



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS**

CAMPUS PALMAS

BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

BRUNO SOUSA SANTOS

**ANÁLISE DA ESTRUTURA METÁLICA DO CAMINHO SEGURO DO IFTO
CAMPUS PALMAS, EM CONFORMIDADE COM OS CRITÉRIOS TÉCNICOS DA
NBR 5419:2015**

PALMAS-TO

2025

BRUNO SOUSA SANTOS

**ANÁLISE DA ESTRUTURA METÁLICA DO CAMINHO SEGURO DO IFTO
CAMPUS PALMAS, EM CONFORMIDADE COM OS CRITÉRIOS TÉCNICOS DA
NBR 5419:2015**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Marcelino da Silva
Filho

PALMAS-TO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S237a Santos, Bruno Sousa
Análise da estrutura metálica do caminho seguro do IFTO
Campus Palmas, em conformidade com os critérios técnicos da NBR
5419:2015 / Bruno Sousa Santos. – Palmas, TO, 2025.
56 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Dr. Antonio Marcelino da Silva Filho

1. Descargas atmosféricas. 2. Gerenciamento de risco. 3.
Passarela coberta. I. Silva Filho, Antonio Marcelino da. II. Título.

CDD 621

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).

BRUNO SOUSA SANTOS

**ANÁLISE DA ESTRUTURA METÁLICA DO CAMINHO SEGURO DO IFTO
CAMPUS PALMAS, EM CONFORMIDADE COM OS CRITÉRIOS TÉCNICOS DA
NBR 5419:2015**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins,
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em 28 de agosto de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Marcelino da Silva Filho
Orientador
Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

Prof. Me. Kaison Teodoro de Souza
Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

Prof. Me. Celivan Ferreira Vieira
Instituto Federal do Tocantins (IFTO)

PALMAS - TO.
2025

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), intitulado "Análise da estrutura metálica do caminho seguro do IFTO Campus Palmas, em conformidade com os critérios técnicos da NBR 5419:2015", teve como objetivo geral realizar uma inspeção na estrutura metálica da passarela coberta do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) Campus Palmas, avaliando sua conformidade com a Norma Brasileira (NBR) 5419:2015. A pesquisa abordou a problemática do elevado índice de descargas atmosféricas na cidade de Palmas, que é de 20,16 descargas por km²/ano, e o risco iminente de acidentes para a comunidade acadêmica devido às condições da infraestrutura do Campus. Os procedimentos metodológicos envolveram uma inspeção técnica e a realização de um gerenciamento de risco. A inspeção constatou que a telha de aço galvanizado da passarela, com 0,5mm de espessura, está em conformidade com as especificações mínimas para captação natural de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), conforme a Tabela 3 da NBR 5419-3:2015. Entretanto, a inspeção e os testes de continuidade realizados com um miliohmímetro identificaram não conformidades críticas: o sistema de descida apresentou uma alta resistência entre a telha (captação) e a base da coluna, o que torna o sistema ineficaz para conduzir a descarga elétrica; a presença de múltiplas camadas de tinta na estrutura metálica é levantada como uma possível causa desse alto valor de impedância, atuando como isolante elétrico; foi constatada a inexistência de um sistema de aterramento adequado (malha de aterramento), o que é essencial para a dissipação da descarga elétrica no solo. Apesar dessas não conformidades, o gerenciamento de risco realizado, conforme a NBR 5419-2:2015, indicou a não necessidade de um SPDA dedicado para a passarela coberta, pois os fatores de risco (principalmente o Risco 1 - perda de vida humana) encontrados foram inferiores ao risco tolerável. A conclusão, no entanto, sugere a equipotencialização da estrutura à malha de aterramento como boa prática de segurança. Para isso, propõe-se a garantia da continuidade com o uso de cordoalhas específicas para SPDA e a instalação de uma malha de aterramento fechada com hastes espaçadas a cada 20m.

Palavras-chave: Descargas atmosféricas. Gerenciamento de risco. Malha de aterramento. Passarela coberta.

ABSTRACT

This Final Course Work (TCC), entitled "Analysis of the metallic structure of the safe path of the IFTO Palmas Campus, in accordance with the technical criteria of NBR 5419:2015", had as its general objective to carry out an inspection of the metallic structure of the covered walkway of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins (IFTO) Palmas Campus, evaluating its compliance with the Brazilian Standard (NBR) 5419:2015. The research addressed the problem of the high rate of atmospheric discharges in the city of Palmas, which is 20.16 discharges per km²/year, and the imminent risk of accidents for the academic community due to the condition of the Campus infrastructure. The methodological procedures involved a technical inspection and risk management. The inspection found that the walkway's 0.5mm-thick galvanized steel tile complies with the minimum specifications for natural lightning arrestance in a Lightning Protection System (LPS), as per Table 3 of NBR 5419-3:2015. However, the inspection and continuity tests performed with a milliohmimeter identified critical nonconformities: the descent system presented high resistance between the tile (intake) and the base of the column, which makes the system ineffective in conducting the electrical discharge; the presence of multiple layers of paint on the metal structure is raised as a possible cause of this high impedance value, acting as an electrical insulator; the lack of an adequate grounding system (grounding grid) was found, which is essential for dissipating the electrical discharge in the ground. Despite these non-conformities, the risk management performed in accordance with NBR 5419-2:2015 indicated that a dedicated LPS system for the covered walkway was not necessary, as the risk factors (mainly Risk 1 - loss of human life) were found to be lower than the tolerable risk. The conclusion, however, suggests equipotentializing the structure with the grounding grid as a good safety practice. To this end, it is proposed to ensure continuity with the use of specific LPS cables and the installation of a closed grounding grid with rods spaced every 20 m.

Keywords: Lightning. Risk management. Grounding grid. Covered walkway.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Estrutura tripolar	12
Figura 2 -	Imagem de satélite da passarela coberta do Campus Palmas do IFTO	10
Figura 3 -	Mapa de raios no território brasileiro	13
Figura 4 -	Nível de incidência de descargas atmosféricas por km ² /ano em cada estado da região norte do Brasil	16
Figura 5 -	Fontes de danos, tipos de danos e tipos de perdas de acordo com o ponto de impacto	18
Figura 6 -	Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419	20
Figura 7 -	Forma de utilização do miliohmímetro para medir a continuidade em uma estrutura	23
Figura 8 -	Imagem de satélite da passarela coberta do IFTO	25
Figura 9 -	Imagem de satélite da parte 2 da passarela coberta	26
Figura 10 -	Imagem de satélite da parte 3 da passarela coberta do IFTO	26
Figura 11 -	Tipos de riscos	27
Figura 12 -	Imagem de satélite da parte 1 da passarela coberta do IFTO	28
Figura 13 -	Gerenciamento de risco parte 1	29
Figura 14 -	Gerenciamento de risco parte 2	30
Figura 15 -	Gerenciamento de risco trecho 1	32
Figura 16 -	Gerenciamento de risco trecho 2	32
Figura 17 -	Gerenciamento de risco trecho 3	33
Figura 18 -	Resultado do gerenciamento de risco do trecho 1	33
Figura 19 -	Resultado do gerenciamento de risco do trecho 2	34
Figura 20 -	Resultado do gerenciamento de risco do trecho 3	34
Figura 21 -	Inspeção das telhas da passarela coberta	35
Figura 22 -	Paquímetro utilizado para medir a espessura da telha	36
Figura 23 -	Vigas de sustentação da passarela coberta	37
Figura 25 -	Vista frontal da passarela coberta	38

Figura 26 -	Vista lateral da passarela coberta	38
Figura 27 -	Medição da continuidade da estrutura	40
Figura 28 -	Medição da continuidade da passarela coberta	41
Figura 29 -	Miliohmímetro utilizado para as medições	42
Figura 30 -	Parte da estrutura na guarita de entrada do IFTO	43
Figura 31 -	Base da coluna metálica	43
Figura 32 -	Estrutura metálica da guarita do IFTO	44
Figura 33 -	Topo da estrutura metálica da guarita	45
Figura 34 -	Base da estrutura metálica da guarita	45
Figura 35 -	Evidência das várias camadas de tinta presentes na estrutura metálica	46
Figura 36 -	Atual condição da base metálica de apoio e fixação da estrutura da passarela coberta	47
Figura 37 -	Evidência das várias camadas de tinta na estrutura metálica da passarela coberta	47
Figura 38 -	Medição da espessura da telha utilizada na passarela coberta	48
Figura 39 -	Tabela 3 na NBR 5419-3:2015 com especificações mínimas para as chapas metálicas em sistemas de captação	49
Figura 40 -	Valor encontrado das medições de resistência com o miliohmímetro	49
Figura 41 -	Base metálica da estrutura da passarela coberta	50
Figura 42 -	Cordoalhas	52
Figura 43 -	Tabela com valores I1	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 PROCESSO DE GERAÇÃO DE UM RAIO.....	9
2 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA.....	12
3 JUSTIFICATIVA.....	14
4 OBJETIVOS.....	15
4.1 OBJETIVO GERAL.....	15
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
5.1 DESCARGAS ELÉTRICAS NO TOCANTINS.....	16
5.2 DANOS CAUSADOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	17
5.3 NORMAS TÉCNICAS VIGENTES.....	19
5.4 TENSÃO DE TOQUE.....	20
5.5 TENSÃO DE PASSO.....	21
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
7.1 GERENCIAMENTO DE RISCO PARA DETERMINAR O GRAU DE PROTEÇÃO PARA A PASSARELA COBERTA.....	25
7.2 INSPEÇÃO TÉCNICA PARA ANALISAR SE A ESTRUTURA DA PASSARELA COBERTA OFERECE CONTINUIDADE PARA A CORRENTE ELÉTRICA SER DIRECIONADA PARA A MALHA DE ATERRAMENTO.....	35
7.3 MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DA ESTRUTURA.....	39
7.4 REALIZAR TESTES DE CONTINUIDADE NA ESTRUTURA.....	39
8 CONCLUSÃO.....	51
8.1 PROPOSTA DE TEMAS FUTUROS.....	54
9 REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais cientistas a se dedicar e estudar a respeito da geração de raios foi Benjamin Franklin, que no século XVIII já era conhecido pela sua presença política nos Estados Unidos e também pelas suas descobertas científicas, dentre elas, a de grande destaque foi a compreensão dos raios elétricos (Silva; Pimentel, 2008).

Enquanto criava e realizava experimentos científicos com eletricidade estática, Franklin começou a especular a respeito da natureza dos raios e relâmpagos. Seus avanços o levaram a realizar sua famosa experiência com pipas, em 1752, onde utilizou uma pipa de seda amarrada a uma linha durante uma tempestade. Franklin observou que a ponta de metal da pipa atraía a eletricidade atmosférica, o que comprovou que os raios eram uma forma de eletricidade. Tais descobertas revolucionárias para a época lançaram as bases para a compreensão moderna dos fenômenos elétricos na atmosfera. Franklin foi além e propôs o conceito inicial de para-raios, que se tornaram essenciais na proteção de edifícios contra raios nos dias de hoje. Sua abordagem científica e sua curiosidade incansável ilustraram a importância do experimento e do pensamento crítico científico (Silva; Pimentel, 2008).

As descargas atmosféricas são fenômenos elétricos naturais que ocorrem durante chuvas e tempestades. Nesse momento, partículas de água e gelo contidas nas nuvens resultam na separação de cargas elétricas. Enquanto a parte superior da nuvem fica positivamente carregada, a parte inferior se torna negativamente carregada. Quando a tensão atinge um ponto crítico, uma rápida equalização entre essas cargas gera um raio no interior dessa nuvem. Seguido por um som alto e forte, vem o trovão, que se propaga pela atmosfera. O calor gerado por um raio é tão alto que é capaz de aquecer o ar ao seu redor a uma temperatura superior a 30.000 graus Celsius. Todo esse calor expande o ar rapidamente gerando uma onda de choque conhecida como trovão (Mamede Filho, 2011).

1.1 PROCESSO DE GERAÇÃO DE UM RAIOS

As nuvens são um aglomerado de partículas que podem ser de água, gelo ou de água e gelo ao mesmo tempo, em suspensão na atmosfera, que se formam quando o ar é resfriado ou quando a água é condensada e elevada em forma de vapor e expansão do ar. As nuvens, de uma forma geral, são classificadas de acordo com a sua aparência e a sua altitude. Em relação a aparência das nuvens, estas podem ser subclassificadas de três formas: cirrus, stratus e cumulus. Estas três subcategorias de nuvens diferem entre si por suas características físicas como densidade, cor (branca ou cinza) e umidade. Já em relação ao aspecto de altitude, podem ser observadas nuvens baixas de até 2km de altitude, médias com altitude variante de 2km a 6km e altas cuja altitude ultrapassa os 6km e apresentam o crescimento vertical (Grimm, 1999).

