem, suas consequências e quais medidas devem ser verificadas para que o risco associados a elas seja reduzido. No Capítulo 4, são feitas discutidos os materiais e métodos utilizados para a consecução desta pesquisa. No Capítulo 5, são apresentados os resultados e são feitas algumas ponderações acerca dos mesmos. Por fim, são expostas as conclusões referentes ao trabalho no Capítulo 6, seguidas das referências, apêndices e anexos.

2 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Descarga atmosférica é definida na Norma Brasileira (NBR) 5419/2015 (Proteção contra descargas atmosféricas) como uma descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quiloampères.

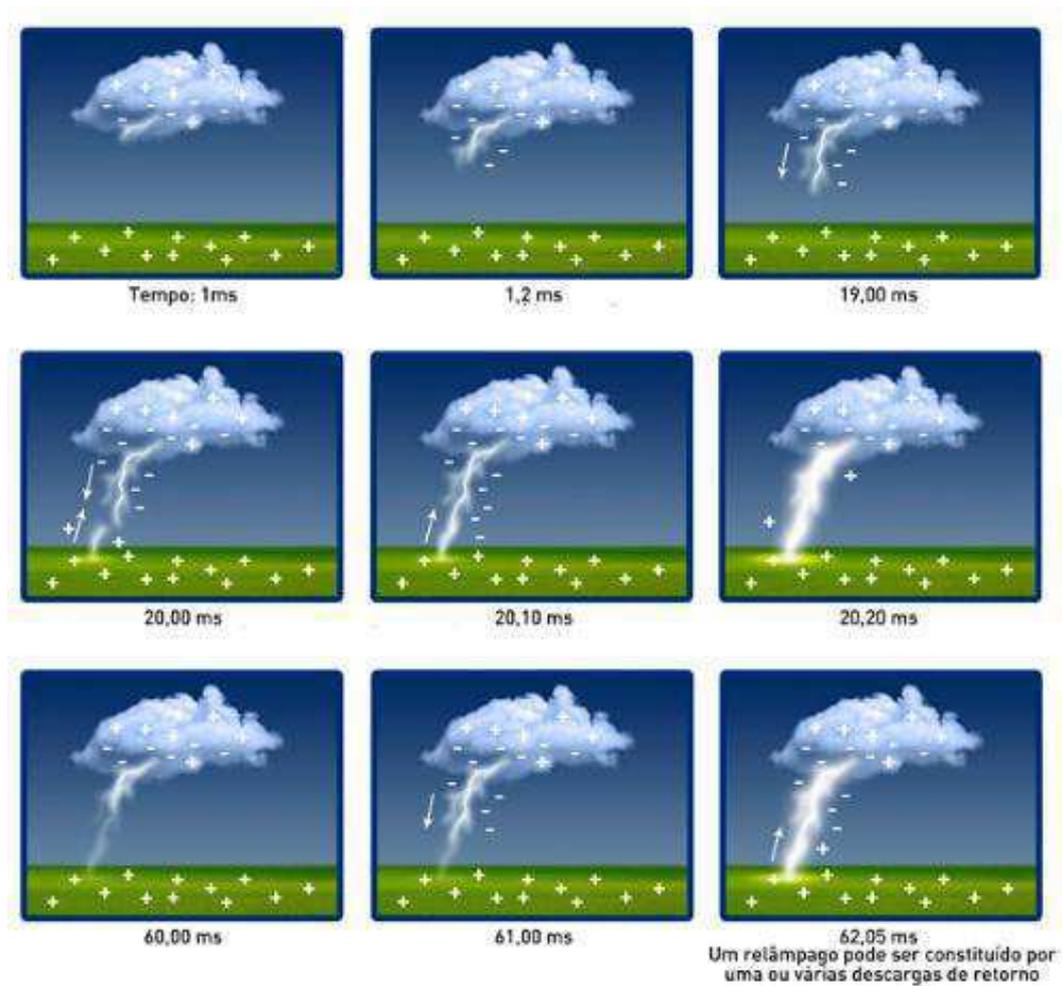
Nessa mesma linha, Creder (2000) apresenta o conceito de descarga atmosférica, atentando para determinados aspectos: “A descarga atmosférica é um processo de transformação de energia eletrostática em energia eletromagnética (ondas de luz e de rádio), térmica e acústica.”.

2.1 FORMAÇÃO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Várias teorias explicam o carregamento das nuvens. No entanto, há um consenso acerca de como ocorre o processo: em cerca de 90% dos casos há grande concentração de cargas negativas na parte inferior da nuvem, induzindo cargas positivas na terra, resultando na criação de um campo elétrico. A rigidez dielétrica do ar seco é de 30 kV/cm, reduzindo-se com a umidade. O acúmulo de cargas e o consequente aumento do campo elétrico permitem que haja a ruptura da rigidez dielétrica do ar. Logo, o isolante (ar) torna-se um condutor e como resultado observa-se a descarga, de acordo com as observações de CHAGAS (2017).

Ainda segundo o estudioso, há uma descarga piloto em degraus de 15 a 50 m, cada um. Os degraus são retos, tomando nova direção a cada avanço. A ionização do caminho seguido por ela propicia condições favoráveis de condutibilidade do ar ambiente. Quando ela atinge a terra, há a descarga de retorno, com grande movimentação de cargas através do canal ionizado, brilho intenso e estrondo. A intensidade desta descarga acarreta aquecimento e aumento de pressão do ar próximo a trajetória do raio, expandindo-se em velocidades superiores às do som, gerando uma onda de choque. Na Figura 1, disposto logo abaixo, são expostas as etapas que se seguem até a formação das descargas, indicadas pelo tempo de ocorrência de cada uma.

Figura 1 – Formação dos raios.



Fonte: (Adaptado ELAT).

Segundo Gomes (2003) e Naccrato (2006), várias pesquisas têm comprovado que os grandes centros urbanos afetam a ocorrência de descargas atmosféricas. Os autores concluíram que existe uma possível relação entre a distribuição espacial da atividade de raios, a poluição atmosférica (material particulado), o relevo e os sistemas atmosféricos.

Júnior P. (1999) observa que, os maiores riscos resultam das “ilhas de calor” formadas pela grande concentração de construções, poucos espaços livres e muita superfície impermeabilizada, o que favorece também as enchentes.

A fim de ilustrar o que foi dito anteriormente, as Figuras 2 e 3 apresentam algumas informações que relacionam o aumento das ocorrências das descargas em grandes cidades com as alturas das edificações e as ilhas de calor.

Figura 2 – Grandes cidades e as descargas atmosféricas



Fonte: (Adaptado ELAT).

Figura 3 – Torres e as descargas atmosféricas



Fonte: (Adaptado ELAT).

2.2 PARÂMETROS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O conhecimento da forma de onda e dos valores típicos de corrente, tensão e tempo, além dos percentuais de sua ocorrência, permitiram que medidas de proteção cabíveis fossem criadas na tentativa de abrandar ou suprimir seus efeitos, como afirma Kindermann (1997).

Antes de iniciar as investigações dos parâmetros envolvidos em medições, torna-se importante compreender e ratificar os conceitos de cada medida obtida. A seguir, uma breve contextualização será realizada a fim de apurar de maneira ótima o conhecimento presente em cada parâmetro de medição.

Amplitude da corrente de Descarga ou valor de pico: é o maior valor de corrente registrado. Segundo Visacro (2005), as ondas da primeira corrente de descarga são constituídas por dois picos, sendo o segundo superior ao primeiro em grande parte das coletas realizadas. O conhecimento da corrente de pico é de grande relevância no estudo da engenharia de proteção contra descargas atmosféricas, haja visto, que os projetos de equipamentos de tal proteção passam pela análise desses valores.

Carga transferida por descarga: É obtida a partir da integração no tempo da corrente de descargas de retorno, levando em conta a duração da descarga. Esse dado permite estimar a quantidade de acúmulo de carga no canal precursor de descarga que posteriormente será transferida para a terra.

Tempo de crista: O tempo compreendido entre o início da onda de corrente até o seu primeiro pico. A obtenção desse parâmetro é pertinente pela influência exercida sobre os valores de tensão induzida por descargas.

Tempo de meia onda: Se caracteriza pelo tempo em que a corrente tem sua intensidade reduzida a 50% após o maior pico registrado. Segundo Visacro (2005), o tempo de meia onda é bem superior ao tempo de frente.

Tempo de duração de descarga: É o tempo compreendido entre o início da onda de corrente até sua neutralização completa, dando fim a uma descarga atmosférica plena. De acordo com as medições de Berger (1975), um conjunto de descargas subsequentes tem em média 180ms de duração. No caso de flashes positivos, o valor médio é de 85ms e para primeira descarga negativa, o tempo médio é de 13ms.

Derivada máxima: É identificada onde a derivada da onda de corrente tem o maior valor, ocorrendo próximo ao primeiro pico.

Na tabela a seguir, podem-se constatar os valores referentes a cada um dos parâmetros considerados.

Tabela 1 – Parâmetros das descargas atmosféricas

Parâmetro	Resultados
Corrente	2 a 200 kA
Tensão	100 a 1.000.000 kV
Duração	70 a 200 μ s
Carga elétrica da nuvem	20 a 50 C
Potência liberada	1.000 a 8.000 milhões de kW
Energia	4 a 10 kWh
Tempo de crista	1,2 μ s
Tempo de meia cauda	50 μ s
$\frac{di(\tau)}{dt}$	5,5 $\frac{kA}{\mu s}$

Fonte: (KINDERMANN, 1997).

O estudo dos parâmetros contribuíram para o processo de previsão, identificação e detecção de características das correntes constituintes no fenômeno de descargas atmosféricas.

2.3 CONSEQUÊNCIAS

As implicações devido à ocorrência de uma descarga atmosférica estão relacionadas tanto com as características do ambiente no qual foi verificada, como também com os parâmetros da descarga.

Lima (2014) classifica os efeitos das descargas de duas formas: direto ou indireto. O direto é quando o raio incide diretamente sobre as edificações e/ou instalações elétricas. Já o efeito indireto é verificado quando o raio atinge um determinado ponto próximo à edificação e sobretensões chegam até as suas instalações.

Após sua ocorrência, são observados fortes campos eletromagnéticos e linhas radiais de corrente no solo, em torno de seu ponto central, que se propagam a centenas de metros. Ao longo das linhas de corrente, existirão quedas de tensão variáveis com a resistência do solo, formando em direção radial concêntrico linhas de corrente e em direção de curvas concêntricas linhas equipotenciais, como aponta TELECO (2016).

No caso em que uma edificação for diretamente atingida por uma descarga atmosférica, além dos danos que podem causar nos equipamentos eletrônicos, também estão associados o risco de morte de seres vivos e a danificação da estrutura do prédio.

Também, dependendo das características das construções e das descargas, os danos e falhas podem se estender também às estruturas vizinhas.

A avaliação dos efeitos gerados pelas descargas em um empreendimento está relacionada ao tipo de material utilizado na construção (madeira, concreto, alvenaria...), à função que o empreendimento exerce perante a sociedade (residência, escritório, comércio...), ao público ocupante (pessoas e animais, presença ou não de materiais combustíveis ou explosivos...), às linhas elétricas e tubulações metálicas que compõem a estrutura (linhas de energia, linhas de sinal...), às medidas de proteção existente ou providas (medidas de proteção para reduzir danos físicos e risco à vida...), à dimensão do risco (estrutura perigosa ao ambiente, estrutura com dificuldade de evacuação...), dentre outras.

Também é atribuído às descargas atmosféricas o grande número de desligamentos das linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica, além da queima de um número considerável de transformadores de distribuição. Um dos casos de maior repercussão, cuja causa os integrantes de órgãos filiados ao Ministério de Minas e Energia atribuem a esse fenômeno, foi o “apagão” no Brasil e no Paraguai em 2009.

Conforme dados divulgados pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (ELAT/Inpe), no período compreendido entre os anos de 2000 e 2013, em média, cento e dez pessoas morreram e mais de duzentos ficaram feridos por ano vítimas de raios no Brasil. E em 2008 os danos materiais chegaram à ordem de um bilhão de reais ao ano, incluindo prejuízos a redes elétricas atingidas e morte de animais no campo.

