

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

MARCOS EJCZIS HENRIQUES

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE UM BARRACÃO
COMERCIAL SITUADO NA CIDADE DE CURITIBA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2015

MARCOS EJCZIS HENRIQUES

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE UM BARRACÃO
COMERCIAL SITUADO NA CIDADE DE CURITIBA**

Monografia apresentada para obtenção do título
de Especialista no Curso de Pós Graduação em
Engenharia de Segurança do Trabalho,
Departamento Acadêmico de Construção Civil,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
UTFPR.

Orientador: Prof.,M. Eng. Massayuki Mário
Hara

**CURITIBA
2015**

MARCOS EJCZIS HENRIQUES

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE UM BARRACÃO
COMERCIAL SITUADO NA CIDADE DE CURITIBA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara (orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2015

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar as condições de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) de uma edificação comercial situada em Curitiba. Para tanto foi realizada uma análise da documentação existente referente ao SPDA a fim de se verificar se esta atendia as exigências das normas. Também foi realizada uma vistoria minuciosa do sistema, verificando a existência, o estado e a funcionalidade do mesmo. Por fim foram realizadas medições dos valores das resistências de aterramento dos pontos de descidas do sistema. Constatou-se através da análise dos resultados que a edificação não atende alguns dos requisitos exigidos. A documentação está incompleta e desatualizada, as inspeções anuais estão atrasadas, o estado de conservação do sistema é precário e as medições da resistência de aterramento apresentam valores acima do limite definido por norma.

Palavras chave: SPDA, Eletricidade, Descargas Atmosféricas, Segurança do trabalho.

ABSTRACT

The objective of this study is to assess the conditions of a Lightning Protection System of a commercial building located in Curitiba. Therefore an analysis of the existing documentation for the SPDA was performed in order to verify that it met the requirements of the standards. Also a thorough inspection of the system was performed, verifying the existence, the state and the functionality the same. Finally measurements were made of the values of grounding resistances of the system connection points. It was found through the analysis of the results that the building does not meet some of the requirements. The documentation is incomplete and outdated, annual inspections are delayed, the system of conservation status is precarious and measurements of ground resistance have values above the threshold defined by the standard.

Keywords: SPDA, Electricity, Lightning, Occupational safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01: MAPA ISOCERÁUNICO DO BRASIL	14
FIGURA 02: CAPTOR TIPO FRANKLIN	17
FIGURA 03: DETALHE DE INSTALAÇÃO DO CAPTOR TIPO FRANKLIN EM MASTRO	17
FIGURA 04: INSTALAÇÃO GENÉRICA EM PRÉDIO	20
FIGURA 05: ALICATE TERROMETRO UTILIZADO	27
FIGURA 06: FITA DE ALUMÍNIO DE DESCIDA COM SINAIS DE CORROSÃO	31
FIGURA 07: FITA DE ALUMÍNIO DE DESCIDA ROMPIDA	32
FIGURA 08: FITA DE ALUMÍNIO DE INTERLIGAÇÃO DOS CAPTORES COM SINAIS DE CORROSÃO.....	32
FIGURA 09: FITA DE ALUMÍNIO DE INTERLIGAÇÃO DOS ELETRODOS ROMPIDA	33
FIGURA 10: FITA DE ALUMÍNIO DE INTERLIGAÇÃO DOS ELETRODOS ROMPIDA	33
FIGURA 11: DSPOSITIVO DPS INSTALADO NO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO GERAL	34

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01: MODELO DE RELATÓRIO DE INSPEÇÃO EM SPDA – PARTE 1.....	28
QUADRO 02: MODELO DE RELATÓRIO DE INSPEÇÃO EM SPDA – PARTE 2.....	29
QUADRO 03: VALORES DA RESISTENCIA DE ATERRAMENTO DOS PONTOS DE DESCIDAS	35

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CAI – Certificado de Aprovação das Instalações.

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia.

DPS – Dispositivo de Proteção contra Surtos.

MTE – Ministério do Trabalho e emprego.

NBR – Norma Brasileira.

NR – Norma Regulamentadora.

SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS.....	10
1.1.1.	Objetivo Geral.....	10
1.1.2	Objetivos Específicos.....	11
1.1.3	Justificativa.....	11
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1.	ORIGEM E FORMAÇÃO DO RAIOS.....	12
2.2.	INCIDÊNCIA DE RAIOS NO BRASIL.....	13
2.3.	VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE OU NÃO DE SPDA.....	14
2.4.	MAPA ISOCERÁUNICO.....	14
2.5.	SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA).....	15
2.5.1.	Tipos de SPDA.....	15
2.5.2.	Elementos do SPDA.....	16
2.5.3.	Níveis de Proteção.....	21
2.5.4.	Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS).....	22
2.6.	EXIGENCIAS NORMATIVAS.....	23
2.6.1.	NR 02 – Inspeção Prévia.....	23
2.6.2.	NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.....	23
2.6.3.	NR 28 – Fiscalização e Penalidades.....	24
2.6.4.	Lei Municipal 11.095/2004.....	24
2.6.5.	Decisão Normativa 070/2001 – CONFEA.....	25
2.6.6.	ABNT NBR 5419/2005.....	26
3.	METODOLOGIA.....	27
4.	RESULTADOS.....	30
4.1.	DOCUMENTAÇÃO.....	30
4.2.	INSPEÇÃO DO SPDA.....	30
4.3.	MEDIÇÕES.....	35
4.4.	SUGESTÕES DE MELHORIAS.....	36
5.	CONCLUSÃO.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38
	ANEXO – Relatório de Inspeção em SPDA preenchido.....	40

1. INTRODUÇÃO

Um ambiente de trabalho seguro é a base para a realização saudável de qualquer atividade profissional. Entre os requisitos para as edificações está o Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Um sistema adequado reduz os riscos provenientes dos efeitos do impacto de um raio, protegendo a edificação, e seus usuários.

A descarga elétrica atmosférica (raio) é um fenômeno da natureza absolutamente imprevisível e aleatório, tanto em relação às suas características elétricas (intensidade de corrente, tempo de duração, etc.), como em relação aos efeitos destruidores decorrentes de sua incidência sobre as edificações (TERMOTÉCNICA, 2001).

