

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE
SEGURANÇA DO TRABALHO

WAGNER SILVA

ESTUDO DE CASO:
Avaliação do Sistema de Segurança de uma
Instalação Industrial contra Descargas Atmosféricas

São Leopoldo
2020

WAGNER SILVA

ESTUDO DE CASO:
Avaliação do Sistema de Segurança de uma
Instalação Industrial contra Descargas Atmosféricas

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, pelo Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do trabalho da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Esp. Dagoberto Lara

São Leopoldo
2020

ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE SEGURANÇA DE UMA INSTALAÇÃO INDUSTRIAL CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Wagner Silva*

Dagoberto Lara**

Resumo: O presente estudo tem como objetivo analisar o projeto elétrico do sistema de proteção contra descargas atmosférica de uma instalação industrial construída em 2007 e determinar o risco à perda de vida humana ao qual os trabalhadores estão expostos, seguindo a metodologia de gerenciamento de risco definida pela NBR 5419-2:2015. A partir deste propósito, pesquisou-se nos memoriais de projeto da edificação diversas características construtivas para utilização como parâmetros de entrada e desenvolvimento da análise risco. Para concluir se a estrutura é considerada protegida contra os efeitos danosos das descargas atmosféricas, o risco total calculado foi comparado ao risco máximo tolerável. Para avaliar o potencial máximo de danos a seres humanos oferecido pela estrutura, realizou-se uma análise de risco considerando não haver medidas de proteção contra descargas atmosféricas. A partir desta simulação, determinou-se as medidas mínimas de proteção necessárias para tornar o risco total tolerável. Para quantificar a influência do projeto de prevenção contra incêndio da edificação no resultado da análise de risco, foi realizado uma simulação considerando-se não haver chuveiros automáticos e detectores de fumaça como medidas de segurança do PPCI.

Palavras-chave: Descarga atmosférica. SPDA. NBR 5419-2:2015. Gerenciamento de risco.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o recordista mundial de incidência de raios com, aproximadamente, 77,8 milhões de descargas atmosféricas por ano. Segundo pesquisa desenvolvida pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), entre os anos de 2000 e 2017, foram registradas 2044 mortes por descargas atmosféricas em todo país. Os estados de São Paulo, Pará e Minas Gerais lideram o ranking de acidente fatais, seguidos pelos estados do Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Goiás. O verão é a estação do ano com maior número fatalidades, com cerca 43% dos casos. (INPE, [2019?]). De acordo com o Dr. Osmar Pinto Júnior, Coordenador do ELAT, mais de 80% dos acidentes fatais poderiam ser evitados com um sistema de previsão e orientação da população quanto as medidas

* Bacharel em Engenharia Elétrica. E-mail: wagner.s@brturbo.com.br

** Professor Orientador Engenheiro Eletricista e Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. E-mail: dflara@dflara.com

de proteção. (INPE, 2015b). Como forma de mitigar os danos provocados pelas descargas atmosféricas, as edificações construídas no Brasil devem atender as exigências das normas técnicas NBR 5410:2004 e NBR 5419:2015, além da norma regulamentadora NR-10, a qual se aplica exclusivamente às empresas regidas pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Estas normas estabelecem os requisitos mínimos para segurança de pessoas no interior das instalações.

No Brasil, é previsto pela NR-10 que as empresas com carga instalada superior a 75kW devem manter atualizados os esquemas unifilares com as especificações do sistema de aterramento além da documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramento elétrico. Uma análise de risco deve ser realizada para verificação da necessidade de instalação do SPDA, além da seleção do respectivo nível de proteção para a estrutura. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2015c).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A pesquisa bibliográfica necessária para o desenvolvimento deste artigo é apresentada a seguir.

2.1 Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA)

É definido como PDA o conjunto de medidas de proteção adotadas para reduzir os riscos associados às descargas atmosféricas em uma estrutura. As medidas de proteção destinadas a reduzir os danos físicos e o risco de perda de vida humana dentro de uma estrutura são chamadas de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Como complemento, as medidas de proteção destinadas a reduzir falhas nos sistemas elétricos e eletrônicos contidos na estrutura devido aos impulsos eletromagnéticos das descargas atmosféricas são denominadas de Medidas de Proteção contra Surtos (MPS). (ABNT, 2015a).

2.2 Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

O SPDA é a principal medida de proteção contra danos físicos em uma estrutura, sendo composto por um sistema de proteção externo e por um sistema de

proteção interno. O sistema de proteção externo tem como objetivo capturar o impacto direto das descargas atmosféricas sobre a estrutura e conduzir a corrente elétrica resultante de forma segura à terra, onde ela será dispersada no solo. O subsistema de captação, responsável por interceptar as descargas atmosféricas, é composto por hastes metálicas, condutores suspensos ou em malhas, os quais estão dispostos sobre a estrutura a ser protegida. O subsistema de descida, responsável por conduzir a descarga atmosférica do subsistema de captação até o subsistema de aterramento, é formado por condutores verticais dispostos de modo a proverem diversos caminhos paralelos para a circulação da corrente elétrica. (ABNT, 2015c).

O sistema de proteção interno tem como objetivo reduzir o risco de centelhamento perigoso dentro do volume de proteção criado pelo SPDA externo. O centelhamento perigoso ocorre entre as partes metálicas da estrutura e os componentes do SPDA externo durante a passagem da corrente elétrica da descarga atmosférica. Este efeito indesejado pode ser evitado através da ligação equipotencial de todas as partes eletricamente condutoras existentes no interior da estrutura ou através da adoção de uma distância de segurança que garanta isolação elétrica entre os elementos do SPDA externo e as partes metálicas estruturais. (ABNT, 2015c).

2.3 Utilização de Elementos Naturais de um SPDA

Os componentes condutores naturais de uma edificação podem ser utilizados como subsistemas de captação, descida e aterramento de um SPDA, desde que não ofereçam risco de incêndio ou explosão à estrutura e que atendam aos requisitos construtivos específicos estabelecidos pela NBR 5419:3-2015.

As chapas metálicas da cobertura de uma estrutura podem ser consideradas como captadores naturais desde que a continuidade elétrica entre as suas partes seja realizada através de solda, caldeamento, frisamento ou conectadas por parafuso e porca. Ao ser atingida por uma descarga atmosférica, a chapa metálica deve prevenir perfuração e surgimento de pontos quentes que possam causar a ignição de material inflamável abaixo da cobertura. (ABNT, 2015c). A Tabela 1 apresenta a espessura mínima das folhas metálicas utilizadas como captadores para diferentes materiais, com e sem a preocupação de prevenir perfurações.

Tabela 1 – Espessura mínima de chapas metálicas como captos naturais

| Classe do SPDA | Material | Espessura ^A mm | Espessura ^B mm |
|--|--|------------------------------|------------------------------|
| I a IV | Chumbo | - | 2,0 |
| | Aço (inoxidável, galvanizado a quente) | 4,0 | 0,5 |
| | Titânio | 4,0 | 0,5 |
| | Cobre | 5,0 | 0,5 |
| | Alumínio | 7,0 | 0,65 |
| | Zinco | - | 0,7 |
| ^A Previne perfuração, pontos quentes ou ignição | | | |
| ^B Não previne perfuração, pontos quentes ou ignição | | | |

Fonte: Elaborada pelo autor, com base na NBR 5419-3 (ABNT, 2015c).