Não há dispositivos ou métodos capazes de modificar os fenômenos climáticos naturais a ponto de se prevenir a ocorrência de descargas atmosféricas. Portanto, diante de todas as informações mencionadas, fica claro que medidas que visem à proteção coletiva contra as descargas são de extrema importância e sensatez (NBR 5419).

Figura 4 – Dano causado por descarga atmosférica em um prédio.



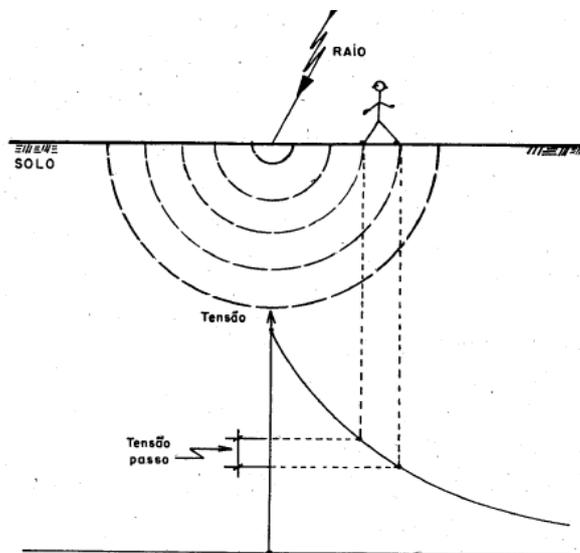
Fonte: (RODRIGUES, 2015).

2.3.1 TENSÃO DE PASSO

Em torno do ponto onde a descarga atinge o solo, são observados, como já citado, fortes campos eletromagnéticos e linhas radiais de corrente, que se propagam a centenas de metros, com diferentes tensões em várias partes do solo.

Um ser, ao caminhar, afasta seus pés a uma distância apropriada, porém fará com que um de seus pés esteja submetido a um potencial e o outro pé a um potencial diferente do primeiro, expondo-se a uma diferença de potencial. Isso fará com que ocorra um choque. Este fato acomete com maior frequência animais nas zonas rurais. A figura abaixo ilustra esse fenômeno (KINDERMANN, 1995).

Figura 5 – Tensão de passo.

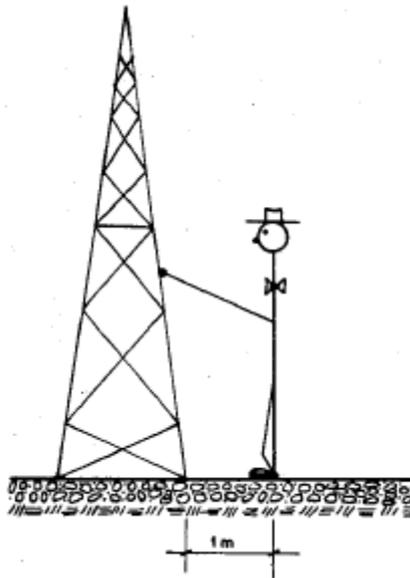


Fonte: (Kindermann, 1995).

2.3.2 TENSÃO DE TOQUE

O campo eletromagnético originário da descarga atmosférica induz, em objetos metálicos, uma tensão. No momento em que uma pessoa tocar esse objeto, sofrerá um choque, pois estará em um potencial diferente daquele verificado no objeto. (KINDERMANN, 1995).

Figura 6 – Tensão de toque.



Fonte: (Kindermann, 1995).

3 MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Idealmente, para que seja obtida a proteção das estruturas, deverá envolvê-las completamente por blindagem contínua perfeitamente condutora, aterrada e com espessura adequada. Além disso, executar equipotencialização para as linhas elétricas de energia e de sinal, como também das tubulações metálicas que perpassam a estrutura nos pontos de passagem pela blindagem.

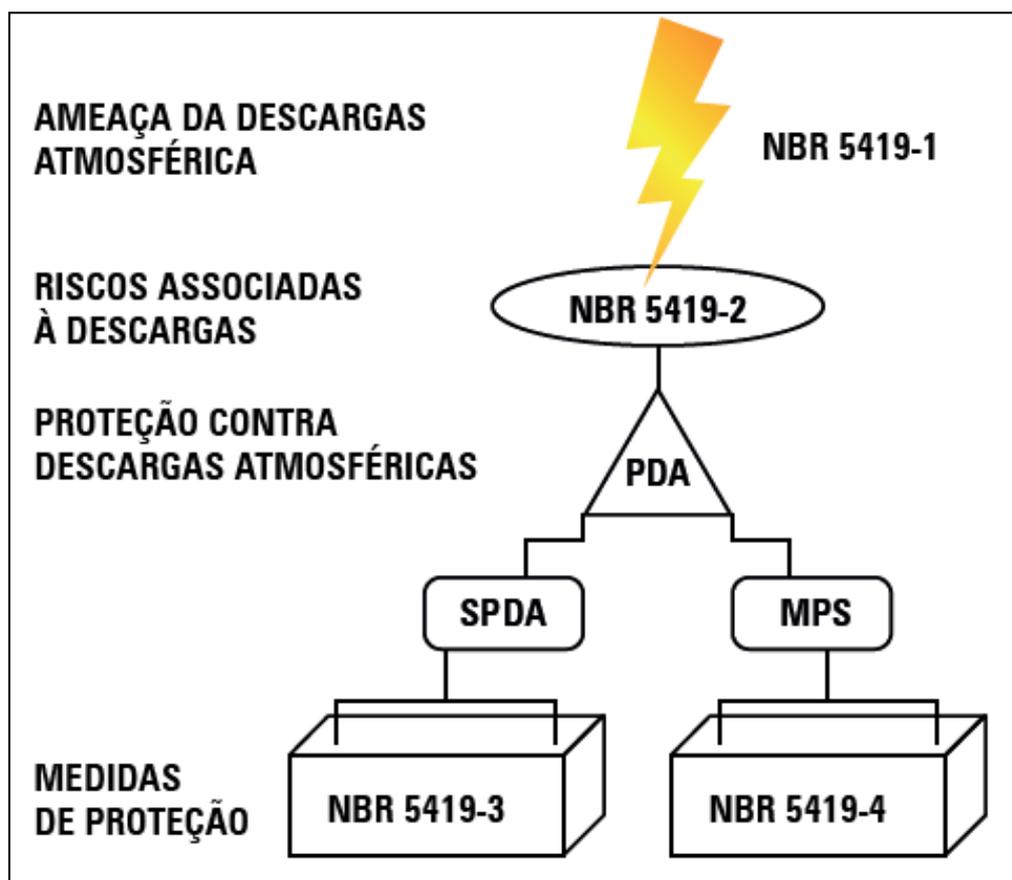
Entretanto, na prática, a aplicação de todas estas medidas se torna inviável, tanto do ponto de vista funcional, e principalmente financeiro. Contudo, o projetista deve também considerar a aplicação de algumas destas soluções para redução do risco ao qual estão expostos as edificações, seres vivos e equipamentos. (MODERNA 2015)

Por sua vez, as medidas de proteção adotadas para reduzir os danos e perdas relevantes a níveis suportáveis por instalações, equipamentos e pessoas devem ser projetadas, limitando a corrente das descargas atmosféricas e seus efeitos secundários a um conjunto definido de parâmetros, conforme o nível de proteção adotado, agregando, assim, uma maior proteção à edificação e aos seus sistemas de energia e telecomunicações.

A avaliação dos riscos e da necessidade de proteção de uma edificação ou sistema elétrico, assim como a seleção adequada do conjunto de medidas que devem ser adotadas para redução do risco, são estabelecidas conforme critérios apresentados no gerenciamento de risco, método contido na NBR 5419-2.

Na Figura 7, é ilustrado como estão conectadas as partes que compõem a norma NBR 5419.

Figura 7 – Conexões entre as partes da ABNT NBR5419.



Fonte: (NBR 5419-1, 2015).

3.1 PROJETO DE UM SPDA

Os sistemas utilizados para proporcionar uma maior proteção de bens e pessoas contra os efeitos danosos de descargas elétricas de origem atmosféricas é a proteção contra descargas atmosféricas (PDA), que é composto do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e das medidas de proteção contra surtos (MPS). Por razões práticas, os critérios para projeto, instalação e manutenção das medidas de proteção são considerados em dois grupos separados:

- o primeiro grupo se refere às medidas de proteção para reduzir danos físicos e riscos a vida dentro de uma estrutura e está contida na ABNT NBR 5419-3;
- o segundo grupo se refere as medidas de proteção para reduzir falhas de sistemas elétricos e eletrônicos em uma estrutura e está contido na ABNT NBR 5419-4.

Uma vez tomada essa decisão de instalação da Proteção contra Descargas Atmosféricas, o primeiro passo consiste em enquadrar a estrutura em uma das classes de proteção previstas pela ABNT NBR 5419.

Para elaboração do projeto do SPDA a ABNT NBR 5419 estabelece quatro classes de (I, II, III e IV). A classe do SPDA é um número que denota a eficiência de um SPDA de acordo com o nível de proteção para o qual ele é projetado, sendo a classe I a mais eficaz.

Para cada classe do SPDA são definidos parâmetros específicos quanto à descarga atmosférica, volume de proteção dos eletrodos de captação, distâncias entre condutores, distância de segurança contra centelhamento perigoso e comprimento mínimo dos eletrodos de terra.

O volume de proteção é caracterizado como a região definida pelo posicionamento dos captadores que está protegida contra a incidência direta de descargas atmosféricas.

Antes de iniciar um projeto de SPDA é preciso avaliar os riscos presentes na estrutura, bem como as medidas mais adequadas a serem adotadas para proteção da estrutura. A metodologia de avaliação de riscos, com todas as medidas aplicáveis está

presente na ABNT NBR 5419-2, que trata da proteção contra descargas atmosféricas no tocante ao gerenciamento de risco.

Em função do resultado da avaliação de riscos (gerenciamento de riscos) define-se o projeto de proteção contra descargas atmosféricas mais adequado para a estrutura, de modo a reduzir os riscos.

O projeto de um SPDA pode ser elaborado com as seguintes etapas:

- a primeira etapa consiste em determinar a classe de proteção, a qual tem que ser determinada a partir da NBR 5419/2015 – parte 2 – Análise de Risco;
- a segunda etapa consiste em definir o método de proteção mais adequado para a estrutura a ser protegida:
 - método dos ângulos;
 - método da esfera rolante;
 - método das malhas;
- a terceira etapa consiste em dimensionar os componentes do sistema de captação;
- a quarta etapa consiste em dimensionar os componentes do subsistema de descida;
- a quinta etapa consiste em dimensionar os componentes do subsistema de aterramento;
- a sexta etapa consiste em dimensionar as medidas de proteção contra surto.

3.2 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

Todas as diretrizes que devem ser executadas para a elaboração, execução e manutenção destes sistemas constam na NBR 5419/2015. Contudo, algumas Normas Regulamentadoras (NR), que, por sua vez, tem caráter obrigatório por serem estabelecidas e divulgadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), requerem o cumprimento de NBRs, fazendo com que elas se tornem obrigatórias.

O item 10.2.4 da NR 10 de 2004 estabelece a necessidade da documentação das inspeções e medições do SPDA e aterramento elétrico fazerem parte do Prontuário das

Instalações Elétricas (PIE). Além da NR, o Código de Defesa do Consumidor (CDC) exige que as empresas forneçam serviços ou produtos que obedecem às especificações das normas da ABNT. Neste caso, como existe a NBR 5419 e no que lhe diz respeito todos os parâmetros indispensáveis para elaboração, execução e manutenção de um SPDA, as construções devem atendê-la. Como pode ser visto na própria NR-10,

[...]10.2.4 Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo: a) conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes; b) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;[...] (NR-10, 2004, p.1)

A fiscalização e exigência da instalação do SPDA podem ser feitas pelo Corpo de Bombeiros – já que este é um item de segurança pública e coletiva – seguradoras (pois sua instalação reduz o valor da apólice do seguro, uma vez que a sua presença reduz o risco financeiro para a seguradora, seja material ou de vidas humanas), empresas certificadoras, como por exemplo a certificação *International Organization for Standardization (ISO) 14.001*, em que um de seus objetivos é proteger o meio ambiente pela prevenção ou mitigação dos impactos ambientais adversos. (TERMOTÉCNICA, 2018)

A Decisão Normativa Nº 70, de 26 de outubro de 2001, dispõe sobre a fiscalização dos serviços técnicos referentes aos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas. Nela, o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) confere em seu artigo 2º quais os profissionais que poderão atuar na prática de projeto, instalação e manutenção em SPDA (I ao VI), bem como nas atividades de laudo, perícia e parecer (I ao VII), os quais são:

- I – engenheiro eletricista;
- II – engenheiro de computação;
- III – engenheiro mecânico-eletricista;
- IV – engenheiro de produção, modalidade eletricista;
- V – engenheiro de operação, modalidade eletricista;

- VI – tecnólogo na área de engenharia elétrica, e
- VII – técnico industrial, modalidade eletrotécnica.