Durante o período de uma tempestade, ocorrem fortes ventanias que entram em atrito com as nuvens e a água nelas contidas, tal atrito acaba eletrizando as nuvens de forma positiva ou negativamente. Tal efeito acarreta na geração de uma diferença de potencial entre as nuvens e a superfície do solo, que vai aumentando conforme o atrito do vento continua até chegar ao ponto em que as partículas de elétrons carregados positivamente atraem as partículas de elétrons carregados negativamente, gerando, assim, a descarga elétrica conhecida como raio. Nesse processo, a descarga elétrica provoca a emissão de luz, que é conhecida como relâmpago. Por fim, este fenômeno aquece o ar por onde passa provocando uma vibração e expansão do ar, que é denominada trovão (IEEUSP, 2024).

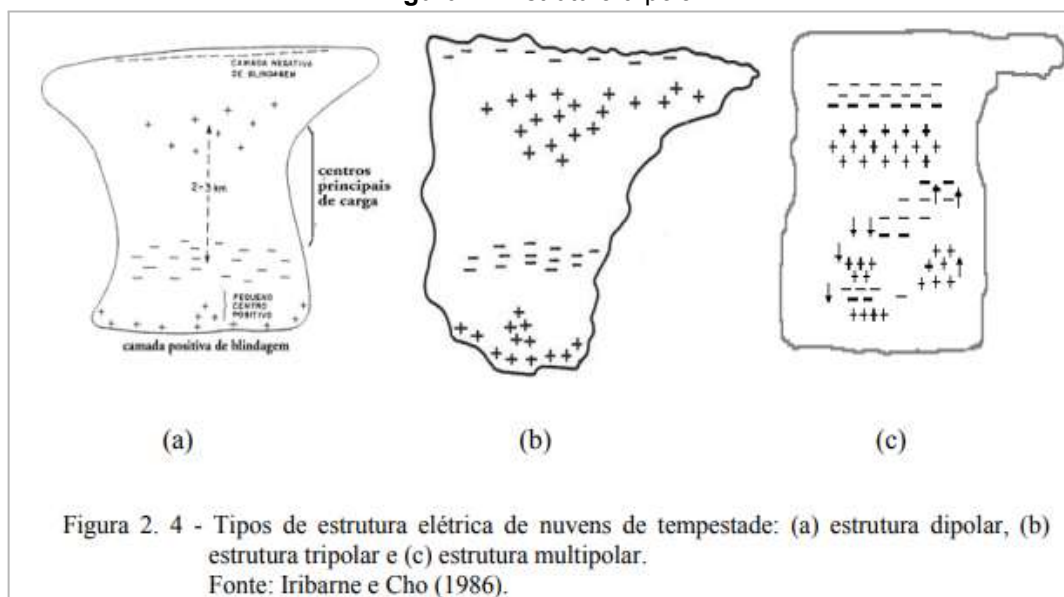
Com a complexidade existente no processo de formação das descargas atmosféricas, a comunidade científica por muito anos ficou intrigada para desenvolver novos estudos a respeito do assunto e tentar desvendar os segredos que envolvem perguntas que até os dias de hoje ainda são temas de muito estudo e pesquisa. Contudo, três fundamentais modelos de polarização das nuvens foram desenvolvidos, buscando explicar como os elétrons se comportam dentro das nuvens e como os mesmos interagem até a formação das descargas elétricas atmosféricas. Tais modelos são: modelo dipolar, modelo tripolar e estrutura multipolar (IEEUSP, 2024).

O modelo dipolar de estrutura elétrica das nuvens de tempestades foi desenvolvido no começo do século XX com o objetivo de descrever o

comportamento dos elétrons nas nuvens de tempestades até a geração dos raios, tal modelo tinha como base as medidas de campo elétrico e das cargas contidas nas partículas de chuva. Esse modelo de pesquisa descrevia as nuvens de tempestades como dipolos elétricos compostas por dois centros de cargas que, em sua estrutura, concentravam as cargas carregadas negativamente sempre na camada acima da parte carregada positivamente. Esse volume de cargas varia bastante de uma parte para outra, podendo conter diferenças altas de cargas variando de dezenas a centenas de Coulomb. Essa variação também está relacionada ao tamanho da nuvem. Tais fatos, resultam na criação de um campo elétrico na atmosfera ao redor da nuvem carregada (Brasil, 2025).

Já no final da década de 1930, foi elaborado um novo modelo de polarização chamado de estrutura tripolar. Nesta proposta de estrutura elétrica das nuvens era levado em consideração três centros de cargas, dois centros de carga positivos localizados na parte superior e outro na parte inferior e, entre estes dois centros de cargas positivos, o centro de carga negativo (Brasil, 2025).

Figura 1 - Estrutura tripolar



Fonte: Matos (2009, p. 51).

O Brasil, por possuir uma grande vastidão territorial e diversidade climática, é palco de grandes incidências de raios e trovões. Nas regiões norte e centro-oeste, onde a Amazônia se estende com sua floresta tropical, as descargas atmosféricas marcam sua presença constante durante a estação chuvosa. As vastas extensões de vegetação úmida e o calor intenso criam um ambiente ideal para o

desenvolvimento de tempestades com intensas descargas atmosféricas. Observa-se também que as regiões Sul e Sudeste possuem uma grande concentração de incidência de raios, comparados com as regiões Norte e Nordeste (Mamede Filho, 2011).

Neste contexto, observa-se que o estado do Tocantins se encontra em uma localidade geográfica de altos índices de descargas atmosféricas quando comparado com outros estados das regiões Norte e Nordeste, o que gera um elevado grau de atenção para estudos de proteção contra descargas atmosféricas.

Essas informações são de fundamental importância para os projetistas de Sistemas Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), pois os valores de densidade de descargas atmosféricas do local onde o projeto será executado devem ser levados em consideração no memorial descritivo de gerenciamento de risco, em observância das exigências da Norma NBR 5419:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas, com a finalidade de minimizar o risco ao patrimônio e a vida que usufruem das instalações locais.

2 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

O trabalho aqui descrito tem como finalidade apresentar um estudo sobre a passarela coberta do IFTO *Campus* Palmas que, ao longo de seu percurso, possui uma estrutura de metal para abrigar os usuários do sol e das chuvas.

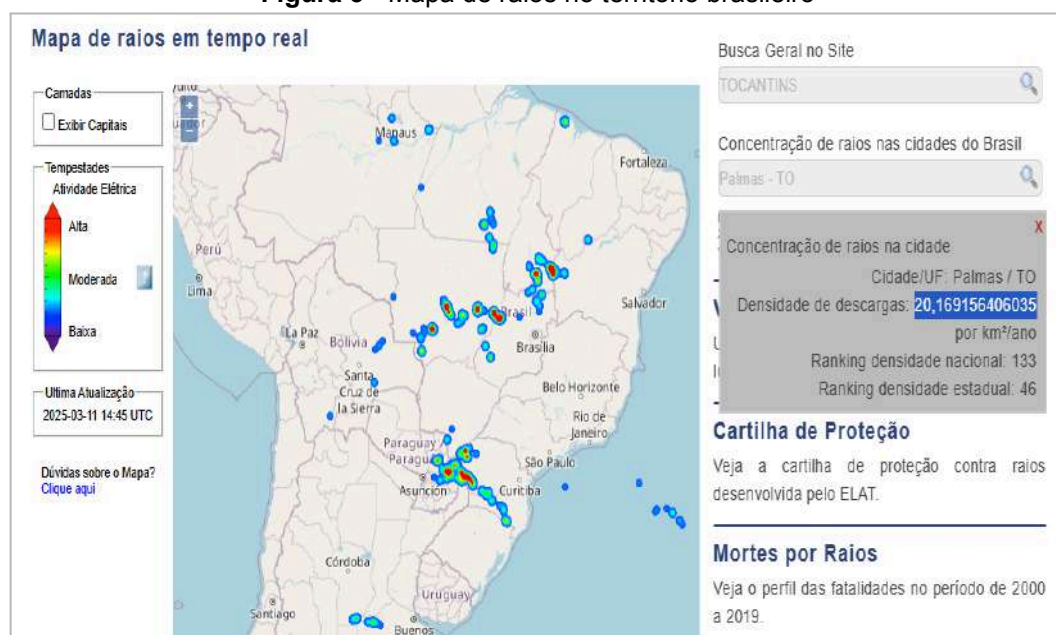
A Figura 2 mostra o percurso da passarela coberta que será levado em consideração neste estudo, mostrando que entrará em estudo toda a estrutura metálica da entrada do IFTO *campus* Palmas, que interliga a biblioteca João Paulo II, o restaurante universitário e os blocos das salas de aula do 14 ao 17.

Figura 2 - Imagem de satélite da passarela coberta do Campus Palmas do IFTO



Fonte: Google Maps (2024)

A cidade de Palmas possui uma densidade de descargas atmosféricas de 20,16 descargas por quilômetro quadrado por ano, um número elevado que, em contraste com o valor total de descargas atmosféricas que atingem o solo de todo o estado do Tocantins, faz com que este ocupe uma posição de liderança entre os estados que mais sofrem com esse tipo de fenômeno natural (Figura 3). Em virtude das condições estatísticas e das condições da infra estrutura do *Campus*, tem-se o risco iminente de acidente em virtude de descargas elétricas com a comunidade acadêmica.

Figura 3 - Mapa de raios no território brasileiro

Fonte: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>

Neste sentido, questiona-se: A passarela da passarela coberta está adequada para proteger os usuários durante um evento de perigo? As condições da passarela atendem às exigências da nova NBR5419:2015?

Neste contexto, a presente pesquisa propôs estudar os aspectos físicos e construtivos usados na criação de toda a estrutura como: o tipo de telhado; a continuidade ininterrupta do telhado até a malha de aterramento; a interligação entre a estrutura que suporta o telhado de aço e a malha de aterramento; a análise de risco do local para as pessoas que usam as passarelas; a conformidade da atualização da NBR5419:2015 na instalação atual das passarelas; e uma possível sugestão de melhoria para a passarela coberta contra descargas elétricas atmosféricas.

Todo o escopo da pesquisa teve como base teórica as normas técnicas da NBR 5419:2015 e NBR 5410:2020 que tratam respectivamente a respeito de proteção de estruturas contra descargas atmosféricas e projetos elétricos de baixa tensão.

3 JUSTIFICATIVA

A Norma NBR 5419:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas é a norma brasileira que estabelece os critérios para proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Esta norma faz referência a critérios construtivos a serem seguidos durante a elaboração do projeto para garantir a segurança de edifícios, instalações industriais e outras construções frente aos riscos provocados pelos fenômenos atmosféricos.

A cada revisão, essa norma se torna mais eficaz, acompanhando avanços tecnológicos, experiências práticas em campo e descobertas científicas. A mais recente atualização da NBR 5419 foi realizada em 2015, o que explica a viabilidade técnica deste trabalho, pois as passarelas com estruturas metálicas do IFTO *campus* Palmas foram construídas alguns anos antes da atualização desta norma. Logo, percebe-se a viabilidade do estudo a respeito do tema para saber se toda a estrutura de aço da passarela ainda oferece a segurança para os usuários e equipamentos dentro do que rege a nova NBR 5419:2015.

A atualização da NBR 5419:2015 aborda os aspectos relacionados à instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, promovendo boas práticas e padronização na implementação desses sistemas. Isso inclui orientações sobre materiais adequados, técnicas de instalação, inspeção periódica e manutenção preventiva, garantindo a eficiência e durabilidade dos dispositivos de proteção.

Assim, este estudo foi de grande importância, pois proporcionou um laudo técnico que demonstrou se o material utilizado da passarela coberta no IFTO *campus* Palmas está realmente em conformidade com a NBR 5419:2015. Este estudo demonstrou também, sobretudo, se vidas animais e humanas estão de fato protegidas dentro da estrutura.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma inspeção na estrutura metálica da passarela coberta do IFTO *Campus* Palmas, em conformidade com os critérios técnicos da NBR 5419:2015.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um gerenciamento de risco para determinar o grau de proteção para a passarela coberta;
- Realizar uma inspeção técnica para analisar se a estrutura da passarela coberta oferece continuidade para a corrente elétrica ser direcionada para a malha de aterramento;
- Medir a resistência de aterramento da estrutura;
- Realizar testes de continuidade na estrutura.

