

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE GOIÁS -
CAMPUS ITUMBIARA
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

THÁSSIO LIMA FERREIRA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SPDA PARA A QUADRA
POLIESPORTIVA DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS,
CAMPUS ITUMBIARA: ESTUDO DE CASO**

ITUMBIARA - GO

2026



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Thássio Lima Ferreira

Matrícula: 20212040070315

Título do Trabalho: DIMENSIONAMENTO DE UM SPDA PARA A QUADRA POLIESPORTIVA DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS, CAMPUS ITUMBIARA: ESTUDO DE CASO

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara-GO, 27/ 07/ 2026.
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

THÁSSIO LIMA FERREIRA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SPDA PARA A QUADRA
POLIESPORTIVA DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS,
CAMPUS ITUMBIARA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para graduação em Bacharelado em Engenharia Elétrica, do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás – Campus de Itumbiara. Orientado pelo Prof. Dr. Wellington do Prado.

ITUMBIARA - GO

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F383d Ferreira, Thássio Lima

Dimensionamento de um SPDA para quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara/GO: estudo de caso. / Thássio Lima Ferreira. – Itumbiara, 2026.

70 p.: il.

Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Wellington do Prado.

1. Avaliação de riscos. 2. Instalações elétricas. 3. Aterramento elétrico. I. Título. II. Prado, Wellington do. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

CDD 621.319

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey / Câmpus Itumbiara
Bibliotecário: Rosiane Gonçalves de Lima CRB1/1684



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA

Termo de Aprovação

Thássio Lima Ferreira

DIMENSIONAMENTO DE UM SPDA PARA QUADRA POLIESPORTIVA DO INSTITUTO FEDERAL DO CAMPUS DE ITUMBIARA/GO – ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Itumbiara, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 10 de julho de 2026, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wellington do Prado - Orientador
Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara
(Assinado Eletronicamente).

Williamar Prazeres Souza - Membro interno
Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara
(Assinado Eletronicamente).

Prof. Dr. Victor Regis Bernardeli - Membro interno
Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara
(Assinado Eletronicamente).

Itumbiara – GO
2026

Documento assinado eletronicamente por:

- **Victor Regis Bernardeli**, CHEFE - CD4 - ITU-DAA, em 16/07/2026 13:14:07.
- **Williamar Prazeres Souza**, AUX EM ADMINISTRACAO, em 16/07/2026 10:17:25.
- **Wellington do Prado**, COORDENADOR(A) - FG2 - ITU-CAM, em 16/07/2026 09:56:59.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 15/07/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 800679

Código de Autenticação: 42302a2334



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Avenida Furnas, nº 55, 55, Bairro Village Imperial, ITUMBIARA / GO, CEP 75524-010
(64) 2103-5612 (ramal: 5612)

AGRADECIMENTOS

Este momento representa um dos maiores marcos da minha vida. A conclusão desta etapa somente foi possível pela graça de Deus e pelo apoio de pessoas que caminharam ao meu lado ao longo dessa trajetória. A todos, expresso minha mais sincera gratidão.

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder saúde, força, sabedoria e perseverança para superar os desafios encontrados durante esta caminhada e por me permitir alcançar mais essa conquista.

Aos meus pais, Valdo Ferreira da Silva e Rosângela Maria de Lima Silva, deixo meu mais profundo agradecimento por todo amor, dedicação, incentivo e pelos inúmeros sacrifícios realizados para que eu pudesse chegar até aqui. Obrigado por acreditarem em mim em todos os momentos e, principalmente, por contribuírem não apenas para minha formação acadêmica, mas para a construção do homem que sou hoje.

À minha irmã, Thais Thatiele Lima Ferreira, agradeço por todo apoio, incentivo e companheirismo desde o início dessa jornada. Sua presença e confiança sempre foram fundamentais para que eu permanecesse firme em busca dos meus objetivos.

Estendo minha gratidão a todos os meus familiares e amigos, que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, seja por meio de palavras de incentivo, apoio nos momentos difíceis ou pela compreensão durante os períodos de dedicação aos estudos.

Por fim, expresso meu sincero agradecimento ao meu orientador, Prof. Dr. Wellington do Prado, pela dedicação, paciência, disponibilidade e pelos valiosos ensinamentos compartilhados ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Sua orientação foi essencial para a realização deste estudo e contribuiu significativamente para minha formação acadêmica e profissional.

A todos que fizeram parte desta caminhada, direta ou indiretamente, o meu muito obrigado.

RESUMO

As descargas atmosféricas representam risco significativo para pessoas, edificações, instalações elétricas e equipamentos, especialmente em estruturas metálicas e ambientes destinados à circulação de usuários. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo dimensionar um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) para a quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, com base nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5419:2026. A pesquisa foi desenvolvida por meio de estudo de caso aplicado, com levantamento teórico, análise normativa, inspeção em campo, identificação das características físicas da estrutura, medições elétricas, análise de risco e dimensionamento dos subsistemas de captação, descida, aterramento, equipotencialização e proteção interna. A quadra analisada possui cobertura metálica, estrutura robusta, pilares distribuídos ao longo do perímetro, grades e telas metálicas acessíveis aos usuários, além de alimentação elétrica para iluminação. A análise de risco considerou principalmente o risco R1, relacionado à perda de vida humana ou ferimentos permanentes, obtendo-se valor inferior ao risco tolerável previsto pela norma. Ainda assim, em razão do uso coletivo da edificação, da presença de alunos e servidores, das partes metálicas acessíveis e das exigências de segurança aplicáveis, adotou-se o Nível de Proteção II (NP II) para o dimensionamento do SPDA. Os resultados indicaram a possibilidade de aproveitamento da cobertura metálica como componente natural de captação, dos pilares e elementos estruturais como descidas naturais e das fundações como eletrodos naturais de aterramento. Também foi identificada a necessidade de equipotencialização das grades e telas metálicas, em razão da diferença de potencial observada entre esses elementos e a estrutura principal, bem como a recomendação de instalação de dispositivos de proteção contra surtos no quadro de iluminação. Conclui-se que a solução proposta contribui para a redução dos riscos associados às descargas atmosféricas, melhora a segurança dos usuários e adequa a estrutura aos critérios técnicos da ABNT NBR 5419:2026.

Palavras-chave: Descargas atmosféricas; SPDA; ABNT NBR 5419:2026; Análise de risco; Equipotencialização.

ABSTRACT

Lightning strikes represent a significant risk to people, buildings, electrical installations and equipment, especially in metallic structures and areas intended for user circulation. In this context, this study aims to design a Lightning Protection System (LPS) for the sports court of the Federal Institute of Goiás — Itumbiara Campus, based on the criteria established by ABNT NBR 5419:2026. The research was developed through an applied case study, including bibliographic review, standards analysis, field inspection, identification of the physical characteristics of the structure, electrical measurements, risk assessment and design of the air-termination, down-conductor, earthing, equipotential bonding and internal protection subsystems. The analyzed sports court has a metallic roof, robust structure, columns distributed along its perimeter, metallic fences and screens accessible to users, as well as an electrical supply for lighting. The risk assessment mainly considered risk R1, related to loss of human life or permanent injury, resulting in a value lower than the tolerable risk established by the standard. Nevertheless, due to the collective use of the building, the presence of students and staff, accessible metallic parts and applicable safety requirements, Lightning Protection Level II (LPL II) was adopted for the LPS design. The results indicated the possibility of using the metallic roof as a natural air-termination component, the columns and structural elements as natural down-conductors, and the foundations as natural earthing electrodes. The need for equipotential bonding of the metallic fences and screens was also identified, due to the potential difference observed between these elements and the main structure, as well as the recommendation to install surge protective devices in the lighting distribution board. It is concluded that the proposed solution contributes to reducing risks associated with lightning strikes, improves user safety and adapts the structure to the technical criteria of ABNT NBR 5419:2026.