3.3 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS

ATMOSFÉRICAS - (SPDA)

A principal função destes sistemas é captar a descarga que possivelmente atingiria o volume a ser protegido, conduzi-la em segurança e dissipá-la na terra. Para tanto, deverá ser composto por três partes elementares: subsistema de captação, subsistema de descida e aterramento.

A execução fiel às cláusulas contidas na NBR 5419 garante a segurança pretendida sob o ponto de vista dos critérios lá mencionados. Porém, não garante a total eficácia durante a ocorrência de uma descarga. Vale salientar que o objetivo fundamental deste tipo de medida visa exatamente à atenuação dos riscos associados às descargas e, dessa forma, reduzir não significa anular.

O SPDA deve ser projetado de acordo com o tipo de edificação e sua localização. Para cada tipo de instalação existe uma forma de proteção mais adequada, visando sempre à melhor relação custo benefício. A proteção projetada antes da execução da edificação e a instalação dos sistemas de proteção durante a execução da edificação é sempre mais eficiente e de menor custo, se comparada com a executada após a edificação concluída e ocupada.

3.3.1 SUBSISTEMA DE CAPTAÇÃO

Esse sistema será responsável por interceptar a descarga atmosférica impedindo que a corrente da mesma penetre na estrutura da edificação. É composto por elementos metálicos dispostos em qualquer direção, que são projetados e apropriadamente posicionados conforme sugerido em norma, determinando assim o volume de proteção.

É formado pela combinação dos seguintes itens:

- Hastes (Incluindo mastros);
- Associação de hastes e condutores suspensos;
- Malha de condutores.

Existem basicamente três métodos para dimensionar o subsistema de captação a fim de que as estruturas e partes a serem protegidas estejam dentro do volume compreendido por ele. A diferença fundamental entre eles refere-se à definição da área protegida. São eles:

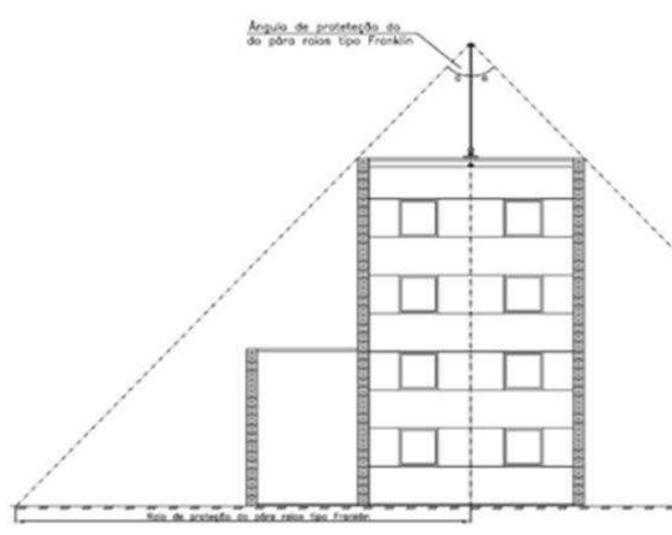
- Método do ângulo de proteção;
- Método da esfera rolante;
- Método das malhas.

3.3.1.1 MÉTODO DO ÂNGULO DE PROTEÇÃO

Este método proposto por Benjamin Franklin (1752) utiliza o poder das pontas, uma propriedade das pontas metálicas, para propiciar o escoamento das cargas elétricas para a atmosfera. Um dispositivo que desempenha esta função foi elaborado por Franklin, o para-raios, como afirma Mamede (2002).

Ainda segundo Mamede, o para-raios concentra uma alta carga elétrica induzida nas suas pontas permitindo que, dentro de uma determinada zona, definida perante o nível de proteção ao qual o SPDA está sendo projetado, as descargas sejam mais facilmente escoadas por eles.

Figura 8 – Método do ângulo.



Fonte: (NBR 5419-3, 2015).

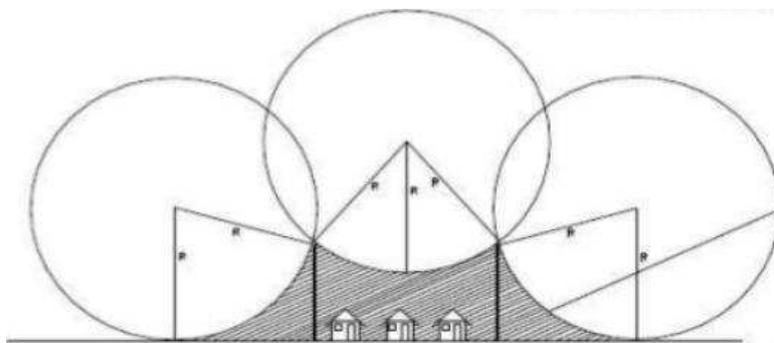
3.3.1.2 MÉTODO DA ESFERA ROLANTE

Também designado de método eletrogeométrico. A área de proteção é calculada em função de uma esfera fictícia, cujo raio da esfera também é definido em função da classe de proteção do SPDA (NTU-14, 2017).

A metodologia para definição da área de proteção consiste em fazer rolar uma esfera fictícia por toda a edificação. Este método é empregado com eficiência em estruturas elevadas e/ou de formas arquitetônicas complexas sendo bastante aplicado em subestações de potência de instalação exterior, como explica MAMEDE (2002).

Na Figura 9 é ilustrado exatamente a aplicação deste método. O volume compreendido entre as esferas fictícias corresponde ao volume a ser protegido.

Figura 9 – Método da esfera rolante.



Fonte: (NBR 5419-3, 2015).

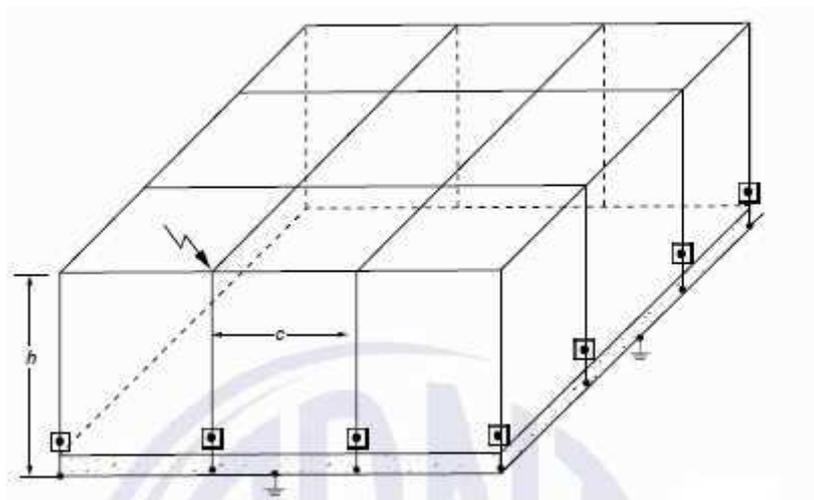
3.3.1.3 MÉTODO DAS MALHAS

Também chamado de método de Faraday. Consiste em envolver a parte superior da construção com uma malha captora de condutores, cuja distância entre eles é função do nível de proteção. (MAMEDE, 2002)

É indicado, na prática, para edificações com altura relativamente baixa, porém com uma grande área horizontal, nos quais seria necessária uma grande quantidade de captadores tipo Franklin, tornando o projeto muito oneroso.

Na Figura 10 é apresentada a aplicação deste método de definição do volume a ser protegido.

Figura 10 – Método das malhas.



Fonte: (NBR 5419-3, 2015).

3.3.2 SUBSISTEMA DE DESCIDA

Após a descarga ter sido recebida pelo subsistema de captação, as correntes correspondentes deverão ser conduzidas ao aterramento por um conjunto de condutores denominados “condutores de descida”.

Eles deverão ser dispostos igualmente espaçados e devem ocupar preferencialmente as regiões de saliência apresentadas pela arquitetura da edificação. O número de condutores utilizados, o distanciamento entre eles e a respectiva secção transversal serão indicadas conforme o nível de proteção adotado. As decidas poderão ser posicionadas externamente à estrutura ou embutida, (coberta pelo acabamento das paredes ou no interior das colunas). Na figura 11 são apresentadas essas duas possibilidades de posicionamento.

Figura 11 – Posicionamento da instalação de descida.



Fonte: (Adaptado SM consultoria, 2018).

3.3.3 ATERRAMENTO

O aterramento tem a função de dissipar no solo as correntes das descargas recebidas através do subsistema de descida sem causar tensões de passo perigosas, mantendo baixa a queda de tensão na resistência da terra.

Esse mecanismo é composto pela associação de cabo de cobre nu e hastes de aterramento, dispostos em círculos, que circundam a edificação e recebem as conexões dos cabos de descida, conforme demonstra a Figura 12:

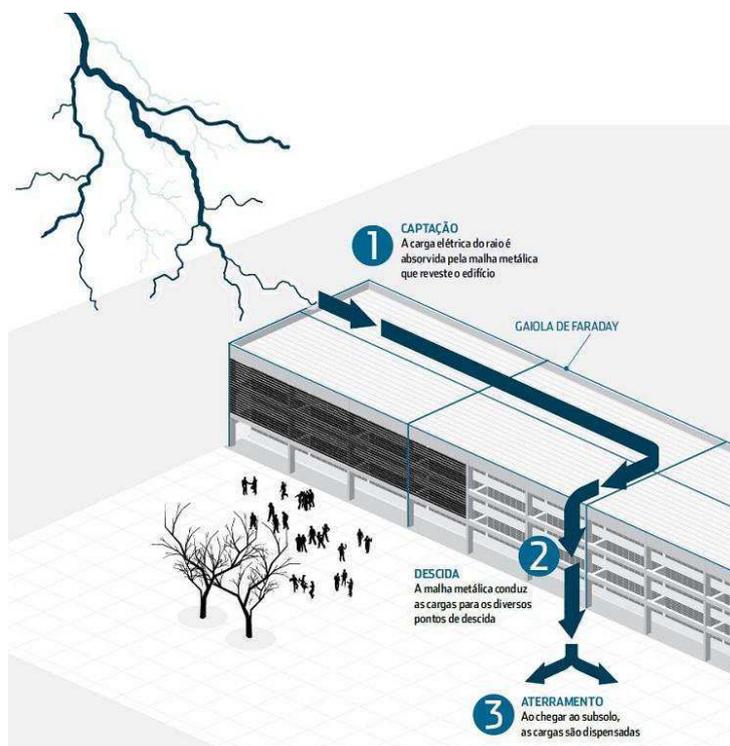
Figura 12 – Associação de haste e cabo.



Fonte: (Adaptado SM consultoria, 2018).

Na figura abaixo, é apresentada a interconexão dos subsistemas que compõem um SPDA. Demonstrando desde a interceptação da descarga pelo subsistema de captação, posteriormente sua condução até o aterramento pelo subsistema de descidas, formado por cabos ao longo do perímetro da edificação, até a dissipação pelo subsistema de aterramento.

Figura 13 – Conexões entre os subsistemas de um SPDA.



Fonte: (SM Consultoria, 2018).

3.4 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Na presente conjuntura do mercado da construção civil brasileira, com um grande número de obras e prazos reduzidos para a execução, é comum a constatação de altos índices de incompatibilidade e retrabalhos relacionados aos projetos, tendo como principal causa o mau planejamento.