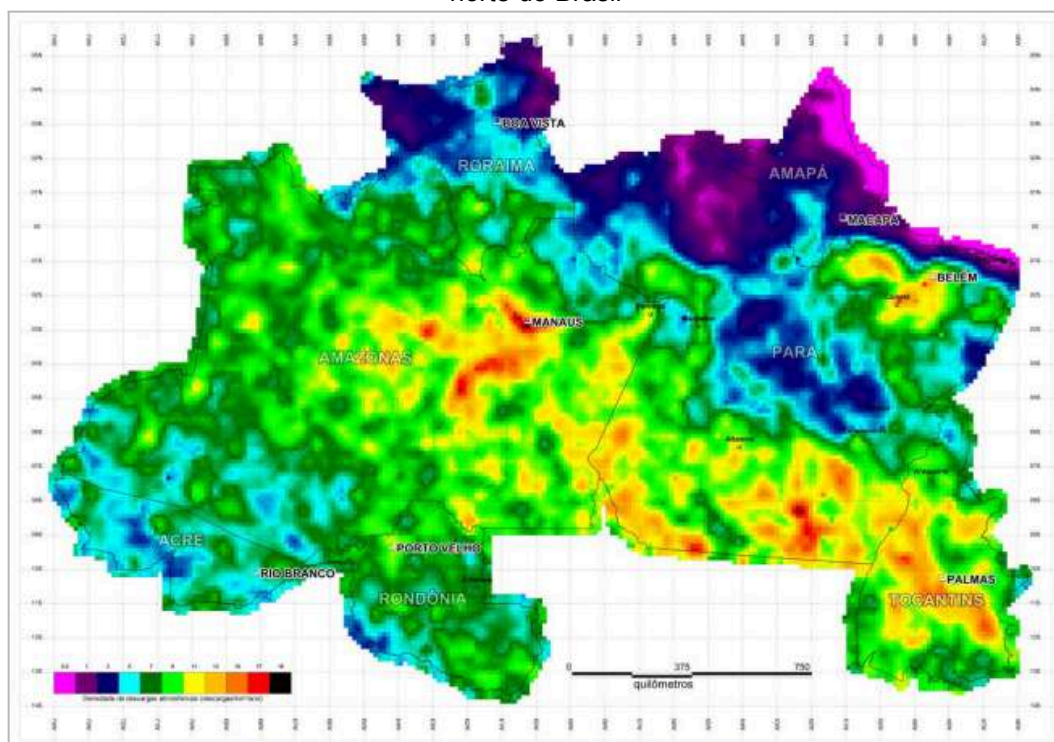
5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 DESCARGAS ELÉTRICAS NO TOCANTINS

Uma descarga atmosférica pode ser descrita como sendo a passagem de elétrons de um ponto com cargas carregadas negativamente a outro ponto que tenha diferença de potencial com cargas carregadas positivamente. Este evento ocorre em um curto intervalo de tempo, gerando energia em forma de calor que podem chegar facilmente aos 30.000°C, podendo ocorrer entre a atmosfera e a terra ou entre dois pontos distintos na atmosfera (Matos *et al.*, 2020).

A Figura 4, disponível no escopo na NBR 5419:2015, tem por objetivo mostrar o nível de incidência de descargas atmosféricas por km²/ano em cada estado da região norte do Brasil.

Figura 4 - Nível de incidência de descargas atmosféricas por km²/ano em cada estado da região norte do Brasil



Fonte: ABNT NBR 5419-2:2015 (2015, p. 98).

De acordo com a Figura 4, o estado do Tocantins possui índices de descargas atmosféricas que variam de 7 a 17 km²/ano, sendo um valor muito preocupante que desperta sinais de alerta, principalmente para a cidade de Palmas que possui 13 descargas atmosféricas por km²/ano, gerando a grande necessidade de um sistema

de SPDA eficiente e seguro para os usuários da passarela coberta do IFTO Campus Palmas.

Essas descargas, quando atingem o solo, têm grande capacidade de gerar prejuízos em larga escala, como a perda da vida animal, humana e perdas materiais. Em eventos que a descarga atinge a rede elétrica de potência, tanto de forma direta em um ponto de geração e transmissão, quanto de forma indireta em um local bem próximo com as mesmas características, pode acarretar em grandes prejuízos econômicos com a interrupção do fornecimento de eletricidade para o setor industrial e residencial.

5.2 DANOS CAUSADOS POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Quando uma descarga atmosférica atinge uma estrutura, prédio ou locais adjacentes a estes, pode ocorrer diversos tipos de danos como incêndios, explosões, perdas de equipamentos eletrônicos e danos físicos no local atingido. Mediante isto, para um cálculo mais preciso do nível de proteção do sistema de SPDA a NBR 5419:2015 descreve em seu escopo a definição de três tipos de dano, sendo eles: D1, D2 e D3.

- Os danos D1 fazem referência aos ferimentos causados em seres vivos por choque elétrico;
- Os danos D2 são danos físicos; e
- Os danos D3 são danos de falhas de sistemas eletroeletrônicos.

Estes parâmetros são utilizados para se encontrar os valores de S1, S2, S3 e S4 que representam o ponto de impacto da descarga atmosférica, sendo descritas da seguinte forma:

- S1 - Descarga atmosférica na estrutura;
- S2 - Descarga atmosférica perto da estrutura;
- S3 - Descarga atmosférica na linha; e
- S4 - Descarga atmosférica perto da linha.

Por conseguinte, deve-se levar em consideração os quatro tipos de perda, nomeados como: L1, L2, L3 e L4.

- L1 - Perda da vida humana;
- L2 - Perda de serviço ao público;
- L3 - Perda de patrimônio cultural; e

- L4 - Perda de valores econômicos.

A Figura 5 exemplifica, de forma dinâmica, como os parâmetros são dispostos em precedência. É possível observar, também, como a norma define os diferentes tipos de ponto de impacto na estrutura, sendo diretos ou indiretos.

Figura 5 - Fontes de danos, tipos de danos e tipos de perdas de acordo com o ponto de impacto

Descarga atmosférica		Estrutura	
Ponto de impacto	Fonte de danos	Tipo de danos	Tipo de perdas
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S2	D3	L1 ^b , L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S4	D3	L1 ^b , L2, L4
^a Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos. ^b Somente para estruturas com risco de explosão ou para hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos podem imediatamente colocar em perigo a vida humana.			

Fonte: ABNT NBR 5419-2:2015 (2015, p. 15).

Mediante estas informações técnicas apresentadas, fica evidente a importância dos profissionais capacitados da área elétrica para a correta interpretação teórica das normas regulamentadoras, pois, por mais que a NBR 5419:2015 seja a principal neste contexto apresentado até aqui, vale lembrar que a NBR 5410:2020 também tem seu espaço e importância teórica para a execução de atividades correlatas a sistemas de SPDA.

Profissionais da área elétrica que atuam na elaboração de projetos elétricos devem sempre estar a par das mudanças que acontecem nas normas e nos procedimentos de execução das mesmas e se atentando para as novidades inovadoras dos produtos que compõem um sistema de proteção contra descargas

atmosféricas, para que seja projetado um sistema de qualidade e eficiente para os usuários das edificações e estruturas protegidas.

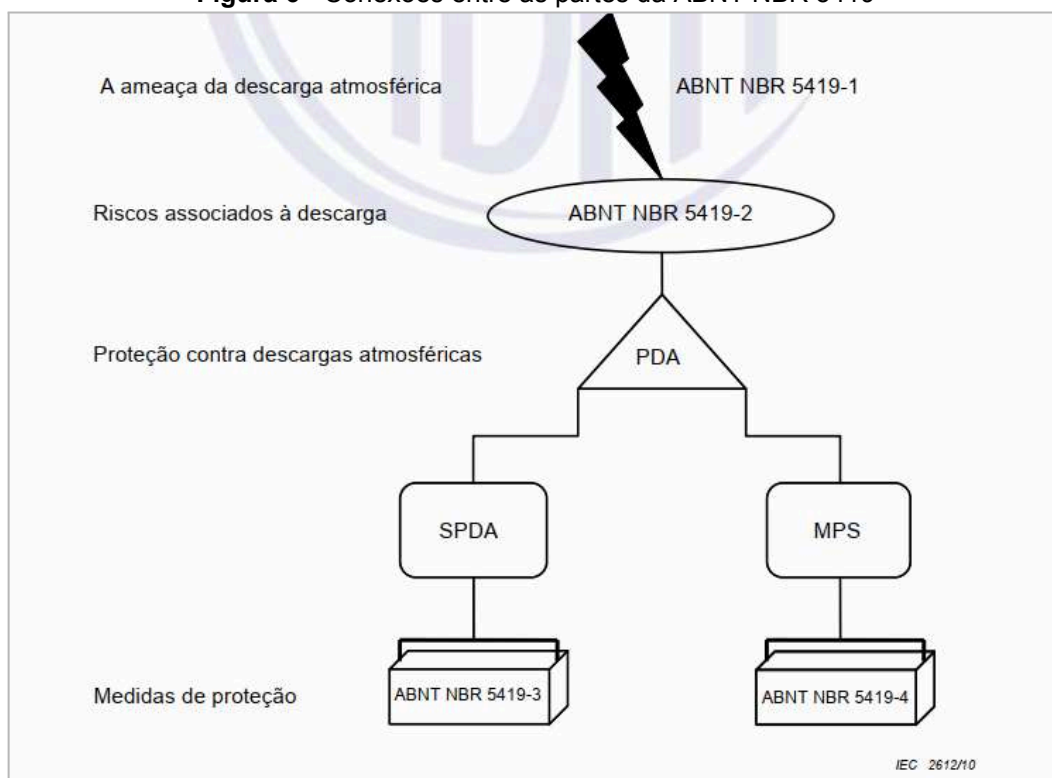
Neste ramo de atividade, tanto os eletrotécnicos, quanto os engenheiros eletricitas são responsáveis por atuar com este tipo de projeto, fazendo com que este tipo de atividade solicite cada vez mais mão de obra qualificada para suprir a demanda existente no mercado, que não se restringe apenas à elaboração de projetos, mas que se estende para a realização de laudos técnicos, vistorias, acompanhamento de obras, consultorias, etc.

5.3 NORMAS TÉCNICAS VIGENTES

A NBR 5419:2015 é a norma que atualmente descreve padrões de proteção para edificações e estruturas contra descargas atmosféricas, que devem ser obedecidas, tanto para a realização de projetos, quanto para a execução e manutenção de um SPDA. Esta norma é fragmentada em quatro partes, sendo elas:

- Primeira - PRINCÍPIOS GERAIS que estabelece requisitos para a determinação de proteção contra descargas atmosféricas, oferecendo subsídios para serem usados em projetos de SPDA (ABNT NBR 5419-1: 2015);
- Segunda - GERENCIAMENTO DE RISCO, esta parte visa calcular os diversos parâmetros que a NBR 5419:2015 estabelece com a finalidade de determinar um nível de proteção para ser adotado no projeto, que variam de I a IV (ABNT NBR 5419-2: 2015);
- Terceira - DANOS FÍSICOS A ESTRUTURA E PERIGOS À VIDA que trata a respeito dos danos físicos à estruturas e a seres vivos levando em considerações as tensões de toque e de passo (ABNT NBR 5419-3: 2015); e
- Quarta - SISTEMAS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS INTERNOS NA ESTRUTURA que tem por objetivo principal mitigar os danos que podem ocorrer em sistemas eletroeletrônicos vindos por impulsos eletromagnéticos originados de descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419-4: 2015).

A Figura 6 exemplifica as partes da NBR 5419:2015:

Figura 6 - Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419

Fonte: ABNT NBR 5419-1:2015 (2015, p. IX).

A Figura 6 mostra a forma com que a análise da norma está associada com a avaliação de risco, ou seja, uma conexão entre as quatro partes que constituem a norma. A Parte 1 da norma, em uso neste trabalho, aborda os princípios gerais de zonas de perigo, efeitos das descargas nos diversos tipos de estruturas, medidas de proteção, etc (ABNT NBR 5419-1: 2015). A Parte 2, que trata a respeito do gerenciamento de risco, contém orientações e instruções de como classificar o nível de proteção do PDA a partir do cenário encontrado em campo, onde a estrutura a ser protegida se encontra (ABNT NBR 5419-2: 2015). A Parte 3 da norma faz referência às medidas de proteção para os danos físicos e risco à vida dentro da estrutura (ABNT NBR 5419-3: 2015). Por último, a Parte 4, que também faz referência às medidas de proteção, porém com foco em reduzir falhas nos sistemas elétricos e eletrônicos em uma estrutura (ABNT NBR 5419-4: 2015).

5.4 TENSÃO DE TOQUE

Tensão de toque é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos que podem ser tocados simultaneamente por uma pessoa, geralmente entre os pés e as

mãos, durante uma falha elétrica ou descarga atmosférica. Essa tensão pode ocorrer, por exemplo, quando uma estrutura metálica energizada entra em contato com o solo ou quando há uma corrente de fuga. Em instalações elétricas, especialmente em subestações, a tensão de toque é um parâmetro crítico para garantir a segurança dos trabalhadores e do público. Se uma pessoa tocar em uma estrutura energizada enquanto está em contato com o solo, ela pode sofrer uma descarga elétrica perigosa. Fatores como resistência do solo, tempo de exposição e tipo de calçado ou isolamento influenciam na intensidade dos valores da tensão de toque. Para que este tipo de perigo seja minimizado ao máximo algumas medidas de proteção podem ser tomadas como: realizar o dimensionamento de uma malha de aterramento adequada, equipotencializar todas as partes metálicas à malha de aterramento, sempre que possível fazer o uso de pisos isolantes e de calçados adequados para o ambiente e manter uma sinalização de advertência de perigos para as partes pertencentes ao sistema de SPDA (Mamede Filho, 2011).

O cálculo da tensão de toque envolve entender como a corrente elétrica se distribui no solo e como ela pode afetar uma pessoa em contato com uma estrutura energizada.