As armaduras de concreto armado e o vigamento de aço da estrutura podem ser considerados como condutores naturais de descida, desde que haja continuidade elétrica entre as várias partes e suas secções mínimas sejam iguais ao especificado pela NBR 5419-3:2015. Estruturas de concreto armado pré-fabricado devem prever pontos de interconexão condutora entre os elementos da armadura. As armaduras de aço das vigas de fundação podem ser utilizadas como eletrodos de aterramento, desde que a continuidade elétrica entre o subsistema de descida e o solo sejam garantidos. (ABNT, 2015c).

2.4 Classe do SPDA

O nível de proteção para o qual o SPDA de uma edificação é projetado está relacionado com a sua classe, conforme Tabela 2, sendo influenciado pelas características da estrutura a ser protegida e determinado pela metodologia de avaliação de risco apresentada na NBR 5419-2:2015. De acordo com Sueta (2005), o Nível I de proteção é destinado às estruturas com risco de incêndio e explosão que trazem consequências perigosas ao local e ao meio ambiente, como indústrias químicas, refinarias, fábrica de munições e postos de combustíveis. O Nível II de proteção é destinado às estruturas com grande concentração de público, como escolas, igrejas e teatros, onde haja dificuldade de evacuação devido ao pânico gerado pela descarga atmosférica, mas que, em qualquer caso, os danos estejam limitados a própria estrutura e seu conteúdo. O Nível III de proteção é destinado às estruturas de uso comum, cujos danos estejam limitados ao ponto de impacto da descarga elétrica, gerando incêndio e falha na isolação elétrica da instalação. O Nível

IV de proteção é destinado às estruturas que não possuam elementos combustíveis na sua construção, com baixo fluxo de pessoas e que não armazenem materiais inflamáveis. (SUETA, 2005).

Para cada nível de proteção estão associados parâmetros máximos de projeto do sistema, como o valor da corrente de pico da descarga atmosférica, assim como os valores de afastamento entre os condutores da malha do subsistema de captação e o distanciamento típico entre os condutores do subsistema de descida, conforme apresentado na Tabela 3. A distância de segurança que evita o centelhamento perigoso entre o SPDA externo e as partes metálicas internas da instalação também está associado ao do nível de proteção especificado para a edificação. Estão dispensadas a cumprir a distância mínima de segurança as estruturas metálicas ou de concreto que possuam armadura interligada e eletricamente contínua. (ABNT, 2015c).

Tabela 2 – Relação entre nível de proteção e classe do SPDA

| Nível de proteção | Classe do SPDA |
|-------------------|----------------|
| I | I |
| II | II |
| III | III |
| IV | IV |

Fonte: Elaborada pelo autor, com base na NBR 5419-3 (ABNT, 2015c).

Tabela 3 – Parâmetros de projeto do SPDA

| Nível de proteção | Corrente máxima de pico* | Afastamento máximo dos condutores da malha do subsistema de captação | Distâncias típicas entre os condutores de descida e condutores em anéis** |
|-------------------|--------------------------|--|---|
| I | 200 kA | 5 x 5 m | 10 m |
| II | 150 kA | 10 x 10 m | 10 m |
| III | 100 kA | 15 x 15 m | 15 m |
| IV | 100 kA | 20 x 20 m | 20 m |

* Primeiro impulso positivo
 ** É aceitável acréscimo máximo de 20%

Fonte: Elaborada pelo autor, com base na ABNT NBR 5419-3 (ABNT, 2015c).

2.5 Medidas de Proteção Contra Surtos (MPS)

Quando uma estrutura é atingida por uma descarga atmosférica, os equipamentos elétricos e eletrônicos contidos no seu interior estão sujeitos a danos provocados por sobretensões conduzidas ou induzidas nos cabos de energia e sinal, além de surtos devido ao impulso eletromagnético radiado pela corrente da descarga. As medidas de proteção contra surtos têm como objetivo limitar as sobretensões entre o ramal de entrada da instalação e o sistema de aterramento e, desta forma, limitar a diferença de potencial ao qual os equipamentos estão sujeitos. (SUETA, 2005). De acordo com a NBR 5419-4:2015, para a proteção contra os efeitos de campos eletromagnéticos radiados diretamente nos equipamentos, devem ser utilizadas MPS capazes oferecer blindagem espacial da estrutura e blindagem aos condutores utilizados nas linhas de energia e sinal dos equipamentos. Para a proteção contra os efeitos de surtos induzidos que são transmitidos aos equipamentos através dos cabos de energia e sinal, devem ser utilizados dispositivos coordenados de proteção contra surtos. Outras medidas de proteção como roteamento das linhas, aterramento e equipotencialização da estrutura devem ser adotadas para minimizar os efeitos danosos da descarga atmosférica sobre os equipamentos eletrônicos contidos no interior da estrutura. (ABNT, 2015d). A utilização de DPS como dispositivo de proteção contra sobretensão transitória em linhas de energia e sinal que adentram uma instalação é exigido pela NBR 5410:2004.

2.6 Gerenciamento de Risco

A NBR 5419-2:2015 apresenta os requisitos para análise de risco de uma estrutura sujeita a descargas atmosféricas e determina os limites de tolerância para perdas da vida humana *L1*, de serviços público *L2*, de patrimônio cultural *L3* e de valores econômicos *L4*. Os riscos toleráveis para as perdas do tipo *L1*, *L2* e *L3* são apresentados na Tabela 4. Os efeitos danosos de uma descarga atmosférica estão associados ao seu ponto de impacto na edificação, sendo classificados como descargas atmosféricas na estrutura, descargas atmosféricas próximas a estrutura, descargas atmosféricas em uma linha que adentra a estrutura e descargas atmosféricas próximas a uma linha que adentra a estrutura. (ABNT, 2015b).

Tabela 4 – Risco tolerável

| Tipo de perda | | Risco tolerável – R_T |
|---------------|------------------------------|-------------------------|
| L1 | Perda de vida humana | 10^{-5} |
| L2 | Perda de serviço ao público | 10^{-3} |
| L3 | Perda de patrimônio cultural | 10^{-4} |

Fonte: Elaborada pelo autor, com base na NBR 5419-2 (ABNT, 2015b)

As descargas atmosféricas que ocorrem diretamente na estrutura são as que possuem o maior potencial de causar danos às pessoas e as instalações. As altas correntes das descargas podem gerar incêndio e explosões devido a formação de plasma quente e ao centelhamento por sobretensões no ponto de impacto. Podem causar danos às pessoas por choque elétrico devido as tensões de passo e toque, as quais são resultantes dos acoplamentos resistivos e indutivos da instalação. As componentes de risco associadas são R_A , R_B e R_C . (ABNT, 2015b).

As descargas atmosféricas próximas a estrutura, de modo geral, são as que possuem menor potencial de causar danos às pessoas e as instalações. A componente de risco R_M está relacionada à falha ou o mau funcionamento de sistemas eletrônicos sensíveis ao pulso eletromagnético radiado pela corrente da descarga atmosférica. Estruturas como hospitais e locais com risco de explosão podem colocar a vida humana em perigo devido a falha de sistemas internos. (ABNT, 2015b).

As descargas atmosféricas na linha são aquelas que ocorrem diretamente sobre as linhas elétricas e as tubulações metálicas que adentram a estrutura, apresentando grande potencial de causar danos às pessoas e as instalações. São capazes de gerar incêndio e explosões devidos à falha do sistema elétrico e provocar choque elétrico aos ocupantes da estrutura. As componentes de risco associadas são R_U , R_V e R_W . (ABNT, 2015b).

As descargas atmosféricas próximas à linha são aquelas que ocorrem nas proximidades das linhas elétricas ou das tubulações metálicas que adentram a estrutura, apresentando baixo potencial de causar danos às pessoas e as instalações. A componente de risco R_Z está associada à falha ou mau funcionamento de sistemas internos devidos as sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura (ABNT, 2015b).