Keywords: Lightning strikes; Lightning Protection System; ABNT NBR 5419:2026; Risk assessment; Equipotential bonding.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	13
4 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS — SPDA	16
4.1 Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas	16
4.2 Sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas.....	18
4.3 Componentes naturais do SPDA	19
4.4 Importância do SPDA em quadras poliesportivas.....	19
5 CRITÉRIOS NORMATIVOS APLICÁVEL AO DIMENSIONAMENTO DO SPDA	22
5.1 ABNT NBR 5419-1:2026 — Princípios gerais.....	22
5.2 ABNT NBR 5419-2:2026 — Análise de risco	23
5.3 ABNT NBR 5419-3:2026 — Danos físicos a estruturas e perigos à vida	24
5.4 ABNT NBR 5419-4:2026 — Sistemas elétricos e eletrônicos internos	25
5.5 Norma Técnica 40/2019 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás.....	26
6 METODOLOGIA	27
7 CARACTERIZAÇÃO DA QUADRA POLIESPORTIVA DO IFG CAMPUS	30
ITUMBIARA.....	30
7.1 Características físicas e construtivas	31
7.2 Cobertura metálica e possibilidade de captação natural	33
7.3 Estrutura de sustentação e possíveis descidas naturais.....	33
7.4 Sistema de aterramento e condições de dispersão da corrente.....	34
7.5 Instalações elétricas e elementos metálicos acessíveis.....	35

7.6 Considerações preliminares para o dimensionamento	36
8 ANÁLISE DE RISCO DA QUADRA POLIESPORTIVA	37
8.1 Estrutura considerada na análise	37
8.2 Fontes de danos e componentes de risco aplicáveis.....	38
8.3 Parâmetros utilizados na análise	39
8.4 Cálculo dos componentes de risco	43
8.5 Avaliação do risco tolerável	45
8.6 Definição da necessidade de proteção	45
9 DIMENSIONAMENTO DO SPDA DA QUADRA POLIESPORTIVA	47
9.1 Nível de proteção adotado	47
9.2 Utilização de componentes naturais	48
9.3 Subsistema de captação	49
9.4 Subsistema de descida	50
9.5 Subsistema de aterramento	52
9.6 Equipotencialização das partes metálicas.....	54
9.7 Proteção dos sistemas elétricos internos	57
9.8 Síntese da solução proposta	58
10 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
10.1 Condição atual da quadra poliesportiva antes das adequações propostas	60
10.2 Resultado da análise de risco	63
10.3 Justificativa para adoção do Nível de Proteção II	64
10.4 Resultado do subsistema de captação.....	64
10.5 Resultado do subsistema de descida	65
10.6 Resultado do subsistema de aterramento	65
10.7 Equipotencialização das grades e partes metálicas.....	66
10.8 Proteção interna e dispositivos de proteção contra surtos	71
10.9 Discussão geral dos resultados	71
11 CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas representam um fenômeno natural de grande relevância para a engenharia elétrica, especialmente em países de clima tropical, nos quais a ocorrência de tempestades é frequente ao longo do ano. No Brasil, a elevada incidência de raios torna indispensável a adoção de medidas técnicas destinadas à proteção de pessoas, edificações, instalações elétricas e equipamentos eletroeletrônicos. Além dos danos materiais que podem ser provocados por uma descarga direta ou por seus efeitos indiretos, esse fenômeno também pode gerar situações de risco à vida humana, principalmente em locais abertos, estruturas metálicas, áreas esportivas e ambientes destinados à reunião de público (CARDOSO et al., 2014; ABNT, 2026a).

A literatura técnica demonstra que os efeitos das descargas atmosféricas não se limitam ao ponto de impacto. A corrente impulsiva associada ao raio pode causar danos físicos à estrutura atingida, incêndios, falhas em sistemas internos, sobretensões em instalações elétricas e riscos decorrentes de tensões de toque e de passo. Esses efeitos justificam a adoção de sistemas de proteção que considerem tanto a segurança das pessoas quanto a preservação da edificação e de seus sistemas elétricos e eletrônicos (RAKOV; UMAN, 2003; ABNT, 2026a).

Existem diversos estudos sobre fatalidades por descargas atmosféricas no Brasil que indicam que as ocorrências estão relacionadas tanto a atividades rurais quanto a ambientes urbanos e situações de exposição em áreas abertas, o que evidencia a necessidade de critérios preventivos de proteção (CARDOSO et al., 2014). Além disso, estudos sobre a densidade de descargas atmosféricas no território brasileiro mostram que a distribuição dos raios varia conforme as condições meteorológicas, climáticas e geográficas de cada região, aspecto que deve ser considerado na avaliação de risco de uma estrutura (NACCARATO; ALBRECHT; PINTO JR., 2011).

Nesse contexto, o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) assume papel essencial na redução dos riscos associados aos efeitos diretos e indiretos dos raios. O SPDA é composto por um conjunto de medidas de proteção que busca interceptar a descarga atmosférica, conduzir sua corrente de forma segura até o solo e dispersá-la adequadamente pelo subsistema de aterramento. Além disso, a proteção completa contra descargas atmosféricas também envolve medidas internas, como equipotencialização e proteção contra surtos, destinadas a reduzir falhas em sistemas elétricos e eletrônicos (ABNT, 2026a; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

No Brasil, os critérios técnicos para análise, projeto, instalação, inspeção e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas são estabelecidos pela ABNT NBR 5419, atualmente revisada em sua versão de 2026. A norma é dividida em quatro partes: a Parte 1 trata dos princípios gerais; a Parte 2 estabelece os procedimentos de análise de risco; a Parte 3 dispõe sobre os danos físicos a estruturas e perigos à vida; e a Parte 4 trata da proteção de sistemas elétricos e eletrônicos internos à estrutura. Essa divisão permite que o dimensionamento do SPDA seja realizado de forma integrada, considerando tanto a segurança das pessoas e da edificação quanto a proteção das instalações internas (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

A ABNT NBR 5419-1:2026 estabelece que a necessidade de proteção contra descargas atmosféricas deve ser analisada a partir da avaliação dos riscos envolvidos, considerando as características da estrutura, os tipos de perdas possíveis e os componentes de risco associados às fontes de dano. A ABNT NBR 5419-2:2026, por sua vez, apresenta o procedimento de análise de risco, permitindo verificar se o risco calculado se encontra dentro dos limites toleráveis ou se há necessidade de adoção de medidas de proteção adicionais (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b).

Devido aos fatos acima mencionados, o presente trabalho tem como objeto de estudo a quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, localizada no município de Itumbiara, Estado de Goiás. Trata-se de uma estrutura utilizada para atividades acadêmicas, esportivas e eventos institucionais, com circulação regular de alunos, servidores e demais usuários. A quadra possui cobertura metálica, estrutura robusta e elementos condutores que precisam ser analisados quanto à possibilidade de utilização como componentes naturais do SPDA (LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Diante disso, o problema que orienta este trabalho pode ser formulado da seguinte maneira: como dimensionar um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas para a quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara, considerando as características reais da estrutura e os critérios técnicos estabelecidos pela ABNT NBR 5419:2026. A partir dessa questão, busca-se desenvolver uma proposta técnica compatível com a edificação estudada, avaliando a possibilidade de aproveitamento de componentes naturais, como cobertura metálica, pilares, estruturas condutoras e fundações, bem como a necessidade de medidas complementares de equipotencialização e proteção contra surtos (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

A justificativa deste estudo está relacionada à importância da segurança em ambientes educacionais e esportivos, especialmente em estruturas abertas ou semiabertas, com cobertura metálica e presença de usuários durante diferentes períodos do ano. Embora o cálculo de risco seja uma etapa essencial para definir a necessidade normativa de proteção, a utilização da quadra para atividades coletivas exige atenção especial quanto à proteção da vida humana, à continuidade das atividades institucionais e à prevenção de danos às instalações elétricas (CARDOSO et al., 2014; ABNT, 2026a; ABNT, 2026b).

