



**SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS  
ATMOSFÉRICAS COMO PARTE INTEGRANTE DO SISTEMA DE COMBATE A  
INCÊNDIO E PÂNICO: ESTUDO DE CASO DO 7º BATALHÃO DE BOMBEIROS  
MILITAR DO MARANHÃO**

Wendell Augusto Ramos Pinto Carneiro<sup>1</sup>  
Hélio Cleidilson de Oliveira Sena<sup>2</sup>

**RESUMO**

O propósito desse trabalho é elaborar um esboço do sistema de proteção contra descargas atmosféricas para o 7º Batalhão de Bombeiros Militar do Maranhão em Timon, e entender a importância deste preventivo e dos demais preventivos contra incêndio. O presente trabalho tem como problema de pesquisa: qual a importância da instalação do sistema de proteção contra descargas atmosférica na futura sede do 7º BBM? O objetivo geral é de compreender a importância da instalação do sistema de proteção contra descargas atmosférica nas edificações e tem como objetivos específicos: estudar os princípios básicos do processo de dimensionamento de um SPDA e apresentar uma proposta de dimensionamento do SPDA para 7º BBM e demais medidas de proteção contra incêndio e pânico. Este intento foi realizado por meio de pesquisa documental, com uso de artigos e normas já conhecidas no ramo da engenharia, civil, elétrica e contra incêndio. A partir deste estudo foi possível elaborar um esboço do dimensionamento do sistema de proteção contra descargas atmosféricas para o 7º BBM e demais medidas contra incêndio, além de trazer benefícios em termos de conhecimento e aplicação sobre do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, mostrando a importância da proteção contra incêndios para instituições públicas.

**Palavras-chave:** SPDA. Preventivos. Incêndio. Bombeiros.

**ABSTRACT**

The purpose of this work is to draw up an outline of the lightning protection system for the 7th Military Fire Brigade Battalion of Maranhão in Timon, and to understand the importance of this and other fire prevention systems. The research problem of this study is: what is the importance of installing a lightning protection system in the future headquarters of the 7th BBM? The general objective is to understand the importance of installing a lightning protection

---

<sup>1</sup> Cap QOCBM Subcmt do 7º BBM em Timon. Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho pela UEMA

<sup>2</sup> TC QOCBM Comandante do 7º BBM em Timon. Mestre em Educação pela UNISINOS.

system in buildings and the specific objectives are: to study the basic principles of the SPDA sizing process and to present a proposal for sizing the SPDA for the 7th BBM and other fire and panic protection measures. This was done through documentary research, using articles and standards already known in the field of civil, electrical and fire engineering. From this study, it was possible to draw up an outline of the sizing of the lightning protection system for the 7th BBM and other fire protection measures, as well as bringing benefits in terms of knowledge and application of the lightning protection system, showing the importance of fire protection for public institutions.

**Keywords:** SPDA. Preventive measures. Fire. Firefighters.

## 1 INTRODUÇÃO

Os incêndios são eventos indesejados e imprevistos que representam um risco para a vida e os bens materiais (Simiano, 2013). No entanto, há variáveis associadas a fatores imprevisíveis que dificultam a eliminação de todos os riscos possíveis. De acordo com Instituto Sprinkler Brasil (2022), no Brasil, ainda existem poucos bancos de dados que possuem informações suficientes e confiáveis sobre incêndios. É crucial considerar a importância dessas informações para aprimorar a segurança contra incêndios no país, levando em conta a realidade específica de cada localidade.

Os sistemas de proteção estão em constante evolução tecnológica, à medida que indústrias e empresas de segurança se modernizam e proporcionam ambientes cada vez mais seguros (Aster, 2016). Nesse contexto, o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) é um sistema que previne as edificações de incêndios ocasionados por estes fenômenos naturais.

Neste trabalho acadêmico-profissional será apresentado um esboço das medidas necessárias de proteção para o SPDA para a futura sede do 7º Batalhão de Bombeiros Militar em Timon (MA). Para embasar tecnicamente o projeto, foram consultadas a norma ABNT-NBR 5419 de 2015 e as Normas Técnicas específicas do Maranhão. Cuidados extremos foram tomados para definir todas as condições e padrões necessários para o uso do sistema de proteção, visando minimizar os danos causados por descargas atmosféricas.

O presente trabalho tem como problema de pesquisa: qual a importância da instalação do sistema de proteção contra descargas atmosférica na futura sede do 7º BBM?

O objetivo geral deste trabalho é compreender a importância da instalação do sistema de proteção contra descargas atmosférica nas edificações e tem como objetivos específicos: estudar os princípios básicos do processo de dimensionamento de um SPDA e apresentar uma proposta de dimensionamento do SPDA para 7º BBM e demais medidas de proteção contra incêndio e pânico.

Este trabalho utilizará como metodologia a análise documental por meio de pesquisa em bancos de dados do ramo da engenharia civil, elétrica e contra incêndio.

Este trabalho foi dividido em cinco seções, a primeira trata da introdução que traz uma visão geral dos principais aspectos que serão abordados nas seções seguintes, a segunda trata da metodologia empregada na pesquisa, a terceira descreve os resultados obtidos, a quarta descreve a discussão a respeito da importância do dimensionamento de um SPDA, e a quinta seção traz a conclusão.