Nada em termos práticos pode ser feito para se impedir a "queda" de uma descarga em determinada região. Não existe "atração" a longas distâncias, sendo os sistemas prioritariamente receptores. Assim sendo, as soluções internacionalmente aplicadas buscam tão somente minimizar os efeitos destruidores a partir da colocação de pontos preferenciais de captação e condução segura da descarga para a terra (TERMOTÉCNICA, 2001).

No Brasil, a extensão territorial, a localização próxima à linha do equador e algumas outras particularidades físicas e climatológicas, fazem deste, um dos países de maior incidência de descargas atmosféricas (SOUZA, 2014).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Esta monografia tem como principal objetivo avaliar o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas existente de uma edificação comercial situada na cidade de Curitiba.

1.1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Comparar o sistema de SPDA existente com o projeto;
- Medir as resistências de aterramento e comparar com as recomendações da norma;
- Recomendar as alterações ou ações para adequar a edificação.

Utilizando um modelo de relatório de inspeção em SPDA será possível verificar a situação do sistema existente. Se este atende os requisitos mínimos exigidos e se as condições das instalações estão satisfatórias.

Deste modo, pretende-se recomendar melhorias e adequações que possam ser necessárias para sanar as eventuais não conformidades detectadas.

1.1.3. Justificativa

A edificação em questão tem um SPDA implantado, porém não é alvo de inspeções periódicas. Com este estudo, a empresa proprietária do imóvel, conhecerá a real situação do sistema contra descargas atmosféricas e quais as providências serão necessárias para adequar a instalação do SPDA.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ORIGEM E FORMAÇÃO DO RAIO

Para Souza (2014), a maneira simplificada, porém clássica, de explicar a origem das descargas atmosféricas é considerar a descarga como um rompimento da isolação do ar entre duas superfícies carregadas eletricamente e com polaridades opostas.

Segundo Cavalin (2013), o ar quente e úmido próximo do solo se eleva na atmosfera (ele sobe porque é mais leve que o ar acima dele). O deslocamento ascendente faz com que se esfrie, até chegar ao topo da nuvem onde a temperatura é muito baixa, de 30 °C negativos. A partir desse momento o vapor d'água que estava misturado com o ar quente transforma-se em granizo, que em função do seu peso começa a precipitar-se para a base da nuvem. No deslocamento descendente ocorre o choque com outras partículas menores, principalmente com cristais de gelo. A colisão entre essas partículas (granizo e cristais de gelo) faz com que fiquem carregadas eletricamente.

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

Mamede (2013) afirma que em função do acúmulo de cargas negativas na parte inferior da nuvem, acarreta em uma intensa migração de cargas positivas na superfície da terra para a área correspondente a localização da nuvem. A concentração de cargas positivas e negativas em uma região faz surgir uma diferença de potencial entre a terra e a nuvem. No entanto, o ar apresenta uma determinada rigidez dielétrica, normalmente elevada, que depende de certas condições ambientais. O aumento dessa diferença de potencial poderá atingir um valor que supere a rigidez dielétrica do ar interposto entre a nuvem e a terra, fazendo com que as cargas elétricas migrem na

direção da terra ou em sentido contrario, num trajeto tortuoso e normalmente cheio de ramificações.

A maioria dos raios começa e termina dentro das nuvens. São poucos que vem para o chão. E é justamente desses que deve-se prevenir (CAVALIN, 2013).

2.2. INCIDÊNCIA DOS RAIOS NO BRASIL

Segundo o site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 57 milhões de raios são registrados por ano no Brasil. a maior incidência ocorre no Norte e no Centro-Oeste, mas ao se considerar a densidade, ou seja, proporcionalmente ao território, os estados do Sul ficam à frente.

O Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do INPE realizou o levantamento das mortes por raios que ocorreram em 2014 no Brasil. Os números se referem às informações fornecidas pela imprensa, Defesa Civil e Ministério da Saúde. Houve 98 mortes no país – uma a menos do que em 2013. Desta vez, os estados que apresentaram mais vítimas fatais foram São Paulo (17 mortes), Maranhão (16), Piauí (7), Amazonas e Pará (com seis mortes cada um). As principais circunstâncias de morte permanecem as mesmas de outros anos: 27% das vítimas estavam em atividades agropecuárias quando foram atingidas pelos raios e 20% estavam dentro de casa. Entre todas as vítimas, 56% viviam na zona rural (INPE, 2015).

Além do prejuízo inestimável pela perda de vidas, as descargas atmosféricas ainda causam muitos prejuízos materiais. Milhões de reais são gastos todos os anos com reparos a linhas de transmissão, subestações, sistemas de distribuição, telefonia e telecomunicações, indústrias e propriedades privadas.

2.3. VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE OU NÃO DE SPDA

A verificação da necessidade de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas se dá por um cálculo probabilístico descrito na norma ABNT NBR 5419/2005. Este cálculo leva em consideração os seguintes fatores:

- Densidade de descargas atmosféricas para a Terra;
- Numero de dias de trovoadas por ano, para a área em questão;
- Área de exposição equivalente da edificação;
- Características do imóvel (tipo de construção, localização, tipo de uso).

2.4. MAPA ISOCERÁUNICO

O Índice Ceráunico é o numero de dias de trovoada, em determinado lugar por ano. Em um mapa, as linhas (curvas) que ligam os pontos (localidades) que tem o mesmo Índice Ceraúnico formam o Mapa Isoceráunico. A figura 1 apresenta o Mapa Isoceráunico retirado da norma ABNT NBR 5419/2005.



Figura 01: Mapa Isoceráunico do Brasil

Fonte: ABNT NBR 5419/2005

2.5. SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

Os Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas protegem as edificações, equipamentos, instalações elétricas e de telecomunicações, reduzindo os danos impostos às estruturas, os impactos dos desligamentos e manutenções corretivas. Esses sistemas tem a função de proteção captando e direcionando a corrente elétrica proveniente da queda de raios para sistemas de aterramento (SOUZA, 2014).