A metodologia adotada consiste em um estudo de caso aplicado, desenvolvido a partir do levantamento das características da quadra poliesportiva, análise documental, medições em campo, avaliação da densidade de descargas atmosféricas da região, cálculo dos componentes de risco e dimensionamento técnico do SPDA. A análise será conduzida com base nas quatro partes da ABNT NBR 5419:2026, considerando também as condições locais da edificação, o uso da estrutura e os dados obtidos no levantamento técnico realizado no IFG Campus Itumbiara (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

Inicialmente serão apresentados os conceitos fundamentais sobre descargas atmosféricas e seus efeitos sobre estruturas e pessoas. Em seguida, são abordados os principais aspectos do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas e os critérios normativos previstos na ABNT NBR 5419:2026. Posteriormente, apresenta-se a metodologia adotada e a caracterização da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara. Na sequência, são desenvolvidas a análise de risco e o dimensionamento do SPDA, incluindo os subsistemas de captação, descida, aterramento, equipotencialização e proteção interna. Por fim, são discutidos os resultados obtidos e apresentadas as conclusões do estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é dimensionar um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas para a quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, com base nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5419:2026.

2.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a estrutura física da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara;
- Levantar as dimensões, as condições construtivas e os elementos metálicos existentes na edificação;
- Identificar os possíveis componentes naturais do SPDA, especialmente cobertura metálica, estrutura de sustentação, pilares e fundações;
- Avaliar a necessidade de proteção contra descargas atmosféricas por meio da análise de risco, conforme a ABNT NBR 5419-2:2026;
- Definir o nível de proteção aplicável à estrutura estudada;
- Dimensionar os subsistemas de captação, descida e aterramento;
- Propor medidas de equipotencialização das partes metálicas acessíveis;
- Analisar a necessidade de proteção interna contra surtos nas instalações elétricas da quadra.

3 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

As descargas atmosféricas estão entre os fenômenos naturais de maior interesse para a engenharia elétrica, tanto pela intensidade das correntes envolvidas quanto pelos danos que podem causar a pessoas, edificações, instalações elétricas e equipamentos. De modo geral, a descarga atmosférica pode ser compreendida como uma transferência rápida de cargas elétricas entre regiões com diferentes potenciais elétricos, podendo ocorrer no interior de uma nuvem, entre nuvens ou entre a nuvem e o solo (RAKOV; UMAN, 2003).

Embora, no uso cotidiano, os termos raio, relâmpago e trovão sejam frequentemente utilizados como sinônimos, eles representam aspectos diferentes do mesmo fenômeno. O raio corresponde à descarga elétrica propriamente dita. O relâmpago é a manifestação luminosa resultante da ionização do ar ao longo do canal de descarga. O trovão, por sua vez, é o efeito sonoro produzido pela expansão brusca do ar aquecido pela passagem da corrente elétrica (RAKOV; UMAN, 2003).

A formação das descargas atmosféricas está associada, principalmente, ao desenvolvimento de nuvens de tempestade, como as cumulonimbus. No interior dessas nuvens ocorrem intensos movimentos ascendentes e descendentes de massas de ar, partículas de gelo, gotas de água e granizo. A interação entre essas partículas favorece a separação de cargas elétricas, de modo que diferentes regiões da nuvem passam a apresentar polaridades distintas. Em uma descrição simplificada, as cargas negativas tendem a se concentrar na parte inferior da nuvem, enquanto cargas positivas se acumulam em regiões superiores, formando campos elétricos intensos entre a nuvem e o solo ou entre regiões internas da própria nuvem (RAKOV; UMAN, 2003).

Quando o campo elétrico atinge valores suficientes para romper a rigidez dielétrica do ar, inicia-se o processo de descarga. No caso das descargas nuvem-solo descendentes, forma-se inicialmente um canal ionizado que se propaga em direção ao solo em etapas sucessivas, conhecido como líder descendente ou descarga piloto. À medida que esse canal se aproxima da superfície, objetos elevados, estruturas metálicas, árvores ou partes salientes de edificações podem emitir descargas ascendentes. Quando ocorre a conexão entre o líder descendente e uma descarga ascendente, estabelece-se um caminho condutor entre a nuvem e o solo, permitindo a passagem da corrente de retorno (RAKOV; UMAN, 2003).

As descargas atmosféricas podem ser classificadas de acordo com o local em que ocorrem. As descargas intranuvem acontecem dentro de uma mesma nuvem e são bastante frequentes. As descargas entre nuvens ocorrem entre formações distintas. Já as descargas

nuvem-solo são aquelas de maior interesse para a proteção de estruturas, pois estabelecem contato direto ou indireto com edificações, linhas elétricas, pessoas, animais e sistemas instalados na superfície terrestre. Também podem ocorrer descargas ascendentes, iniciadas a partir de estruturas elevadas em direção à nuvem, situação mais comum em torres, edifícios muito altos, aerogeradores e estruturas instaladas em regiões de altitude elevada (RAKOV; UMAN, 2003; ABNT, 2026a).

Do ponto de vista da proteção contra descargas atmosféricas, os efeitos do raio não se restringem ao ponto de impacto. Uma descarga direta sobre uma estrutura pode provocar danos físicos, perfurações em elementos metálicos, centelhamentos, incêndios, esforços mecânicos e elevação de potenciais em diferentes partes da instalação. Além disso, mesmo quando a descarga ocorre nas proximidades da estrutura, podem surgir sobretensões induzidas em linhas de energia, circuitos de comando, sistemas de iluminação, equipamentos eletrônicos e demais instalações internas (ABNT, 2026a; ABNT, 2026d).

A ABNT NBR 5419-1:2026 classifica os danos provocados por descargas atmosféricas em três grupos principais: danos às pessoas por choque elétrico, danos físicos à estrutura e falhas em sistemas internos decorrentes dos efeitos eletromagnéticos da descarga atmosférica.

Essa classificação é importante porque orienta a escolha das medidas de proteção a serem adotadas no projeto do SPDA. Em uma quadra poliesportiva, por exemplo, os riscos associados à presença de pessoas merecem atenção especial, sobretudo em razão da possibilidade de tensões de toque e de passo nas proximidades de elementos condutores e pontos de descida da corrente (ABNT, 2026a; ABNT, 2026c).

A tensão de toque ocorre quando uma pessoa entra em contato com uma parte metálica submetida a uma diferença de potencial durante a passagem da corrente da descarga atmosférica. Já a tensão de passo está relacionada à diferença de potencial entre dois pontos do solo próximos entre si, podendo atingir uma pessoa que esteja caminhando ou parada nas proximidades do ponto de dispersão da corrente. Esses fenômenos são particularmente relevantes em estruturas abertas ou semiabertas, onde há circulação de usuários e presença de partes metálicas acessíveis, como grades, alambrados, pilares, portões e estruturas de cobertura (ABNT, 2026c).