## **2 SOBRE O SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

Segundo Brentano (2015, p. 81), “As medidas de proteção ativa ou de combate são as medidas de segurança que devem ser tomadas para facilitar o combate ao foco de fogo já iniciado e o controle de crescimento do fogo e a sua conseqüente contenção ou extinção”, os equipamentos essenciais em edificações e áreas de risco, como extintores, sinalizações de emergência, iluminação de emergência e pânico, sistemas de hidrantes e alarmes de incêndio, SPDA, entre outros, considerados medidas de proteção ativa, desempenham um papel fundamental nas atividades dos bombeiros militares, pois através deles os militares combatem incêndios nas mais diversas edificações, nesse intuito o 7º Batalhão de Bombeiros militar assim como qualquer edificação deverá ter seu sistema de proteção.

Segundo Pereira (2017, p. 14), destaca-se que a “antecipação de potenciais riscos, visando sua prevenção desde a fase inicial de planejamento de qualquer ambiente de trabalho, é o ideal”. Por essa razão, é essencial proporcionar treinamento contínuo aos militares e oferecer instruções especializadas, capacitando-os e fornecendo-lhes a confiança necessária para fiscalizar e agir de maneira eficiente em emergências e principalmente atuando na prevenção, que começa desde a aprovação e análise do projeto de contra incêndio e pânico.

Neste contexto, é importante destacar que a formação das descargas atmosféricas é um tema de interesse e estudo para pesquisadores em todo o mundo. Embora ainda não esteja completamente consolidado no meio científico, a compreensão de sua formação e intensidade orienta os estudos sobre proteção contra raios. Os estudos sobre sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) têm início com a referência às origens e formação dos raios, e renomados cientistas têm contribuído significativamente para o entendimento desse fenômeno (Quadros, 2020).

Objetos de estudo, desde a mitologia, eles foram amplamente estudados por estudiosos, mas um cientista ganhou notoriedade em sua época, Benjamin Franklin, renomado estudioso e um dos líderes da revolução americana, fez importantes contribuições sobre a eletricidade e

estudos sobre raios, servindo de base para avanços no conhecimento dessa área, principalmente no processo de formação da descarga atmosférica (Rosa, 2012). Neste contexto,

O Processo de formação das nuvens de tempestades inicia-se com o aquecimento da mistura de ar e vapor d'água nos dias quentes, que se expande, diminui de densidade e sobe para camadas mais frias da atmosfera. Se nessas camadas a temperatura for igual ou inferior ao ponto de condensação, o vapor volta ao estado líquido sob a forma de gotículas, dando origem as nuvens. (Creder, 2016, p. 259).

Entendendo como se dá o processo de formação da descarga atmosférica, literaturas afirmam que após a formação das nuvens, há um grande acúmulo de cargas elétricas tanto negativas quanto positivas em áreas de superfície inferior e superior das nuvens respectivamente, havendo com isso a movimentação de cargas elétricas de um ponto a outro.

O gradiente elétrico entre as nuvens torna-se tão forte que supera a resistência do ar e provoca movimento de cargas entre as nuvens, essa movimentação gera correntes advindas de indução eletrostática entre nuvem e solo proporcionando descargas piloto que atingem o solo, e concomitantemente produzem correntes de retorno, estas por sua vez se propagam em direção a nuvem. As descargas descendentes desde a sua formação até o impacto, seja em uma estrutura ou nos sistemas de transmissão, provocam grandes consequências. Contudo,

Nada em termos práticos pode ser feito para se impedir a “queda” de uma descarga em determinada região. Não existe “atração” a longas distancias, 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, 2015, p. 2).

Nesse contexto, o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) deve ser um sistema abrangente para captar a descarga e ao mesmo tempo proteger as zonas internas e externas. A proteção interna contra descargas atmosféricas consiste em equipamentos projetados para minimizar os efeitos eletromagnéticos das correntes nos aparelhos elétricos e magnéticos, bem como nas instalações e equipamentos presentes no local protegido (Souza *et al.*, 2020). Por outro lado, o sistema de proteção contra raios externo é composto por captadores, condutores de descida e um sistema de aterramento, que se conecta à malha subterrânea, estabelecendo uma equipotencialização com a subestação. Esse tipo de sistema é amplamente utilizado em edifícios comerciais e industriais (Lima, 2018). O objetivo principal da implantação desses sistemas é minimizar a ocorrência de incidentes relacionados a descargas atmosféricas.

Em resumo, a proteção proporcionada pelo SPDA ocorre quando a descarga atmosférica atinge o sistema de captação e flui para o sistema de aterramento através do subsistema de descida, dissipando a corrente no solo, cujo potencial é neutro. Todo o sistema é dimensionado

levando em consideração a estrutura da edificação, os itens internos que precisam ser protegidos e a segurança dos ocupantes (Mamede, 2019).

Nesse contexto, nenhum sistema é 100% eficaz na proteção contra sinistros causados por raios vindos da atmosfera, o máximo alcançado até hoje gira em torno de 98% de proteção. Na próxima seção, trata-se dos procedimentos metodológicos seguidos na pesquisa.

### 3 METODOLOGIA

Como procedimento metodológico, utilizou-se a pesquisa documental. Tal pesquisa foi construída a partir da análise de normas e artigos que tratam da temática em estudo, no ramo da engenharia civil, elétrica e contra incêndio. Em relação à pesquisa documental, Fonseca (2002) menciona que:

A pesquisa documental trilha os mesmos caminhos da pesquisa bibliográfica, não sendo fácil por vezes distingui-las. A pesquisa bibliográfica utiliza fontes constituídas por material já elaborado, constituído basicamente por livros e artigos científicos localizados em bibliotecas. A pesquisa documental recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, etc. (Fonseca, 2002, p. 32).