A fase do projeto desempenha fator determinante em um empreendimento de construção civil, pois possibilita o mapeamento das probabilidades pré-execução, melhoramentos de métodos de execução, interferências e possíveis patologias decorrentes, auxiliando na detecção de problemas e assim reduzindo o índice de desperdícios e retrabalhos, aumentando ganhos financeiros durante sua construção.

Para muitas empresas brasileiras, o projeto ainda é visto como um custo a mais, em função de valores financeiros relocados para a sua elaboração e resistência em seguir as exigências legais. Segundo Melhado (2004), isto se dá devido ao fato de no Brasil não existir a cultura que se tem nos países desenvolvidos, onde o tempo de projeto muitas vezes chega a ser da mesma ordem de grandeza daquele dedicado à obra, procurando-se com isso eliminar ou mesmo reduzir as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução da obra.

Compatibilizar projetos é verificar se os componentes dos sistemas ocupam espaços não conflitantes entre si e, além disso, garantir que os dados compartilhados tenham consistência e confiabilidade até o final do projeto, segundo aponta Graziano (2005).

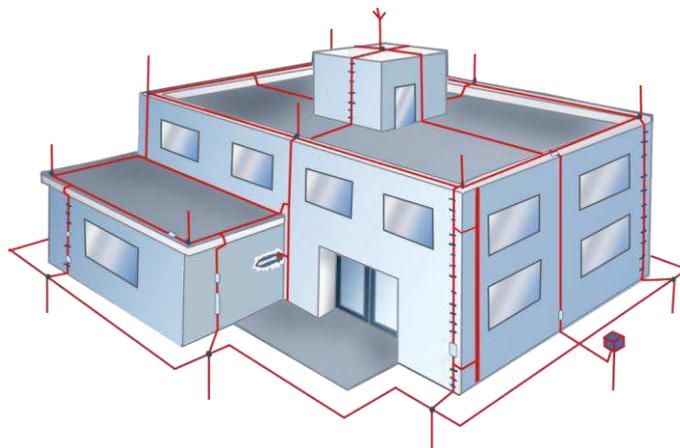
Portanto, a otimização dos custos dentro da melhor solução técnica possível, no caso dos projetos arquitetônico, elétrico, estrutural, hidrossanitário e SPDA, será alcançada a partir da sintonia da coordenação e execução entre eles.

3.5 SPDA EXTERNO

Para edificações já construídas, geralmente esta será a solução mais viável, pois a instalação do SPDA Estrutural para uma edificação implicaria em maiores complicações, pois para sua execução é imprescindível ter acesso às ferragens das colunas.

Como o próprio nome sugere, alguns subsistemas poderão ou deverão ser instalados na parte externa da edificação, como ilustrado na Figura 14. Expostos às ações do sol e da chuva ou em contato com o solo por pelo menos 80% do seu comprimento, que é o caso do aterramento, assim como a figura abaixo ilustra.

Figura 14 – SPDA Externo.



Fonte: (TERMOTÉCNICA, 2017)

3.5.1 MATERIAIS

Para os condutores, a norma NBR 5419/2015 permite o uso do cobre, do alumínio e do aço galvanizado a fogo, com cabos ou outro tipo de perfil desde que sua seção transversal seja obedecida. Os materiais utilizados devem ser todos homologados por órgão competente, devendo estes suportar as requisições mecânicas e a forte incidência de fatores externos como raio solar, chuva e maresia.

No SPDA externo, há uma maior exigência no uso de materiais compatíveis com as fachadas das edificações, com intuito de minimizar impactos estéticos muito marcantes. Por isso, o projetista deve atentar-se aos detalhes arquitetônicos para escolher os melhores locais em que irá posicionar os condutores de descida, sem que eles deixem de cumprir suas funções. Outra possibilidade que pode ser analisada é embutir o cabo dentro da parede, mas isso só seria válido caso o acabamento da parede ainda não estivesse sido executado, que não é o caso de prédios que já estejam totalmente concluídos.

As barras de alumínio normalmente também podem ser uma boa opção para resolver a questão estética, uma vez que estas podem ser pintadas da cor da parede e por também serem mais baratas que os cabos de cobre. Entretanto, a execução do serviço de

instalação se torna mais demorado e conseqüentemente mais oneroso, tanto pela dificuldade associada a sua instalação, quanto pela demanda de um maior número de itens para as conexões do que no caso do uso de cabos de cobre, por exemplo.

No geral, para projetos do tipo externo, a quantidade de materiais, ferramentas e conexões será bem maior que aqueles observados para o do tipo estrutural. Para comprovar isto basta analisarmos e compararmos a lista de materiais de ambos apresentadas no próximo capítulo.

3.5.2 PROJETO

Na fase inicial da elaboração do projeto, o projetista deverá ter conhecimento dos demais projetos a serem executados na edificação a fim de se ter as suas compatibilizações, como foi exposto no capítulo anterior.

Após a definição do nível de proteção, deverá ser definido qual o método de dimensionamento do sistema de captação mais adequado ou combinação destes em função do risco das solicitações da edificação.

3.5.3 EXECUÇÃO

A execução deverá ser feita por pessoas especializadas em serviços de SPDA. Devendo, como em qualquer outra atividade, atender às exigências de segurança e aos requisitos legais previstos nas normas regulamentadoras, principalmente para atividades em altura, NR-35, e atividades em eletricidade, NR-10, entre outras, como pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 – Instalação de barra chata de alumínio em edifício.



Fonte: autor desconhecido.

A execução deverá ser iniciada pelo aterramento, abrindo-se as valas onde serão acomodados os cabos, cravadas as hastes e executadas as soldas exotérmicas. Após a conclusão desta primeira parte, a próxima etapa será fazer o reaterro, compactação e recomposição das valas. Para isso, são demandados aproximadamente dois ou três homens trabalhando, fazendo uso de ferramentas específicas para este fim, assim como apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Homens e máquinas trabalhando para abertura de vala.



Fonte: autor desconhecido.

Avançando as etapas, a próxima será a instalação dos condutores de descida, obedecendo ao posicionamento indicado no projeto. Nesta fase da execução, a habilidade em realizar atividades em altura será requisito para um bom desempenho da tarefa.

O próximo passo é a execução do subsistema de captação, que também deve seguir as especificações do projeto. Por último, fazem-se as equalizações de potenciais internos e as devidas medições necessárias para atestar o perfeito funcionamento do sistema.

3.5.4 MANUTENÇÃO

O sistema deverá passar por inspeções e manutenções, levando em consideração os itens especificados na NBR 5419. O tempo entre as vistorias não deve ultrapassar o prazo de um ano e deverá ser feita sempre que for verificada a incidência de uma descarga atmosférica.

3.6 SPDA ESTRUTURAL

Desde sua atualização em 1993, a norma dá a opção de usar as ferragens do concreto armado como descidas naturais, desde que a continuidade dos pilares verticalmente seja garantida. Entretanto, existem diversos problemas a serem contornados no uso das ferragens estruturais. O primeiro problema é como garantir a continuidade vertical das ferragens durante o processo da construção civil, uma vez que ela não é necessária, estruturalmente falando. Seria necessária a presença de uma pessoa especializada durante a execução de toda a estrutura acarretando um ônus bastante elevado. Problemas de descontinuidade da estrutura como redução de seção, deslocamento de pilares e alvenaria estrutural são mais alguns dos muitos problemas que esta opção apresenta. O que é demonstrado pela empresa de consultoria Técnica em sua apresentação de casos.

Por esses motivos, e com intuito de garantir a execução do projeto de forma confiável, a solução é a introdução de uma barra de aço galvanizada a fogo, adicional às ferragens existentes, com a função específica de garantir continuidade desde o solo até o topo. Melhores detalhes serão apresentados no Apêndice B.

3.6.1 MATERIAIS

A barra adicional é chamada de RE-BAR (*Reforcing Bar*) e, como citado, tem a finalidade de garantir continuidade vertical da estrutura. No mercado, encontram-se disponíveis com diâmetros de oito ou dez milímetros e comprimentos de três a quatro metros. Para a conexão entre as barras, são utilizados clips galvanizados.

Como serão instalados dentro dos pilares a questão estética é imediatamente resolvida.

3.6.2 PROJETO

A elaboração do projeto deste tipo de sistema tem as mesmas exigências do sistema anterior, além do conhecimento por parte do projetista das etapas a serem executadas durante a fundação e concretagem das vigas e lajes do empreendimento.

3.6.3 EXECUÇÃO

O primeiro ponto a ser observado é o tipo de fundação e profundidade média dessa. O procedimento básico será instalar a RE-BAR dentro das fundações.

No nível do solo deverá ser instalada uma RE-BAR horizontalmente interligando todas as outras instaladas nos pilares verticais da projeção do pavimento-tipo, evidenciando o anel de aterramento usado no tipo de projeto anterior. (NBR 5419)

O sistema de descida será constituído pela instalação das RE-BARs nos pilares da torre do prédio, segundo a quantidade de descidas previamente calculada, devendo esta barra ser fixada na parte interna dos estribos dos pilares paralela às demais ferragens estruturais. Nos pilares externos, recomenda-se colocar a RE-BAR na face mais externa do pilar, de modo a receber as descargas laterais. Como indicado pela Técnica.

No cruzamento das ferragens verticais dos pilares com ferragens horizontais das vigas, lajes e blocos, a RE-BAR deverá ser obrigatoriamente ligada por ferro comum em forma de “L” com 20 cm x 20 cm, amarrado com arame recozido comum. A execução desse procedimento não gera custos adicionais, pois os ferros em “L” são aproveitados das sobras de outros ferros e demanda-se pouca mão-de-obra.

Ao chegar à última laje-tipo, alguns pilares irão findar, outros irão continuar e outros irão surgir. Os pilares que acabarem deverão ser interligados com os que continuam para os níveis superiores. Essa interligação é feita com RE-BAR na horizontal, dentro da laje e vigas sendo todas as emendas da RE-BAR feitas utilizando os mesmos cliques já citados.

O procedimento de execução pode ser feita pelos funcionários da construção apenas sob orientação do projetista, evitando gastos na contratação de mão de obra especializada para este fim. Porém, as etapas de captação e equalização deverão ser executadas por empresa especializada.

É fundamental a conferência das conexões e amarrações antes das concretagens e principalmente encaminhamento das barras e pontos de conexão da última laje. Além disso, são recomendados testes de continuidade acompanhados de relatório emitidos por profissional habilitado para tal.

3.6.4 MANUTENÇÃO

A manutenção deste tipo de sistema é quase mínima, pois como os materiais utilizados são instalados no interior da estrutura, eles sofrerão mínimas interferências no que diz respeito aos efeitos verificados no sistema instalado externamente. Apenas são feitas medições periódicas a fim de verificar a continuidade das barras instaladas, principalmente na ocorrência de uma descarga atmosférica.

3.6.5 OBSERVAÇÕES

Existe uma polêmica em relação ao uso das armaduras do concreto armado como parte integrante do sistema de proteção, pois, quando ocorre a incidência de uma descarga atmosférica em uma edificação, as correntes que vão passar pelo primeiro condutor atingido, o captor ou descida serão da ordem de dezenas de kA, com duração de microssegundos e com frequências elevadas, com componentes de dezenas de kHz até MHz em algumas situações. Esta situação pode gerar algumas consequências para as estruturas, podendo comprometer a resistência do conjunto concreto-aço, que depende da aderência de um elemento ao outro.

Na defesa do uso desse tipo de sistema, argumenta-se que nunca houve um colapso na estrutura de um prédio devido à descarga atmosférica.

A utilização de hastes envolvidas em concreto resultou em menores valores de resistência de terra se comparadas às hastes convencionais, sendo a redução mais pronunciada para solos de resistividades mais elevados. (BEZERRA, KANSHIRO, 2010)

O uso das ferragens da fundação também diminui as variações de tensão durante a dissipação das correntes associadas às descargas atmosféricas para o solo, com consequente diminuição das diferenças de potencial de passo e de toque, além de reduzir a impedância do sistema de aterramento (GOMES, 2007).