Além dos riscos diretos à vida humana, as descargas atmosféricas também podem afetar instalações elétricas e eletrônicas por meio de surtos de tensão e corrente. Esses surtos podem ser conduzidos por linhas de energia, cabos de sinal, sistemas de aterramento ou induzidos por campos eletromagnéticos gerados pela descarga. Por essa razão, a proteção contra descargas atmosféricas deve ser compreendida de forma integrada, envolvendo tanto o SPDA externo,

responsável pela interceptação e condução da corrente até o solo, quanto medidas de proteção interna, como equipotencialização e dispositivos de proteção contra surtos (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

No caso do Brasil, a análise das descargas atmosféricas apresenta especial relevância em razão da elevada atividade elétrica atmosférica observada no território nacional. Estudos sobre a distribuição espacial de raios indicam que a incidência de descargas varia conforme as condições meteorológicas, climáticas e geográficas de cada região. Essa variação regional justifica a utilização da densidade de descargas atmosféricas para a terra como parâmetro de entrada nos cálculos de risco previstos pela ABNT NBR 5419-2:2026 (NACCARATO; ALBRECHT; PINTO JR., 2011; ABNT, 2026b).

Dessa forma, compreender a origem, a classificação e os efeitos das descargas atmosféricas é essencial para o desenvolvimento de um projeto de proteção tecnicamente adequado. No presente trabalho, essa compreensão fundamenta a análise da quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, cuja cobertura metálica, estrutura condutora e uso por alunos e servidores exigem avaliação criteriosa quanto à proteção contra raios, tensões perigosas e surtos em instalações elétricas (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d;).

4 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS — SPDA

O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas, conhecido pela sigla SPDA, é o conjunto de elementos destinados a reduzir os riscos causados pelos efeitos diretos e indiretos dos raios sobre uma estrutura. Sua finalidade não é impedir a ocorrência das descargas atmosféricas, pois se trata de um fenômeno natural que não pode ser controlado, mas criar condições para que a corrente proveniente da descarga seja conduzida de maneira segura até o solo, diminuindo a possibilidade de danos físicos, incêndios, choques elétricos e falhas em sistemas elétricos e eletrônicos (ABNT, 2026a; ABNT, 2026c).

A proteção contra descargas atmosféricas deve ser compreendida como um sistema integrado. Não basta instalar apenas um captor ou um condutor de descida, pois a segurança da estrutura depende do funcionamento conjunto dos subsistemas de captação, descida, aterramento, equipotencialização e proteção contra surtos. Quando esses elementos são corretamente dimensionados e interligados, a corrente da descarga atmosférica tende a seguir caminhos previamente definidos, reduzindo diferenças de potencial perigosas e limitando os efeitos térmicos, mecânicos e eletromagnéticos associados ao raio (ABNT, 2026a; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

De modo geral, o SPDA pode ser dividido em sistema externo e sistema interno. O sistema externo tem a função de interceptar a descarga atmosférica, conduzir a corrente elétrica até o solo e dispersá-la no terreno. Para isso, ele é composto pelos subsistemas de captação, descida e aterramento. O sistema interno, por sua vez, tem como objetivo reduzir centelhamentos perigosos e limitar os efeitos dos surtos de tensão e corrente nos sistemas elétricos e eletrônicos da edificação, por meio de medidas como equipotencialização, distanciamento adequado, roteamento de condutores e instalação de dispositivos de proteção contra surtos (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

4.1 Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas

O SPDA externo é a parte do sistema que atua diretamente diante da possibilidade de impacto da descarga atmosférica sobre a estrutura. Ele deve ser projetado de modo que o ponto de impacto provável da descarga esteja dentro de uma região protegida, conduzindo a corrente até o sistema de aterramento de maneira segura. Para isso, o projeto deve considerar a geometria da edificação, sua altura, materiais construtivos, localização, nível de proteção adotado e

presença de elementos metálicos que possam participar da condução da corrente (ABNT, 2026c).

O subsistema de captação é responsável por interceptar a descarga atmosférica. Ele pode ser formado por hastes, cabos, condutores em malha ou elementos metálicos da própria estrutura, desde que atendam aos requisitos normativos. A escolha do método de captação depende das características da edificação e do nível de proteção definido. Em estruturas com cobertura metálica, como ocorre em diversas quadras poliesportivas cobertas, deve-se avaliar se a própria cobertura pode funcionar como componente natural de captação, desde que apresente continuidade elétrica, espessura compatível, permanência na estrutura e ausência de materiais que aumentem o risco de ignição (figura 1) (ABNT, 2026c).

Figura 1 - Cobertura metálica e estrutura da quadra poliesportiva, passíveis de aproveitamento como componentes naturais do SPDA externo.



Fonte: Próprio autor (2026).

O subsistema de descida tem a função de conduzir a corrente da descarga atmosférica desde o subsistema de captação até o aterramento. O posicionamento das descidas deve buscar caminhos curtos, retilíneos e distribuídos ao longo da estrutura, evitando trajetos com curvas acentuadas ou descontinuidades que possam aumentar a impedância do percurso. Em edificações com pilares metálicos ou armaduras de concreto armado eletricamente contínuas, esses elementos podem ser avaliados como possíveis condutores naturais de descida, desde que

apresentem continuidade elétrica e estejam devidamente interligados ao subsistema de captação e ao aterramento (ABNT, 2026c).

O subsistema de aterramento, por sua vez, é responsável pela dispersão da corrente da descarga atmosférica no solo. Seu desempenho depende de diversos fatores, como resistividade do terreno, geometria dos eletrodos, continuidade das conexões e integração com os demais sistemas de aterramento da edificação. Embora a resistência de aterramento seja um parâmetro importante de avaliação, o desempenho do aterramento em um SPDA não deve ser analisado apenas por esse valor, pois a distribuição da corrente e a redução das tensões perigosas também dependem da forma de instalação e da equipotencialização dos elementos condutores (ABNT, 2026c).

4.2 Sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas

O sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas é destinado a reduzir os efeitos perigosos da corrente do raio dentro da estrutura. Mesmo quando o SPDA externo conduz a corrente adequadamente para o solo, podem surgir diferenças de potencial entre partes metálicas, linhas elétricas, estruturas condutoras e equipamentos internos. Essas diferenças podem provocar centelhamentos, danos a equipamentos e riscos de choque elétrico (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

A equipotencialização é uma das principais medidas do SPDA interno. Ela consiste na interligação de elementos metálicos e sistemas condutores, buscando reduzir diferenças de potencial durante a passagem da corrente da descarga atmosférica. Em uma quadra poliesportiva, essa medida assume grande importância em razão da presença de grades, alambrados, pilares, portões, estruturas metálicas de cobertura, quadros elétricos e demais elementos acessíveis aos usuários (ABNT, 2026c).

Outra medida relevante é a instalação de dispositivos de proteção contra surtos, conhecidos como DPS. Esses dispositivos têm a função de limitar sobretensões transitórias que podem atingir instalações elétricas e equipamentos. As sobretensões podem ser provocadas por descargas atmosféricas diretas na estrutura, descargas próximas, descargas em linhas conectadas à edificação ou acoplamentos eletromagnéticos. Por isso, a proteção contra surtos deve ser compatível com o sistema elétrico existente e coordenada com o aterramento e a equipotencialização (ABNT, 2026d).

4.3 Componentes naturais do SPDA

Um aspecto importante no projeto de um SPDA é a possibilidade de utilização de componentes naturais da própria estrutura. Elementos como coberturas metálicas, pilares metálicos, treliças, armaduras de concreto armado e fundações podem, em determinadas condições, atuar como partes integrantes do sistema de proteção. Essa solução pode apresentar vantagens técnicas e econômicas, pois aproveita elementos já existentes na edificação e permite uma condução mais distribuída da corrente da descarga atmosférica (ABNT, 2026c).