O risco total de perdas é determinado pela soma das componentes R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W e R_Z . Cada componente de risco R_X é afetada pelo número médio

anual de eventos perigosos decorrentes das descargas atmosféricas N_X , pela probabilidade P_X de cada evento causar danos físicos à estrutura, ferimentos aos seus ocupantes ou falhas de sistemas eletroeletrônicos, e pela quantidade média de perdas consequentes L_X . A Tabela 5 apresenta a expressão para cálculo das componentes de risco em função dos diferentes tipos e fontes de danos. A Tabela 6 apresenta a expressão para determinação do risco total em função do tipo de perda considerada na análise.

Tabela 5 - Componentes de risco para diferentes tipos de danos e fontes de danos

| Danos | Fonte de Dados | | | |
|--|---|---|---|---|
| | S1 Descarga atmosférica na estrutura | S2 Descarga atmosférica perto da estrutura | S3 Descarga atmosférica na linha conectada | S4 Descarga atmosférica perto da linha conectada |
| D1 Ferimentos a seres vivos por choque elétrico | $R_A = N_D \times P_A \times L_A$ | | $R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$ | |
| D2 Danos físicos | $R_B = N_D \times P_B \times L_B$ | | $R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$ | |
| D3 Falha de sistemas internos | $R_C = N_D \times P_C \times L_C$ | $R_M = N_M \times P_M \times L_M$ | $R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$ | $R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$ |

Fonte: Elaborada pelo autor, com base na NBR 5419-2 (ABNT, 2015b).

Tabela 6 – Risco total para diferentes tipos de perdas

| Risco | Componentes de Risco |
|--|---|
| Perda de vida humana | $R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^a + R_{M1}^a + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^a + R_{Z1}^a$ |
| Perda de serviço ao público | $R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2}$ |
| Perda de patrimônio cultural | $R_3 = R_{B3} + R_{V3}$ |
| Perda de valor econômico | $R_4 = R_{A4}^b + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4}^b + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4}$ |
| ^a Somente para estruturas com risco de explosão e hospitais com equipamentos elétricos para salvar vidas. | |
| ^b Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos. | |

Fonte: Elaborada pelo autor, com base na NBR 5419-2 (ABNT, 2015b).

2.7 Medidas de Segurança contra Incêndio

No Estado do Rio Grande do Sul, os requisitos mínimos de prevenção contra incêndio das edificações e áreas de risco são estabelecidos pelo Corpo de Bombeiros Militar do RS (CBMRS), através do Decreto Estadual n.º 53.280/16, o qual é aplicado a novas edificações, e pela Resolução Técnica n.º 05 – Parte 07/2016, aplicada a edificações existentes. A Tabela 7 compara as medidas de segurança exigidas pelo CBMRS para uma mesma edificação, ambas com classificação de ocupação e uso do tipo *Industrial*, divisão *I-2*, com grau de risco de incêndio *médio* e com classificação de altura do tipo *I – Térrea*.

Tabela 7 – Medidas de segurança contra incêndio para instalações Industriais
Térreas, divisão I-2, com risco médio de incêndio

| Medidas de segurança contra incêndio | Edificações Existentes RT CBMRS n.º 05 – Parte 7/2016 | Edificações Novas Decreto n.º 53.280/16 Tabela 6I.1 |
|--|---|---|
| Acesso de Viatura na Edificação | X | X |
| Segurança Estrutural em Incêndio | - | X |
| Compartimentação Horizontal | - | - |
| Compartimentação Vertical | - | - |
| Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento | - | X |
| Saídas de Emergência | X | X |
| Plano de Emergência | - | - |
| Brigada de Incêndio | X | X |
| Iluminação de Emergência | X | X |
| Detecção de Incêndio | - | - |
| Alarme de Incêndio | X | X |
| Sinalização de Emergência | X | X |
| Extintores | X | X |
| Hidrantes e Mangotinhos | X | X |
| Chuveiros Automáticos | - | - |
| Controle de Fumaça | - | - |

Fonte: Elaborada pelo autor, com base na RT CBMRS n.º 05 – Parte 7/2016 (RIO GRANDE DO SUL, 2016a) e no Decreto n.º 53.280/16 Tabela 6I.1 (RIO GRANDE DO SUL, 2016b).

Muito embora o Decreto Estadual do Rio Grande do Sul n.º 53.280/16 não estabeleça o SPDA como uma medida de prevenção contra incêndio, a verificação da necessidade de sua utilização é exigida pela NBR 5419-3:2015 através de um relatório de análise de risco que estabeleça o nível mínimo de proteção requerido pela estrutura.

De acordo com ABNT (2015b), são previstos fatores de aumento e redução dos riscos de perdas de vidas humanas aos ocupantes de uma edificação dependendo das suas características construtivas. Dentre os fatores de redução, destaca-se o fator r_p referente às medidas de segurança contra incêndio existentes na edificação, devido a sua interação com o Plano de Prevenção Contra Incêndio (PPCI). A Tabela 8 apresenta o fator de redução r_p associado às medidas preventivas existentes na instalação.

Tabela 8 – Fator de redução relativo as providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio

| Providências | Fator de redução r_p |
|--|------------------------|
| Nenhuma providência | 1 |
| Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarmes manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape | 0,5 |
| Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático ^a | 0,2 |
| ^a Somente se protegidas contra sobre tensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 minutos | |

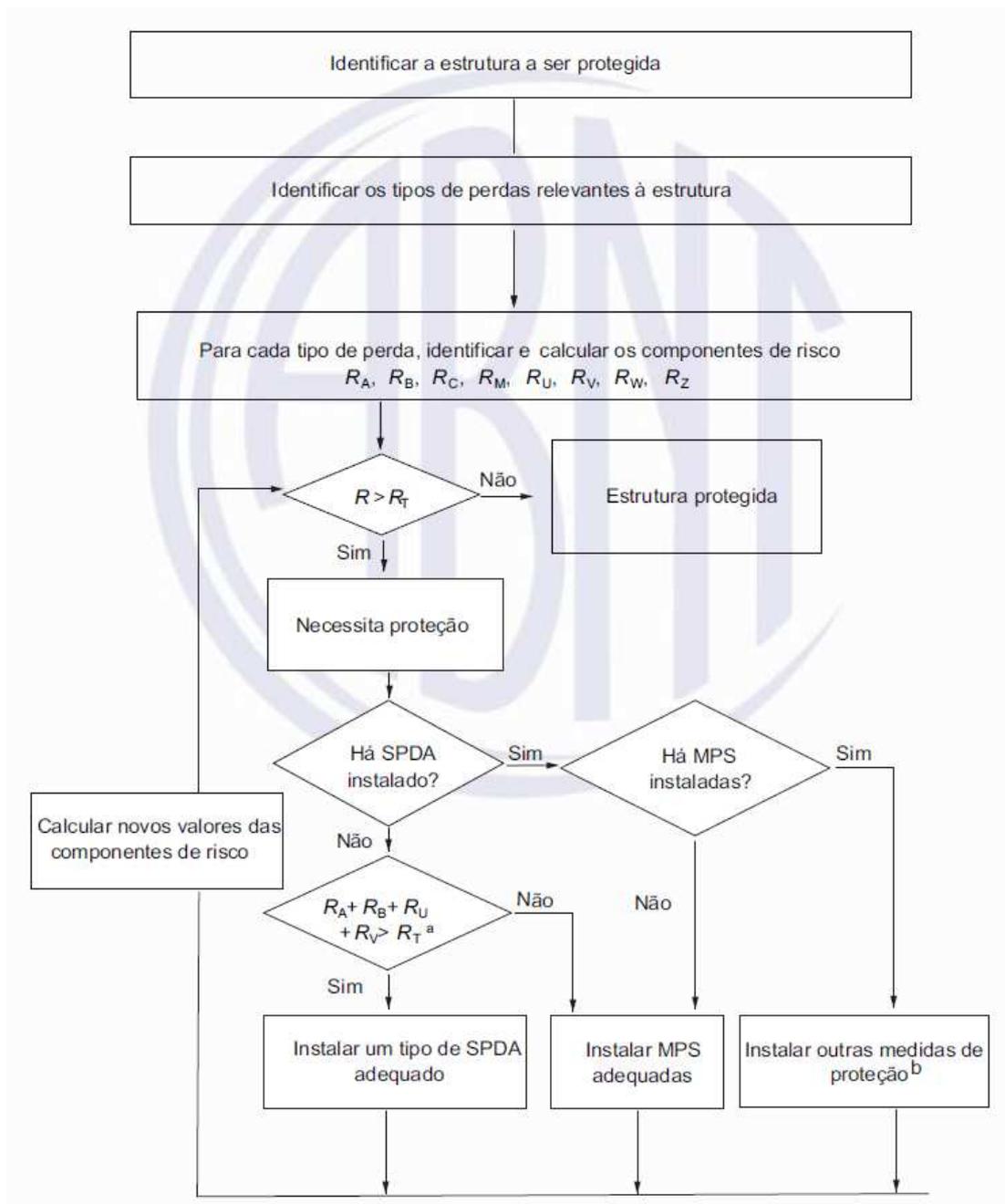
Fonte: Elaborada pelo autor, com base na NBR 5419-2 (ABNT, 2015b).