A preocupação estética é, evidentemente, um convite ao uso embutido de condutores. (VICENTE, 2010)

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram aplicadas as seguintes etapas:

1. Revisão bibliográfica sobre SPDA: inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico e teórico no que diz respeito à SPDA, com foco na norma NBR 5419, de modo a se embasar quanto aos parâmetros de dimensionamento, técnicas de elaboração de projetos, métodos de inspeção e manutenção e todos os demais aspectos relevantes ao estudo sobre o tema em questão. O objetivo consistiu em compreender o princípio de funcionamento e aplicação do SPDA e evidenciar os parâmetros mais significativos para fundamentar a consecução das etapas seguintes.

2. Seleção do projeto arquitetônico: O objeto de estudo é um prédio multifamiliar de oito pavimentos localizado na Rua Mem de Sá no bairro de Santa Rosa, na cidade de Campina Grande – Paraíba. Mais adiante, na Figura 17 é apresentada uma foto da fachada frontal deste prédio, para se ter ideia de sua dimensão e do motivo de ele ter sido escolhido como objeto para essa análise.

Figura 17 – Edifício objeto de estudo.



Fonte: o próprio autor.

Dentre as inúmeras construções civis, a de um prédio foi selecionada já que é a mais comum dentre as demais, e a requisição de projetos de SPDA para este tipo de empreendimento para a realidade local é maior. Já a escolha deste específico coincidiu da necessidade de se ter o projeto em que estivessem explícitas as localizações e

formato das colunas, uma vez que isto é um dos pré-requisitos para a elaboração do projeto do SPDA estrutural, além de que, por possuir uma arquitetura bastante peculiar irá exigir do projetista a aplicação de vários conceitos presentes na norma, conseguindo ter um melhor aproveitamento na elaboração.

3. Elaboração do projeto convencional: esta etapa consistiu na concepção do projeto do tipo convencional das quatro classes indicadas na norma NBR 5419. Não foi considerado o gerenciamento de riscos para este tipo de projeto uma vez que sua realização ou ausência não interfere no objetivo proposto pelo trabalho. O objetivo resumiu-se na aplicação dos conceitos e itens elencados pela norma. Será apresentada no Apêndice A as pranchas referente ao projeto do SPDA convencional Classe I, as demais classes não serão apresentadas devido a incompatibilidade de espaço para tal.

4. Elaboração do projeto estrutural: similarmente a etapa anterior esta se caracterizou por também efetuar a concepção do projeto, porém do tipo estrutural, seguindo as premissas e regras contidas na norma utilizada. O objetivo além da realização do projeto foi identificar as etapas necessárias para o processo de execução, entendendo teoricamente como serão feitas as instalações e conexões.

5. Previsão orçamentária da obra referente a cada um dos projetos: após a conclusão da elaboração dos projetos houve a listagem dos materiais a serem utilizados na execução de cada um deles, observando também a exigência de cada classe. Os valores dos insumos (equipamentos, horas de trabalho etc.) e serviços necessários à obra no que diz respeito à execução do projeto foram definidas segundo a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Esta tabela é disponibilizada pela Caixa Econômica Federal (CEF) em seu sítio e sua adoção neste trabalho é explicada por ela também ser a referência de preços para serviços contratados com recursos do Orçamento Geral da União (OGU). As listas de materiais foram orçadas na TERMOTÉCNICA, empresa especializada na fabricação de itens para SPDA. Foi dada preferência a esta empresa após ser constatado por uma pesquisa feita no mercado local a não comercialização da maior parte dos itens especificados no projeto. Como já mencionado, o SPDA tem seu grau de exigência determinado por quatro níveis de proteção. Portanto, os orçamentos foram feitos considerando cada um deles.

6. Avaliação dos custos entre os métodos de instalação do SPDA convencional e estrutural: esta etapa consiste exatamente na comparação dos custos relacionados à instalação de um método em detrimento do outro, embasada pelos resultados obtidos

com as planilhas orçamentárias. O objetivo é indicar por meio da comparação qual método de instalação apresenta menores custos envolvidos.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Serão apresentadas nas Tabelas 2 e 3 os valores referentes aos materiais e serviços relacionados com a instalação de cada método de instalação do SPDA. Depois serão apresentadas as ponderações pertinentes aos dois tipos de projeto e as implicações relativas aos itens verificados no capítulo três, sendo eles: execução, materiais utilizados, manutenção e projeto.

Tabela 2 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Convencional classe I.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA CONVENCIONAL					
Convencional - CLASSE I					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.0	Fornecimento e instalação - anel de aterramento	UN.	1	4.481,91	4.481,91
2.0	Fornecimento e instalação - condutores de descida	UN.	1	1.618,84	1.618,84
3.0	Fornecimento e instalação - anel de cintamento horizontal	UN.	1	1.952,70	1.952,70
4.0	Fornecimento e instalação - condutores de captação	UN.	1	6.185,75	6.185,75
TOTAL					R\$ 14.239,20

Fonte: autoria própria.

Tabela 3 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Estrutural classe I.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA Estrutural					
Estrutural - CLASSE I					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.0	Fornecimento e instalação - anel de aterramento	UN.	1	1.097,26	1.097,26
2.0	Fornecimento e instalação - condutores de descida	UN.	1	3.321,28	3.321,28
3.0	Fornecimento e instalação - anel de cintamento horizontal	UN.	1	913,42	913,42
4.0	Fornecimento e instalação - condutores de captação	UN.	1	2.782,06	2.782,06
TOTAL					R\$ 8.114,02

Fonte: autoria própria.

É observado para classe I que a execução do método estrutural em detrimento do convencional representa uma economia de R\$ 6.125,18 isso pode ser constatado especialmente pelos preços referentes ao cobre e a RE-BAR, como também há uma grande diferença na quantidade e preço dos itens usados em cada um dos métodos, sendo a requisição de itens para instalação do método convencional muito maior quando comparado ao estrutural o que contribui ainda mais para divergência de preço total, além disso, a mão de obra utilizada para a execução do estrutural tem uma vantagem porque pode ser aproveitada do próprio canteiro de obra, sendo dispensável a contratação de mais pessoas para realizar os procedimentos.

Tabela 4 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Convencional classe II.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA CONVENCIONAL					
Convencional - CLASSE II					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.0	Fornecimento e instalação - anel de aterramento	UN.	1	4.481,91	4.481,91
2.0	Fornecimento e instalação - condutores de descida	UN.	1	1.248,52	1.248,52
3.0	Fornecimento e instalação - anel de cintamento horizontal	UN.	1	1.952,70	1.952,70
4.0	Fornecimento e instalação - condutores de captação	UN.	1	5.318,25	5.318,25
TOTAL					R\$ 13.001,38

Fonte: autoria própria.

Tabela 5 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Estrutural classe II.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA Estrutural					
Estrutural - CLASSE II					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.0	Fornecimento e instalação - anel de aterramento	UN.	1	1.009,48	1.009,48
2.0	Fornecimento e instalação - condutores de descida	UN.	1	3.055,58	3.055,58
3.0	Fornecimento e instalação - anel de cintamento horizontal	UN.	1	840,35	840,35
4.0	Fornecimento e instalação - condutores de captação	UN.	1	2.559,50	2.559,50
TOTAL					R\$ 7.464,90

Fonte: autoria própria.

Para classe II podemos constatar, assim como, para a classe I uma diferença bastante considerável entre o preço referente a cada um dos métodos, tratando-se exatamente de R\$ 5.536,69 uma economia de 42,58%. Ainda sim, essa diferença é verificada pelos mesmos fatores mencionados para classe I.

Tabela 6 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Convencional classe III.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA CONVENCIONAL					
Convencional - CLASSE III					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.0	Fornecimento e instalação - anel de aterramento	UN.	1	4.340,07	4.340,07
2.0	Fornecimento e instalação - condutores de descida	UN.	1	971,77	971,77
3.0	Fornecimento e instalação - anel de cintamento horizontal	UN.	1	1.917,12	1.917,12
4.0	Fornecimento e instalação - condutores de captação	UN.	1	5.106,24	5.106,24
TOTAL					R\$ 12.335,20

Fonte: autoria própria.

Tabela 7 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Estrutural classe III.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA Estrutural					
Estrutural - CLASSE III					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.0	Fornecimento e instalação - anel de aterramento	UN.	1	790,03	790,03
2.0	Fornecimento e instalação - condutores de descida	UN.	1	2.391,32	2.391,32
3.0	Fornecimento e instalação - anel de cintamento horizontal	UN.	1	657,66	657,66
4.0	Fornecimento e instalação - condutores de captação	UN.	1	2.003,08	2.003,08
TOTAL					R\$ 5.842,09

Fonte: autoria própria.

Na classe III a diferença entre os custos é ainda maior, atingindo R\$ 6.493,11. Para esta classe houve uma redução na quantidade de descidas o que contribuiu para se ter uma maior diferença entre os preços, já que o metro da RE-BAR equivale a 57,83% do preço do metro do cabo de cobre.

Tabela 8 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Convencional classe IV.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA CONVENCIONAL					
Convencional - CLASSE IV					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.0	Fornecimento e instalação - anel de aterramento	UN.	1	4.340,07	4.340,07
2.0	Fornecimento e instalação - condutores de descida	UN.	1	971,77	971,77
3.0	Fornecimento e instalação - anel de cintamento horizontal	UN.	1	1.917,12	1.917,12
4.0	Fornecimento e instalação - condutores de captação	UN.	1	4.595,62	4.595,62
TOTAL					R\$ 11.824,57

Fonte: autoria própria.

Tabela 9 – Orçamento dos serviços de instalação SPDA Estrutural classe IV.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA Estrutural					
Estrutural - CLASSE IV					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.0	Fornecimento e instalação - anel de aterramento	UN.	1	614,47	614,47
2.0	Fornecimento e instalação - condutores de descida	UN.	1	1.859,92	1.859,92
3.0	Fornecimento e instalação - anel de cintamento horizontal	UN.	1	657,66	657,66
4.0	Fornecimento e instalação - condutores de captação	UN.	1	1.557,95	1.557,95
TOTAL					R\$ 4.690,00

Fonte: autoria própria.

Por fim, para classe IV foi constatado uma diferença de R\$ 6.385,74. Diferença realmente também bastante considerável.

As ponderações a cerca dos métodos são: a primeira vantagem prática e visível do projeto estrutural em detrimento do externo é a eliminação de condutores expostos de descida junto a fachadas e possíveis zonas externas de circulação.

Na comparação em termos de execução dos serviços há uma redução de custos considerável. Durante a execução do sistema externo, como citado, haverá a necessidade de contratar mão-de-obra especializada durante todas as etapas, inclusive de força braçal para algumas outras, bem como do auxílio de ferramentas específicas para tal fim, tendo associado o seu custo de depreciação aos valores exigidos como pagamento pelo serviço. Além disso, normalmente são atividades desempenhadas em altura ou com eletricidade o que aumenta o grau de dificuldade da execução e, por

consequente, o custo da mão de obra. Em contrapartida, a execução do sistema estrutural isenta a necessidade de contratação de tantos homens extras para trabalhar, uma vez que poderá ser executado pelos operários da obra sob a fiscalização e orientação de uma pessoa especializada.

Desse modo, também podemos destacar a redução de riscos de acidentes relacionados à execução das atividades do sistema estrutural, já que menos homens e máquinas estarão trabalhando. O que também coopera para a eficiência da realização das atividades.

Ainda sim, pode ser contabilizada como uma vantagem do tipo externo a pouca exigência a respeito do processo de execução, pois mesmo após a instalação concluída ainda poderá ser feitas alterações a fim de melhorar o sistema já que as conexões entre os subsistemas são todas acessíveis. Durante o processo de execução do estrutural não é admissível erros nem tão pouco falhas de componentes, porque posteriormente a concretagem das estruturas será inexecutável o acesso ou ajustes das conexões das RE-BARs.

Em relação à manutenção, a do sistema estrutural é mínima comparada ao do sistema externo, pois, como já comentado, as RE-BARs sofrem menos interferências do ambiente externo por estarem no interior dos pilares, reduzindo a substituição de itens e conexões durante os anos.

Além destes fatores, é verificada uma redução de custos na aquisição dos materiais para efetuar o serviço de instalação do estrutural do que do externo, como pode ser visto pelas planilhas em anexo.

Portanto, segundo todas as informações apresentadas constata-se que a melhor opção para o tipo de SPDA a ser executado em uma edificação que irá ser construída, sendo levado em consideração fatores estéticos e econômicos é o estrutural.