A primeira função é neutralizar não só o poder de atração das pontas, mas também o crescimento do gradiente de potencial elétrico entre o solo e as nuvens, por meio do permanente escoamento de cargas elétricas para a terra. A segunda função é oferecer à descarga elétrica um caminho preferencial, de baixa impedância, reduzindo os riscos decorrentes da sua incidência (SOUZA, 2014).

No Brasil a Norma ABNT NBR 5419/2005, Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, fixa as condições de projeto, instalação e manutenção de sistemas SPDA, para proteger as edificações e estruturas contra a incidência direta dos raios. A proteção se aplica também contra a incidência direta dos raios sobre os equipamentos e pessoas que se encontrem no interior destas edificações e estruturas ou no interior da proteção imposta pelo SPDA instalado.

2.5.1. Tipos de SPDA

Segundo Mamede (2013), os projetos de um sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas podem ser definidos, de forma geral, por dois diferentes tipos de construção, ou seja:

- a) **Estruturas Protegidas por Elementos Naturais:** podem assim ser denominadas as estruturas que utilizam como proteção quaisquer elementos condutores integrantes da mesma, na função de captação dos raios, descida das correntes de descarga e aterramento para a dissipação dessas correntes. Exemplos, coberturas metálicas das edificações, calhas metálicas instaladas

na periferia das edificações, tubos e tanques metálicos, pilares metálicos, armações de aço interligadas das estruturas de concreto e das fundações.

- b) Estruturas Protegidas por Elementos Não Naturais (artificiais):** são os elementos condutores específicos na função de captação dos raios, descidas das correntes de descargas e aterramento para a dissipação destas correntes. Exemplos: captor tipo Franklin, cabos de cobre, eletrodos verticais (hastes de aterramento).

2.5.2. Elementos do SPDA

Segundo Mamede (2013) os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, de forma geral, são constituídos de três partes bem definidas, porém intimamente interligadas, ou seja:

- a) Sistema de captadores:** São os elementos condutores expostos, normalmente localizados na parte mais elevada da edificação, responsáveis pelo contato direto com as descargas atmosféricas. Os captadores podem ser classificados segundo sua natureza construtiva (MAMEDE, 2013):
- **Captadores naturais:** São constituídos de elementos condutores expostos, normalmente partes integrantes da edificação que quer se proteger. São exemplos de captadores naturais as coberturas metálicas das estruturas, mastros ou quaisquer elementos condutores expostos acima das coberturas, tubos e tanques metálicos, etc.
 - **Captadores não naturais:** São constituídos de elementos condutores expostos, normalmente instalados sobre a cobertura e a lateral das edificações cuja finalidade é estabelecer o contato direto com as descargas atmosféricas. São exemplos de captadores não naturais os condutores de cobre nu expostos em forma de malha e os captadores do tipo Franklin (Figura 2).



Figura 02: Captor tipo Franklin.

Fonte: Termotécnica, 2001.

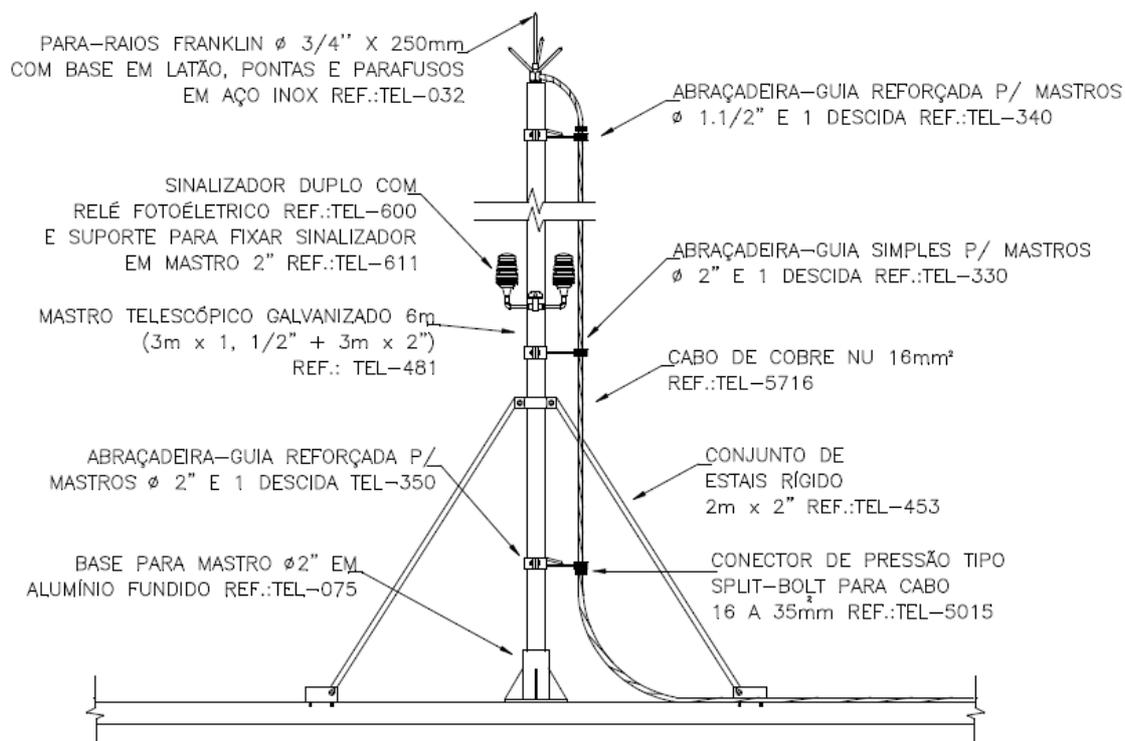


Figura 03: Detalhe de instalação do captor tipo Franklin em mastro.