3 METODOLOGIA

Neste estudo de caso será avaliado o projeto de Proteção contra Descargas Atmosféricas de um prédio industrial construído em 2007, com o propósito de determinar as condições de segurança aos ocupantes da edificação, utilizando-se a metodologia de gerenciamento de risco definida pela NBR 5419-2:2015. A avaliação iniciará através da identificação dos tipos de perdas relevantes à estrutura, a qual estará limitada apenas a perda de vida humana $L1$. Em seguida, será realizada uma profunda análise construtiva da instalação para identificação e cálculo das componentes de risco R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W e R_Z . Após as componentes de risco serem determinadas, o risco total R_I referente a perda de vida humana será calculado e comparado com o risco tolerável R_T . Se o risco total R_I for menor que o risco tolerável R_T , a instalação estará devidamente protegida contra descargas

atmosféricas, oferecendo segurança aos trabalhadores. Entretanto, se o risco total R_T for maior que o risco tolerável R_T , a instalação requererá medidas de proteção complementares para torná-la segura aos seus ocupantes. Neste caso, serão propostas medidas de proteção adicionais ao projeto de PDA da estrutura e o risco total será recalculado. A Figura 1 ilustra a metodologia que será utilizada.

Figura 1 – Fluxograma metodologia



Fonte: ABNT (2015b, p. 22).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estrutura avaliada está localizada no Distrito Industrial do município de Cachoeirinha – RS, e possui 5.318 m² de área construída em único pavimento térreo. Inaugurado em 2007, o local foi projetado com o objetivo de fabricar protótipos de produtos derivados do tabaco, em baixa escala de produção, sob o CNAE n.º 1220-4/01. O regime de trabalho dos 30 colaboradores é de 40 horas semanais em um único turno administrativo, não havendo expediente aos sábados, domingos e feriados. Considerando que um ano possui 52 semanas, o tempo de permanência dos trabalhadores no interior da estrutura é de, aproximadamente, 2.080 h/ano. A estrutura possui SPDA interno e externo, além DPS nos quadros de distribuição primários e secundários. O projeto de SPDA externo utiliza a superfície de cobertura e fechamento lateral do prédio como subsistema natural de captação. As telhas utilizadas são zipadas com chapas de aço galvanizado de espessura 0,65 mm e revestidas internamente com lã de rocha. As colunas da edificação são utilizadas como subsistema de descida natural, estando interligadas ao subsistema de captação em malhas com 6 metros. No centro da armadura de cada coluna do subsistema de descida há uma barra adicional de aço CA-25, de 12,5 mm de diâmetro, a qual é utilizada como principal elemento de interligação com os demais subsistemas do SPDA. Na extremidade superior das colunas, há uma chapa de aço galvanizado sendo utilizada como elemento de conexão entre a barra de aço adicional e os demais cabos de cobre nu de 35 mm² que são fixados mecanicamente ao subsistema de captação. Na extremidade inferior das colunas, a ferragem das estacas e das vigas de fundação estão soldadas à barra adicional de aço e interligadas a um condutor de cobre nu que circunda o perímetro externo da estrutura formando, assim, o subsistema de aterramento.

A fim de evitar que a corrente de uma descarga atmosférica que flui pelo SPDA externo da estrutura provoque centelhamento em partes metálicas ou em linhas de energia conectadas ao prédio, a instalação foi projetada com um sistema de equipotencialização, ou SPDA interno. Ele é formado pela ligação intencional das partes metálicas da estrutura que estão próximas aos subsistemas de captação e descida do SPDA externo como, por exemplo, portas e janelas, ao barramento de equipotencialização principal. A equipotencialização das linhas elétricas da estrutura é feita indiretamente, através instalação de dispositivos de proteção contra surto nos

painéis de baixa tensão da seguinte forma: o painel geral de baixa tensão possui DPS Classe I, enquanto os painéis de distribuição secundários possuem DPS Classe II.

A Tabela 9 apresenta os parâmetros relevantes da estrutura, os quais são utilizados como dados de entrada para a análise de risco. De acordo com o mapa de densidade de descargas atmosféricas da região sul do Brasil disponibilizado por INPE (2015a), ocorrem no endereço onde a estrutura está situada cerca de 6,6 descargas/km²/ano. Dentro do parque industrial, a estrutura encontra-se isolada, sem nenhum outro objeto nas vizinhanças. No projeto em análise, não foram observadas preocupações com o roteamento da fiação interna a fim de evitar grandes laços.

Tabela 9 – Parâmetros de entrada da estrutura

| Parâmetro de entrada | Valor |
|---|--|
| 1) Densidade de descargas atmosféricas | $N_G = 6,6$ descargas/km ² /ano |
| 2) Número de pessoas na estrutura | $n_Z = 30$ pessoas |
| 3) Tempo de permanência dentro da estrutura | $t_Z = 2.080$ horas/ano |
| 4) Dimensões da estrutura | |
| a. Comprimento | $L = 108$ m |
| b. Largura | $W = 56$ m |
| c. Altura | $H = 16$ m |
| 5) Fator de localização da estrutura | Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças. $C_D = 1$ |
| 6) SPDA | Estrutura com cobertura metálica como subsistema de captação e estrutura de concreto armado atuando como subsistema de descida natural. $P_B = 0,01$ |
| 7) Ligação equipotencial | DPS com NP I. $P_{EB} = 0,01$ |
| 8) Blindagem espacial externa | $K_{S1} = 1$ |

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 10 apresenta as características da linha de entrada de energia. Após a subestação primária, a linha de 13,8kV segue enterrada por cerca de 1.000 metros até a subestação secundária rebaixadora, a qual está localizada no interior da edificação. Não foi especificado em projeto a resistência da blindagem da linha de média tensão e, portanto, o parâmetro utilizado tem como base os valores típicos sugeridos por ABNT (2015b). De acordo com o projeto do painel de média tensão da subestação secundária, a malha de blindagem dos cabos está conectada na mesma

barra de terra da instalação. O prédio está isolado dentro de um complexo industrial e não há objetos mais altos no seu entorno. Não foi localizado nos memoriais de projeto a tensão suportável de impulso dos equipamentos da instalação e, por esse motivo, adotou-se o menor valor tolerável admitido pela ABNT (2015b).