6 CONCLUSÃO

Por meio do estudo sobre os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, pôde-se verificar com clareza a importância deste sistema na preservação das estruturas protegidas, nas vidas e nos equipamentos abrigados por esse recurso.

No que diz respeito às vantagens do uso das estruturas no sistema estrutural, verificou-se que este procedimento, apesar dos detalhes e exigências de execução, não só resulta em maior eficiência técnica, mas também econômica, além da atenuação de campos eletromagnéticos e melhorias estéticas das edificações, se comparados aos sistemas convencionais. Destaca-se o valor da resistência de aterramento deste sistema ser inferior aos encontrados nos sistemas tradicionais, fato atribuído principalmente à profundidade dos eletrodos de aterramento e da umidade do concreto das fundações, tendo uma melhora considerável no desempenho do aterramento das edificações que utilizam tal tecnologia.

Os detalhes da arquitetura do prédio, objeto de estudo, permitiu deparar-se com várias situações que exigiram sensibilidade por parte do projetista para aplicar as soluções pertinentes ao caso em questão e resolver sem maiores problemas. Portanto, foi de grande importância acadêmica vivenciar estes momentos e de forma coerente apresentar uma resolução compatível e correta.

Ainda podemos destacar que a elaboração deste trabalho permitiu o contato ainda na graduação da concepção de um projeto bastante requisitado no mercado, como também o contato e negociação com os fornecedores dos materiais, desenvolvendo habilidades que sem esta oportunidade não seria possível.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR5419, **Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro, 2015.

BEZERRA, S. R. C.; KANASHIRO, A. G. **Sistema de aterramento elétrico com hastes envolvidas em concreto**. In: III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE 2010, 2010, Belém - Brasil. Anais do III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2010. p. 1-6.

CHAGAS, F.F.GUERRA. **Distúrbios de tensão em redes elétricas**. Apostila proteção de sistemas elétricos, edição 2017.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 14. ed. São Paulo: LTC, 2000.

FILHO, João Mamede. **Instalações elétricas industriais**. 6ª edição: 2002. Editora: Livros Técnicos e Científicos (LTC). 6ª edição: 2002.

GOMES, G. L. **Sistema de aterramento e proteção contra raios utilizando ferragens do concreto armado**. Eletricidade Moderna, p. 54–55, 2007.

GRAZIANO, F. N.: **Levantamento de estruturas que necessitam de SPDA e análise de seus efetivos sistemas**. Monografia apresentada ao curso de engenharia elétrica – UnB, Brasília. 2005.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Infográfico – Mortes por ano**. [<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/infografico.-.mortes.por.raios.php>] Acesso em 20/06/2018.

JUNIOR, P. H. **Modelagem para Cálculo de Tensões Induzidas por Descargas Atmosféricas**. Tese de Doutorado, PPGEE/UFMG, 2017.

KINDERMANN, **Geraldo**. **Descargas atmosféricas**. 2ª edição: 1997. Editora: Sagra Luzzatto.

LIMA, D. M.; LEITE, C.M. **Proteção contra descargas atmosféricas**. 10. ed. São Paulo: Oficina de Mydia, 2016.

MIRANDA, A. P. R. **Aterramento pelas fundações para a proteção contra raios**. Eletricidade Moderna, São Paulo. p. 44, março 2003a.

MUNDO DA ELÉTRICA, Tensão de passo, o que é? Como evitar?. [<https://www.mundodaeletrica.com.br/tensao-de-passo-o-que-e-como-evitar/>] Acesso em 14/07/2018.

NACRATO, F.S. **Descargas atmosféricas: uma abordagem de engenharia**. São Paulo: Artliber, 2003.

NORMA DE TRANSMISSÃO UNIFICADA. NTU 014, **Projeto de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas em subestações de distribuição**. Grupo Energisa, 2017.

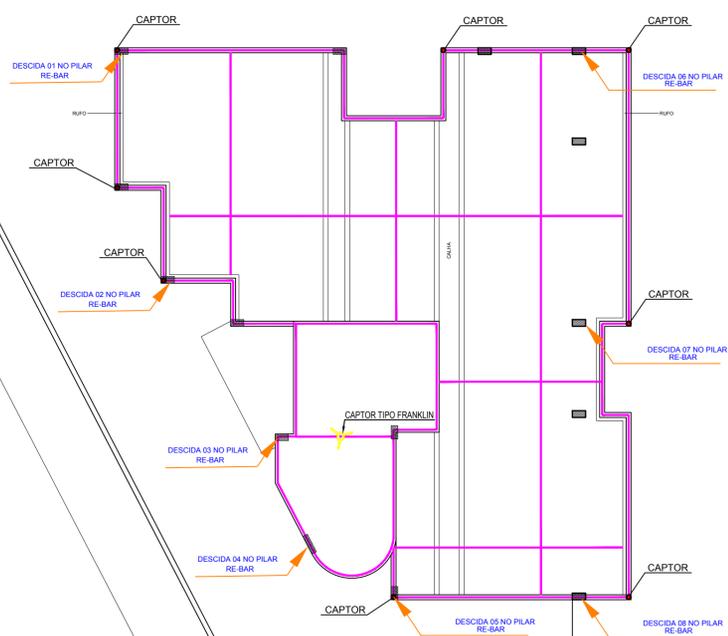
SM Consultoria Treinamentos e Palestras. **Projetos de Para-raios / SPDA**. [<http://www.smconsultoriaempresarial.com.br/o-que-fazemos-consultoria-empresarial/projetos-e-servicos-consultoria-empresarial/projetos-de-para-raios-spda/>] Acesso em 19/06/2018.

TERMOTÉCNICA, Espaço para-raios. **SPDA ESTRUTURAL**. [<https://tel.com.br/spda-estrutural-casos-reais-e-melhores-praticas/>] Acesso em 19/06/2018.

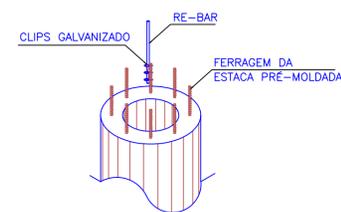
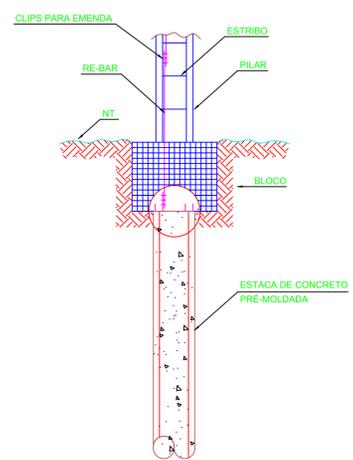
VICENTE, O. **Estudo sobre o comportamento elétrico do concreto utilizado em sistemas de aterramento estrutural**. Monografia para obtenção do título de Mestrado em Engenharia Elétrica. UEL, Londrina. 2010.

APÊNDICE A – PROJETO DE SPDA

CONVENCIONAL



LOCAÇÃO /
COBERTA
CAPTAÇÃO
ESCALA 1:75



LEGENDA:

- - TERMINAL AÉRIO TIPO PONTALETE, Ø50* x 0,60m PI INTERLIGAÇÃO DA MALHA DE CAPTAÇÃO. VIDE DETALHE-06
- - RE-BAR EMBUTIDO NA LAJE
- - BARRA DE FERRO DE CONTINUIDADE (PILAR DE DESCIDA E VIGA BALDRAME)
- ⚡ - PONTO DE CONEXÃO ELÉTRICA-MECÂNICA (SOLDA EXOTÉRMICA). VIDE DETALHE-01
- - PRISLHA, A CADA 1,00m ou 1,50m. VIDE DETALHE-06
- ⚡ - HASTE COBREADA Ø6* x 2,40m, PARA ATERRAMENTO.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ALUNO: ÍGOR FARIAS ALMEIDA

ORIENTADOR: PROF.º RONIMACK TRAJANO DE SOUZA, D. Sc.

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
ESTRUTURAL

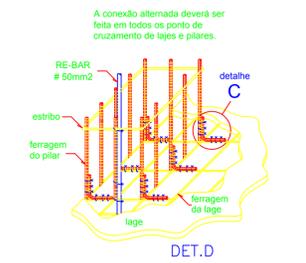
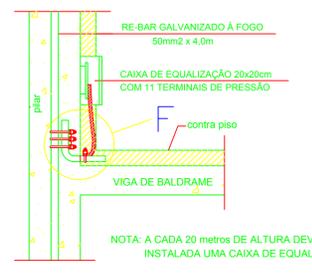
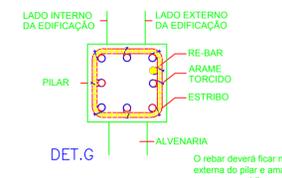
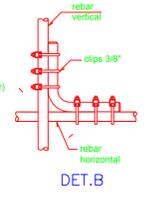
DESENHO / FOLHA
PRANCHA
01/02

OBSERVAÇÕES:

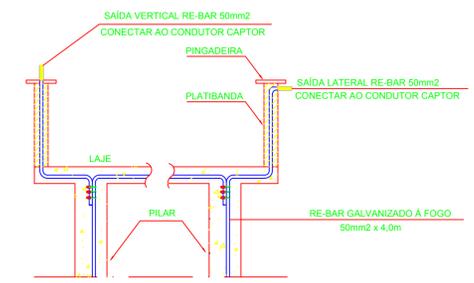
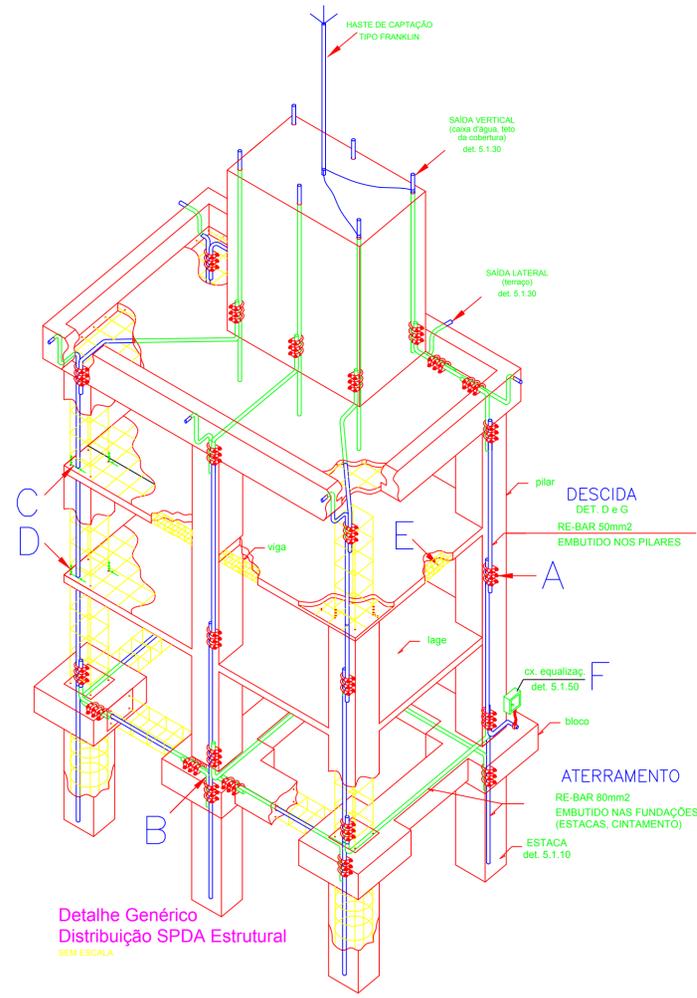
CONTÉUDO:
SISTEMA DE CAPTAÇÃO, DESCIDAS E DETALHES