5.5 TENSÃO DE PASSO

A tensão de passo é a diferença de potencial elétrico entre os pés de uma pessoa que caminha sobre o solo energizado, especialmente durante uma falta elétrica à terra. Esse fenômeno ocorre quando uma corrente elétrica se dispersa pelo solo, criando gradientes de tensão que podem ser perigosos para pessoas e animais próximos ao ponto de falha. Quando há uma descarga elétrica no solo por exemplo, devido a um raio ou uma falha em uma subestação a corrente se espalha radialmente. Como o solo não é um condutor perfeito, diferentes pontos terão diferentes potenciais elétricos. Se uma pessoa estiver com os pés separados, cada pé pode estar em contato com um ponto de potencial diferente, fazendo com que uma corrente elétrica atravesse o corpo. A tensão de passo pode causar choques elétricos, contrações musculares, fibrilação ventricular e quedas acarretando em acidentes. A norma ABNT NBR 14039 orienta sobre os limites seguros de tensão de passo e formas de mitigação, tais orientações são análogas às que foram citadas no tópico tensão de toque (Mamede Filho, 2011).

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa desenvolvida teve caráter quantitativo, visando analisar a problemática proposta para este estudo com a norma técnica NBR 5419:2015, de forma observativa e experimental. A mesma será realizada no Instituto Federal do Tocantins, campus Palmas, local que atualmente comporta cerca de quatro mil alunos.

Para início de pesquisa, será realizada uma visita técnica com o objetivo de inspecionar toda a estrutura metálica da passarela coberta no IFTO, onde será observado se as telhas metálicas utilizadas no decorrer de toda a estrutura tem o tamanho, espessura e material dentro do padrão da NBR 5419:2015. Será observado, também, a forma em que as telhas foram fixadas nos perfis metálicos que as sustentam, pois, é de fundamental importância que toda a estrutura esteja bem fixada para garantir a continuidade do caminho da corrente até a malha de aterramento. Neste quesito, também será observado se existe algum fator isolante em algum ponto da estrutura que possa comprometer a eficácia da continuidade, tais como: borrachas de isolamento, tinta nas telhas ou nos perfis metálicos, verificar se os pilares da estrutura metálica estão devidamente aterrados, etc.

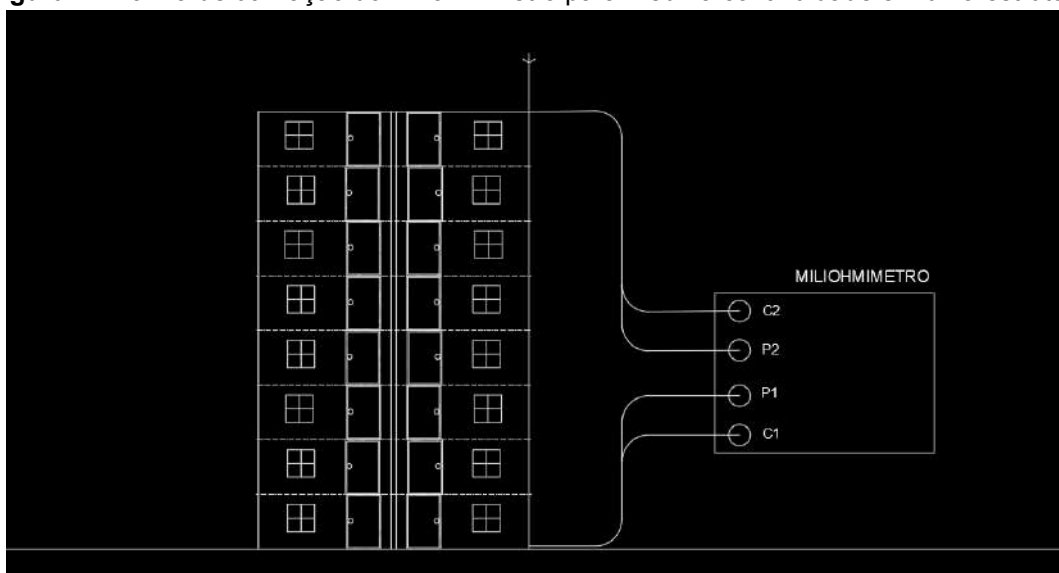
Posteriormente, um gerenciamento de risco será desenvolvido, com o objetivo de chegar à conclusão se a estrutura precisa ou não de um sistema de SPDA. Esta etapa será desenvolvida utilizando a parte 2 da NBR 5419, que contém as orientações de como deve ser feito este documento, valores de cada aspecto construtivo e usual da estrutura a ser levado em consideração e as fórmulas e equações matemáticas a serem utilizadas para chegar no resultado final. Será posto em comparação o resultado encontrado através dos cálculos com o valor de referência disponível dentro da norma.

A norma, aqui em uso, traz quatro tipos de riscos a serem considerados: R1, R2, R3 e R4. O risco R1 se trata dos riscos de perda de vida humana e ferimentos que podem ser causados. O risco R2 fala sobre o risco de perda de serviço público como água e energia elétrica. O risco R3 faz referência à perda de patrimônio cultural, por exemplo, o risco causado por uma descarga elétrica em um museu. Por fim, o risco R4 é o risco causado por perdas de valores econômicos, ou seja, os bens materiais que podem ser danificados ou perdidos com a ocorrência de uma descarga elétrica.

Realizadas essas etapas se dará início aos testes práticos para a conferência da continuidade da estrutura, ou seja, se a estrutura metálica está oferecendo um caminho de baixa impedância para a corrente elétrica e direcionando-a para a malha de aterramento da estrutura. Nesta etapa, será necessário o uso da ferramenta miliohmímetro ou microhmímetro em alguns trechos estratégicos ao longo da estrutura.

A Figura 7 ilustra a forma de se utilizar o miliohmímetro para medir a continuidade em uma estrutura, os pontos C1 e C2 funcionam como um circuito de corrente, P1 e P2 são os cabos de potencial.

Figura 7 - Forma de utilização do miliohmímetro para medir a continuidade em uma estrutura



Fonte: O autor (2024).

Com os dados do levantamento de campo em mãos e processados, se dará início à análise do projeto da passarela coberta. O objetivo nesta etapa é visualizar como foi feita a malha de aterramento da estrutura e analisar se a mesma está em conformidade com a NBR5419 2015. Para tal, será utilizado o software AutoCad para visualizar os detalhes técnicos e construtivos que o profissional elaborou para o sistema, tais como, espaçamento entre as colunas/pilares da estrutura, forma de distribuição da malha de aterramento (caso exista), profundidade ao qual as colunas/pilares foram projetados para serem enterrados, possíveis hastes de aterramento em algum ponto específico da estrutura e se existe alguma interligação da estrutura metálica da passarela coberta com o barramento de algum quadro de distribuição existente nas proximidades.

Por fim, será realizada uma análise geral com todos os dados coletados para saber se, nas atuais condições em que se encontra a passarela coberta do IFTO, a NBR 5419:2015 continua a ser atendida em seus critérios, haja visto que no período em que a passarela coberta foi construído a versão que estava vigente era do ano de 2005.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

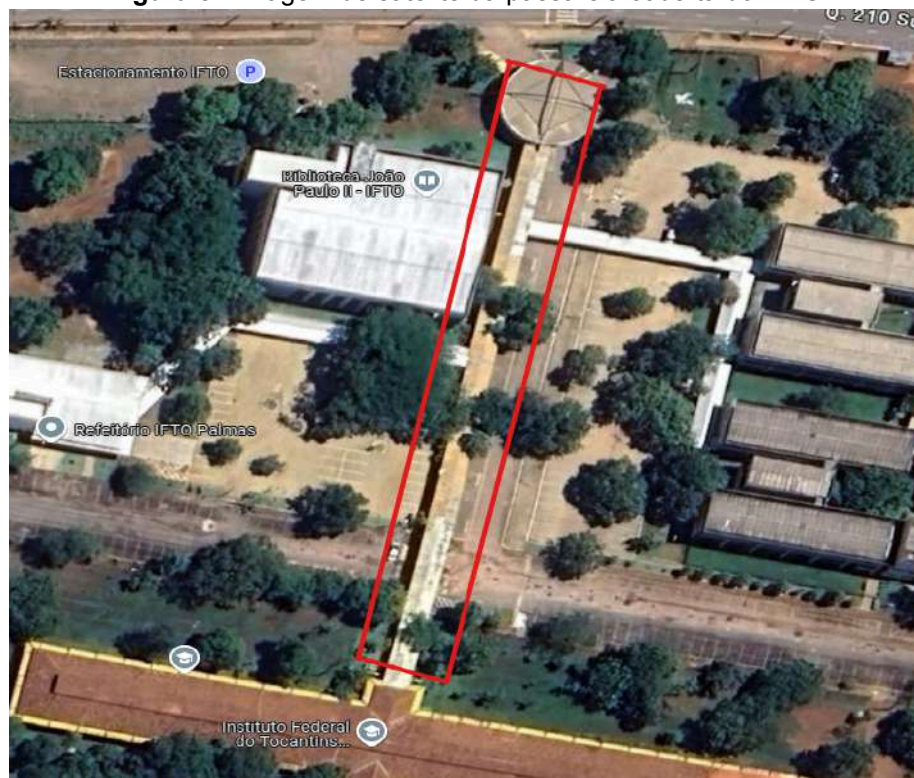
Nesta seção, apresentamos o laudo técnico sobre a passarela coberta do Campus Palmas, iniciando pela guarita até a entrada da recepção.

7.1 GERENCIAMENTO DE RISCO PARA DETERMINAR O GRAU DE PROTEÇÃO PARA A PASSARELA COBERTA.

O gerenciamento de risco trata-se de uma etapa em que é analisada as condições de uso do local a ser protegida com os fatores ambientais e geográficos da região em que a estrutura está montada. No presente caso, foi levado em consideração a quantidade de pessoas que utilizam a passarela coberta do IFTO durante um período de risco de descargas atmosféricas, estruturas próximas, redes de distribuição de energia próximas (se houver) e índice de incidência de raios na zona de construção da passarela coberta.

Para facilitar o cálculo do gerenciamento de risco, a passarela coberta aqui em estudo foi dividido em 3 partes conforme mostram as Figuras 8, 9 e 10.

Figura 8 - Imagem de satélite da passarela coberta do IFTO



Fonte: Google Maps (2025)

A primeira parte compreende a passarela coberta central (Figura 8), desde a entrada até a recepção do IFTO. Este trecho possui um comprimento de 150m e é a principal entrada dos alunos para os demais blocos do IFTO.

A Figura 9 mostra a segunda parte da divisão da passarela coberta. Nela, é possível observar que se trata de um trecho que dá acesso a 8 blocos de salas de aulas o que evidencia um fluxo muito alto de alunos transitando.

Figura 9 - Imagem de satélite da parte 2 da passarela coberta.



Fonte: Google Maps (2025)

A Figura 10 mostra a passarela coberta que dá acesso aos estudantes para o restaurante universitário do IFTO campus Palmas, trecho que também possui um alto fluxo diário de estudantes em seu percurso.

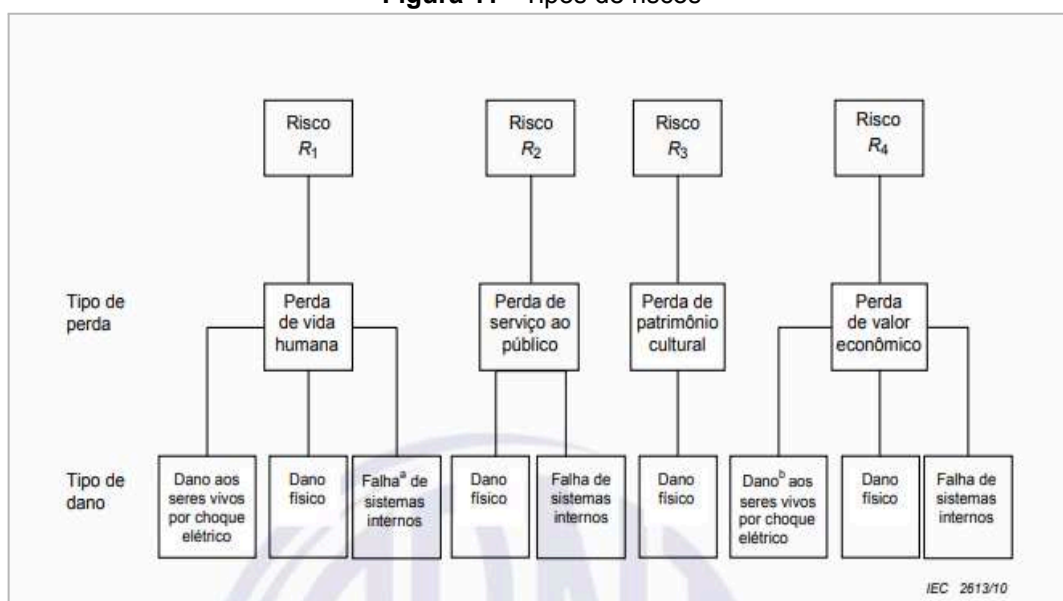
Figura 10 - Imagem de satélite da parte 3 da passarela coberta do IFTO



Fonte: Google Maps (2025)

Em todos os trechos observados, nota-se a presença de estruturas mais altas que a passarela coberta, tais como o prédio da biblioteca João Paulo II, os blocos de salas de aula e a estrutura do restaurante universitário. Junto a estas estruturas, observa-se também a existência de uma zona de proteção, uma vez que estruturas mais altas próximas da passarela coberta tendem a atrair as descargas atmosféricas para si. O gerenciamento de risco é baseado na soma dos quatro tipos de riscos determinados pela NBR 5419:2015 parte 2, sendo eles: R1, R2, R3 e R4. Para cada um destes parâmetros é atribuída uma perda específica a ser considerada no cálculo do gerenciamento de risco e para cada tipo de parâmetro existem 3 sub parâmetros a serem calculados como mostra a Figura 11. A soma de todos estes tipos de risco determinará se existe ou não a necessidade de algum tipo de proteção contra descargas atmosféricas.