Para alcançar os objetivos e responder o problema de pesquisa, foi realizado o estudo de caso no 7º BBM pautado na NBR 5419/2015, que estrutura, dimensiona e garante a proteção para todo e qualquer tipo de edificação, sejam comerciais, particulares ou edificações públicas e relacionados com os quatro tipos de perdas e tem como finalidade determinar a necessidade de instalação de sistema de instalação contra descargas atmosféricas para a referida unidade operacional. Os tipos de perdas são: R1- risco de perda da vida humana; R2 - risco de perda de serviço público; R3 - risco de patrimônio cultural; e R4 - risco de perda de valores econômicos.

Para o cálculo da análise de riscos foi realizado a medição das dimensões da edificação do 7º BBM. A edificação a ser verificada apresenta as seguintes características: Comprimento: 35,45 m; Largura: 26,93 m; Altura: 4 m; Área de exposição: 862,36 m<sup>2</sup>; Classificação da estrutura; Nível de proteção: IV; Densidade de descargas atmosféricas para a terra: 12.3/km<sup>2</sup> x ano.

Assim, baseando-se na NBR5419/2015, realizou-se o cálculo dos fatores de risco para determinar a necessidade de implantação do SPDA no 7º BBM. Os métodos utilizados para o dimensionamento foram: método Gaiola de Faraday com largura de malha = 20 M e o Método Eletrogeométrico com raio da esfera rolante = 60 m.

Após o cálculo pode-se chegar à avaliação final acerca da necessidade de instalação do sistema de proteção. Conforme destaque abaixo.

Assim, na avaliação final do risco na Estrutura, o risco é comparado à probabilidade média anual de perda e também para cada tipo de dano que pode ocorrer em uma estrutura, o risco resultante deve ser avaliado. O risco para um edifício é a soma dos riscos associados a todas as áreas do edifício. Em cada domínio, o risco é a soma de todos os fatores de risco relevantes naquele domínio.

Quadro 1 - Os tipos de perdas na estrutura.

| Zona      | R1                       | R2                     | R3                      | R4                    |
|-----------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Estrutura | $1.05582 \times 10^{-5}$ | $0.736 \times 10^{-3}$ | $0.0133 \times 10^{-4}$ | $3.68 \times 10^{-3}$ |

Fonte: NBR 5419-2 (2015).

Na análise dos tipos de riscos na estrutura destaca-se que:

R1: risco relativo a perda de vida humana (abrange ferimentos permanentes)

$$R1 = 1.05582 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

Status: É necessário a instalação de um sistema de proteção.

Segundo a NBR5419/2015, pois  $R \Rightarrow 10^{-5}$

R2: Associado a perdas de serviço ao público

$$R2 = 0.736 \times 10^{-3}/\text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de SPDA não se faz necessária, segundo a NBR5419/2015, pois  $R \leq 10^{-3}$

R3: Associado a perdas de patrimônio cultural

$$R3 = 0.0133 \times 10^{-4}/\text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de SPDA não se faz necessária, segundo a NBR5419/2015, pois  $R \leq 10^{-4}$

R4: Associado a perda de valor econômico

$$R4 = 3.68 \times 10^{-3}/\text{ano}$$

CT: Soma total de perdas de valores econômicos na estrutura.

$$CT = 0,2 \times 10^6$$

CL: Soma total anual de perdas.

$$CL = 0,736 \times 10^3$$

Observa-se que estudos acerca de instalação de SPDA, especificamente em unidades militares, são de certa forma recentes ou não se tem literatura disponível, porém estudos

contemplando sistemas de proteção atmosféricas em edificações particulares e comerciais podem subsidiar o presente trabalho com informações técnicas pertinentes. Dessa forma, é importante frisar que:

Não é possível prever quando uma descarga atmosférica irá atingir algo ou alguém, porém é possível amenizar e por vezes até mesmo evitar desastres através de um sistema de proteção bem projetado. Compreender os fenômenos atmosféricos, ao longo dos anos, foi de grande valia, para o avanço dos sistemas de proteção, chegando a conclusão de que o SPDA é fundamental para a segurança da edificação. (Pereira *et al.*, 2022).

Neste contexto, destaca-se com este estudo a importância da implementação do SPDA nas edificações de forma em geral, evitando desastres. Na próxima seção, realiza-se a análise dos resultados e discussão do dimensionamento do SPDA para o 7º BBM.

#### **4 DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO, ANÁLISE DO DIMENSIONAMENTO DO SPDA NO 7º BBM**

Os parâmetros de análise de descarga atmosférica são essenciais para dimensionar os componentes do sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Pois, as descargas elétricas atmosféricas que atingem diretamente a estrutura, LEMP (lightning electromagnetic impulse), cuja definição segundo a NBR 5419 é pulso eletromagnético devido às descargas atmosféricas, envolvem um enorme potencial elétrico de energia, causando danos externos e internos da edificação e aos ocupantes, e quando a corrente atinge algum meio condutor, a descarga poderá se deslocar percorrendo grandes distâncias até que encontrem um caminho para o aterramento.

Dessa forma, para um eficaz dimensionamento do SPDA é imprescindível conhecer os principais parâmetros para dimensionamento deste, conforme destaca-se na análise a seguir.