Fonte: Termotécnica, 2001.

b) Sistema de descidas: São elementos condutores expostos ou não que permitem a continuidade elétrica entre os captosres e o sistema de aterramento. Os sistemas de descidas podem ser classificados segundo a sua natureza construtiva (MAMEDE, 2013):

- **Sistemas de descidas naturais:** São elementos condutores, normalmente partes integrantes da edificação que por sua natureza condutiva permitem escoar para o sistema de aterramento as correntes elétricas resultantes das descargas atmosféricas. São exemplos postes metálicos, torres metálicas de comunicação (radio e TV), as armaduras de aço interligadas dos pilares das estruturas, etc.
- **Sistemas de descidas não naturais:** São constituídos de elementos condutores expostos ou não, dedicados exclusivamente à condução ao sistema de aterramento da edificação das correntes elétricas dos raios que atingem os captosres. Exemplos os condutores de cobre nu instalados sobre as laterais das edificações, ou nela embutidos.

c) Anel de equipotencialização: A norma ABNT NBR 5419/2005 prevê que devem ser instalados anéis de equipotencialização ao redor de uma edificação, dependendo de sua altura.

O primeiro anel é o que interliga todas as descidas e hastes de aterramento que estão ao redor da edificação a proteger. Este anel deve ser feito de cabo de cobre nu enterrado a aproximadamente 0,5 metro de profundidade. Na impossibilidade de realizar este anel, um outro deve ser previsto a uma altura não superior a 4 metros acima do nível do solo.

Para interceptar descargas laterais e dividir a corrente de descarga entre as diversas descidas, a norma também prevê um

anel de equipotencialização (ou anel de cintamento) a cada 20 metros de altura, contando a partir do nível do solo. Estes anéis podem estar embutidos no reboco da edificação, mas é fundamental que esteja na face exterior da mesma. (ABNT NBR 5419/2005).

d) Sistemas de aterramento: São constituídos de elementos condutores enterrados ou embutidos nas fundações das edificações responsáveis pela dispersão das correntes elétricas no solo. Os sistemas de aterramento podem ser classificados segundo a sua natureza construtiva (MAMEDE, 2013):

- **Sistemas de aterramento naturais:** São constituídos de elementos metálicos embutidos nas fundações das edificações e parte integrantes destas. Por exemplo as fundações de concreto armado das edificações.
- **Sistemas de aterramento não naturais:** São constituídos de elementos condutores enterrados horizontal ou verticalmente que dispersam as correntes elétricas no solo. São exemplos os condutores de cobre nu diretamente enterrados em torno da edificação e hastes de terra com cobertura eletrolítica de cobre enterradas verticalmente.

Segundo a norma ABNT NBR 5419 o valor máximo das resistências de aterramento deve ser de 10 ohms para sistemas de aterramento não naturais.

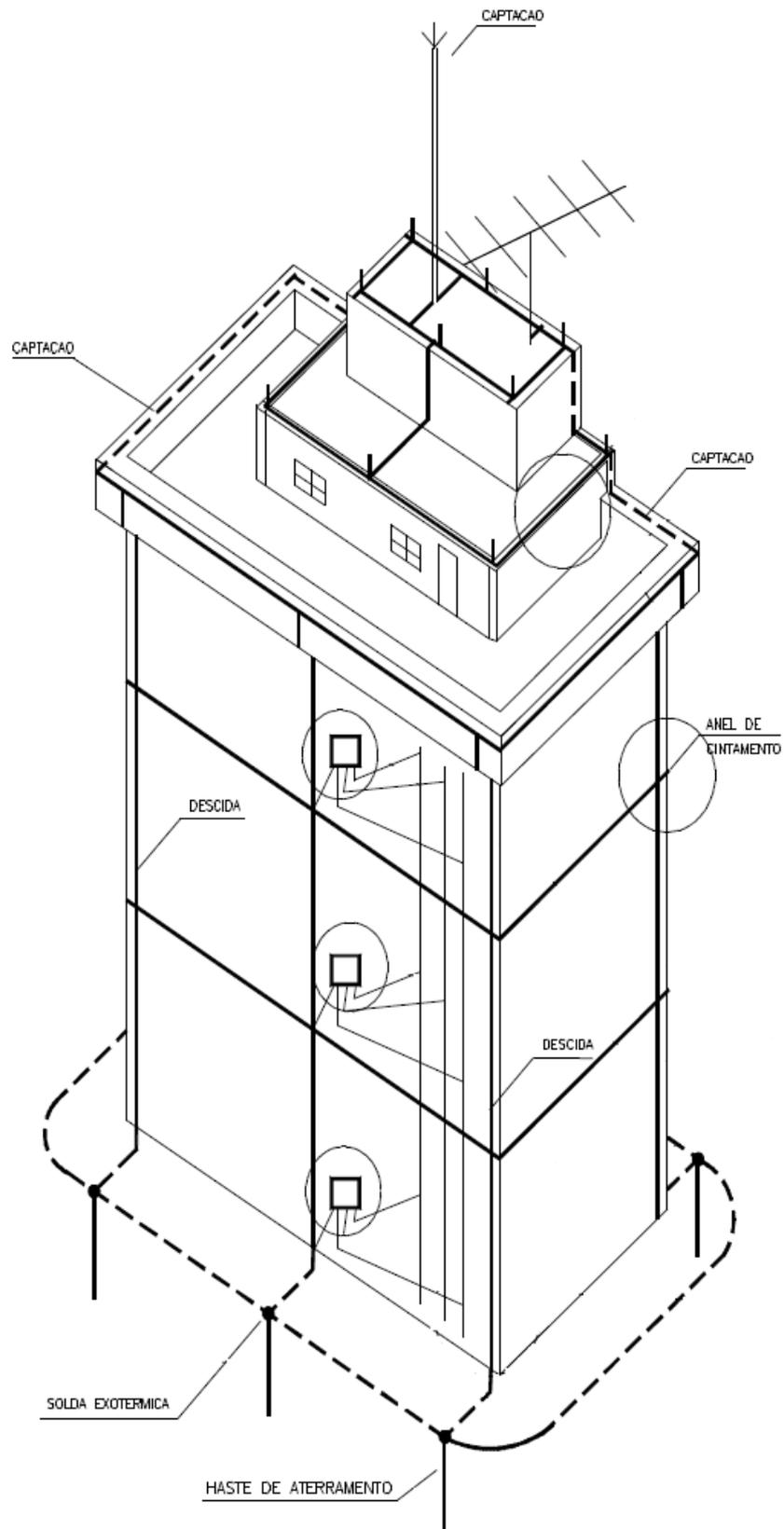


Figura 04: Instalação genérica em prédio

Fonte: Termotécnica, 2001.