Figura 11 - Tipos de riscos



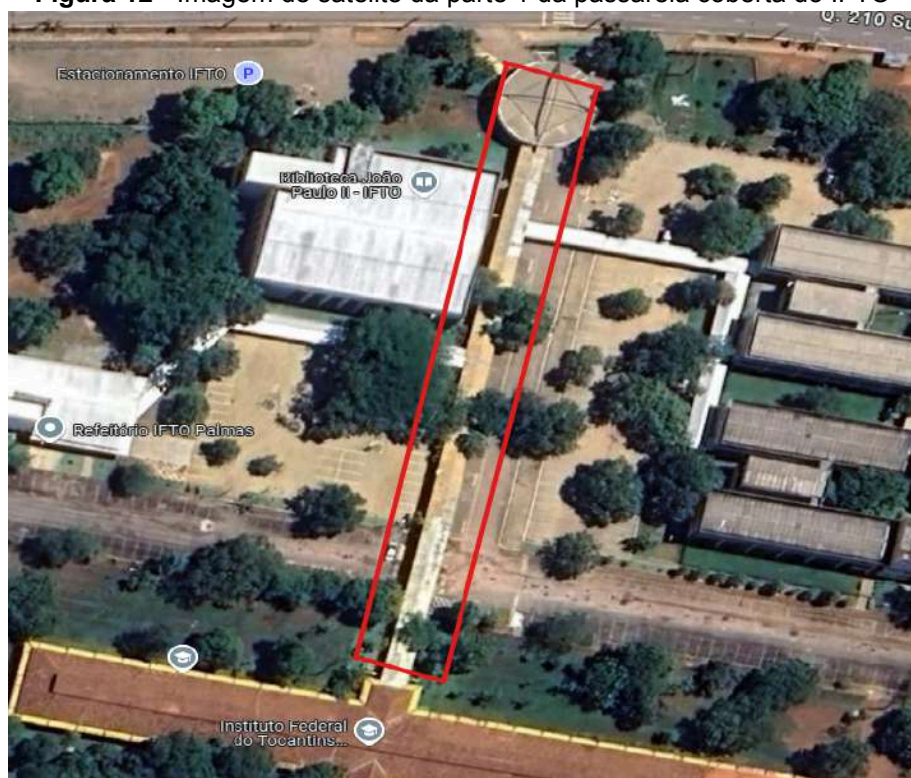
Fonte: ABNT NBR 5419-1:2015 (2015, p. 13).

A expressão R_T representa risco tolerável e, ao final dos cálculos do gerenciamento de risco, é feita uma análise para saber se o valor de R é maior ou menor que o risco R_T , com isso chega-se às seguintes conclusões:

1 - $R_T \geq R$: Então a edificação não necessariamente precisa de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, pode-se aplicar apenas dispositivos de proteção contra surtos dentro do quadro geral de distribuição de circuitos.

2 - $R_T < R$: A estrutura necessita de um sistema de SPDA de classe I, II, III ou IV para proteger as pessoas, animais e equipamentos do local.

Figura 12 - Imagem de satélite da parte 1 da passarela coberta do IFTO



Fonte: Google Maps (2025)

Para a realização do memorial de cálculo da primeira parte da passarela coberta, os seguintes parâmetros foram levantados: comprimento da estrutura 150m, largura da estrutura 3,58m, altura da estrutura 3,08m. Para esta parte do memorial de cálculo foi levado em consideração a estrutura da biblioteca João Paulo II, sendo uma estrutura adjacente mais alta na proximidade da passarela coberta.

A Figura 13 mostra os dados de entrada para o memorial de cálculo do gerenciamento de risco.

Figura 13 - Gerenciamento de risco parte 1

Análise do numero anual N de eventos perigosos (Anexo A)		
Fator de localização (Tabela A.1)	C_D	0,25
Fator de localização de uma estrutura adjacente (Tabela A.1)	C_{DI}	1
Fator de instalação de uma linha (Tabela A.2)	C_I	0,5
Fator tipo de linha (Tabela A.3)	C_T	1
Fator ambiental (Tabela A.4)	C_E	0,1
Avaliação da probabilidade PX de danos (Anexo B)		
Probabilidade de reduzir PTA dependendo das medidas de proteção contra tensões de toque e passo (Tabela B.1)	P_{TA}	1,00E+00
Fator dependente da blindagem, aterramento e condições de isolamento da linha para descargas atmosféricas na linha (Tabela B.4)	C_{LD}	0
Fator dependente da blindagem, aterramento e condições de isolamento da linha para descargas atmosféricas perto da linha (Tabela B.4)	C_{LI}	0,00E+00
Depende das medidas de proteção contra tensões de toque, como restrições físicas ou avisos visíveis de alerta. Valores de PTU são dados na (Tabela B.6)	P_{TU}	1,00E+00
Probabilidade de reduzir PU , PV e PW dependendo das características da linha e da tensão suportável do equipamento (descargas atmosféricas na linha conectada) (Tabela B.8)	P_{LD}	1,00E+00
Probabilidade de reduzir PZ dependendo das características da linha e da tensão suportável do equipamento (descargas atmosféricas perto da linha conectada) (Tabela B.9)	P_{LI}	3,00E-01
Valor do fator KS3 dependendo da fiação interna (TABELA B.5)	K_{S3}	1,00E+00
Uw é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido (kV).(Tabela B.8)	U_w	2,50E+00

Fonte: Excel, versão 2.7, Rondonópolis-MT, Rodrigo A.Maliszeski, 2024.

Neste trecho do memorial de cálculo alguns itens são referentes às características do ambiente ao qual a estrutura está instalada. O fator C_D por exemplo é o parâmetro referente ao fator de localização que no escopo da norma é apresentado na tabela A.1, foi escolhido o valor de 0,25 pelo fato de existir em loco ao redor da passarela coberta do IFTO estruturas mais altas, como a biblioteca e os blocos de sala de aula. O parâmetro P_{TA} tem seu destaque por fazer referência a probabilidade de uma descarga atmosférica atingir a estrutura metálica e causar choque elétrico devido a tensão de passo ou tensão de toque. C_{LD} e C_{LI} são valores

que descrevem as condições de blindagem do aterramento e do isolamento, como não foi identificado um sistema de aterramento em campo este valor passa a ser 0 para ambas as variáveis, estes valores estão previstos em norma. O parâmetro P_{tu} também faz referência a probabilidade de uma descarga atmosférica causar danos a seres vivos, entretanto a análise que deve ser feita para a escolha do valor correto está mais voltado para quais os tipos de proteção existentes na estrutura que atuam como um isolador a fim de evitar as tensões de toque e de passo na zona protegida, logo, como não foi identificado nenhum tipo de proteção foi adotado o valor 1 o qual por norma descreve que não existe nenhum nível de proteção em loco. Os demais parâmetros mostrados neste trecho do memorial de cálculo se referem ao tipo de rede próxima a estrutura, seja de energia ou de comunicação (telefonia ou internet) e para a escolha dos valores dos mesmos foi levado em consideração apenas a existência do circuito de iluminação interno da passarela coberta (ABNT NBR 5419-3: 2015).

Figura 14 - Gerenciamento de risco parte 2

Análise do numero anual N de eventos perigosos (Anexo C)		
Fator de redução associado ao tipo de superfície do solo (Tabela C.3)	r_t	1,00E-02
Valor relativo médio típico de todos valores danificados por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso (Tabela C.12)	$L_{T(1,2,3,4)}$	1,00E-02
Nz = é o número de usuários servidos pela zona; Nt = é o número total de usuários servidos pela estrutura.	n_z/n_t	0,347826
Tempo, em horas por ano, que pessoas estão presentes em um local perigoso	$t_z/8760$	0,22
Fator redutor de perda devido às precauções contra incêndio (Tabela C.4)	r_p	1
Fator redutor de perda dependente do risco de incêndio (Tabela C.5)	r_f	0,00E+00
Fator de aumento de perda quando um perigo especial está presente (Tabela C.6)	h_z	1
Perda em uma estrutura devido a danos físicos (Tabela C.2)	L_{F1}	1,00E-02
Perda em uma estrutura devido à falha de sistemas internos (Tabela C.2)	L_{O1}	0,00E+00
Perda em uma estrutura devido a danos físicos (Tabela C.8)	L_{F2}	1,00E-02
Perda em uma estrutura devido à falha de sistemas internos (Tabela C.8)	L_{O2}	1,00E-02
Perda em uma estrutura devido a danos físicos (Tabela C.12)	L_{F4}	1,00E-01
Perda em uma estrutura devido à falha de sistemas internos (Tabela C.12)	L_{O4}	1,00E-04

Fonte: Excel, versão 2.7, Rondonópolis-MT, Rodrigo A.Maliszeski, 2024.

Nesta parte do gerenciamento de risco é utilizada as tabelas do anexo C da NBR5419:2015 parte 3 que tem como foco a análise crítica dos aspectos construtivos do ambiente em conjunto com a forma de utilização dos usuários.

O primeiro item a ser analisado é o parâmetro R_t associado ao tipo de solo do local, como toda a estrutura da passarela coberta foi construída sob um piso de concreto foi escolhido o valor de 0,01 que faz referência a tal aspecto. Nesta parte também é definido um valor de tempo de horas por ano ao qual as pessoas que usam a estrutura estarão expostas ao perigo e é dado pela fórmula $t_z/8760$. R_p , R_f e H_z são parâmetros inerentes aos riscos de incêndio, explosão e riscos especiais em loco que são previstos em norma, como a passarela coberta do IFTO é uma zona aberta para a circulação de pessoas e animais estes riscos são os mínimos possíveis. Os demais parâmetros deste trecho do gerenciamento de risco fazem referência a perdas na estrutura e no caso aqui em estudo tais riscos são o mínimo também pois toda a estrutura da passarela coberta é metálica e não possui pontos para o funcionamento de máquinas ou de equipamentos eletrônicos (ABNT NBR 5419-3: 2015).

Estas informações serão as mesmas para os demais percursos da passarela coberta, pois o material utilizado em todo o percurso da estrutura da passarela coberta e as características de uso e instalação são as mesmas.

Posteriormente, as informações inerentes à densidade de descargas atmosféricas e tamanho da estrutura são informadas. Nesta etapa, apenas o valor correspondente ao comprimento da estrutura da passarela coberta será alterado nos trechos em que o gerenciamento de risco está sendo realizado.

Figura 15 - Gerenciamento de risco trecho 1

Densidade de descargas atmosféricas para a terra (km² * ano)	NG	20,16
http://www.inpe.br/webelat/homepage/		
Comprimento da seção da linha (m). Quando o comp. da seção da linha é desconhecido LL = 1 000 m.	LL	1000
ESTRUTURA - ANALISADA		
Comprimento da estrutura (m)	L	150
Largura da estrutura (m)	W	3,58
Altura da estrutura (m)	Hmin	3
Altura da estrutura (m)	Hmax	3,8
ESTRUTURA ADJACENTE - 01		
Comprimento da estrutura (m)	L	30
Largura da estrutura (m)	W	50
Altura da estrutura (m)	Hmin	25
Altura da estrutura (m)	Hmax	28

Fonte: Excel, versão 2.7, Rondonópolis-MT, Rodrigo A.Maliszeski, 2024.

Este trecho do gerenciamento de risco mostrado na figura 15 tem como primeiro parâmetro o valor de NG que representa o valor da densidade de descargas atmosféricas para a terra, este valor foi extraído do site INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) o qual apontou a cidade de Palmas-TO com um valor de 20,16. Logo em seguida, é mostrado o valor de LL que é referente ao valor do comprimento da linha de transmissão de energia ou comunicação, caso este valor não seja conhecido a norma solicita que seja considerado o valor de 1000 (mil) metros. Estes dois parâmetros permanecem iguais para todos os demais trechos da passarela coberta.

Sendo assim, os dados referentes aos outros dois trechos da passarela coberta ficarão conforme mostrados nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Gerenciamento de risco trecho 2

Densidade de descargas atmosféricas para a terra (km² * ano)	NG	20,16
http://www.inpe.br/webelat/homepage/		
Comprimento da seção da linha (m). Quando o comp. da seção da linha é desconhecido LL = 1 000 m.	LL	1000
ESTRUTURA - ANALISADA		
Comprimento da estrutura (m)	L	90
Largura da estrutura (m)	W	3,58
Altura da estrutura (m)	Hmin	3
Altura da estrutura (m)	Hmax	3,8

Fonte: Excel, versão 2.7, Rondonópolis-MT, Rodrigo A.Maliszeski, 2024.