Entretanto, a utilização de componentes naturais exige avaliação criteriosa. É necessário verificar se esses elementos são permanentes, se possuem continuidade elétrica, se apresentam dimensões compatíveis, se estão adequadamente conectados entre si e se suportam os efeitos térmicos e mecânicos da corrente de descarga. Também é indispensável documentar formalmente essa condição no projeto, evitando que partes essenciais do sistema sejam modificadas, removidas ou desconectadas sem avaliação técnica (ABNT, 2026c).

No caso de estruturas metálicas ou mistas, como coberturas de quadras poliesportivas, o aproveitamento da própria estrutura pode ser uma alternativa tecnicamente viável, desde que as conexões sejam contínuas e que o sistema esteja integrado ao aterramento. Porém, quando não for possível comprovar a continuidade elétrica ou quando os elementos existentes não atenderem aos requisitos mínimos, deve-se prever a instalação de condutores específicos para captação, descida ou aterramento (ABNT, 2026c).

4.4 Importância do SPDA em quadras poliesportivas

As quadras poliesportivas cobertas apresentam características que justificam atenção especial quanto à proteção contra descargas atmosféricas. Em geral, são estruturas amplas, com cobertura elevada, presença de elementos metálicos e uso por grupos de pessoas durante aulas, treinamentos, eventos esportivos e atividades institucionais. Além disso, muitas dessas edificações possuem laterais abertas ou semiabertas, o que pode aumentar a exposição dos usuários a tensões de passo e de toque em determinadas situações (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Na quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, a existência de cobertura metálica, estrutura condutora, grades no entorno e alimentação elétrica para iluminação reforça a necessidade de uma avaliação técnica específica. O dimensionamento do SPDA deve considerar não apenas a proteção da edificação, mas também a segurança dos

alunos, servidores e demais usuários que frequentam o local (figura 3) (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

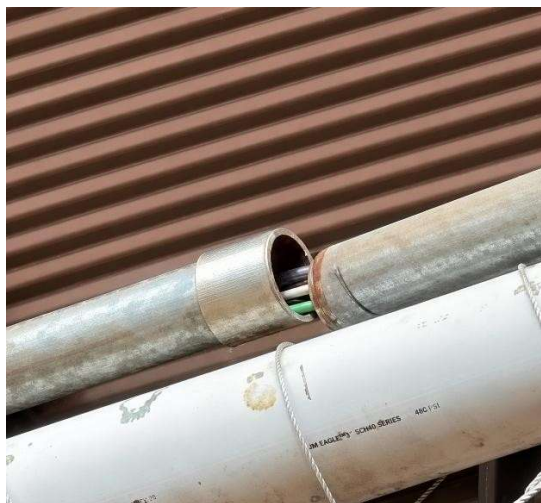
A presente infraestrutura de eletrodutos de zinco para passagem dos condutores de cobre com isolamento em PVC já apresenta avarias devido a fixação mecânica da tubulação estar obstruída e fraca devido aos usuários da quadra correrem em sentido ao gol da quadra e por não haver um espaço considerável entre o gol e a quadra os alunos acabam se debruçando sobre a grade causando impacto na estrutura e danificando não somente a estrutura mas a conexão dos eletrodutos, podendo causar um risco de fuga de corrente elétrica para a tela da quadra. A figura 2 e figura 3 ilustra o risco apresentado.

Figura 2 - Linha elétrica associada à iluminação da quadra poliesportiva.



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 3 – Imagem anterior ampliada



Fonte: Próprio autor (2026).

Dessa forma, o SPDA deve ser concebido como um sistema de segurança da edificação. Seu dimensionamento adequado permite reduzir riscos associados à incidência de raios, preservar a integridade física das pessoas, proteger a estrutura e contribuir para a continuidade das atividades desenvolvidas no ambiente. No presente trabalho, essa concepção será aplicada ao estudo de caso da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara, considerando os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5419:2026 e as condições reais observadas na estrutura (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

5 CRITÉRIOS NORMATIVOS APLICÁVEIS AO DIMENSIONAMENTO DO SPDA

O dimensionamento de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas deve ser realizado com base em critérios técnicos capazes de considerar, de forma integrada, a segurança das pessoas, a proteção da estrutura, a preservação dos sistemas elétricos e eletrônicos e as condições reais de exposição da edificação. No Brasil, a principal referência normativa para esse tipo de projeto é a ABNT NBR 5419, que estabelece os requisitos para análise, projeto, execução, inspeção e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

A versão de 2026 da ABNT NBR 5419 é dividida em quatro partes complementares. A Parte 1 apresenta os princípios gerais da proteção contra descargas atmosféricas; a Parte 2 estabelece o procedimento de análise de risco; a Parte 3 trata dos danos físicos a estruturas e dos perigos à vida; e a Parte 4 aborda a proteção de sistemas elétricos e eletrônicos internos à estrutura. Essa organização permite que o projeto seja desenvolvido em etapas, partindo da compreensão dos riscos e avançando até a definição das medidas de proteção externas e internas (ABNT, 2026a).

No presente trabalho, as quatro partes da norma serão utilizadas de forma integrada. A ABNT NBR 5419-1:2026 será empregada para a compreensão dos conceitos gerais, dos tipos de danos, dos tipos de perdas, dos níveis de proteção e das medidas de proteção aplicáveis. A ABNT NBR 5419-2:2026 será utilizada na avaliação da necessidade de proteção e na análise dos componentes de risco. A ABNT NBR 5419-3:2026 servirá de base para o dimensionamento do SPDA externo, especialmente quanto aos subsistemas de captação, descida, aterramento e ligações equipotenciais. Por fim, a ABNT NBR 5419-4:2026 será considerada para a proteção dos sistemas elétricos e eletrônicos internos, incluindo medidas de proteção contra surtos e coordenação de dispositivos de proteção (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

5.1 ABNT NBR 5419-1:2026 — Princípios gerais

A ABNT NBR 5419-1:2026 estabelece os princípios gerais para a proteção contra descargas atmosféricas. Essa parte da norma fornece a base conceitual para o desenvolvimento dos projetos de proteção, definindo os danos provocados pelas descargas atmosféricas, os tipos de perdas, a necessidade de proteção, os níveis de proteção e as zonas de proteção contra raios (ABNT, 2026a).

Um dos pontos centrais da norma é a compreensão de que não existe sistema capaz de impedir a ocorrência de descargas atmosféricas. Dessa forma, a proteção deve ser planejada com o objetivo de reduzir os riscos decorrentes dos efeitos do raio. Esses efeitos podem envolver danos a pessoas, danos físicos à estrutura e falhas em sistemas internos, razão pela qual o projeto do SPDA deve ser tratado como uma medida de segurança da edificação e não apenas como um componente isolado da instalação elétrica (ABNT, 2026a).

A norma também estabelece que a avaliação da necessidade de proteção deve considerar o risco associado à estrutura. O risco é formado pela combinação entre o número de eventos perigosos, a probabilidade de dano e o montante de perda decorrente desse dano. Assim, uma estrutura pode apresentar maior ou menor necessidade de proteção conforme sua localização, dimensões, ocupação, uso, presença de pessoas, tipo construtivo e existência de sistemas internos sensíveis (ABNT, 2026a).