A resistividade do solo influencia diretamente os Sistemas de aterramento. Esta depende essencialmente da composição do terreno (areia, argila, terra, calcário, etc.) e também do comportamento sazonal. Um solo úmido apresenta uma resistividade inferior a um terreno seco.

Dependendo do tipo do solo a resistividade pode variar de 20 a 20.000 Ω/m . O terreno pode apresentar valores distintos em diferentes profundidades.

Alguns métodos são adotados para alcançar resultados satisfatórios:

- a) Aterramentos cravados profundamente: este se tornou o método mais popular e mais econômico para obter melhores ligações a terra;
- b) Eletrodos Múltiplos: quando duas ou mais hastes cravadas estão bem separadas uma da outra, elas estabelecem passagens paralelas para terra. Elas tornam-se, na realidade, resistências em paralelo e tendem a seguir a lei das resistências metálicas em paralelo. Por exemplo, duas hastes múltiplas tendem a ter 1/2 da resistência de haste, três hastes, 1/3 da resistência, etc.
- c) Tratamento químico do solo: consiste em adicionar ao terreno compostos químicos que melhoram a resistência de aterramento onde não é exequível um aterramento profundo devido a pedras adjacentes. O tratamento diminui resistividade do solo adjacente à haste, proporcionando uma passagem condutora adequada.

2.5.3. Níveis de Proteção

Detectada a necessidade de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas, o próximo passo é determinar o Nível de Proteção dessa edificação. Isso é de fundamental importância, já que o conteúdo da edificação a proteger altera o rigor das medidas de proteção, que pode variar do mais alto nível (Nível I) ao mais baixo (Nível IV) (STÉFANI, 2011).

Sousa (2014) mostra que a NBR 5419/2005 define quatro níveis de proteção que podem ser relacionados, resumidamente, com as estruturas, como apresentado a seguir:

- **Nível I:** destinado às estruturas nas quais uma falha do sistema de proteção pode causar danos às estruturas vizinhas ou ao meio ambiente. Como exemplo, estão depósitos de explosivos, fábricas ou depósitos de produtos tóxicos ou radioativos, indústrias com áreas classificadas.
- **Nível II:** destinado às estruturas cujos danos em caso de falha serão elevados ou haverá destruição de bens insubstituíveis e/ou de valor histórico, mas, em qualquer caso, vão se restringir à própria estrutura e ao seu conteúdo, bem como os casos de estruturas com grande aglomeração de público, havendo portanto, risco de pânico. Exemplos são museus, ginásios esportivos etc.
- **Nível III:** destinado às estruturas de uso comum, tais como residências, escritórios, fábricas (que não sejam consideradas áreas classificadas) e outras.
- **Nível IV:** destinado às estruturas construídas de material não inflamável, com pouco acesso de pessoas, e com conteúdo não inflamável. Como exemplo têm-se depósitos de concreto armado, alvenaria ou estrutura metálica utilizados no armazenamento de produtos agrícolas não inflamáveis.

2.5.4. Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)

Outro item importante para a proteção contra descargas atmosféricas é o Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS). É um equipamento de proteção contra sobretensões transitórias (surtos de tensão), direcionando para a terra as descargas indiretas na rede elétrica causada por descargas atmosféricas.

A ABNT NBR 5410/2004, item 6.5.3.2.2, determina que: na utilização dos DPS instalados junto com o ponto de entrada da linha elétrica na

edificação ou no quadro de distribuição principal, o mais próximo possível do ponto de entrada de energia (CAVALIN, 2013).

2.6. EXIGÊNCIAS NORMATIVAS

2.6.1. NR 02 – Inspeção Prévia

A NR 02 do MTE determina que todo novo estabelecimento deverá solicitar a aprovação de suas instalações junto ao MTE, e que após uma inspeção das instalações, com base na verificação do projeto e instalação do SPDA, entre outros, emitirá um Certificado de Aprovação das Instalações – CAI (SOUZA, 2014).

2.6.2. NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços com eletricidade

A Norma Regulamentadora 10 elaborada pelo ministério do Trabalho e Emprego (MTE) contempla também as responsabilidades associadas ao SPDA, definido nos subitens de medidas de controle conforme descrição seguinte.

10.2.3 As empresas estão obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção.

10.2.4 Os estabelecimentos com cargas instaladas superior a 75kW 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;

10.4.4 As instalações elétricas devem ser mantidas em condições seguras de funcionamento e seus sistemas de proteção devem ser inspecionados e controlados periodicamente, de acordo com as regulamentações existentes e definições de projetos.

10.14.5 A documentação prevista nesta NR deve estar, permanentemente, à disposição das autoridades competentes.

2.6.3. NR 28 – Fiscalização e Penalidades

A não obediência ao item 10.2.4 da NR 10 acarreta aplicação de multa, conforme determina a NR 28, Norma de Fiscalização e Penalidade, considerada infração 4 conforme código 210.004.5, que em caso de reincidência, pode ocasionar o embargo do estabelecimento de acordo com o item 28.2.1 da NR 28 (SOUZA, 2014).

28.2.1 Quando o agente da inspeção do trabalho constatar situação de grave e iminente risco à saúde e/ou integridade física do trabalhador, com base em critérios técnicos, deverá propor de imediato à autoridade regional competente a interdição do estabelecimento, setor de serviço, máquina ou equipamento, ou o embargo parcial ou total da obra, determinando as medidas que deverão ser adotadas para a correção das situações de risco.

2.6.4. Lei Municipal 11.095/2004

O Código de Posturas do Município de Curitiba, em seu artigo 150, torna obrigatório o uso do SPDA normalizado pela NBR 5419/2005 em todas as edificações comerciais e as residenciais acima de 400m².

Art. 151. A manutenção do sistema de proteção para descargas elétricas atmosféricas (para-raios), deverá ser realizada anualmente, devendo o proprietário apresentar laudo técnico sempre que solicitado pelo órgão competente, emitido por profissional ou empresa legalmente habilitados e cadastrados no Município.

Art. 152. Todas as edificações a que se refere o art. 150, ficam sujeitas a fiscalização pelo órgão competente, podendo, em qualquer caso, ser exigido laudo técnico emitido por profissional ou empresa legalmente habilitados e outras providências cabíveis, para garantir a segurança das edificações e dos seus usuários.