Os estragos vão além do que se pode mensurar, os quais podem ser até irreversíveis e ocasionam falhas nos aparelhos e equipamentos, no caso de instituições públicas, levam à perda de bens materiais públicos, gerando prejuízo e acarretando gasto de verba públicas. O Quadro 2 a seguir mostra os diferentes tipos de danos referentes ao tipo de edificação.

Quadro 2 - Efeitos das descargas atmosféricas nos vários tipos de estruturas.

| Tipo de estrutura de acordo com sua finalidade e/ou conteúdo. | Efeitos das descargas atmosféricas   |
|---|--|
| Casa de moradia   | -Perfuração da isolamento das instalações elétricas, incêndio e danos materiais;<br>-Danos normalmente limitados a objetos expostos ao ponto de impacto ou no caminho da corrente da descarga atmosférica; |

|  |   |
|--|---|
|  | -Falha de equipamentos e sistemas elétricos e eletrônicos instalados (aparelhos de TV, computadores, modems, telefones etc.).   |
| Edificação em zona rural   | -Risco maior de incêndio e tensões de passo perigosas, assim como danos materiais;<br>-Risco secundário devido à perda de energia elétrica e risco de vida dos animais de criação devido à falha de sistemas de controle eletrônicos de ventilação e suprimento de alimentos etc. |
| Edificação em zona rural   | -Risco maior de incêndio e tensões de passo perigosas, assim como danos materiais;<br>-Risco secundário devido à perda de energia elétrica e risco de vida dos animais de criação devido à falha de sistemas de controle eletrônicos de ventilação e suprimento de alimentos etc. |
| Teatro ou cinema<br>Hotel<br>Escola<br>Shopping centers<br>Áreas de esportes                 | -Danos em instalações elétricas que tendem a causar pânico (Por exemplo, iluminação elétrica);<br>-Falhas em sistemas de alarme de incêndio, resultando em atrasos nas ações de combate a incêndio.   |
| Banco<br>Empresa de seguros<br>Estabelecimento comercial etc.                                | -Conforme acima, adicionando-se problemas resultantes da perda de comunicação, falha de computadores e perda de dados.  |
| Hospital<br>Casa de tratamento médico<br>Casa para idosos<br>Creche<br>Prisão.               | -Conforme acima, adicionando-se os problemas relacionados a pessoas em tratamento médico intensivo e a dificuldade de resgatar pessoas incapazes de se mover.   |
| Indústria  | -Efeitos adicionais dependendo do conteúdo das fábricas, que vão desde os menos graves até danos inaceitáveis e perda de produção.  |
| Museu e sítio arqueológico<br>Igreja.  | -Perda de patrimônio cultural insubstituível.   |
| Estação de Telecomunicações,<br>Estação de geração e transmissão de energia elétrica.        | -Interrupções inaceitáveis de serviços ao público.  |
| Fábrica de fogos de Artíficos,<br>Trabalhos com munição.                                     | -Incêndio e explosão com consequências à planta e arredores.  |
| Tipo de estrutura de acordo com sua finalidade e/ou conteúdo.                                | -Efeitos das descargas atmosféricas   |
| Indústria química,<br>Refinaria,<br>Usina nuclear,<br>Indústria e laboratório de Bioquímica. | -Incêndio e mau funcionamento da planta com consequências prejudiciais ao meio ambiente local e global.   |

Fonte: NBR 5419-2 (2015).

De acordo com a NBR 5419, as fontes de danos na estrutura estão determinadas pela intensidade de corrente, podem ser em quadro regiões ou áreas distintas, em concordância com o ponto de impacto, são elas: S1-Descargas atmosféricas atingindo a estrutura; S2-Descargas atmosféricas atingindo proximidade a estrutura; S3-Descargas atmosféricas na rede de energia elétrica, rede de telefonia e redes de internet; e S4-Descargas atmosféricas atingindo proximidades das linhas elétricas e tubulações metálicas que entram na estrutura.

As edificações estão sempre propensas a ter danos decorrentes de descargas, os fatores estão atrelados ao padrão do imóvel, ou seja, se a edificação é feita em concreto armado, se foi toda construída em aço, à atividade exercida naquela edificação, se existe sistema de proteção nas instalações elétricas etc. Com base nisso, existem três tipos de danos: D1: ferimentos provenientes de choque aos seres em geral; D2: danos físicos; D3: danos aos sistemas elétricos, ocasionando em interrupções e falhas. Destaca-se que cada dano se refere a parâmetro que servirá de base para o gerenciamento de risco.

Em relação aos tipos de perdas podem ser de acordo com a NBR 5419 em: L1: perda da vida humana; L2: perda de serviço público; L3: perda de patrimônio cultural; e L4: perda de valor econômico seja de bens materiais como no corte do fornecimento de energia.

Com base nessas informações, é possível realizar a verificação do número de eventos perigosos causados por descargas atmosféricas (N). As descargas atmosféricas podem resultar em acidentes com seres vivos e causar danos a sistemas diversos, desde desligamentos até a queima de equipamentos eletrônicos. O cálculo do número de eventos perigosos é influenciado por fatores como a área de exposição, o clima da região e as características da estrutura em questão (Coelho, 2019).

De acordo com a norma NBR 5419 (2015), o cálculo do número médio anual N de eventos perigosos causados por descargas atmosféricas, que afetam a estrutura a ser protegida, é influenciado pela atividade atmosférica da região em que a estrutura está localizada e pelas características físicas da própria estrutura. Para determinar o valor de N, é necessário multiplicar a densidade de descargas em direção à terra,  $N_G$ , pela área de exposição equivalente da estrutura, considerando os fatores de correção para as características físicas específicas da estrutura em questão.