Para o caso da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara, essa abordagem é especialmente relevante, pois se trata de uma estrutura utilizada por alunos, servidores e demais usuários, com cobertura metálica, elementos condutores acessíveis e instalação elétrica destinada à iluminação. Desse modo, a análise não pode se restringir à proteção patrimonial, devendo considerar também a exposição de pessoas e os riscos associados às tensões de toque e de passo (ABNT, 2026a; ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

5.2 ABNT NBR 5419-2:2026 — Análise de risco

A ABNT NBR 5419-2:2026 estabelece o procedimento para análise de risco em estruturas expostas a descargas atmosféricas nuvem-solo. Essa etapa é essencial para verificar se a estrutura necessita de proteção e quais medidas devem ser adotadas para reduzir o risco a valores toleráveis. A análise de risco permite que o projeto seja desenvolvido de forma técnica, evitando decisões baseadas apenas em critérios visuais ou em soluções padronizadas sem compatibilização com a realidade da edificação (ABNT, 2026b).

De acordo com a norma, o procedimento básico envolve a identificação da estrutura a ser protegida, a definição de suas características, a identificação dos tipos de perdas relevantes, a avaliação dos riscos correspondentes e a comparação dos resultados com os valores de risco tolerável. Para a avaliação da necessidade de proteção, são considerados principalmente o risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes, representado por R1, e o risco de perda de patrimônio cultural, representado por R3 (ABNT, 2026b).

A ABNT NBR 5419-2:2026 estabelece valores típicos de risco tolerável. Para o risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes, o valor usual de referência é $RT = 10^{-5}$ por ano. Para o risco de perda de patrimônio cultural, o valor usual é $RT = 10^{-4}$ por ano. A proteção contra descargas atmosféricas é considerada necessária quando o risco calculado for superior ao risco tolerável correspondente. Quando houver mais de um tipo de perda aplicável, cada risco deve ser analisado separadamente (ABNT, 2026b).

No estudo da quadra poliesportiva, a análise de risco assume papel fundamental para justificar tecnicamente o dimensionamento do SPDA. Ainda que o risco calculado possa estar abaixo do limite tolerável em determinada situação, outros critérios técnicos e regulamentares também devem ser observados, especialmente quando a estrutura é utilizada como local de permanência ou concentração de pessoas. Por esse motivo, a análise de risco será associada à caracterização do uso da quadra e às exigências aplicáveis ao caso concreto (ABNT, 2026b; CBMGO, 2019; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

5.3 ABNT NBR 5419-3:2026 — Danos físicos a estruturas e perigos à vida

A ABNT NBR 5419-3:2026 apresenta os critérios técnicos para proteção contra danos físicos às estruturas e perigos à vida. Essa parte da norma é a principal referência para o dimensionamento do SPDA externo, pois trata dos subsistemas de captação, descida e aterramento, além das ligações equipotenciais, materiais, dimensões mínimas, inspeções e manutenção (ABNT, 2026c).

O SPDA externo tem como finalidade interceptar descargas atmosféricas diretas na estrutura, conduzir a corrente desde o ponto de impacto até o solo e dispersá-la de modo seguro. Esse sistema também busca reduzir a possibilidade de danos térmicos e mecânicos, centelhamentos perigosos, incêndios, explosões e choques elétricos decorrentes de tensões de toque e de passo. Portanto, o dimensionamento do SPDA externo deve considerar não apenas a geometria da estrutura, mas também os caminhos de condução da corrente e a segurança das pessoas nas áreas acessíveis (ABNT, 2026c).

A Parte 3 da norma também admite o uso de componentes naturais do SPDA, desde que atendidos os requisitos técnicos aplicáveis. Elementos metálicos permanentes da estrutura, como coberturas, treliças, pilares metálicos, armaduras de concreto armado e fundações, podem ser utilizados como componentes naturais de captação, descida ou aterramento, desde que possuam continuidade elétrica, dimensões adequadas, permanência na edificação e documentação formal no projeto (ABNT, 2026c).

Essa possibilidade é particularmente importante no presente estudo de caso, pois a quadra poliesportiva analisada possui cobertura metálica, estrutura robusta e pilares que podem ser avaliados quanto à sua utilização como parte integrante do SPDA. O aproveitamento de componentes naturais pode resultar em uma solução tecnicamente adequada e economicamente eficiente, desde que seja comprovada a continuidade elétrica entre os elementos e garantida a integração com o subsistema de aterramento e com as ligações equipotenciais necessárias (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

A ABNT NBR 5419-3:2026 também estabelece requisitos para inspeção e manutenção do SPDA. Essa etapa é relevante porque a eficiência do sistema depende da conservação dos condutores, conexões, elementos de captação, descidas, aterramento, DPS e ligações equipotenciais. Em estruturas sujeitas à ação do tempo, corrosão, reformas ou intervenções físicas, a inspeção periódica permite identificar falhas, descontinuidades e alterações que possam comprometer a segurança do sistema (ABNT, 2026c).

5.4 ABNT NBR 5419-4:2026 — Sistemas elétricos e eletrônicos internos

A ABNT NBR 5419-4:2026 trata da proteção dos sistemas elétricos e eletrônicos internos contra os efeitos das descargas atmosféricas. Mesmo quando uma descarga é interceptada e conduzida adequadamente pelo SPDA externo, parte de seus efeitos pode se manifestar nos sistemas internos por meio de surtos conduzidos, indução eletromagnética, diferenças de potencial e acoplamentos entre linhas e estruturas metálicas (ABNT, 2026d).

As medidas de proteção contra surtos, conhecidas como MPS, envolvem um conjunto de soluções destinadas a reduzir a probabilidade de falhas nos sistemas internos. Entre essas medidas estão o aterramento e a equipotencialização em rede, a blindagem magnética, o roteamento adequado de linhas elétricas, a coordenação entre dispositivos de proteção contra surtos e a utilização de interfaces isolantes quando necessário (ABNT, 2026d).

Os dispositivos de proteção contra surtos, conhecidos como DPS, têm a função de limitar sobretensões transitórias que possam atingir os equipamentos e circuitos internos. A instalação desses dispositivos deve ser compatível com o sistema elétrico existente e coordenada com o aterramento e a equipotencialização da estrutura. Em edificações com alimentação elétrica, quadros de iluminação, refletores e outros equipamentos, a análise da proteção interna deve acompanhar o dimensionamento do SPDA externo, pois os efeitos das descargas atmosféricas podem alcançar a instalação mesmo sem impacto direto sobre os equipamentos (ABNT, 2026d).

No caso da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara, a proteção interna será considerada principalmente em razão da existência de alimentação elétrica para iluminação e da presença de quadro elétrico associado à estrutura. Assim, além da captação, descidas e aterramento, o projeto deve avaliar a necessidade de equipotencialização e proteção contra surtos, de modo a reduzir diferenças de potencial perigosas e proteger os componentes elétricos existentes (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

5.5 Norma Técnica 40/2019 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás

Além da ABNT NBR 5419:2026, também deve ser considerada a Norma Técnica 40/2019 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. Essa norma trata do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas no âmbito das edificações e áreas de risco sujeitas à análise do Corpo de Bombeiros, fixando características mínimas para instalação de para-raios, especificações técnicas e padronização das inspeções relacionadas ao SPDA (CBMGO, 2019).

A observância da NT 40/2019 é relevante porque o dimensionamento do SPDA, além de atender aos critérios técnicos da ABNT, também deve considerar exigências regulamentares aplicáveis à segurança contra incêndio e pânico no Estado de Goiás. No caso de uma quadra poliesportiva vinculada a uma instituição de ensino, utilizada para atividades esportivas e eventos institucionais, a compatibilização entre a ABNT NBR 5419:2026 e a regulamentação do Corpo de Bombeiros contribui para uma solução mais adequada às condições de uso da edificação (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; CBMGO, 2019; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Dessa forma, o dimensionamento proposto neste trabalho será desenvolvido considerando a ABNT NBR 5419:2026 como referência técnica principal e a NT 40/2019 como norma complementar de segurança contra incêndio e pânico aplicável ao contexto local. Essa integração normativa é importante para que o SPDA projetado atenda não apenas aos critérios de engenharia, mas também às exigências de segurança estabelecidas para edificações e áreas de risco no Estado de Goiás (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d; CBMGO, 2019).