Tabela 10 – Parâmetros de entrada da linha de energia

| Parâmetro de entrada | Valor |
|--|---|
| 1) Comprimento da linha | $L_L = 1.000 \text{ m}$ |
| 2) Fator de instalação | Enterrado. $C_I = 0,5$ |
| 3) Fator tipo da linha | Linha de energia com transformador AT/BT. $C_I = 0,2$ |
| 4) Fator ambiental | Suburbano. $C_E = 0,5$ |
| 5) Blindagem da linha | Resistência da blindagem da ordem de $1\Omega/\text{km}$ e $5\Omega/\text{km}$. $R_S = 0,6$ |
| 6) Blindagem, aterramento, isolamento | Linha enterrada com blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento. $C_{LD} = 1$; $C_{LI} = 0$ |
| 7) Fator de localização da estrutura adjacente | Nenhuma. $C_{DJ} = \text{Não aplicável}$ |
| 8) Tensão suportável do sistema interno | $U_W = 1,0 \text{ kV}$ |

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 11 apresenta as características da linha de sinal. Como o seu comprimento total é desconhecido, assumiu-se o valor de 1.000 metros, conforme sugerido por ABNT (2015b). Os cabos de sinais são encaminhados até a edificação através de linhas aéreas, não constando informações em projeto a respeito de blindagem, aterramento e tensão de impulso suportável dos equipamentos conectados à linha. Desta forma, optou-se pelos valores mais conservadores como parâmetros de entrada.

Tabela 11 – Parâmetros de entrada de linha de sinal

| Parâmetro de entrada | Valor |
|-------------------------|---------------------------|
| 1) Comprimento da linha | $L_L = 1.000 \text{ m}$ |
| 2) Fator de instalação | Aéreo. $C_I = 1$ |
| 3) Fator tipo da linha | Linha de sinal. $C_T = 1$ |
| 4) Fator ambiental | Suburbano. $C_E = 0,5$ |
| 5) Blindagem da linha | Nenhuma |

| | |
|---|---|
| 6) Blindagem, aterramento, isolamento | <i>Linha aérea não blindada. $C_{LD} = 1$; $C_{LI} = 1$</i> |
| 7) Fator de localização da estrutura adjacente | <i>Nenhuma. $C_{DJ} = \text{Não aplicável}$</i> |
| 8) Tensão suportável do sistema interno | <i>$U_W = 1,0 \text{ kV}$</i> |

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tabela 12 apresenta as características da zona a ser protegida, a qual abriga os trabalhadores da empresa. De acordo com o projeto civil, o piso da instalação é de concreto usinado de alta resistência. Como as colunas estruturais da edificação são utilizadas como elementos naturais de descida para o SPDA externo, a probabilidade de uma descarga atmosférica causar choque a seres vivos devido a tensões de passo e de toque é nula. Por outro lado, não foram observadas em projeto medidas de proteção a fim de evitar que descargas atmosféricas na linha de sinal adentrem a estrutura e causem danos a seres humanos. O risco de incêndio é considerado normal e a instalação possui um sistema completo de prevenção contra incêndio, incluindo sistemas automáticos de detecção, alarme e combate, com sensores de fumaça e sprinklers em toda a instalação. Os cabos utilizados nas fiações internas de energia e sinal não possuem blindagem e não foram identificadas em projeto preocupações com o roteamento dos condutores a fim de se evitar laços. Embora os painéis de distribuição de energia possuam DPS instalados, não há informações em projeto sobre a coordenação entre os dispositivos a fim de minimizar os efeitos dos surtos originados interna ou externamente à estrutura. Pelo fato de a estrutura ser térrea e do número de funcionários ser inferior a 100, é esperado um baixo nível de pânico dos seus ocupantes na ocorrência de uma descarga atmosférica direta ou indireta sobre a estrutura.

Tabela 12 – Parâmetros de entrada da zona protegida

| Parâmetro de entrada | Especificação |
|--|--|
| 1) Tipo de piso | <i>Concreto. $r_t = 0,01$</i> |
| 2) Proteção contra choque elétrico devido à descarga atmosférica na estrutura | <i>Estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida. $P_{TA} = 0$</i> |
| 3) Proteção contra choque elétrico devido à descarga atmosférica na linha | <i>Isolação elétrica. $P_{TU} = 0$ Linha de sinais</i> |
| 4) Risco de incêndio | <i>Normal. $r_f = 0,01$</i> |
| 5) Proteção contra incêndio | <i>Instalações fixas operadas automaticamente, instalação de alarme automático. $r_p = 0,2$</i> |

| | |
|---|--|
| 6) Blindagem espacial interna | <i>Nenhuma medida de proteção para linha de sinais contra choque em seres humanos. $K_{S2} = 1$</i> |
| 7) Energia | |
| a) Fiação interna | <i>Cabo não blindado sem preocupação no roteamento afim de evitar laços. $K_{S3} = 1$</i> |
| b) DPS coordenado | <i>DPS NP I. $P_{SPD} = 0,01$</i> |
| 8) Telecom | |
| a) Fiação interna | <i>Cabo não blindado sem preocupação no roteamento afim de evitar laços. $K_{S3} = 1$</i> |
| b) DPS coordenado | <i>Nenhum DPS instalado. $P_{SPD} = 1$</i> |
| 9) L1: Perda de vida humana | |
| a) Fator h_z de aumento da quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial | <i>Baixo nível de pânico. $h_z = 2$</i> |
| b) D1 – Ferimentos devido a tensão de passo e toque | <i>Todos os tipos. $L_T = 0,01$</i> |
| c) D2 – Danos físicos | <i>Estrutura industrial. $L_F = 0,02$</i> |
| d) D3 – Falha nos sistemas internos | <i>Não aplicável</i> |
| 10) Fator para pessoa na zona | <i>0,2374</i> |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com base na metodologia de análise de risco definida por ABNT (2015b), e tendo como parâmetros de entrada as especificações da Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12, o risco total de perdas de vida humana – R_1 da estrutura sob análise é apresentado na Tabela 13. Como o risco total, $R_1 = 0,0095 \times 10^{-5}$, é muito inferior ao risco máximo tolerável, $R_T = 1 \times 10^{-5}$, é improvável que uma descarga atmosférica cause danos aos ocupantes da edificação. A componente de risco R_A , a qual se refere a ferimentos a seres humanos provocados por descargas atmosféricas na estrutura, apresenta valor nulo. A utilização das ferragens estruturais dos pilares como subsistema natural de descida reduz a zero a probabilidade de acidentes por choque elétrico devido as tensões de toque e de passo. A componente R_B , a qual se refere a danos físicos provocados por centelhamentos perigosos que são capazes de causar incêndio no interior da estrutura, apresenta a maior contribuição na composição do resultado final, com 38%.

Tabela 13 – Risco total de perdas de vida humana da estrutura existente

| Dano | Componente de Risco | Resultado ($\times 10^{-5}$) | Contribuição % |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------|
| D1 Ferimento a seres vivos | R_A | 0 | 0% |
| | R_U | 0,0033 | 35% |
| D2 Danos físicos | R_B | 0,0036 | 38% |
| | R_V | 0,0025 | 27% |
| | Risco total | $R_T = 0,0095$ | 100% |

Fonte: Elaborada pelo autor.