Utilizando o número de eventos perigosos, chega-se à equação que dimensiona a densidade de descargas atmosféricas, baseado na localização onde se situa a edificação:  $D_{dat} = 0,10 \times N_{dat} / (km^2 \times ano)$ .

Onde:  $D_{dat}$  - densidade da descarga atmosférica para a terra por  $km^2$  por ano;  $N_{dat}$  - número de dias de tempestades anuais.

Existem dispositivos os quais podem ser aplicados na proteção contra descargas atmosféricas proporcionando a proteção da edificação, e livrar o interior da mesma, das influências eletromagnéticas decorrente da descarga na estrutura, formando uma espécie de gaiola de Faraday, que escoar a descarga através de descidas para o anel de aterramento, equipotencializando todas as partes metálicas interligadas no sistema de proteção.

A NBR 5419 (2015) diz que a equipotencialização é conjunto de medidas que visa a redução das tensões nas instalações causadas pelas descargas atmosféricas a níveis suportáveis para essas instalações e equipamentos por elas servidos, além de reduzir riscos de choque elétrico. Tais medidas consistem tipicamente em ligações entre partes metálicas das instalações e destas ao SPDA, direta ou indiretamente (por meio de DPS), envolvendo massas metálicas de equipamentos, condutores de proteção, malhas de condutores instaladas sob ou sobre equipamentos sensíveis, blindagens de cabos e condutos metálicos, elementos metálicos estruturais, tubulações metálicas entre outros.

Destaca-se que, em toda estrutura, existem áreas com maior ou menor exposição as descargas atmosféricas, nesse sentido o SPDA opera nessas áreas criando zonas de proteção, ela vem a utilizar o sistema para atuar contra as descargas atmosféricas. De acordo com a NBR 5419 existem quatro tipos de zonas de proteção contra LEMP.

Os conceitos acerca das zonas estão definidos de acordo com a NBR 5419, parte 1, em: ZPR 0A: área onde a corrente de descarga atinge a estrutura, provocando queima de equipamentos e acidentes aos seres vivos através da corrente direta ou através dos efeitos eletromagnéticos em seu interior; ZPR 0B: área já protegida, porém sua estrutura interna é atingida pela influência eletromagnética e por corrente parcial; ZPR 1: área na qual a corrente de surto é restringida por meio de uma partição da corrente de descarga e através da utilização de conexões que isolam ou utilizando DPS (dispositivo de proteção contra surto). As blindagens na estrutura têm como finalidade criar assim um isolamento eletromagnético; ZPR 2: área na qual a corrente de surto é ainda mais restringida por meio de uma partição da corrente de descarga, e através da utilização de conexões que isolam ou através de DPS para proteção. As blindagens adicionais na estrutura têm como finalidade criar assim um isolamento eletromagnético.

Já em relação ao gerenciamento de risco, segundo a NBR 5419 (2015) “Para reduzir as perdas devido às descargas atmosféricas, podem ser necessárias medidas de proteção. Quando estas são necessárias, e em qual medida, deve ser determinado pela análise de risco”. O risco representa a análise dos fatores inerentes a edificação na qual em conjunto com parâmetros estruturais da edificação, pode-se escolher a medida de proteção mais eficaz para ela. Dessa

forma a análise do dimensionamento da proteção, é denominado análise de risco, e são classificados em quatro tipos: R1: risco de perda da vida humana; R2: risco de perda de serviço público; R3: risco de patrimônio cultural; R4: risco de perda de valores econômicos.

Segundo a NBR 5419, a equação,  $R = N \times P \times L$ , é utilizada para dimensionar o risco, reunindo os parâmetros citados anteriormente.

Onde: R: representa o risco da edificação tomando por base uma descarga elétrica; N: significa o número de eventos perigosos advindos de descargas atmosféricas no prazo de um ano; P: probabilidade de ocorrência de dano na estrutura, tomando-se por base o tópico 2.6; e L: perda de valor econômico.

Dessa forma, observa-se que o risco deve ser dimensionado tomando-se por base a soma de suas componentes que estão relacionadas em uma só equação.

Em relação as componentes de risco referente a uma edificação em virtude de descargas na mesma, seguindo a NBR 5419, são: R<sub>A</sub>: Item referente à danos aos seres vivos provenientes das tensões de passo e de toque ocorridos no interior de uma estrutura e podendo ocorrer também a uma distância de até 3 metros dos condutores de descida; R<sub>B</sub>: Item causador de centelhamento perigoso dentro da edificação que causa ferimento físico propiciando ignição (início de incêndio), levando a ter consequências ao ecossistema da região; R<sub>C</sub>: Item referente à problemas provocados por LEMP, e por consequência pode ocasionar perdas nas classes L<sub>2</sub> e L<sub>4</sub>, envolvendo também o tipo L<sub>1</sub>.

Já com base na NBR 5419 as Componentes de risco para uma edificação em virtude de descargas próximas da edificação são: R<sub>M</sub>: Item referente à defeitos em sistemas internos, provocados por LEMP, as perdas L<sub>2</sub> e L<sub>4</sub> são comuns e podem vir a ocorrer com o tipo L<sub>1</sub>. Hospitais e ambientes com risco de explosão são os mais propensos a esse tipo de risco.