Figura 17 - Gerenciamento de risco trecho 3

Densidade de descargas atmosféricas para a terra (km ² * ano)	NG	20,16
http://www.inpe.br/webelat/homepage/		
Comprimento da seção da linha (m). Quando o comp. da seção da linha é desconhecido LL = 1 000 m.	LL	1000
ESTRUTURA - ANALISADA		
Comprimento da estrutura (m)	L	90
Largura da estrutura (m)	W	3,58
Altura da estrutura (m)	Hmin	3
Altura da estrutura (m)	Hmax	3,8

Fonte: Excel, versão 2.7, Rondonópolis-MT, Rodrigo A.Maliszeski, 2024.

As Figuras 18, 19 e 20 mostram os tipos de riscos levados em consideração e os valores encontrados para cada um deles juntamente com os valores de risco tolerável conforme previsto na norma NBR5419:2015.

Figura 18 - Resultado do gerenciamento de risco do trecho 1

TABELA 4 - Valores típicos de risco tolerável R_T					
Tipo de perda					$R_T \text{ (} \gamma^{-1} \text{)}$
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes				1,00E-05
L2	Perda de serviço ao público				1,00E-03
L3	Perda de patrimônio cultural				1,00E-04
L4	Perda de valor econômico				1,00E-03
Risco tolerável					Norma
RISCOS					
	R1	R2	R3	R4	
NPO	7,53E-08	0,00E+00		0,00E+00	
NPIV	1,51E-08	0,00E+00		0,00E+00	
NPIII	7,53E-09	0,00E+00		0,00E+00	
NPII	3,76E-09	0,00E+00		0,00E+00	
NPI	1,51E-09	0,00E+00		0,00E+00	

Fonte: Excel, versão 2.7, Rondonópolis-MT, Rodrigo A.Maliszeski, 2024.

Figura 19 - Resultado do gerenciamento de risco do trecho 2

TABELA 4 - Valores típicos de risco tolerável R_T					
Tipo de perda					$R_T \text{ (} \gamma^{-1} \text{)}$
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes				1,00E-05
L2	Perda de serviço ao público				1,00E-03
L3	Perda de patrimônio cultural				1,00E-04
L4	Perda de valor econômico				1,00E-03
Risco tolerável					Norma
RISCOS					
	R1	R2	R3	R4	
NPO	4,79E-08	0,00E+00		0,00E+00	
NPIV	9,57E-09	0,00E+00		0,00E+00	
NPIII	4,79E-09	0,00E+00		0,00E+00	
NPII	2,39E-09	0,00E+00		0,00E+00	
NPI	9,57E-10	0,00E+00		0,00E+00	

Fonte: Excel, versão 2.7, Rondonópolis-MT, Rodrigo A.Maliszeski, 2024.

Figura 20 - Resultado do gerenciamento de risco do trecho 3

TABELA 4 - Valores típicos de risco tolerável R_T					
Tipo de perda					$R_T \text{ (} \gamma^{-1} \text{)}$
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes				1,00E-05
L2	Perda de serviço ao público				1,00E-03
L3	Perda de patrimônio cultural				1,00E-04
L4	Perda de valor econômico				1,00E-03
Risco tolerável					Norma
	RISCOS				
		R1	R2	R3	R4
	NPO	4,10E-08	0,00E+00		0,00E+00
	NPIV	8,20E-09	0,00E+00		0,00E+00
	NPIII	4,10E-09	0,00E+00		0,00E+00
	NPII	2,05E-09	0,00E+00		0,00E+00
	NPI	8,20E-10	0,00E+00		0,00E+00

Fonte: Excel, versão 2.7, Rondonópolis-MT, Rodrigo A.Maliszeski, 2024.

O risco 1 (R1) que faz referência ao risco de perda de vida humana foi o único tipo de risco que teve o seu valor levado em consideração, haja visto que os demais tipos de risco não estão presentes no decorrer de toda a estrutura.

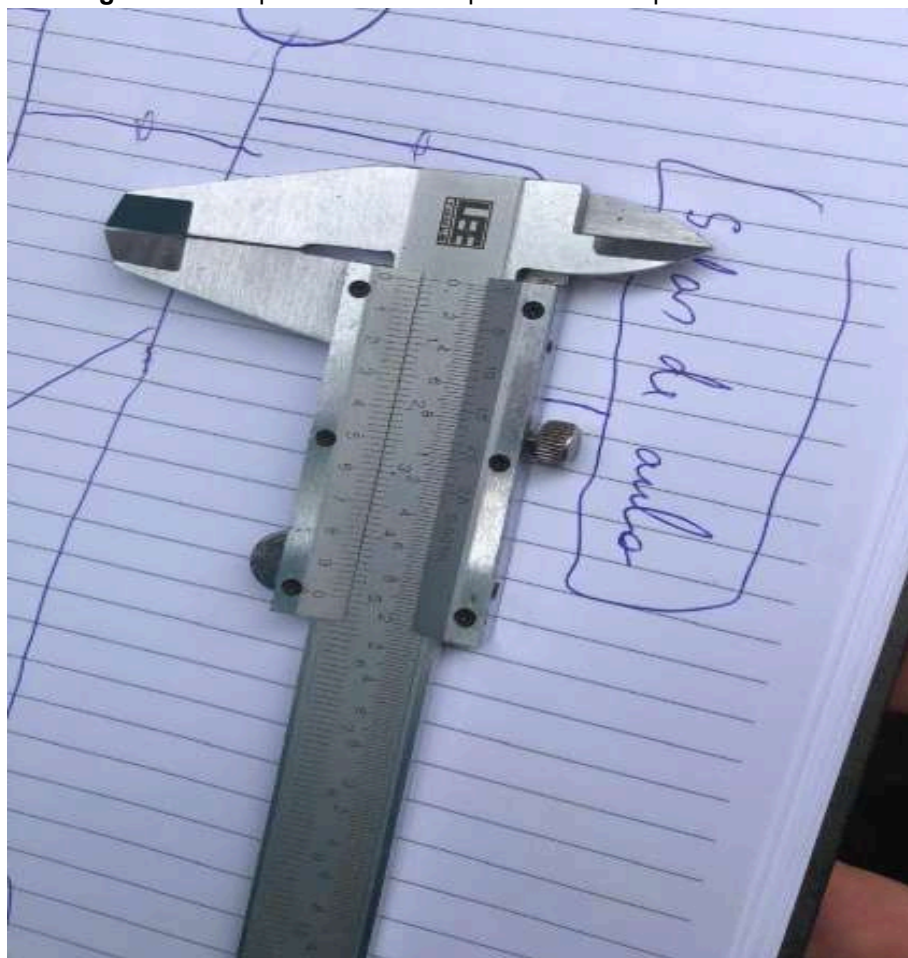
7.2 INSPEÇÃO TÉCNICA PARA ANALISAR SE A ESTRUTURA DA PASSARELA COBERTA OFERECE CONTINUIDADE PARA A CORRENTE ELÉTRICA SER DIRECIONADA PARA A MALHA DE ATERRAMENTO

A realização da inspeção na estrutura da passarela coberta teve como principal objetivo analisar as características construtivas entre o material utilizado e a forma em que estes foram arranjados em loco. Para início da atividade foi analisada primeiramente a telha utilizada em toda a estrutura, utilizando um paquímetro para a medição da espessura da telha metálica. Em diversos pontos da estrutura foi possível observar que todas as telhas possuem uma espessura de 0,5mm nas três partes que estão sendo estudadas. Também foi observado que o tipo de material da telha é de aço galvanizado. Esta verificação constatou a existência de um sistema de captação natural de SPDA.

Figura 21 - Inspeção das telhas da passarela coberta



Figura 22 - Paquímetro utilizado para medir a espessura da telha



Fonte: O autor (2025)

Prosseguindo com a inspeção, foi observada a forma com que a estrutura está fixada, tanto da telha com os perfis enrijecidos, como destes perfis com as colunas metálicas de sustentação. Foi observado que, para a fixação das telhas, foi utilizado parafusos autobrocantes e, para a amarração dos perfis enrijecidos nas colunas foi utilizado solda. Em análise de projetos, foi observado que os perfis utilizados na estrutura metálica possuem uma espessura de 1,5mm. Com essa verificação foi constatada a existência de um sistema de descida de SPDA.

A próxima etapa de inspeção da passarela coberta foi verificação da condição atual da malha de aterramento. Esta verificação é feita observando a existência in loco de poços de inspeção, em que as hastes de aterramento juntamente com o cabo da malha de aterramento formam o sistema de dissipação de SPDA, porém estes poços de inspeção não existem no decorrer da estrutura da passarela coberta. Com isso, o sistema de dissipação deve ser composto pela utilização da armação de aço do radier conectado juntamente com a coluna de metal da estrutura. Para a

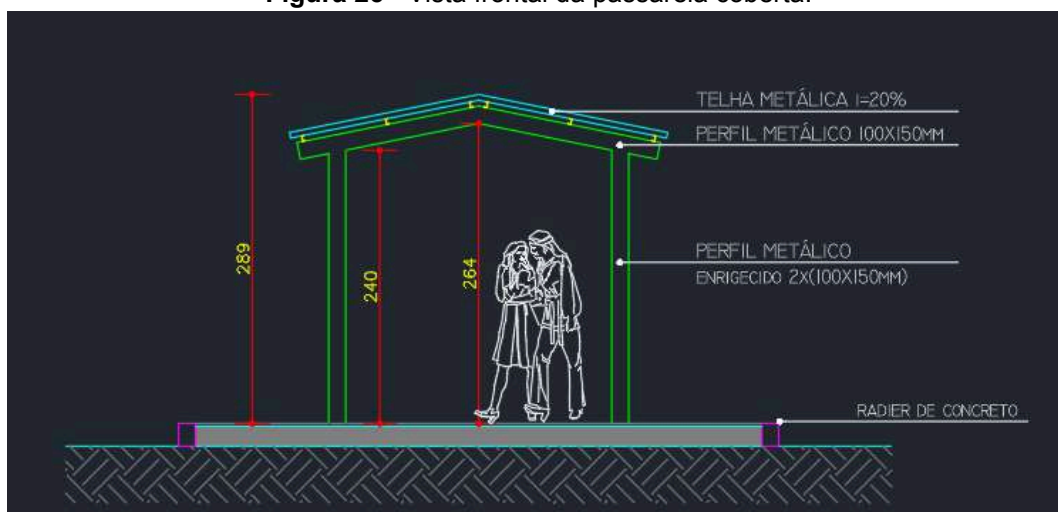
constatação desse ponto, uma análise visual e leitura de projetos se fez necessário e tal observação não pode ser conclusiva pois, visualmente foi possível perceber a existência de um radier para cada viga de concreto, o que caracteriza a existência do sistema de dissipação do SPDA. Entretanto não foi encontrado o projeto que especifica a profundidade desse radier ou a dimensão destes.

Figura 23 - Vigas de sustentação da passarela coberta.

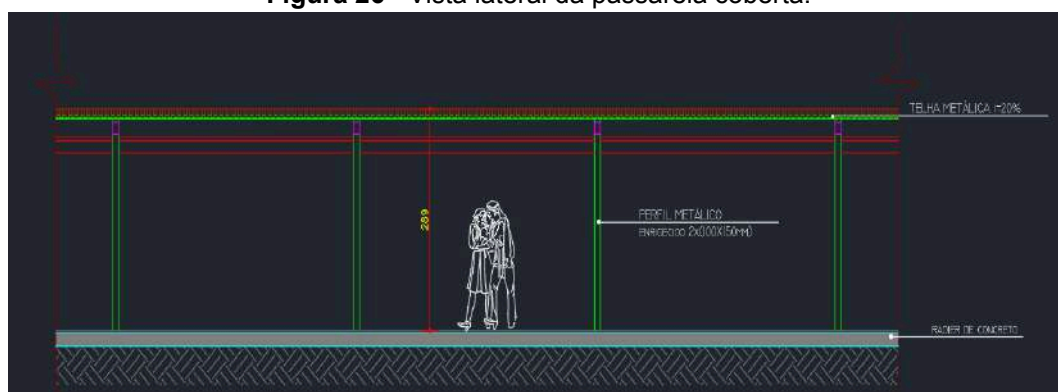


Fonte: O autor (2025)

A Figura 24 mostra o que foi explanado a respeito do sistema de dissipação para o SPDA da passarela coberta. As Figuras 25 e 26 mostram um resumo das informações encontradas em relação aos projetos.

Figura 25 - Vista frontal da passarela coberta.

Fonte: O autor (2025)

Figura 26 - Vista lateral da passarela coberta.