A identificação da necessidade de adoção de medidas de proteção contra os efeitos danosos das descargas atmosféricas se dá através da análise de risco, seguindo a metodologia apresentada na Figura 1. Como a estrutura em estudo já é considerada protegida, não há necessidade de instalação de medidas de proteção complementares. Entretanto, na hipótese de a estrutura não possuir SPDA e DPS instalados, a avaliação do risco total a ocupação humana é apresentada na Tabela 14. Nesta análise, todos os demais parâmetros de projeto da instalação já citados anteriormente permaneceram inalterados.

Tabela 14 – Risco de perdas de vidas humanassem SPDA e DPS como medidas de proteção

| Dano | Componente de Risco | Resultado ($\times 10^{-5}$) * | Contribuição % |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------|
| D1 Ferimento a seres vivos | R_A | 0,4549 | 32% |
| | R_U | 0,3332 | 24% |
| D2 Danos físicos | R_B | 0,3640 | 26% |
| | R_V | 0,2507 | 18% |
| | Risco total | $R_T = 1,402$ | 100% |

* Resultado considerando $P_B = 1$ e $P_{EB} = 1$ – Tabela 9, e $P_{TA} = 1$ – Tabela 12

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com o resultado da análise de risco apresentado na Tabela 14, a qual pressupõe a inexistência de medidas de proteção contra descargas atmosféricas, observa-se que estrutura não oferece segurança a ocupação humana, visto que o risco máximo tolerável, $R_T = 10^{-5}$, foi excedido. Os riscos de choque elétrico por tensões de passo e toque representados pela componente R_A contribuem expressivamente para o risco total, com 32%. Neste caso, a primeira medida de

proteção a ser adotada é a instalação de um SPDA externo com a classe de proteção selecionada de forma a garantir que o risco total seja inferior ao risco máximo tolerável. A Tabela 15 apresenta o resultado da análise de risco considerando a estrutura protegida por um SPDA Classe IV, sem a instalação de DPS nas linhas que adentram a estrutura, e considerando a utilização das ferragens das armaduras estruturais como elementos naturais do subsistema de descida. Mantendo-se inalteradas todas as demais características construtivas já apresentadas, o risco total oferecido pela estrutura é de $R_1 = 0,6558 \times 10^{-5}$. Portanto, não são requeridas medidas de proteção complementares para garantir a ocupação segura de seres humanos e a estrutura é considerada protegida.

Tabela 15 – Risco de perdas de vidas humanas com SPDA Classe IV

| Dano | Componente de Risco | Resultado ($\times 10^{-5}$) * | Contribuição % |
|--|---------------------|----------------------------------|----------------|
| D1 Ferimento a seres vivos | R _A | 0 | 0% |
| | R _U | 0,3222 | 51% |
| D2 Danos físicos | R _B | 0,0728 | 11% |
| | R _V | 0,2507 | 38% |
| | Risco total | $R_1 = 0,6558$ | 100% |
| * Resultado considerando $P_B = 0,2$ e $P_{EB} = 1$ – Tabela 9, e $P_{TA} = 0$ – Tabela 12 | | | |

Fonte: Elaborada pelo autor.

O projeto da edificação em análise previu a utilização de chuveiros automáticos e detectores de fumaça como medidas de segurança contra incêndio, mesmo não havendo a obrigatoriedade perante a legislação vigente no ano da sua construção e, tão pouco, após a publicação do Decreto Estadual n.º 53.280/16, aplicado a novas edificações. De acordo com a Tabela 8, tais medidas preventivas reduzem as consequências de um incêndio ao menor fator previsto pela NBR 5419-2:2015, com $r_p = 0,2$. Supondo que o projeto da edificação não previsse a utilização de chuveiros e alarmes automáticos, mas apenas as providências necessárias para que o fator de redução apresentado na Tabela 8 fosse igual a $r_p = 0,5$, é possível avaliar as consequências nos resultados das análises de risco já apresentadas na Tabela 13 – *Risco total de perdas de vida humana da estrutura existente*, e na Tabela 15 – *Risco de perdas de vidas humanas com SPDA Classe IV*. Neste cenário hipotético, onde r_p

= 0,5, todos os demais parâmetros de entrada da edificação foram mantidos inalterados, sendo os resultados desta simulação apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Risco de perdas de vidas humanas com fator de redução $r_p = 0,5$

| Dano | Componente de Risco | Projeto Atual ($\times 10^{-5}$) | SPDA Classe IV ($\times 10^{-5}$) |
|-------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Ferimento a seres vivos | R_A | 0 | 0 |
| | R_U | 0,0033 | 0,3322 |
| Danos físicos | R_B | 0,0091 | 0,1820 |
| | R_V | 0,0063 | 0,6268 |
| | Risco total | $R_T = 0,0187$ | $R_T = 1,1411$ |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados da análise de risco apresentados na Tabela 16 mostram que as ausências de detectores de fumaça e chuveiros automáticos elevam o risco total nos dois cenários propostos. Nesta simulação, o risco total do projeto atual ainda estaria consideravelmente abaixo do risco máximo tolerável, entretanto, a estrutura não estaria protegida se possuísse apenas um SPDA Classe IV como medida protetiva contra descargas atmosféricas, pois $R_T = 1,1411 \times 10^{-5}$.

5 CONCLUSÃO

De acordo com análise desenvolvida, o risco total de perda de vida humana oferecido aos ocupantes da edificação é igual a $R_T = 0,0095$, estando significativamente abaixo do limite máximo tolerável. Portanto, a estrutura é considerada protegida contra os efeitos danosos das descargas atmosféricas e não são requeridas ações de segurança complementares. Muito embora o projeto tenha sido elaborado no ano de 2007, o conjunto de medidas de proteção adotadas para reduzir os riscos associados às descargas atmosféricas ainda se mostra eficaz, mesmo após a revisão da NBR 5419 ocorrida em 2015.

A partir dos resultados obtidos na simulação apresentada na Tabela 14, a qual avalia o grau de risco considerando não existirem medidas de proteção contra descargas atmosféricas, é possível concluir que a edificação não ofereceria segurança aos trabalhadores, uma vez que $R_T = 1,402$ é maior do que o risco máximo tolerável $R_T = 1 \times 10^{-5}$. Neste cenário, a soma dos riscos oferecidos pelas componentes

R_A e R_B representam 81,9% do risco máximo tolerável. Logo, descargas atmosféricas ocorridas diretamente sobre a estrutura apresentariam potencial para vitimar seres humanos por choque elétrico e pelos efeitos de um incêndio, sendo requeridas medidas de proteção como, por exemplo, a instalação de um SPDA externo.

De acordo com o resultado da análise de risco apresentado na Tabela 15, a utilização de um SPDA externo de Classe IV seria suficiente para reduzir o risco de danos a seres humanos a níveis toleráveis, pois $R_T = 0,6558$. Muito embora medidas de proteção adicionais não sejam requeridas, a equipotencialização das linhas através um DPS reduziria o risco potencial de descargas atmosféricas sobre as linhas que adentram a edificação vitimarem seres humanos, uma vez que as componentes R_U e R_V , quando somadas, representam 89% do risco total.