2.6.5. Decisão Normativa N° 070, de 26 de Outubro de 2001 do CONFEA

Dispõe sobre a fiscalização dos serviços técnicos referentes aos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (para-raios).

Art. 1º As atividades de projeto, instalação e manutenção, vistoria, laudo, perícia e parecer referentes a Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas-SPDA, deverão ser executadas por pessoas físicas ou jurídicas devidamente registradas nos Creas.

...

Art. 2º As atividades discriminadas no caput do art. 1º, só poderão ser executadas sob a supervisão de profissionais legalmente habilitados.

Parágrafo único. Consideram-se habilitados a exercer as atividades de projeto, instalação e manutenção de SPDA, os profissionais relacionados

nos itens I a VII e as atividades de laudo, perícia e parecer os profissionais dos itens I a VI:

- I. engenheiro eletricista;
- II. engenheiro de computação;
- III. engenheiro mecânico–eletricista;
- IV. engenheiro de produção, modalidade eletricista;
- V. engenheiros de operação, modalidade eletricista;
- VI. tecnólogo na área de engenharia elétrica, e
- VII. técnico industrial, modalidade eletrotécnica.

2.6.6. ABNT NBR 5419/2005 Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas

Segundo Souza (2014) a norma técnica NBR 5419/2005, elaborada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), tem por objetivo definir a condição mínima aceitável para: projeto, implantação, instalação e manutenção do SPDA, nas estruturas utilizadas para fins residencial, comercial, industrial, administrativo e agrícola.

A NBR 5419 define que é preciso manter documentação relacionada à necessidade ou não de SPDA, aos níveis de proteção adequados para a edificação, à planta baixa do volume protegido, assim como as dimensões e posição dos materiais e componentes utilizados no SPDA, entre outros (SOUZA, 2014).

3. METODOLOGIA

A edificação alvo do estudo é um barracão comercial situado em Curitiba, cuja atividade econômica principal é “Atividades de bibliotecas e arquivos”. A área construída do imóvel é de 2.500m². O mesmo é construído em alvenaria com cobertura metálica.

Antes do início da inspeção foram localizados o projeto e o último laudo realizado nas instalações do SPDA. Esses documentos foram avaliados para verificar se atendem as prescrições das normas.

A inspeção visual foi realizada utilizando um modelo de Relatório de Inspeção de SPDA em formato de “check list”. Os quadros 01 e 02 apresentam o modelo de relatório de inspeção em SPDA utilizado. Também foram coletadas fotos da situação atual.

Em cada ponto de descida do sistema de SPDA foi realizada uma medição da resistência de aterramento. No imóvel avaliado neste estudo existem doze descidas. O instrumento utilizado para as medições foi um Alicate Terrômetro marca Icel, modelo TR-5500.



Figura 05: Alicate Terrômetro utilizado.

Fonte: Icel, 2012.

Modelo de Relatório de Inspeção em SPDA	
Há um eletrodo para cada cabo de descida? () Sim () Não	Os eletrodos estão interligados? () Sim () Não
Os eletrodos estão no solo? () Sim () Não	O edifício tem mais de 20m de altura? () Sim () Não
Possui anel/anéis de equalização envolvendo a edificação? () Sim () Não	
Estruturas Metálicas	
Os rufos estão interligados ao cabo? () Sim () Não	Antenas de TV estão interligadas ao cabo? () Sim () Não
Outros objetos de metal existentes sobre a cobertura estão interligados ao cabo? () Sim () Não	Cobertura metálica? () Sim () Não Está interligada aos cabos? () Sim () Não
A central de gás está coberta pelo SPDA? () Sim () Não	Os botijões de gás estão interligados? () Sim () Não
Os botijões de gás estão interligados ao SPDA? () Sim () Não	O SPDA é estrutural? () Sim () Não
Existe projeto do SPDA estrutural? () Sim () Não	Existe laudo de medição da continuidade das armaduras da edificação? () Sim () Não
Foram feitas medições em cada pilar? () Sim () Não	Foram feitas medições cruzadas entre eles? () Sim () Não
Apresentaram resistência igual ou menor a 1 ohm?	
Dispositivo de Proteção de Surto (DPS)	
Existe DPS no quadro do elevador? () Sim () Não	Existe DPS no quadro geral de energia do edifício? () Sim () Não

Quadro 02: Modelo de relatório de inspeção em SPDA – parte 2

Fonte: Souza, 2014.

4. RESULTADOS

4.1. DOCUMENTAÇÃO

A primeira etapa foi a análise do projeto e laudo existentes. Durante as avaliações da documentação constatou-se que não estão de acordo com as exigências legais. Apenas um projeto em escala com o desenho das instalações foi apresentado. Os seguintes itens não foram localizados:

- Relatório da necessidade de uso do SPDA;
- Nível de proteção utilizado;
- Memorial de cálculo.

O último laudo de medição de aterramento data de 20/02/2013. Foi emitido por um engenheiro eletricista devidamente registrado no CREA-PR e recolhida a ART do serviço. Neste laudo, as resistências de aterramento foram medidas em todos os pontos de descidas e anotadas. Os valores ficaram abaixo de 1 ohm. Está indicado o equipamento de medição utilizado, porém não foi apresentado o laudo de calibração do instrumento.

Também não foi apresentado nenhum tipo de fotografia ou desenho das atividades realizadas.

4.2. INSPEÇÃO DO SPDA

A segunda etapa foi realizada no local, onde se pôde observar a situação em que se encontram as instalações. A avaliação desta etapa foi dividida em cinco partes:

a) Subsistema Captor

Existem três captores instalados e em bom estado. Não foram identificados captores do tipo radioativo ou ionizantes.

A cobertura é metálica e está interligada aos cabos de descida em vários pontos, garantindo que mesmo em caso de ruptura ou afrouxamento de um dos parafusos a conexão elétrica será mantida.

Também há um anel de captação no perímetro da cobertura.

b) Subsistema de Descidas

Em algumas das descidas o cabo de cobre nu indicado no projeto foi substituído por fitas de alumínio. Não se sabe se foram instaladas na fase de montagem ou substituídas depois em razão de alguma manutenção.