6 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada com o objetivo de permitir o dimensionamento de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas para a quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, considerando as características reais da edificação e os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5419:2026. Para isso, foram combinados levantamento teórico, análise normativa, levantamento de campo, análise de risco e dimensionamento técnico dos subsistemas que compõem o SPDA.

Do ponto de vista da natureza, a pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois busca empregar conhecimentos técnicos e normativos para solucionar um problema concreto de engenharia: a definição de uma solução de proteção contra descargas atmosféricas para uma estrutura existente. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, uma vez que envolve a caracterização da edificação, de seu uso, de suas condições construtivas e dos elementos que podem influenciar o dimensionamento do sistema de proteção. Quanto aos procedimentos, o trabalho se enquadra como estudo de caso, por analisar uma estrutura específica, em seu contexto real, com base em dados levantados diretamente no local (GIL, 2002; YIN, 2015).

O estudo de caso foi escolhido por permitir a análise detalhada de uma situação concreta, considerando as particularidades da edificação, seu entorno, sua ocupação e seus elementos construtivos. Esse tipo de abordagem é adequado quando se pretende compreender um fenômeno técnico dentro de um contexto específico, sem separá-lo das condições reais em que ocorre. No presente trabalho, o objeto de estudo é a quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara, localizada no município de Itumbiara, Estado de Goiás, nas coordenadas geográficas aproximadas de latitude -18.435822 e longitude -49.212002 (YIN, 2015).

A primeira etapa da pesquisa consistiu no levantamento teórico e normativo. Foram consultadas obras técnicas, artigos científicos e documentos normativos relacionados às descargas atmosféricas, aos efeitos dos raios sobre estruturas, à proteção de pessoas, à análise de risco e ao dimensionamento de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas. A base normativa principal foi composta pelas quatro partes da ABNT NBR 5419:2026: Parte 1, referente aos princípios gerais; Parte 2, referente à análise de risco; Parte 3, referente aos danos físicos a estruturas e perigos à vida; e Parte 4, referente aos sistemas elétricos e eletrônicos internos à estrutura (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

A segunda etapa envolveu o levantamento de campo da quadra poliesportiva. Nessa fase, foram observadas as características físicas da estrutura, incluindo dimensões aproximadas,

altura da cobertura, tipo de material empregado, presença de cobertura metálica, estrutura metálica, pilares, grades, tela no entorno, instalações elétricas, quadro de iluminação e demais elementos relevantes para o dimensionamento do SPDA. Também foram registradas imagens da edificação, com o objetivo de documentar a estrutura analisada e auxiliar na identificação dos possíveis caminhos de condução da corrente da descarga atmosférica.

Durante o levantamento de campo, verificou-se que a quadra possui cobertura metálica, estrutura robusta e elementos condutores distribuídos ao longo da edificação. Essas características são relevantes porque a ABNT NBR 5419-3:2026 permite a utilização de componentes naturais do SPDA, desde que atendidos os requisitos de permanência, continuidade elétrica, dimensões adequadas e documentação formal no projeto. Dessa forma, a metodologia adotada incluiu a avaliação da possibilidade de aproveitamento da própria cobertura metálica, dos elementos estruturais e das fundações como componentes naturais dos subsistemas de captação, descida e aterramento (ABNT, 2026c).

A terceira etapa consistiu na caracterização do uso da estrutura. Por se tratar de uma quadra poliesportiva vinculada a uma instituição de ensino, foram considerados o uso por alunos e servidores, a realização de atividades esportivas e a possibilidade de eventos institucionais. Esses dados são relevantes porque a presença de pessoas na estrutura influencia a análise de risco, especialmente em relação ao risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes, representado por R1. Também foram considerados aspectos relacionados à exposição dos usuários a tensões de toque e de passo, principalmente em razão da presença de grades, pilares, portões e demais partes metálicas acessíveis (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c).

A quarta etapa correspondeu à análise de risco, realizada com base na ABNT NBR 5419-2:2026. Essa análise teve por finalidade verificar a necessidade de proteção contra descargas atmosféricas e identificar os componentes de risco aplicáveis à estrutura estudada. Para isso, foram considerados os parâmetros relacionados à densidade de descargas atmosféricas para a terra na região de Itumbiara, à área de exposição equivalente da estrutura, à localização relativa da edificação, ao número anual de eventos perigosos, às probabilidades de dano e às perdas associadas. O risco calculado foi comparado com o risco tolerável estabelecido pela norma (ABNT, 2026b).

No presente estudo, a análise de risco foi direcionada principalmente ao risco R1, relacionado à perda de vida humana ou ferimentos permanentes. O risco R3, relativo à perda de patrimônio cultural, foi considerado apenas de forma conceitual, uma vez que a quadra poliesportiva analisada não apresenta, em princípio, característica de patrimônio cultural insubstituível. A frequência de danos associada a falhas de sistemas internos foi avaliada

conforme a aplicabilidade ao caso, especialmente em razão da existência de alimentação elétrica e iluminação na estrutura (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026d).

A quinta etapa consistiu na definição do nível de proteção do SPDA. Para isso, foram considerados os resultados da análise de risco, as características de ocupação da quadra, a presença de pessoas, as condições construtivas e as exigências aplicáveis à segurança contra incêndio e pânico no Estado de Goiás. Embora a análise de risco seja o procedimento técnico principal previsto pela ABNT NBR 5419-2:2026, o dimensionamento também considerou a NT 40/2019 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, por se tratar de edificação destinada a atividades coletivas e com possibilidade de concentração de público (ABNT, 2026b; CBMGO, 2019).

A sexta etapa compreendeu o dimensionamento do SPDA externo, com base na ABNT NBR 5419-3:2026. Nessa fase, foram analisados o subsistema de captação, o subsistema de descida e o subsistema de aterramento. Para o subsistema de captação, avaliou-se a possibilidade de utilização da cobertura metálica como componente natural, considerando sua permanência na estrutura e sua função como elemento condutor. Para o subsistema de descida, foram analisados os pilares e demais elementos estruturais capazes de conduzir a corrente até o aterramento. Para o subsistema de aterramento, foi considerada a possibilidade de utilização das fundações e armaduras como eletrodos naturais, desde que garantida a continuidade elétrica entre os elementos (ABNT, 2026c).

Além do SPDA externo, a metodologia incluiu a análise das medidas de proteção interna, com base na ABNT NBR 5419-4:2026. Essa etapa teve por objetivo avaliar a necessidade de medidas de proteção contra surtos, equipotencialização, interligação de massas metálicas e proteção das instalações elétricas existentes. Em especial, foram considerados o quadro de iluminação da quadra, a alimentação elétrica e a presença de elementos metálicos acessíveis aos usuários, como grades e telas no entorno da estrutura (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

Por fim, os resultados obtidos foram organizados de forma a apresentar a caracterização da estrutura, a análise de risco, a definição do nível de proteção, o dimensionamento dos subsistemas de captação, descida e aterramento, bem como as medidas de equipotencialização e proteção interna recomendadas. A partir desses resultados, foi possível propor uma solução de SPDA compatível com a quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara, considerando tanto os critérios normativos quanto as condições reais observadas no levantamento de campo.