O plano de prevenção contra incêndio da edificação contempla a utilização de chuveiros automáticos e sensores de fumaça como medidas adicionais de segurança, mesmo não sendo requisitos obrigatórios para a expedição do Alvará de Prevenção e Proteção Contra Incêndios (APPCI) pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul. Consequentemente, o risco total oferecido pelas componentes R_B e R_V , as quais estão relacionadas a incêndios provocados por centelhamentos perigosos, são atenuados pelo menor fator previsto por ANBT (2015b), com $r_p = 0,2$. Caso a edificação atendesse apenas aos requisitos mínimos exigidos pelo CBMRS, o resultado da análise de risco apresentado na Tabela 16 mostra que apenas a instalação de um SPDA Classe IV não seria capaz de reduzir o risco total a níveis toleráveis, sendo necessária adoção de medidas de proteção complementares, pois $R_T = 1,1411$.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5419-1**: proteção contra descargas atmosféricas: parte 1: princípios gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5419-2**: proteção contra descargas atmosféricas: parte 2: gerenciamento de risco. Rio de Janeiro: ABNT, 2015b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5419-3**: proteção contra descargas atmosféricas: parte 3: danos físicos a estrutura e perigos à vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2015c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5419-4**: proteção contra descargas atmosféricas: parte 3: sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2015d.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-10**: segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília, DF: Ministério do Trabalho, 1978. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-10.pdf. Acesso em 2 nov. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE DESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT). **Vítimas de raios – infográfico**. São José dos Campos: INPE, [2019?]. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/vitimas.de.raios.-.infografico.php>. Acesso em: 3 nov. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE DESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT). **Release ELAT nº 33**. São José dos Campos: INPE, 13 jul. 2015a. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/release.php?id=63>. Acesso em: 7 jul. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE DESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT). **Release ELAT nº 34**. São José dos Campos: INPE, 4 set. 2015b. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/release.php?id=64>. Acesso em: 3 nov. 2019.

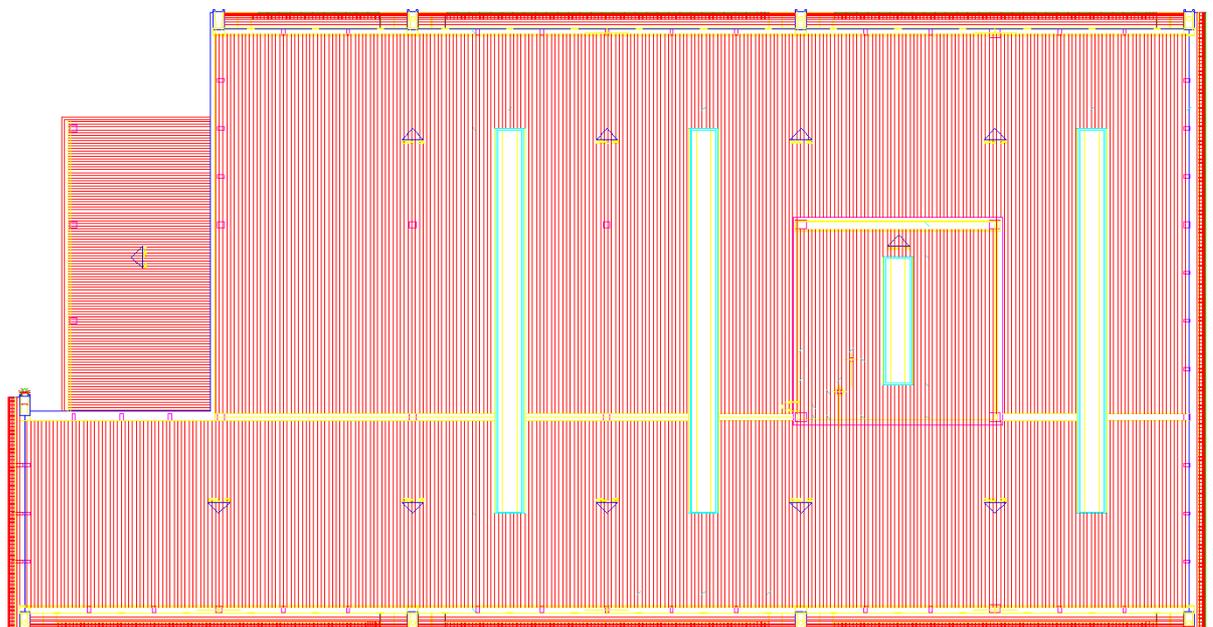
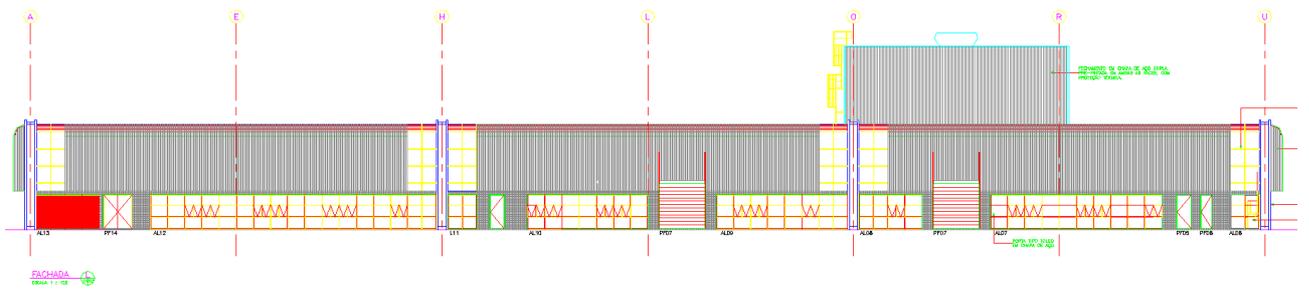
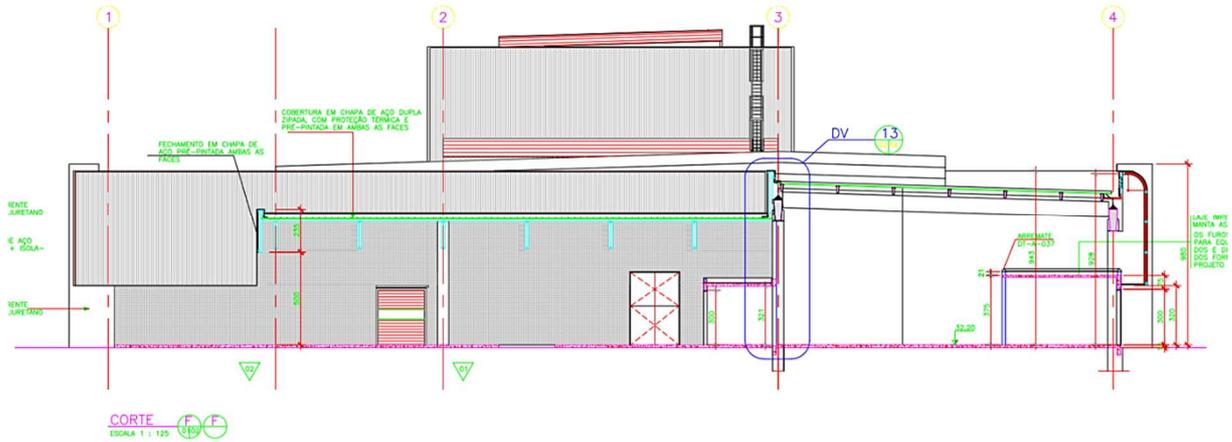
RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Segurança Pública. Comando do Corpo de Bombeiros. **Resolução Técnica nº 05 – Parte 07**: processo de segurança contra incêndio: edificações e áreas de risco existentes [RS] 2016. Estabelece o procedimento administrativo nas edificações e áreas de risco de incêndio enquadradas em existentes, conforme Lei Complementar n.º 14.376, de 26 de dezembro de 2013, e suas alterações, e Decreto Estadual n.º 51.803, de 10 de setembro de 2014, e suas alterações. Porto Alegre: Secretaria de Segurança Pública, 2016a. Disponível em: <https://www.bombeiros-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201706/01145642-rtcbmrs-n-05-parte-07-2016-existent-versao-corrigida.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto n.º 53.280, de 1º de novembro de 2016**. Altera o Decreto n.º 51.803, de 10 de setembro de 2014, que regulamenta a Lei Complementar n.º 14.376, de 26 de dezembro de 2013, e alterações, que estabelece normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndio nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, 2016b. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2053.280retificado.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2019.