Algumas dessas fitas apresentam sinais de corrosão. Chegando até a romper completamente, conforme mostrado nas figuras 06 e 07.

Esta corrosão do material diminui a capacidade do mesmo de conduzir a corrente elétrica proveniente do raio para a terra. No caso de condutores rompidos, não há a condução da energia naquele ponto do sistema, sobrecarregando as demais descidas. A norma ABNT NBR 5419/2005 instrui que todos os componentes do SPDA devem estar em bom estado e livres de corrosão.



Figura 06: Fita de alumínio de descida com sinais de corrosão.

Fonte: O autor, 2015.



Figura 07: Fita de alumínio de descida rompida.

Fonte: O autor, 2015.

c) Subsistema de Aterramento

Os eletrodos de aterramento foram instalados sem caixa de inspeção e a maioria não tem acesso.

A interligação dos eletrodos também foi substituída por fitas de alumínio, no lugar do cabo de cobre nu apresentado no projeto.

Essas fitas também apresentam sinais de corrosão e rupturas, conforme mostrado nas figuras 08, 09 e 10. Nestas condições o valor da resistência de aterramento pode não ser compatível com o arranjo previsto para o sistema, em função da falta de continuidade elétrica do anel de interligação dos eletrodos de aterramento.



Figura 08: Fita de alumínio de interligação dos captadores com sinais de corrosão.

Fonte: O autor, 2015.

É possível detectar a deterioração dos materiais componentes do SPDA em diversos locais do imóvel.



Figura 09: Fita de alumínio de interligação dos eletrodos rompida.

Fonte: O autor, 2015.

As fitas rompidas interrompem a continuidade elétrica do sistema de aterramento e comprometem a dispersão da energia do raio na terra.



Figura 10: Fita de alumínio de interligação dos eletrodos rompida.

Fonte: O autor, 2015.

d) Estruturas Metálicas

Todas as estruturas metálicas identificadas estavam devidamente interligadas ao sistema de aterramento.

O sistema de SPDA não é do tipo estrutural. Não há antenas de TV sobre a cobertura. E também não há central de gás.

e) Dispositivo de Proteção contra Surto (DPS)

O quadro de distribuição geral de energia elétrica apresentava o DPS instalado e em boas condições de uso (equipamento azul destacado na figura 11).

Apenas uma ressalva foi identificada, em relação quadro elétrico. Objetos deixados na frente do quadro impediam a abertura correta da porta do mesmo, contrariando as prescrições da ABNT NBR 5410 e da NR 10.

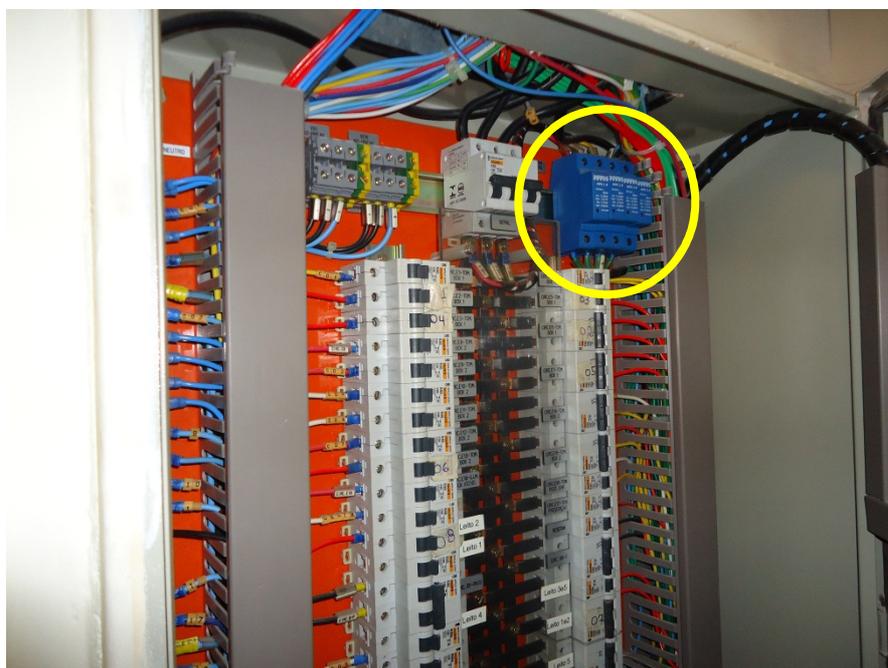


Figura 11: Dispositivo DPS instalado no quadro de distribuição geral.

Fonte: O autor, 2015.

4.3. Medições

A terceira etapa, também realizada no local, foi a medição da resistência de aterramento nos pontos de descidas. Os valores foram colocados em um quadro e comparados com os números apontados no laudo existente de 2013.

A sequência de numeração dos pontos adotada foi seguindo as identificações da Planta 001-SPDA-MATRIZ fornecida.

Medição da Resistencia de aterramento		
Ponto de Medição	Medição apontada no Laudo de 2013	Medições realizadas
Ponto 01	0,61 Ω	2,30 Ω
Ponto 02	0,37 Ω	1,00 Ω
Ponto 03	0,10 Ω	Rompido
Ponto 04	0,50 Ω	3,00 Ω
Ponto 05	0,10 Ω	2,30 Ω
Ponto 06	1,00 Ω	4,50 Ω
Ponto 07	0,72 Ω	13,95 Ω
Ponto 08	0,10 Ω	11,90 Ω
Ponto 09	0,39 Ω	8,90 Ω
Ponto 10	0,55 Ω	5,00 Ω
Ponto 11	0,32 Ω	3,70 Ω
Ponto 12	0,46 Ω	3,20 Ω

Quadro 03: Valores da resistência de aterramento dos pontos de descidas.

Fonte: O autor, 2015.

É possível perceber um aumento muito grande nos valores medidos em 2015 com relação aos apresentados no laudo de 2014. Entretanto três pontos exigem mais a atenção. O ponto 03 não foi medido em função da fita de alumínio estar rompida, e os pontos 07 e 08 apresentaram valores superiores ao limite estipulado pela ABNT NBR 5419/2005 que é de 10 ohms.