As Componentes de risco para uma edificação em virtude de descargas a uma linha interligada a edificação são: R<sub>U</sub>: Item referente a acidentes causados por tensões de toque e de passos dentro da edificação, as perdas L<sub>1</sub> são propensas a ocorrer e perdas agrícolas L<sub>4</sub> também são comuns. R<sub>V</sub>: Item referente à danos físicos causados por centelhamento dentro da estrutura. (NBR 5419)

No Quadro 3 abaixo fornece os parâmetros para dimensionamento do SPDA utilizados no método das malhas:

Quadro 3 - Valores do Método das Malhas de acordo com a classe do SPDA.

| Classe do SPDA | Máximo afastamento dos condutores da malha (em metros) |
|----------------|--|
| I              | 5 x 5  |
| II             | 10 x 10  |

|     |         |
|-----|---------|
| III | 15 x 15 |
| IV  | 20 x 20 |

Fonte: adaptado da norma NBR 5419 (2015).

Atualmente, o dimensionamento do sistema de proteção contra descargas atmosféricas é pautado em três métodos, são eles: método do ângulo de proteção, método da esfera rolante e método das malhas, que podem ser usados isoladamente ou em combinação entre eles. O Método das malhas ou gaiola de faraday, o qual é indicado para estrutura com grande área horizontal, a exemplo de telhados horizontais e inclinados sem curvatura (Souza *et al.*, 2020), será utilizado pois promove uma maior cobertura de proteção cobrindo as áreas cobertas nas áreas protegidas. A malha protetora possui espaçamentos normatizados na NBR 5419 (2015),

Assim, após esta análise dos parâmetros mínimos para dimensionamento do SPDA, baseado nos distanciamentos na NBR 5419 e nos dados descritos na seção metodológica, será implementado o método das malhas ou gaiola de Faraday, classe I, que garante 98% de proteção no dimensionamento para projeto de implementação do 7º Batalhão de Bombeiros Militar do Maranhão.

Além do SPDA, é importante destacar a importância das demais medidas de proteção contra incêndio e pânico. Nesta esteira, seguindo os parâmetros da NT01 (2015) do CBMMA, os quais estabelece os procedimentos administrativos e as medidas de segurança contra incêndio para regularização das edificações construídas e a construir com atividade econômica de médio risco. A edificação do 7º BBM, mesmo sendo uma edificação pública na qual não se exerce atividade econômica, deve seguir os mesmos procedimentos técnicos e administrativos para regularização de uma edificação privada, e será analisada por processo técnico.

O dimensionamento do sistema de proteção do 7º Batalhão de Bombeiros será amparado pela Lei Nº 11.390 de 21 de dezembro de 2020 (Regulamento de Segurança Contra incêndios das edificações e áreas de risco no Estado do Maranhão) objetivando dotar a edificação do sistema de proteção suficiente para debelar princípios de incêndio, tendo em vista a perspectiva de salvar bens e, sobretudo, vidas humanas. Observando os critérios técnicos, a Classe de Risco e a Atividade a ser desenvolvida e dotando a referida edificação de meios de proteção capazes de debelar princípios de incêndio, as instalações de combate a incêndio garantem a segurança da edificação e dos ocupantes.

Para que o sistema de implementação seja realizado com êxito, é necessário respeitar as condições mínimas de segurança da edificação em questão e as normas vigentes de proteção e combate a incêndio, de acordo com os requisitos da NT-01: procedimentos Administrativos,

que qualifica a edificação como edificação Baixa ( $H \leq 6,00$  m) com uma área de construção superior a  $750 \text{ m}^2$ .

De acordo com o Quadro 4, a edificação pode ser classificada como H-4.

Quadro 4 - Classificação de risco.

| Grupo | Ocupação/uso                     | Divisão | Descrição                                  | Exemplos  |
|-------|----------------------------------|---------|--|---|
| H     | Serviço de saúde e institucional | H-4     | Edificações das forças armadas e policiais | Quarteis, delegacias, postos policiais e de bombeiros e assemelhados. |

Fonte: Tabela 1 da NT01 CBMMA modificada.

Em concordância com a classificação de risco do Quadro 5 refere-se a carga incêndio.

Quadro 5 - Ocupação/Uso.

| Ocupação/Uso | Descrição            | Divisão | CNAE      | Carga incêndio (MJ/m <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------------|---------|-----------|-------------------------------------|
| H            | Quartéis e similares | H-4     | 8424-8/00 | 450                                 |

Fonte: tabela do anexo A da NT14 modificada.

Dessa forma, medidas de Segurança Contra Incêndio devem ser adotadas na edificação, tais como: Saída de Emergência (Norma técnica nº 11); Iluminação de Emergência (Norma técnica nº 18); Sinalização de Emergência (Norma técnica nº 20); Sistema de Proteção por Extintores (Norma técnica nº 21); Acesso de viatura na edificação (Norma técnica nº 06); Segurança estrutural contra incêndio (Norma técnica nº 08); Controle de materiais de acabamento (Norma técnica nº 10); Saída de emergência (Norma técnica nº 11); Brigada de incêndio (Norma técnica nº 17); Proteção por hidrantes (Norma técnica nº 22); Alarme de incêndio (Norma técnica nº 19).

A iluminação de emergência é outro item importante, visto que, um sistema de iluminação seguro, que fornecerá iluminação adequada e suficiente para possibilitar uma saída rápida e segura, quando em caso de falha do fornecimento normal de energia, proporciona benefícios de segurança e resgate no trabalho e garantir a operação contínua, principalmente em locais onde a iluminação não pode ser interrompida (Eletricidade, 2023).