ESCALA: INDICADA DATA: AGOSTO/2018 DESENHO: ÍGOR FARIAS ALMEIDA

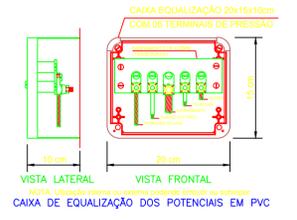
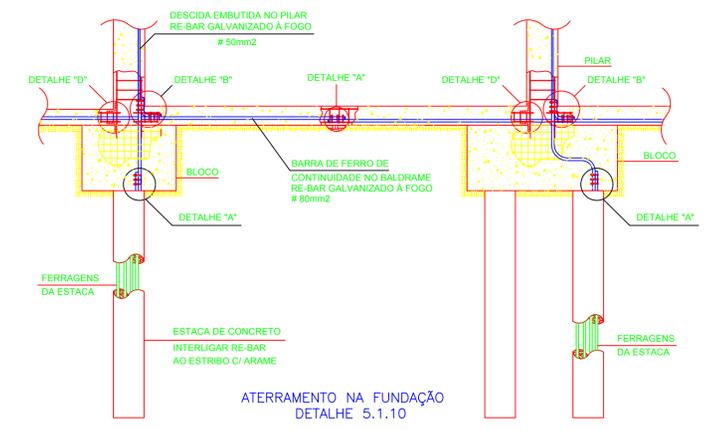
**SPDA ESTRUTURAL
DETALHES DE CONEXÃO E AMARRAÇÃO
DETALHE 5.1.04**



DERIVAÇÃO DO VERGALHO DE DESCIDA PARA INTERLIGAÇÃO DA CAIXA DE EQUALIZAÇÃO DETALHE 5.1.50



SAÍDAS LATERAIS E VERTICAIS DO RE-BAR PARA INTERLIGAÇÃO DO CONDUTOR CAPTOR DETALHE 5.1.30



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ALUNO: ÍGOR FARIAS ALMEIDA

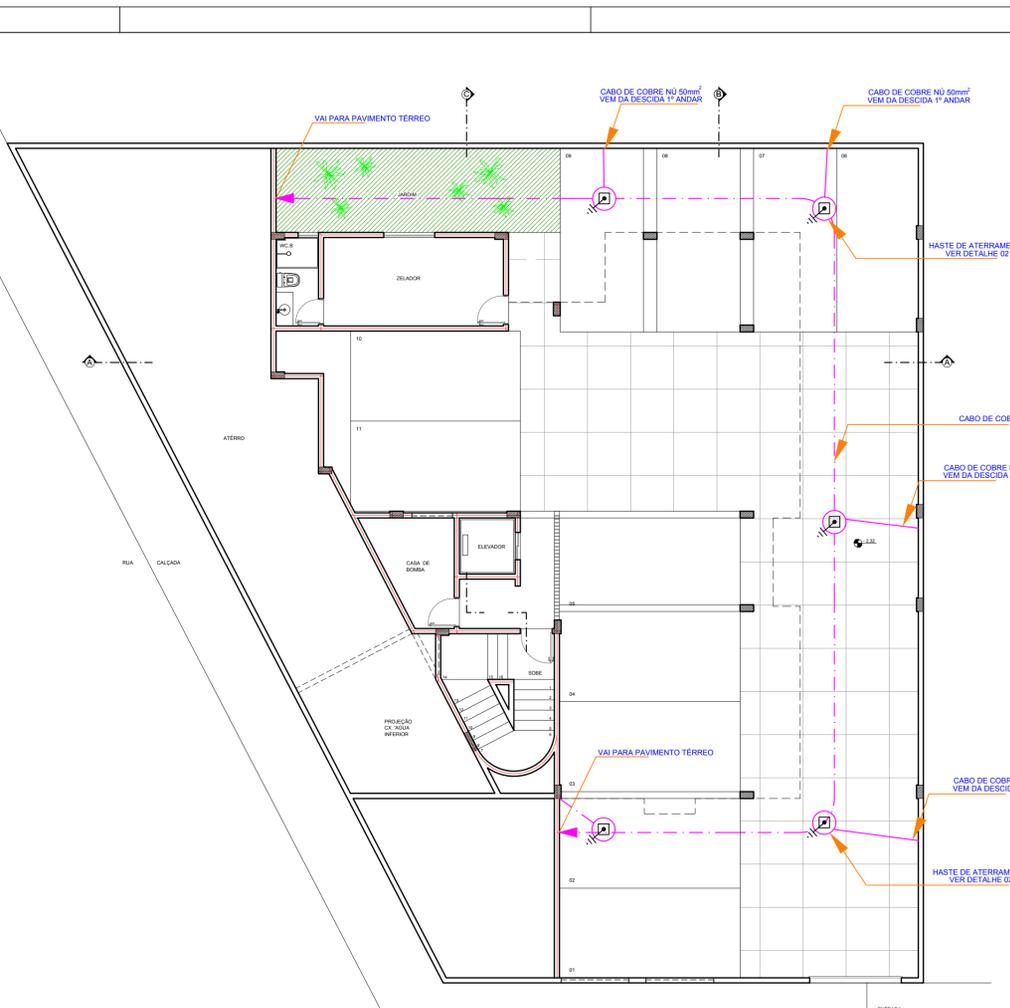
ORIENTADOR: PROF.º. RONIMACK TRAJANO DE SOUZA, D. Sc.

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS ESTRUTURAL	DESENHO/FOLHA PRANCHA 02/02												
OBSERVAÇÕES:													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 30%;">CONTÉUDO</td> <td colspan="3">DETALHES DO SPDA</td> </tr> <tr> <td style="width: 30%;">ESCALA</td> <td style="width: 10%;">INDICADA</td> <td style="width: 10%;">DATA</td> <td style="width: 50%;">DESENHO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>AGOSTO/2018</td> <td>ÍGOR FARIAS ALMEIDA</td> </tr> </table>		CONTÉUDO	DETALHES DO SPDA			ESCALA	INDICADA	DATA	DESENHO			AGOSTO/2018	ÍGOR FARIAS ALMEIDA
CONTÉUDO	DETALHES DO SPDA												
ESCALA	INDICADA	DATA	DESENHO										
		AGOSTO/2018	ÍGOR FARIAS ALMEIDA										

APÊNDICE B – PROJETO DE SPDA ESTRUTURAL



PAV. TÉRREO
 ATERRAMENTO
 ESCALA: 1/75
 ÁREA: 327,45 m²



SUB - SOLO
 ATERRAMENTO
 ESCALA: 1/75
 ÁREA: 361,20 m²

LEGENDA:

- TERMINAL AEREO TIPO PONTALEITE, 05x8" x 0,60m PV INTERLIGAÇÃO DA MALHA DE CAPTAÇÃO. VIDE DETALHE 06
- CONDUTOR ELÉTRICO HORIZONTAL EM COBRE NÚ. S = 355 mm² PARA PLATIBANDA. S = 355 mm² PARA ATERRAMENTO.
- BARRA DE FERRO DE CONTINUIDADE (PILAR DE DESCIDA E VIGA BALDRAME)
- PONTO DE CONEXÃO ELÉTRICA MECÂNICA (SOLDA EXOTÉRMICA). VIDE DETALHE - 01.
- PRISMA, A CADA 1,00m ou 1,50m. VIDE DETALHE 06.
- HASTE COBREADA Ø58x2,40m. PARA ATERRAMENTO.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
 CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ALUNO: ÍGOR FARIAS ALMEIDA
ORIENTADOR: PROF.º RONIMACK TRAJANO DE SOUZA, D. Sc.

PROJETO	DESENHO/FOLHA
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EXTERNO	PRANCHA 01/03

OBSERVAÇÕES:

CONTÉUDO	ATERRAMENTO
ESCALA INDICADA	DATA: AGOSTO/2018
	DESENHO: ÍGOR FARIAS ALMEIDA



LOCAÇÃO /
COBERTA
CAPTAÇÃO
ESCALA 1:75



FACHADA
DESCIDAS (RUA MEN DE SÁ)
ESCALA 1:75

LEGENDA:

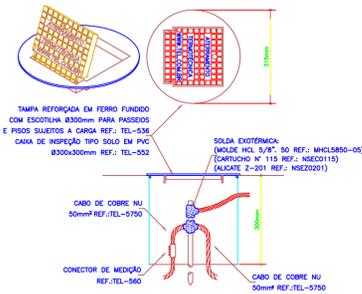
- TERMINAL AÉREO TIPO PONTALEITE, Ø50" x 0,60m PI INTERLIGAÇÃO DA MALHA DE CAPTAÇÃO. VIDE DETALHE 08
- CONDUZIR ELETRODO HORIZONTAL EM COBRE NÚ S = Ø25 mm PARA PLATIBANDA S = Ø50 mm PARA ATERRAMENTO.
- BARRA DE FERRO DE CONTINUIDADE (PILAR DE DESCIDA E VIGA BALDRAME)
- PONTO DE CONEXÃO ELÉTRICA MECÂNICA (SOLDA EXOTÉRMICA). VIDE DETALHE 01.
- PRISMA, A CADA 1,00m ou 1,50m. VIDE DETALHE 06.
- HASTE COBREADA Ø50"x2,40m, PARA ATERRAMENTO.


 UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
 CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ALUNO: ÍGOR FARIAS ALMEIDA
ORIENTADOR: PROF.º RONIMACK TRAJANO DE SOUZA, D. Sc.

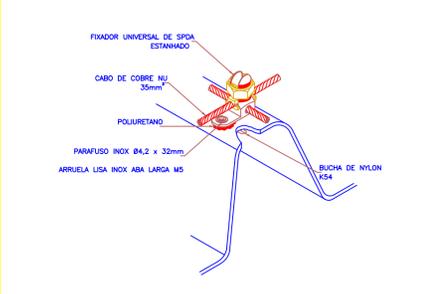
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EXTERNO	DESENHO / FOLHA PRANCHA 02/03
---	-------------------------------------

OBSERVAÇÕES:

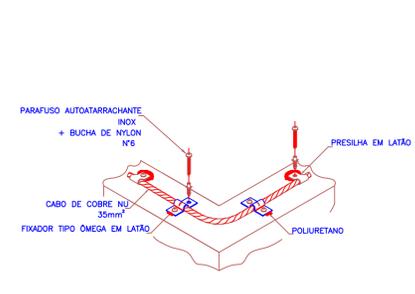
CONTÉUDO		
SISTEMA DE CAPTAÇÃO E DESCIDAS		
ESCALA	DATA	DESENHO
INDICADA	AGOSTO/2018	ÍGOR FARIAS ALMEIDA



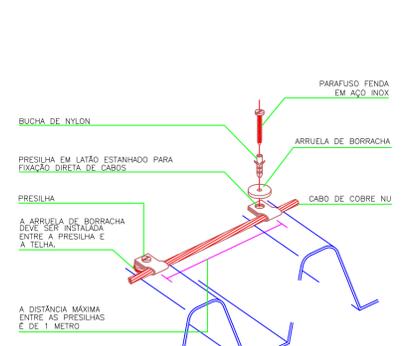
01 DETALHE DA INSTALAÇÃO DA CAIXA DE INSPEÇÃO.



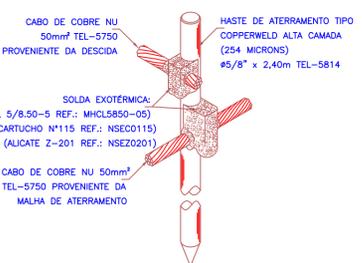
04 DETALHE DA CONEXÃO TIPO X DO CABO DE COBRE NA TELHA DE FIBROCIMENTO.



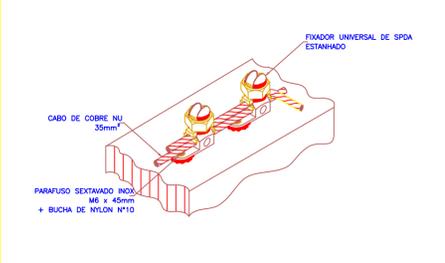
07 DETALHE DE TRAVAMENTO DE CABO DE COBRE PARA MUDANÇA DE DIREÇÃO.



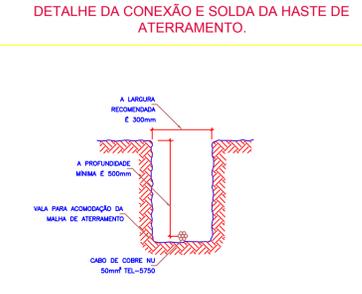
09 DETALHE DE TRAVAMENTO DE CABO DE COBRE PARA NA TELHA DE FIBROCIMENTO.