4.4. Sugestões de Melhorias

Devido aos resultados observados será propostas algumas medidas que devem ser tomadas para adequar o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas aos requisitos das normas:

- Contratar um profissional devidamente habilitado para realizar as adequações necessárias;
- Providenciar as informações faltantes na documentação;
- Atualizar os projetos, corrigindo os detalhes divergentes;
- Realizar a manutenção do sistema, em especial aos pontos onde se observou corrosão dos materiais;
- Instalar caixas de inspeção nos eletrodos de aterramento. Não é uma exigência, mas certamente facilitará as manutenções e medições futuras;
- Realizar nova medição das resistências de aterramento e, caso ainda não estejam satisfatórias, realizar nova análise do sistema e seu projeto.

5. CONCLUSÃO

Com relação à documentação, itens exigidos pela norma não existem, são eles o Relatório da necessidade de uso do SPDA, o Nível de proteção utilizado e o Memorial de cálculo. O projeto existente está desatualizado e não representa com fidelidade todos os detalhes do sistema.

O estado de conservação do sistema SPDA instalado está seriamente comprometido, com alguns materiais apresentando sinais de corrosão e outros até estando totalmente rompidos.

As medições da resistência de aterramento foram realizadas. Uma das medidas não pode ser concretizada, pois o condutor de descida estava rompido. Em outras duas, de um total de doze, os valores obtidos superam os limites recomendados por norma. Entretanto é possível que os valores sejam restabelecidos assim que o sistema for submetido a uma manutenção corretiva.

Foram sugeridas correções que são necessárias para adequar o sistema existente. Que envolvem a atualização da documentação e a realização da manutenção do sistema atual. Caso o imóvel deste estudo não passe por uma correção imediata dos pontos não conformes, poderá ser alvo de notificações, multas e até mesmo o embargo das atividades.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5419: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-02 – Inspeção Prévia. Disponível em < <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>> Acesso em 10/02/2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Disponível em < <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>> Acesso em 10/02/2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR-28 – Fiscalização e Penalidade. Disponível em < <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>> Acesso em 10/02/2015.

CONFEA. Decisão Normativa n° 070, de 26 de outubro de 2001. Disponível em <<http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=624&idTipoEmenta=1&Numero=>>> Acesso em 10/02/2015

CURITIBA. Lei Municipal nº 11.095, de 08 de julho de 2004. Disponível em <<http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2010/00084620.pdf>> Acesso em 10/02/2015.

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

MAMEDE FILHO, João. Instalações elétricas Industriais. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SOUZA, André Nunes de et al. SPDA Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas Teoria, Prática e Legislação. São Paulo: Érica, 2014.

STÉFANI, Rodrigo Verardino de. Metodologia de Projeto de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas para Edifício Residencial. 2011. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, para obtenção de grau de Engenheiro Eletricista.

TERMOTÉCNICA, Indústria e Comércio Ltda. Apostila Orientativa Sobre SPDA. Belo Horizonte, 2001. Disponível em <<http://www.tel.com.br/informacoes-tecnicas/para-raios/informacoes-basicas/>> Acesso em 10/02/2015.

ANEXO – Relatório de Inspeção em SPDA preenchido

Relatório de Inspeção em SPDA	
Proprietário/Administrador: Não divulgado	
Responsável Técnico: Não divulgado	Documento - CREA n°: Não divulgado
Endereço da instalação: Curitiba	CEP: Não divulgado
Inscrição Imobiliária n°: Não divulgado	
Relatório da necessidade de uso do SPDA na edificação n°: Não há	
Nível de proteção: Não Há	Memorial de Cálculo? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
	Desenho em escala/projeto? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Laudo da medição da resistência do subsistema de aterramento? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Data de emissão do laudo 20 / 2 / 13
Equipamento de medição rastreado? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
ART recolhida para emissão do laudo: Numero: Não divulgado	Data: 15 / 2 / 13
	CREA n°: Não divulgado
O laudo atende as prescrições da NBR 5419 da ABNT? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Assinatura do profissional ou empresa devidamente registrado no CREA <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Comprovação física dos dados apresentados (desenhos, fotografias, etc.) <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Coleta de dados técnicos para embasamento e comparação dos dados apresentados na documentação técnica? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Subsistema Captor	
Existe anel de captação no perímetro da caixa d'água? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Não há caixa d'água.
Existe anel de captação no perímetro da cobertura? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
O topo do edifício está coberto por cabos formando malha com módulos de 20m x 10m? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Há um mastro Franklin para cada módulo de 20m x 10m? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Cada mastro Franklin possui entre 3m e 6m de altura? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
A área de captação está dividida entre módulos de 20m x 10m? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
O captor existente é do tipo radioativo? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
O captor existente é do tipo ionizante? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Subsistema de Descidas	
Há cabos de descida a cada 20m de perímetro? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
As tubulações metálicas dispostas com distância menor que 2m dos cabos de descida estão conectadas aos cabos? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Subsistema de Aterramento	
Há um eletrodo para cada cabo de descida? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Os eletrodos estão interligados? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Os eletrodos estão no solo? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	O edifício tem mais de 20 m de altura? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Possui anel/anéis de equalização envolvendo a edificação? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Estruturas Metálicas	
Os rufos estão interligados ao cabo? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Antenas de TV estão interligadas ao cabo? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
	Não há
Outros objetos de metal existentes sobre a cobertura estão interligados ao cabo? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Não há outros objetos
A Cobertura é metálica? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Caso estrutura metálica, está interligada aos cabos? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
A central de Gás está coberta pelo SPDA? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Os botijões de gás estão interligados? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Os botijões de gás estão interligados ao SPDA? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Não há central de Gás
O SPDA é estrutural? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Existe projeto do SPDA estrutural? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Existe laudo de medição da continuidade das armaduras da edificação? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Foram feitas medições em cada pilar? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Foram feitas medições cruzadas entre eles? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não
Apresentam resistência igual ou menor a 1 ohm? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	
Dispositivo de Proteção de Surto (DPS)	
Existe DPS no quadro geral de energia do edifício? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Existe DPS no quadro do elevador? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Não há elevador