A iluminação de segurança prevista para 7º BBM foi dimensionada com iluminação autônoma conectada à rede. Quando houver falta de energia, as luminárias acenderão e iluminarão os ambientes por um período mínimo de 02 (duas) horas, estando dispostas em todas as áreas comuns, de tal maneira a balizarem as saídas da edificação levando os ocupantes em segurança para fora da edificação. As luminárias devem ter resistência de  $70^\circ \text{ C}$ , por um tempo

de no mínimo 02 (duas) hora além de garantir iluminação segura nos pisos de 5 lux para as escadas e rampas, e de 3 lux para os locais planos.

A iluminação adequada deve garantir a visibilidade dos obstáculos que possam obstruir a circulação, como portas, grades e saídas de emergência. É importante que as luminárias fixadas nas paredes sejam resistentes a impactos, a fim de evitar quedas causadas por contatos acidentais.

Outros preventivos importantes para garantir a segurança são:

- Sinalização de Emergência: tem como objetivo principal indicar as rotas de fuga e indicar de forma segura os locais onde os preventivos estão instalados, além de reduzir a ameaça de ocorrência de incêndio indicando os principais pontos onde haja risco iminente de proliferação do fogo, e garantir que as ações adotadas venham a ser as mais eficazes e seguras para o combate ao incêndio (Brentano, 2015). A sinalização de segurança contra incêndio e pânico também visa reduzir o risco de incêndio, além de garantir que sejam tomadas as medidas cabíveis em caso de situação de perigo, de modo a direcionar as hostilidades e facilitar a localização de equipamentos e rotas.
- Alarme de Incêndio: é um preventivo importante na edificação, instala-se junto a cada caixa de hidrante e no quadro sinóptico da bomba, sendo desligada somente manualmente. Quando instalado na área de entrada da edificação, deve contar com vigilância humana constante. O sistema de energia para funcionamento do alarme é interligado a edificação e a nobreaks, baterias ou gerador (NT 19). O seu acionamento dar-se mediante o acionamento de botoeiras, instaladas em todos os pontos estratégicos, nos locais de maior trânsito de pessoas. Em caso de emergência, estes preventivos devem ser acionados de modo que todos os alarmes tocarão ao mesmo tempo em volume audível atingindo qualquer ponto da edificação.
- Extintores Manuais Portáteis: São aparelhos de acionamento manual, portátil ou sobre-rodas, constituído de recipiente metálico, que pode ser de aço, cobre, latão ou material equivalente e seus acessórios, contém no seu interior um agente extintor, que pode ser expelido por um agente propelente e dirigido sobre foco de fogo com a função de controlá-lo ou extingui-lo (Brentano, 2015). Devem estar localizados em locais visíveis e desobstruídos, e de maneira que o operador não possa percorrer distância maiores do que 20 metros para o risco médio, conforme NT-21/21. Devem ser instalados a 1,60 metros do solo e sinalizados.
- Acesso de viaturas na edificação e Saídas de emergência: localizadas na própria unidade bombeiro militar. E a mesma entrada de viaturas será a saída de emergência de modo a ter uma largura acima de 4 metros.

- Hidrantes e Mangotinhos: são sistemas hidráulicos rigidamente fixados na estrutura da edificação, formados por uma rede de canalizações e abrigos ou caixas de incêndio, que contêm tomadas de incêndio com uma ou duas saídas de água, válvulas de bloqueio, mangueiras de incêndio, que podem ser mangueiras de hidrantes ou mangotinhos, esguichos reguláveis e outros equipamentos, instalados em locais estratégicos da edificação (Brentano, 2015).

Logo a localização dos hidrantes fica estrategicamente posicionado para a utilização de bombeiros civis ou brigadistas em caso de sinistro. O sistema de hidrantes contará com uma RTI de 8.000 litros em sucção positiva, e com duas bombas autoescorvantes de 10 CV. A ligação da bomba será independente da edificação e uma vez ligada a mesma só poderá ser desligada no quadro localizado na casa de bombas. O hidrante de recalque será do tipo coluna.

- Controle de Materiais de Acabamento: Segundo a NT10 do CBMMA no item 5.1 “O controle de materiais de acabamento e de revestimento (CMAR) empregado nas edificações destina-se a estabelecer padrões para o não surgimento de condições propícias do crescimento e da propagação de incêndios, bem como na geração de fumaça”. Dessa forma ao apresentar-se o projeto de combate a incêndio do 7º BBM será fornecido um documento com o quadro resumo das classes dos materiais componentes estruturais da edificação, onde tais componentes apresentem classe I ou II de combustibilidade e posteriormente fornecido na vistoria técnica. O índice de propagação deve ser menor do que 25 para que não haja proliferação das chamas.

- Segurança Estrutural Contra Incêndio: De extrema importância para garantir que as edificações sejam projetadas e construídas de maneira a resistir a ação do fogo e evitar o colapso estrutural. O objetivo é identificar os elementos estruturais que compõem um edifício para proteger a vida em caso de incêndio e minimizar os danos materiais em relação ao tempo de exposição e resistência ao fogo (TRRF) para permitir tempo suficiente para uma evacuação segura em caso de incêndio. Todos os materiais que compõem a estrutura de um edifício serão de TRRF de 120 min.