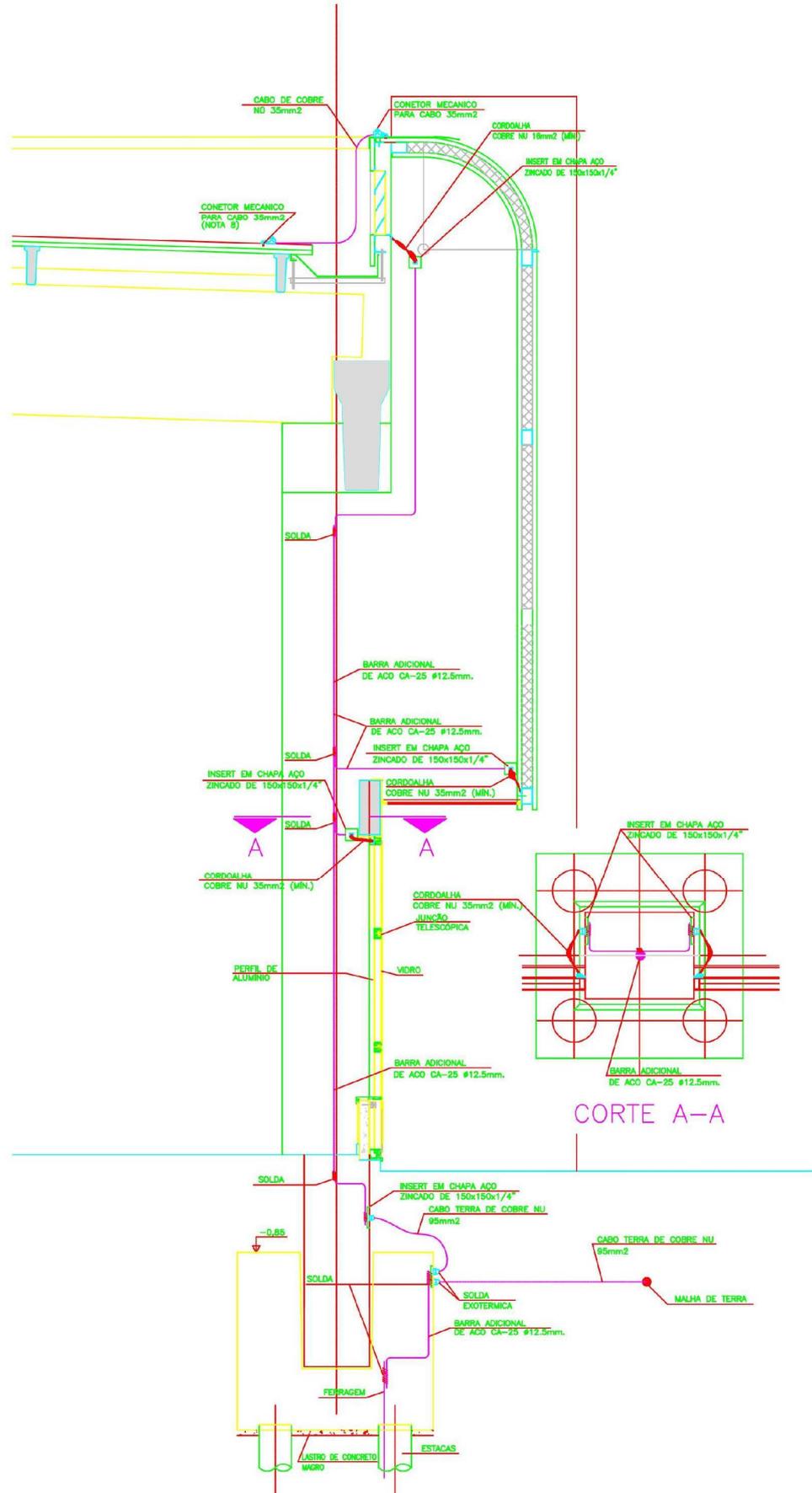
SUETA, Hélio Eiji. **Uso de componentes naturais de edificações como parte integrante do sistema de proteção contra descargas atmosféricas - Uma visão relativa aos danos físicos**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola

Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em:
<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-15022006-172839/publico/tese.pdf>.
Acesso em: 20 jun. 2019.

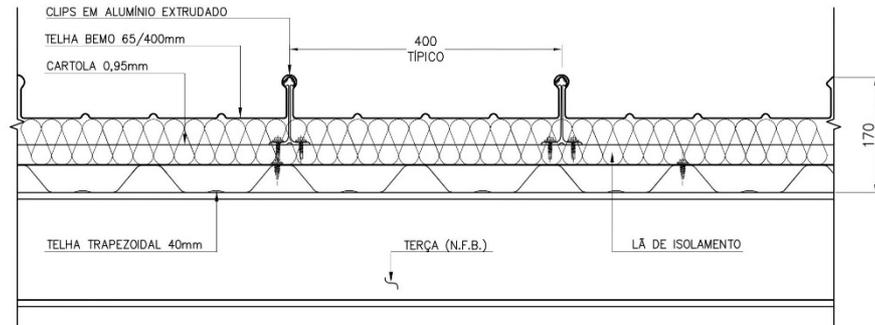
ANEXO A – DETALHAMENTO ARQUITETÔNICO DA ESTRUTURA ANALISADA



ANEXO B – DETALHAMENTO DO SUBSISTEMA DE DESCIDA E ATERRAMENTO



ANEXO C – DETALHAMENTO TELHA DE COBERTURA



BEMO ROOF 65/400mm
 TERMO ISOLANTE – 1C
 ESC. 1:8



PERSPECTIVA DO SISTEMA
 S/ESC.

LEGENDA

1. TELHA BEMO 65/400mm
2. LÃ DE ISOLAMENTO
3. CLIPS EM ALUMINIO
4. PERFIL CARTOLA #0,95mm
5. TELHA TRAPEZOIDAL P.40mm
6. ARREMATE DE PINGADEIRA – CONFORME MATERIAL DA TELHA

Este desenho é de propriedade da Bemo do Brasil Ltda. e está garantido por leis internacionais e nacionais (Art 7o, X da Lei 9.610/98). Seu uso total ou parcial, divulgação, adaptação, cópias, cessão, etc, somente poderão ocorrer mediante autorização expressa da desenvolvedora.

| REV. | DATA | DES. | OBSERVAÇÃO | NOTAS |
|------|------|------|----------------|--|
| 00 | | CC | PARA APROVAÇÃO | * N.F.B.= NÃO FORNECIDO PELA BEMO DO BRASIL; * DESENHO ORIENTATIVO. |

CLIENTE

TÍTULO 03 | BEMO ROOF 65/400mm | TERMO ISOLANTE – 1C

PATH: P:\Referência - Depto. Projeto\0. Detalhes Sistema de Cobertura\03 - BEMO ROOF 65-400 TERMO ISOLANTE\OPÇÃO 1 - 1C