Fonte: O autor (2025)

Neste ponto vale ressaltar que tanto a NBR 5419 quanto a NBR 5410 solicitam o uso da própria fundação da estrutura como sistema de aterramento. O item 6.4.1.1.1 da NBR 5419 diz que toda a edificação deve dispor de um sistema de dissipação de descargas atmosféricas contendo eletrodo de aterramento e malha metálica enterrada cobrindo a área protegida. Outra condição que também poder ser atendida conforme solicita a NBR 5410 é de que o BEP de aterramento do quadro de distribuição pode ser conectado a essa malha de aterramento, no caso aqui em questão o circuito de iluminação da passarela coberta deve possuir um aterramento para as luminárias instaladas em loco (ABNT NBR 5419-3: 2015).

O item 6.4.2.1.1 da NBR 5410 item b, faz referência a equipotencialização das ferragens e da estrutura metálica à malha de aterramento.

7.3 MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO DA ESTRUTURA

Assim como foi evidenciado através de inspeção técnica em campo, ao longo de todo a passarela coberta, toda a estrutura está aterrada utilizando a própria estrutura como captor natural, descida e aterramento e o mesmo não conta com uma malha de aterramento e sim com a própria coluna metálica aterrada no solo. Tal condição é encontrada nas três partes da passarela coberta, o que não permitiu a medição do aterramento já que o mesmo não existe.

7.4 REALIZAR TESTES DE CONTINUIDADE NA ESTRUTURA

Os testes de continuidade foram realizados utilizando um miliohmímetro digital HMMD-1 da marca HIGHMED. A escolha desse equipamento para a realização da atividade está em conformidade com a NBR 5410:2015 em que a mesma solicita o uso do miliohmímetro ou microhmímetro para a realização do teste de continuidade de uma estrutura.

A utilização do miliohmímetro foi feita da telha metálica da passarela coberta até o ponto mais próximo do aterramento da estrutura. As Figuras 27 e 28 têm como principal objetivo exemplificar a forma com que estas medições foram realizadas.

Figura 27 - Medição da continuidade da estrutura



Fonte: O autor (2025)

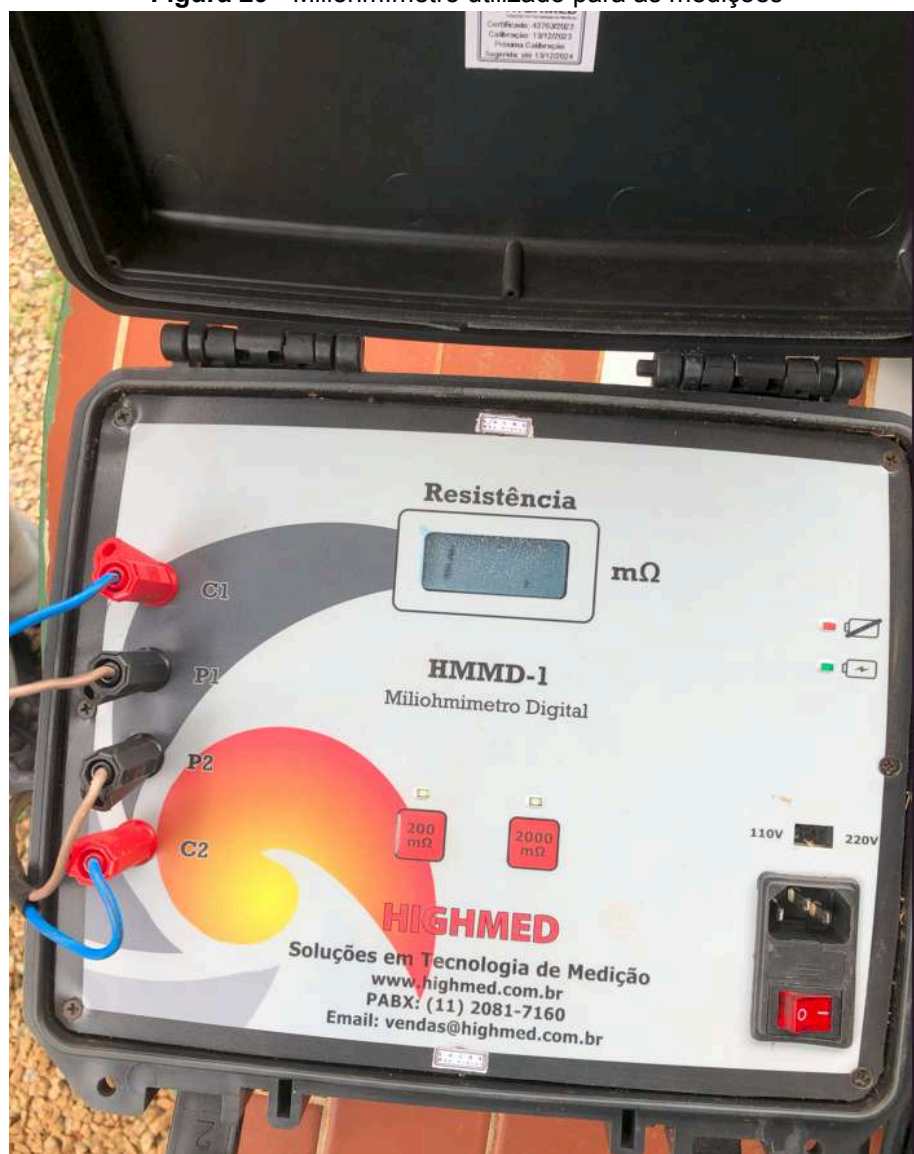
Figura 28 - Medição da continuidade da passarela coberta.



Fonte: O autor (2025)

O objetivo neste tipo de medição é constatar a continuidade do sistema de SPDA conforme solicita a norma. Este procedimento foi repetido em diversos pontos da estrutura da passarela coberta e os resultados obtidos foram os mesmos em todos estes pontos.

Figura 29 - Miliohmímetro utilizado para as medições



Fonte: O autor (2025)

A Figura 29 mostra o miliohmímetro sendo utilizado em campo e evidencia que existe a continuidade nos pontos onde foram realizadas as medições.

Durante a execução deste procedimento foi observado que em toda a estrutura da passarela coberta existem camadas de tintas que foram aplicadas ao longo do tempo para proteger as partes metálicas do processo de corrosão, tal fato dificultou o processo de coleta de dados com o equipamento pois, para ser realizado o teste de continuidade com o miliohmímetro, as garras devem estar tocando a parte metálica da estrutura. As Figuras 30 e 31 evidenciam tal fato.

Figura 30 - Parte da estrutura na guarita de entrada do IFTO



Fonte: O autor (2025)

Figura 31 - Base da coluna metálica



Fonte: O autor (2025)

Tal fato levantou a hipótese de que possivelmente estas peças metálicas que compõe toda a estrutura da passarela coberta receberam uma ou mais camadas de tinta antes de serem montadas e estas camadas de tinta podem estar atuando como isolante elétrico entre os perfis metálicos da estrutura, fazendo assim com que a resistência entre o sistema de SPDA como um todo seja alto.

Após realizado o levantamento técnico e análise da estrutura perante a conformidade com o que pede a NBR 5419:2015, foi evidenciado através de medições que todo o percurso da passarela coberta do IFTO possui continuidade. A guarita, que se localiza na entrada do IFTO, diferente dos demais trechos analisados não possui em sua parte mais alta um telhado metálico, a mesma possui uma estrutura metálica no formato de um semicírculo que se cruzam no topo, tal parte é mostrada nas Figuras 32 e 33.

Figura 32 - Estrutura metálica da guarita do IFTO



Fonte: O autor (2025).

Figura 33 - Topo da estrutura metálica da guarita



Fonte: O autor (2025).

Tal estrutura também apresentou continuidade no teste de medição e, por se localizar na parte superior da guarita, ela também pode ser considerada um captor natural para o sistema de SPDA. No entanto, o sistema de aterramento não se encontra completo pois as bases da estrutura não estão devidamente aterradas, estas estão apenas fixadas em uma coluna de concreto.

Figura 34 - Base da estrutura metálica da guarita



Fonte: O autor (2025).

Conforme solicita a NBR 5419:2015, um sistema de SPDA completo precisa ser composto por um sistema de captação, descida e aterramento. Na atual conjuntura de toda a estrutura da passarela coberta do IFTO, o sistema de aterramento está inexistente e assim como foi evidenciado durante o escopo deste relatório técnico, todas as demais partes da passarela coberta não apresentam o sistema de aterramento adequado, o que acarreta em uma não conformidade com o que pede a norma.

Outro ponto a ser levado em consideração no escopo deste relatório técnico é a medição realizada com o miliohmímetro na estrutura, que apresentou resultado favorável para o teste de continuidade, entretanto o equipamento utilizado tem capacidade de medição de 200mΩ a 2000mΩ e não foi capaz de medir a resistência entre a telha e a base da coluna de sustentação, tal fato torna o sistema de descida do SPDA ineficaz para conduzir a descarga elétrica do sistema de captação até o sistema de aterramento. Tal fato pode ser justificado com a utilização de várias camadas de tinta, o que pode diminuir o contato direto entre as partes metálicas e atuar como um isolante elétrico entre as vigas utilizadas na estrutura.

Figura 35 - Evidência das várias camadas de tinta presentes na estrutura metálica



Fonte: O autor (2025).

Figura 36 - Atual condição da base metálica de apoio e fixação da estrutura da passarela coberta.



Fonte: O autor (2025).

Figura 37 - Evidência das várias camadas de tinta na estrutura metálica da passarela coberta.



Fonte: O autor (2025).

In loco, foi possível notar três camadas de tinta cobrindo e protegendo as partes metálicas da estrutura contra os efeitos da ferrugem, evidenciando uma das possíveis causas para o alto valor de resistência na estrutura. A NBR 5414:2015, parte 1, item 8.1, descreve que a falta de continuidade no sistema de descida de SPDA pode acarretar em: a) danos físicos e risco de vida, b) falha dos sistemas internos.

Figura 38 - Medição da espessura da telha utilizada na passarela coberta.



Fonte: O autor (2025).

Em relação ao sistema de captação natural de SPDA, a telha utilizada em toda a passarela coberta possui a mesma espessura e está em conformidade com o que pede a tabela 3 da NBR 5419:2015, parte 3, pois, todas as telhas são de aço galvanizado e possuem uma espessura de 0,5mm (ABNT NBR 5419-3: 2015).

Figura 39 - Tabela 3 na NBR 5419-3:2015 com especificações mínimas para as chapas metálicas em sistemas de captação

Classe do SPDA	Material	Espessura ^a t mm	Espessura ^b t' mm
I a IV	Chumbo	–	2,0
	Aço (inoxidável, galvanizado a quente)	4	0,5
	Titânio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Alumínio	7	0,65
	Zinco	–	0,7

Fonte: ABNT NBR 5419-3:2015 (2015, p. 13).

O sistema de descida encontrado no decorrer de toda a passarela coberta o encontra-se fora do padrão em relação ao que pede a norma pois no decorrer de toda a estrutura da passarela coberta foi constatada a inexistência de continuidade entre o telhado e o ponto mais baixo para a conexão com o sistema de aterramento, porém a resistência encontrada foi muito alta para a escala de medição do aparelho utilizado. A Figura 40 evidencia o valor de medição mostrado pelo o miliohmímetro.

Figura 40 - Valor encontrado das medições de resistência com o miliohmímetro



Fonte: O autor (2025).

Conforme o item F.3 PROCEDIMENTO PARA VERIFICAÇÃO FINAL, da NBR 5419-:2015 parte 3, o valor máximo permitido entre os pontos de medição deve ser de $0,2\Omega$, este valor dentro da escala de medição do aparelho utilizado. Tal fato caracteriza-se como uma não conformidade diante do solicitado pela norma (ABNT NBR 5419-4: 2015).

Por fim, o sistema de aterramento que é responsável pela dissipação da descarga atmosférica no solo não pode ser observado devido à ausência de informações de como foi montado o piso da passarela coberta. A Imagem 41 mostra como se encontra atualmente a fixação das bases metálicas da passarela coberta.

Figura 41 - Base metálica da estrutura da passarela coberta.



Fonte: O autor (2025).

Em uma análise visual não tem como saber se existe uma parte estendida para dentro do solo, ou se a mesma está soldada a alguma parte do radier que compõe o piso da passarela coberta. Logo, não se pode afirmar que existe um sistema de aterramento eficiente no decorrer de todo o piso para essas colunas metálicas ou se a mesma está conectada ou soldada com o radier internamente. Tal medida é solicitada na NBR 5410 no item 3.12 em que descreve a parte condutora embutida no concreto da fundação da estrutura deve estar preferencialmente formando um circuito fechado e com a continuidade garantida (ABNT NBR 5419-4: 2015).