- Brigada de Emergência: A brigada de emergência é uma equipe de pessoas treinadas para dar resposta às situações de emergência, como incêndios, evacuações, vazamentos de produtos químicos, desastres naturais e outros eventos que possam representar riscos à segurança das pessoas e do patrimônio em um determinado local, em virtude de a unidade bombeiro militar já contar com 27 militares com especialização superior à de brigadista, não se faz necessário a adoção deste preventivo.

Todas essas medidas foram determinadas seguindo os parâmetros constantes na NBR 5419 e das Normas Técnicas do CBMMA. Além de serem obrigatórias para toda e qualquer edificação, as medidas visam preservar a integridade física dos ocupantes das instalações

internas da unidade, bem como proteger o patrimônio, equipamentos eletroeletrônicos de uso diários (como impressoras, ar-condicionado, TVs, entre outros).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas informações obtidas, podemos concluir que, o estudo acerca da implementação do projeto de proteção contra descargas atmosféricas e as medidas de combate a incêndios e pânico, mostram-se viáveis do ponto de vista financeiro e protetivo, porém ainda não foram implementados, além de desempenhar um papel crucial na garantia da segurança dos bombeiros em serviço.

O projeto de construção do quartel encontra-se na fase de análise por parte do governo do Maranhão, e por enquanto não possui data para ser executado, porém o projeto de proteção contra descargas atmosféricas será executado ao término da construção.

A revisão bibliográfica sobre a origem e dimensionamento do SPDA, contribuíram para fomentar o conhecimento a respeito dessa área, ampliando o acervo de estudos sobre essa área e conseguindo de forma bastante contundente responder o questionamento inicial da pesquisa.

Acredita-se que o presente trabalho conseguiu mostrar importância da instalação do sistema de proteção contra descargas atmosférica para a futura sede do 7º BBM, assim como, mostrar a importância da instalação do sistema de proteção contra descargas atmosférica nas edificações e dos demais preventivos contra incêndio e pânico, através do estudo dos parâmetros básicos do dimensionamento de um SPDA e do estudo da proposta de implantação do SPDA e das demais medidas de proteção contra incêndio e pânico para 7º BBM.

A principal contribuição deste trabalho é servir de base para que outras unidades operacionais do estado em futuras pesquisas possam se regularizar. Os dados apresentados aqui podem servir como base teórica para uma compreensão mais aprofundada do processo de instalação do sistema de proteção, bem como servir de conhecimento para os militares do setor de atividades técnicas, e atrair o interesse da população para conhecimento das atividades realizadas pelo Corpo de Bombeiros, no tocante a atendimento de ocorrências e na regularização de edificações comerciais e públicas no estado do Maranhão.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5419-1:2015. Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas. Parte 1, parte 2, parte 3, parte 4: Princípios gerais, gerenciamento de risco, Danos físicos a estruturas e perigos a vida. 1.ed. Rio de Janeiro, 2015.

ASTER. **Novidades tecnológicas do setor de segurança**. 2016. Disponível em: <https://www.aster.com.br/blog/seguranca-patrimonial/novidades-tecnologicas-do-setor-de-seguranca/>. Acesso em: 20 maio 2023.

BRENTANO, T. **A Proteção Contra Incêndios no Projeto de Edificações**: 3.ed. RS: Edipucrs, 2015.

COELHO, D. **Sistema de proteção contra descargas atmosféricas para uma edificação residencial multifamiliar**: estudo de caso. 2019. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

CREDER. **Instalações elétricas**. Instalações elétricas, atualização e revisão Luiz Sebastião Costa. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

ELETRICIDADE, Equipe Desterro. **Iluminação de emergência na indústria: entenda sua importância**. 2023. Disponível em: <https://www.desterroeletricidade.com.br/blog/preventivo-de-incendio/iluminacao-de-emergencia-na-industria-entenda-sua-importancia-2/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Apostila. Fortaleza: UEC, 2002.

Instrução Normativa Lei N° 11.390 de 21 de dezembro de 2020 (**Regulamento de Segurança Contra incêndios das edificações e áreas de risco no Estado do Maranhão**).

Instituto Sprinkler Brasi, **Notícias de incêndios estruturais por ano**. 2022. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/instituto-sprinkler-brasil/estatisticas/>. Acesso em: 22 maio 2023.

LIMA, S. S. R. **Sistema de aterramento elétrico em bases de distribuição e postos de serviço sob o aspecto de segurança e equipotencialização**. 2018. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília – Unb Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2018.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 9.ed. RJ: Ltc, 2019.

Norma Técnica 01 (2015), normas técnicas do Maranhão.

PEREIRA, A. D. *et al.* **Sistema de proteção contra descargas atmosféricas em edificações**. 2022. 53 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Una, Pouso Alegre, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/28920/1/TCC%20-%20ATCC%20-%20SPDA.pdf>. Acesso em: 10 maio 2023.

Quadros, F. A. de. **Sistema de proteção contra descargas atmosféricas em uma central de glp: estudo de caso**. 2020. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Vale do Taquari Univates Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Lajeado, 2020.

Rosa, Carlos Augusto de Proença. **História da ciência: a ciência moderna**. Brasília: Funag, 2012. 411 p.

SIMIANO, Lucas Frates. **MANUAL DE PREVENÇÃO E COMBATE A PRINCÍPIOS DE INCÊNDIO**. 2013. Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2015/cursobrigada/modulo6\\_cobateincendios.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2015/cursobrigada/modulo6_cobateincendios.pdf). Acesso em: 20 abr. 2023.