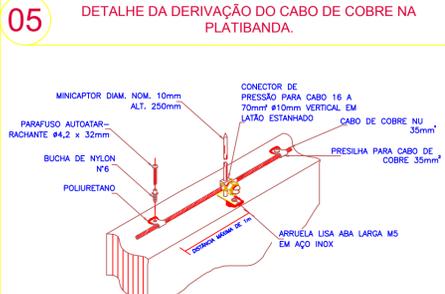
02 DETALHE DA CONEXÃO E SOLDA DA HASTE DE ATERRAMENTO.



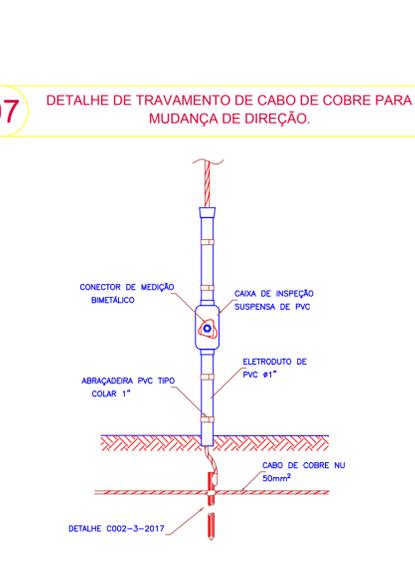
05 DETALHE DA DERIVAÇÃO DO CABO DE COBRE NA PLATIBANDA.



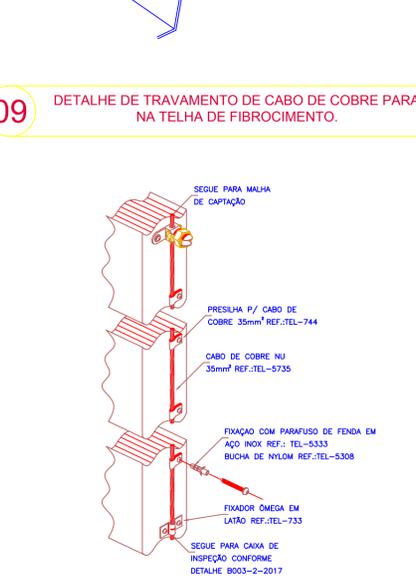
03 DETALHE VALA DA MALHA DE ATERRAMENTO.



06 DETALHE DE TRAVAMENTO CAPTOR



08 DETALHE DE JUNÇÃO ENTRE DESCIDA E ATERRAMENTO.



10 DETALHE DE FIXAÇÃO DO CABO DE DESCIDA.

- NOTAS:**
- 1 - TODO O SISTEMA DEVERÁ SER EXECUTADO COM CONECTORES APROPRIADOS.
 - 2 - OS CONDUTORES DEVEM SER O MAIS ESTICADO POSSÍVEL, FORMANDO A GAUZA DE FARRADAY.
 - 3 - ESTA INSTALAÇÃO DEVE SER ACOMPANHADA PELO ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELA CONSTRUÇÃO CIVIL DA EDIFICAÇÃO.
 - 4 - INTERLIGAR TODAS AS MASSAS METÁLICAS DA COBERTURA COM CONECTORES DE Cu - Nº16mm² AO CAPTOR DE 165mm².
 - 5 - APÓS A INSTALAÇÃO A RESISTÊNCIA DE TERRA NÃO DEVE SUPERAR 10 OHMS EM QUALQUER ÉPOCA DO ANO. DEVERÁ SER EFETUADA MANUTENÇÃO PREVENTIVA ANUAL.
 - 6 - O SISTEMA PROPOSTO NÃO GARANTE A PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS/ELETRÔNICOS DENTRO DOS EDIFÍCIOS A SEREM PROTEGIDOS.
 - 7 - PARA DETALHES GERAIS DE INSTALAÇÕES, VIDE DETALHES PRANCHA 03/03.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ALUNO: ÍGOR FARIAS ALMEIDA

ORIENTADOR: PROF.º RONIMACK TRAJANO DE SOUZA, D. Sc.

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EXTERNO	<small>DESENHO / FOLHA</small> PRANCHA 03/03
OBSERVAÇÕES:	

CONTÍDUO: DETALHES DO SPDA

ESCALA: INDICADA DATA: AGOSTO/2018 DESENHO: ÍGOR FARIAS ALMEIDA

ANEXOS

Tabela 10 – Lista de materiais e orçamento SPDA Estrutural

PLANILHA ORÇAMENTARIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA Estrutural					
1.0	Aterramento - Inspeção e fixação da RE-BAR na fundação e pilares.				
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO ATERRAMENTO					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.1	Eletricista	h	8	16,92	135,36
1.2	Ajudante	h	8	13,94	111,52
1.3	Re-bar galvanizada a fogo	UN.	33	22,98	758,34
1.4	Clip's para emenda	UN.	78	1,18	92,04
TOTAL DE MÃO DE OBRA					R\$ 1.097,26

2.0	Descidas - Inspeção e fixação da RE-BAR nas pilares e lajes.				
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO - CONDUTORES DE DESCIDA					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
2.1	Eletricista	h	32	16,92	541,44
2.2	Ajudante	h	32	13,94	446,08
2.3	Aterrinsert para conexão com a Re-bar	UN.	8	22,98	183,84
2.4	Re-bar galvanizada a fogo	UN.	80	22,98	1.838,40
2.5	Clip's para emenda	UN.	264	1,18	311,52
TOTAL DE MÃO DE OBRA					R\$ 3.321,28

3.0	Anel de cintamento - Conexão no cruzamento da RE-BAR vertical e horizontal.				
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO - CONDUTOR DO ANEL DE CINTAMENTO HORIZONTAL					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
3.1	Eletricista	h	8	16,92	135,36
3.2	Ajudante	h	8	13,94	111,52
3.3	Re-bar galvanizada a fogo	UN.	25	22,98	574,50
3.4	Clip's para emenda	UN.	78	1,18	92,04

TOTAL DE MÃO DE OBRA	R\$ 913,42
-----------------------------	-------------------

4.0	Captção - Inspeção e fixação das RE-BAR no último pavimento, instalação do para-raios tipo Franklin.				
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO - CONDUTORES DE CAPTAÇÃO					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
4.1	Eletricista	h	8	16,92	135,36
4.2	Ajudante	h	8	13,94	111,52
4.3	Instalação para-raios p/ reservatório. (CÓD.: 8260)	UN.	1	2.370,46	2.370,46
4.4	Terminal aereo em aço galvanizado com base de fixação H = 30 cm	UN.	8	20,59	164,72
4.5	Re-bar galvanizada a fogo	UN.	33	22,98	758,34
4.6	Clip's para emenda	UN.	78	1,18	92,04
TOTAL DE MÃO DE OBRA					R\$ 2.782,06

Fonte: autoria própria

Tabela 11 – Lista de materiais e orçamento SPDA Convencional

PLANILHA ORÇAMENTARIA DOS SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DE SPDA - Convencional					
1.0	Aterramento - escavação de vala para acomodação de cabos de cobre, instalação de cabo de cobre 50 mm², enterrar haste de aterramento, aplicação de solda exotérmica, reaterro, compactação e recomposição da vala.				
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO ANEL DE ATERRAMENTO					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.1	Escavação manual de valas. CÓD.: 93358	m ³	16,5	52,10	859,65
1.2	Instalação de cabo de cobre nú 50mm ² . CÓD.: 96977	m	110	25,52	2.807,20
1.3	Haste de aterramento 5/8 para SPDA. CÓD.: 96985	UN.	8	33,34	266,72
1.4	Solda exotérmica cabo-haste (VER ITEM 1.41-1.4.2)	UN.	17	14,52	246,88
1.5	Reaterro manual de valas com compactação mecanizada. CÓD.: 93382	m ³	16,5	18,27	301,46
TOTAL DE MÃO DE OBRA					R\$ 4.481,91
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE SOLDA EXOTÉRMICA					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
1.4.1	Eletricista	h	8	16,92	135,36
1.4.2	Cartucho nº 115	UN.	8	13,94	111,52

TOTAL DE MÃO DE OBRA	R\$ 246,88
-----------------------------	-------------------

2.0	Descidas - Fixação vertical de cabo de cobre, instalação de eletroduto de PVC, instalação de caixa de medição.				
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO - CONDUTORES DE DESCIDA					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
2.1	Eletricista	h	16	16,92	270,72
2.2	Ajudante	h	16	13,94	223,04
2.3	Fixação vertical de cabo de cobre nú 35mm ² . (COD 96973 - COD 96981)	UN.	22	17,35	381,70
2.4	Instalação caixa de medição. (COD 92871)	UN.	8	11,90	95,20
2.5	Instalação de eletroduto rígido roscável, PVC, 32 mm em parede. CÓD.:91872	m	24	9,04	216,96
8 DERIVAÇÕES DO CABO DE COBRE NA PLATIBANDA					
2.6	Fixador universal de SPDA estanhado	UN.	8	10,45	83,60
2.7	Parafuso sextavado inox M6 X 45 mm	UN.	8	1,13	9,04
2.8	Bucha de nylon nº10	UN.	8	0,28	2,24
12 TRAVAMENTOS DE CABO DE COBRE NA PAREDE					
2.9	Presilha em latão	UN.	14	0,59	8,26
2.10	Parafuso de fenda em aço inox	UN.	14	0,36	5,04
2.11	Bucha de nylon nº6	UN.	14	0,08	1,12
2.12	Parafuso autoatarrachante inox	UN.	## ##	0,36	2,88
2.13	Bucha de nylon nº6	UN.	## ##	0,08	0,64
8 MEDIÇÕES					
2.14	Abraçadeira PVC tipo colar 1"	UN.	## ##	2,41	77,12
2.15	Conector de medição bimetálico	UN.	## ##	30,16	241,28
TOTAL DE MÃO DE OBRA					R\$ 1.618,84

3.0	Anel de cintamento - Fixação horizontal de cabo de cobre				
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO - CONDUTOR DO ANEL DE CINTAMENTO HORIZONTAL					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
3.1	Eletricista	h	16	16,92	270,72
3.2	Ajudante	h	16	13,94	223,04
3.3	Fixação horizontal de cabo de cobre nú 35mm ² . (COD 96973 - COD 96981)	UN.	74	17,35	1.283,90
3.4	Presilha em latão	UN.	73	0,59	43,07
3.5	Parafuso de fenda em aço inox	UN.	74	0,36	26,64
3.6	Fixador universal de spda estanhado	UN.	1	10,45	10,45
3.7	Fixador universal de SPDA estanhado	UN.	8	10,45	83,60

3.8	Parafuso sextavado inox M6 X 45 mm	UN.	8	1,13	9,04
3.9	Bucha de nylon nº10	UN.	8	0,28	2,24
TOTAL DE MÃO DE OBRA					R\$ 1.952,70

4.0	Captção - Fixação de cabo de cobre nú 35 mm², instalação de captor de aço galvanizado, instalação de pára-raios tipo Franklin				
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO - CONDUTORES DE CAPTAÇÃO					
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UN.	QT.	PREÇO	
				UNIT.	Total (R\$)
4.1	Eletricista	h	8	16,92	135,36
4.2	Ajudante	h	8	13,94	111,52
4.3	Fixação horizontal de cabo de cobre nú 35mm ² . (COD 96973 - COD 96981)	UN.	18 5	17,35	3.209,75
4.4	Presilha em latão	UN.	73	0,59	43,07
4.5	Parafuso de fenda em aço inox	UN.	74	0,36	26,64
4.6	Fixador universal de spda estanhado	UN.	1	10,45	10,45
4.7	Instalação para-raios p/ reservatório. (CÓD.: 8260)	UN.	1	2.370,46	2.370,46
4.8	Terminal aereo em aço galvanizado com base de fixação H = 30 cm	UN.	8	20,59	164,72
4.9	Fixador universal de SPDA estanhado	UN.	8	10,45	83,60
4.10	Arruela lisa ino aba larga M5	UN.	5	0,36	1,80
4.11	Parafuso sextavado inox Ø4,2 x 3,2mm	UN.	8	1,13	9,04
4.12	Bucha de nylon K54	UN.	5	3,42	17,10
4.13	Bucha de nylon nº10	UN.	8	0,28	2,24
TOTAL DE MÃO DE OBRA					R\$ 6.185,75

Fonte: autoria própria