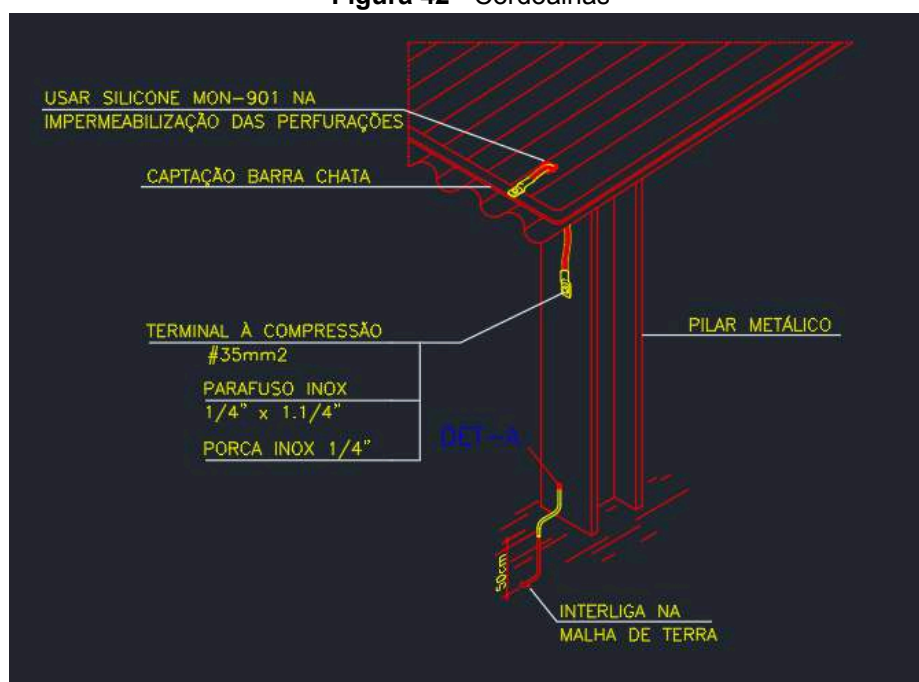
8 CONCLUSÃO

Mediante os fatos encontrados e analisados no decorrer deste relatório técnico, ficou evidente que a estrutura que compõe toda a passarela coberta do IFTO não pode ser utilizada como captação natural de um sistema de captação de descargas elétricas por dois principais motivos, o primeiro devido a impedância entre o sistema de captação e descida ser muito alta e não sendo eficiente para conduzir a descarga atmosférica com eficiência. O segundo motivo é pela inexistência comprovada de uma malha de aterramento, essencial para que seja realizada a dissipação da descarga elétrica no solo evitando acidentes com seres vivos devido a tensão de passo. Entretanto, foi realizado um gerenciamento de risco, o qual apontou a não necessidade de um sistema de SPDA que devido a vários fatores sejam eles de risco, estruturais ou ambientais, reduziram o nível de necessidade de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas para toda a passarela coberta.

Mesmo não havendo a necessidade da elaboração de um SPDA exclusivo para a passarela coberta, é uma boa prática a equipotencialização do mesmo à malha de aterramento, com a finalidade de garantir a total segurança aos usuários que usam diariamente o local.

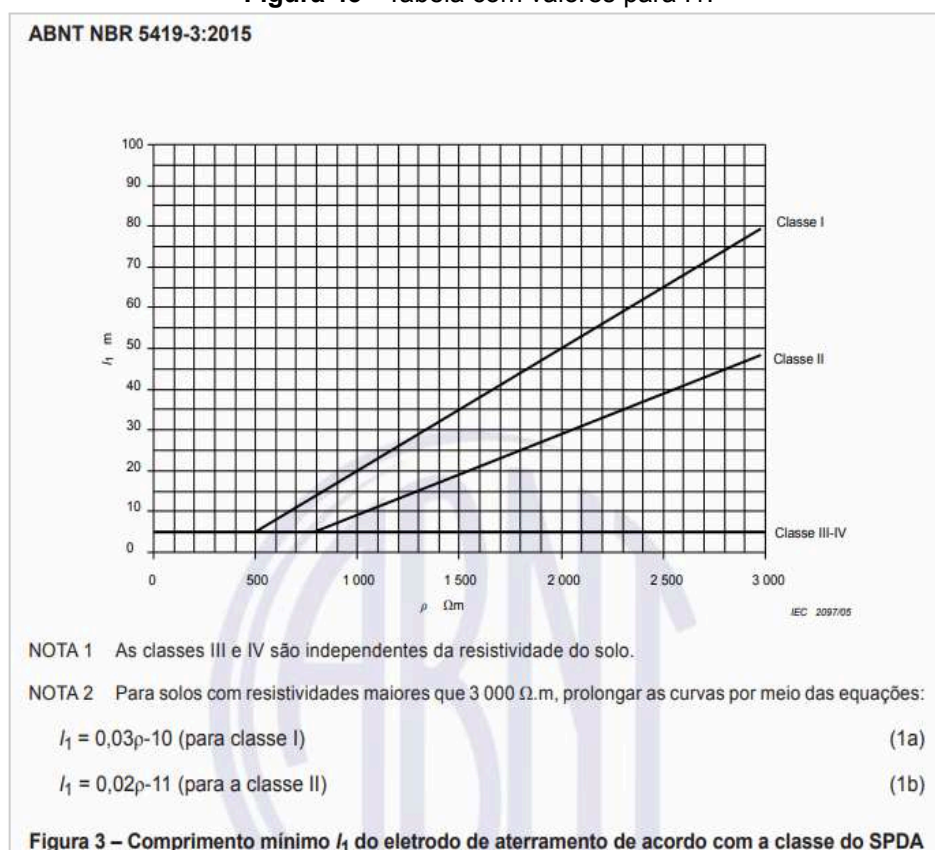
Para isso, é necessário garantir a continuidade do sistema de captação (telhado) com o sistema de descida, para isso é necessário usar cordoalhas específicas para SPDA pois com isso será garantido a passagem da corrente elétrica com eficiência e baixa impedância do sistema de captação para o sistema de descida. Vale salientar que todo o telhado da passarela coberta pode ser usado como captor natural uma vez que este atende à norma NBR:5419 no que se refere a espessura da telha de zinco utilizada. O desenho a seguir tem o objetivo de mostrar essa ligação entre o sistema de captação para o de descida e em seguida, conectando o sistema de descida com o sistema de aterramento, fechando assim o ciclo completo para um SPDA adequado.

Figura 42 - Cordoalhas



Fonte: O autor (2025).

A estrutura da passarela coberta deve dispor de uma malha de aterramento constituída por um conjunto de haste enterradas conectadas através de solda exotérmica a um cabo de cobre nú de #50mm² ao redor de todo o trecho a ser protegido. O item 5.4.2 da NBR 5419-3 trata a respeito da quantidade de hastes de aterramento que devem ser colocadas em uma malha de aterramento, expressando que o raio médio R_e da área abrangida não pode ser inferior ao valor de I_1 . Logo a seguinte condição deve ser obedecida: $r_e > I_1$, em que r_e representa o valor do raio médio e o valor de I_1 é extraído da figura 3 da norma NBR:5419-3 em que, para um sistema de SPDA de nível 4 deve-se adotar o valor 5 (ABNT NBR 5419-4: 2015).

Figura 43 - Tabela com valores para I1.

Fonte: ABNT NBR 5419-3:2015 (2015, p. XVIII).

Para o trecho I da passarela coberta o valor do raio médio de R_e é de 11,94. Para chegar a tal resultado foi feito o seguinte cálculo.

Área do trecho I: $154 \cdot 3 = 450\text{m}^2$

Inserindo o retângulo que representa o perímetro a ser protegido dentro de um círculo é retirado o raio médio fazendo o uso da seguinte fórmula:

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$450 = \pi \cdot r^2$$

$$r = 11,97$$

Logo, chega-se à conclusão de que $R_e > I_1$ conforme solicita a norma, chegando a conclusão de que eletrodos adicionais não são necessários para este trecho, apenas um a cada 20m já basta conforme solicita o nível de proteção IV.

O sistema de aterramento deve ser uma malha fechada conforme solicita a norma, envolvendo todo o trecho da passarela coberta com hastes espaçadas a

cada 20m. O cabo de cobre a ser utilizado nessa malha de aterramento deve ser de #50mm² e a haste de aterramento deve ter uma bitola de Ø3/4".

8.1 PROPOSTA DE TEMAS FUTUROS

Tendo em vista todo o contexto aqui exposto a respeito da passarela coberta do IFTO campus Palmas, em que toda a estrutura possui material específico para atuar como captação em sistema de descargas atmosféricas porém não apresentou a continuidade esperada durante os teste feitos em campo, ficou aberto o questionamento e a dúvida para saber o motivo da não continuidade em todo o percurso da passarela coberta, haja visto que, por um motivo de lógica construtiva, toda a estrutura encontra-se conectada, seja por parafusos ou soldas, um valor de continuidade dentro da escala de medição do miliohmímetro deveria ser apresentado. Diante deste contexto fica aberta a proposta de pesquisa para descobrir as causas que estão levando a estrutura metálica da passarela coberta estar apresentando um valor tão alto de impedância, em que uma perícia deve ser feita para apontar os fatores que contribuem para tal resultado.

Fica aberta também a proposta para o estudo de resistência do solo ao redor de toda a passarela coberta do IFTO, com a finalidade de desenvolver uma pesquisa a respeito dos valores de tensão de toque e de tensão de passo existentes. Tal estudo requer o uso do equipamento de medição terrômetro e também seguir as instruções que pede a NBR 5419 a respeito do tema. Este estudo também pode abranger um dimensionamento do tamanho ideal para as hastes de cobre que devem ser usadas na malha de aterramento, uma vez que o estudo de resistividade do solo se faz necessário para determinar o tamanho destas.

9 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5419-1: 2015 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5419-1:** Proteção contra descargas atmosféricas Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2015. 77 p. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBR5419-1%20-%20Arquivo%20para%20impressao.pdf/view>. Acesso em: 24 jun. 2024.

ABNT NBR 5419-2: 2015 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5419-2:** Proteção contra descargas atmosféricas Parte 2: Gerenciamento de risco. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2015. 116 p. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBR5419-2%20-%20Arquivo%20para%20impressao.pdf/view>. Acesso em: 24 jun. 2024.

ABNT NBR 5419-3: 2015 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5419-3:** Proteção contra descargas atmosféricas Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2015. 61 p. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBR5419-3%20-%20Arquivo%20para%20impressao.pdf/view>. Acesso em: 24 jun. 2024.

ABNT NBR 5419-4: 2015 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5419-4:** Proteção contra descargas atmosféricas Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura. Rio de Janeiro-RJ: ABNT, 2015. 99 p. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-do-ceara/instalacoes-eletricas-prediais/abnt-nbr-5419-4-2015-protecao-contradescargas-atmosfericas-par-te-4-sistemas-eletricos-e-eletronicos-internos-na-estrutura/19043414>. Acesso em: 24 jun. 2024.

ABNT NBR 5410: 2020 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Segunda edição em 2004. Válida a partir de 31.03.2005. Versão Corrigida em 2008. Atualizada em 2020. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Grupo de Eletricidade Atmosférica. **Estrutura Elétrica**. 2025. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/tempestades/estrutura.eletrica.php>. Acesso em: 03 maio 2025.

GRIMM, Alice Marlene. **Meteorologia Básica - Notas de Aula**: 6.2b classificação de nuvens. 1999. Disponível em: <https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>. Acesso em: 04 jun. 2025.

Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Tipos de relâmpagos**. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/tipos.php>. Acesso em: 04 jun. 2024.

IEEUSP. Instituto de Energia e Ambiente Universidade de São Paulo. **Descargas atmosféricas**: conheça seus impactos e os sistemas de proteção. conheça seus impactos e os sistemas de proteção. 2024. Disponível em: <https://www.iee.usp.br/noticia/descargas-atmosfericas-conheca-seus-impactos-e-os-sistemas-de-protecao/>. Acesso em: 03 jun. 2025.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC Editora, 2011.

MATTOS, Enrique Vieira. **Relações das propriedades físicas das nuvens convectivas com as descargas elétricas**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/04.01.13.07/doc/publicacao.pdf>. Acesso: 20 jun 2025.

MATOS, Wendler Luis Nogueira; LEAL, Adônis Ferreira Raiol; FERREIRA, Gabriel Arcanjo Velasco dos Santos; FERREIRA, Eduardo Ribeiro. Laboratório de Pesquisa em Descargas Atmosféricas (LPDA-UFPA). Recentes Descobertas na Amazônia. **Anais**. XIV Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia Elétrica-ENEEEL 2020, 3-7 de fevereiro, Belém, Pará, Brasil. Universidade Federal do Pará, Engenharia Elétrica e Biomédica, Belém. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Wendler-Matos/publication/347949454_Laboratorio_de_Pesquisa_em_Descargas_Atmosfericas_LPDA-UFPA_Recentes_Descobertas_na_Amazonia/links/5fe9e42345851553a0fda3c0/Laboratorio-de-Pesquisa-em-Descargas-Atmosfericas-LPDA-UFPA-Recentes-Descobertas-na-Amazonia.pdf. Acesso: 28 jun 2024.

SILVA, Cibelle Celestino; PIMENTEL, Ana Carolina. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, Sc, v. 25, n. 1, p. 141-159, abr. 2008. ISSN 2175-7941. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n1p141/5779>. Acesso em: 28 jul. 2024.

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 / H.E. Sueta. Tese de doutoramento - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica. São Paulo, 2005. 255 p. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-15022006-172839/publico/tese.pdf>. Acesso: 20 jun 2024.