7 CARACTERIZAÇÃO DA QUADRA POLIESPORTIVA DO IFG CAMPUS ITUMBIARA

A estrutura escolhida para o desenvolvimento deste estudo de caso é a quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, localizada no município de Itumbiara, Estado de Goiás (Figura 4). A edificação está situada nas coordenadas geográficas aproximadas de latitude -18.435822 e longitude -49.212002, conforme levantamento realizado em campo (LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Figura 4 - Vista da quadra poliesportiva



Fonte: Próprio autor (2026).

A quadra é utilizada para atividades esportivas, aulas práticas de educação física, treinamentos e eventos institucionais. Por se tratar de um ambiente destinado à circulação e permanência de alunos, servidores e demais usuários, a análise da proteção contra descargas atmosféricas deve considerar não apenas a preservação da estrutura física, mas também a segurança das pessoas que frequentam o local. Esse aspecto é relevante porque a ABNT NBR 5419-2:2026 considera o risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes como um dos principais critérios para avaliação da necessidade de proteção contra descargas atmosféricas (ABNT, 2026b).

A edificação apresenta cobertura metálica em formato curvo, constituída por telhas metálicas, estrutura de sustentação robusta e fechamento lateral parcial por telas e grades metálicas. A presença desses elementos condutores torna necessária uma avaliação específica

quanto à possibilidade de utilização da própria estrutura como componente natural do SPDA, especialmente nos subsistemas de captação, descida e aterramento. A ABNT NBR 5419-3:2026 admite o uso de componentes naturais da edificação, desde que sejam permanentes, apresentem continuidade elétrica, atendam aos requisitos dimensionais e estejam devidamente documentados no projeto (ABNT, 2026c).

7.1 Características físicas e construtivas

A quadra poliesportiva possui cobertura metálica apoiada em estrutura composta por elementos metálicos e pilares de concreto armado. A cobertura apresenta formato arqueado, com fechamento superior contínuo e saliência longitudinal localizada na parte superior do telhado. Essa saliência possui altura aproximada de 0,50 m em relação ao plano da cobertura (figura 5), devendo ser considerada na análise da geometria da edificação e na avaliação do subsistema de captação (LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Figura 5 - Vista aérea da quadra com suas dimensões.



Fonte: Próprio autor (2026).

As dimensões levantadas em campo indicam comprimento aproximado de 46,6 m e largura aproximada de 30,1 m (figura 6).

Figura 6 - Vista aérea da quadra com suas dimensões.



Fonte: Próprio autor (2026).

A altura central da cobertura é de aproximadamente 11,28 m, enquanto as extremidades laterais apresentam altura próxima de 4,27 m (figura 7). Essas dimensões são importantes para a determinação da área de exposição equivalente da estrutura e para a avaliação do número anual de eventos perigosos, conforme metodologia prevista na ABNT NBR 5419-2:2026 (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Figura 7 - Dimensão frontal da quadra na vertical/horizontal.



Fonte: Próprio autor (2026).

A estrutura possui ainda pilares distribuídos ao longo do comprimento da quadra, com vãos de aproximadamente 5 m entre os elementos de sustentação. Essa configuração é relevante

para o estudo do subsistema de descida, pois o espaçamento entre condutores de descida deve ser compatível com o nível de proteção adotado para o SPDA. No caso de utilização de elementos naturais como condutores de descida, é necessário verificar a continuidade elétrica entre a cobertura, os pilares e o sistema de aterramento (ABNT, 2026c).

7.2 Cobertura metálica e possibilidade de captação natural

A cobertura da quadra é composta por telhas metálicas fixadas à estrutura de sustentação. Em razão dessa característica, existe a possibilidade técnica de aproveitamento da cobertura como componente natural do subsistema de captação do SPDA. Para isso, a cobertura deve apresentar continuidade elétrica adequada, permanecer definitivamente integrada à edificação e atender aos requisitos de espessura mínima previstos para chapas metálicas utilizadas em subsistemas de captação (ABNT, 2026c).

Durante o levantamento de campo, não foi localizada documentação técnica do fabricante da cobertura metálica. Entretanto, pelas características visuais e construtivas observadas, estima-se que a cobertura seja constituída por telhas metálicas galvanizadas ou em aço revestido com liga alumínio-zinco, com espessura compatível com telhas comerciais empregadas em coberturas de quadras poliesportivas. Assim, a utilização da cobertura como captor natural deve ser admitida com cautela, condicionada à verificação de continuidade elétrica e à aceitação de eventual perfuração localizada da chapa, desde que não haja material inflamável imediatamente abaixo da cobertura (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Além das telhas metálicas, a estrutura interna da cobertura apresenta treliças e elementos metálicos que podem contribuir para a condução da corrente da descarga atmosférica, desde que estejam eletricamente interligados e apresentem continuidade adequada. Essa condição reforça a necessidade de avaliação técnica das conexões entre os elementos metálicos da cobertura, os apoios estruturais e as possíveis descidas naturais (ABNT, 2026c).

7.3 Estrutura de sustentação e possíveis descidas naturais

A estrutura de sustentação da quadra é composta por pilares e elementos metálicos distribuídos ao longo da edificação. Em razão da quantidade e da disposição desses elementos, existe a possibilidade de aproveitamento da própria estrutura como subsistema natural de descida. Essa solução pode ser tecnicamente adequada quando os elementos condutores

apresentam continuidade elétrica e estão conectados ao subsistema de captação e ao aterramento (ABNT, 2026c).

A quadra possui aproximadamente 45 m de comprimento na região dos apoios laterais, com cerca de 10 pilares distribuídos ao longo da estrutura. Considerando a distância aproximada de 5 m entre os vãos, observa-se que a disposição dos apoios pode ser favorável ao atendimento dos critérios de espaçamento entre descidas para o nível de proteção a ser adotado. Contudo, para que esses elementos sejam efetivamente utilizados como descidas naturais, é indispensável verificar a continuidade elétrica entre a cobertura metálica, os pilares e as fundações (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

A utilização de descidas naturais apresenta vantagens, pois permite a distribuição da corrente da descarga atmosférica por diversos caminhos paralelos, reduzindo a concentração de corrente em um único ponto. Entretanto, essa solução somente pode ser adotada quando houver comprovação técnica de continuidade elétrica e integração com o subsistema de aterramento, evitando trajetos interrompidos, conexões deficientes ou partes metálicas isoladas que possam gerar centelhamentos perigosos (ABNT, 2026c).

7.4 Sistema de aterramento e condições de dispersão da corrente

O subsistema de aterramento tem a função de dispersar no solo a corrente proveniente da descarga atmosférica, reduzindo diferenças de potencial perigosas e contribuindo para a segurança das pessoas e da estrutura. Na quadra analisada, foi verificada a possibilidade de utilização das fundações e armaduras dos pilares como eletrodos naturais de aterramento, desde que assegurada a continuidade elétrica entre os elementos estruturais e os demais componentes do SPDA (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Com o objetivo de avaliar preliminarmente as condições de dispersão da corrente elétrica para o solo, foi realizada medição da resistência de aterramento da estrutura metálica da cobertura com terrômetro digital Megabras modelo 20KWe. A medição apresentou valor de 8,73 Ω , utilizado como parâmetro complementar de avaliação das condições do aterramento existente (LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

É importante destacar que a ABNT NBR 5419-3:2026 não adota a resistência de aterramento como único critério de aceitação do SPDA. O desempenho do subsistema de aterramento depende também da geometria dos eletrodos, da continuidade das conexões, da integração com as descidas, da equipotencialização e da redução de tensões perigosas. Deste

modo, o valor medido deve ser interpretado como dado auxiliar, e não como critério isolado de conformidade do sistema (ABNT, 2026c).

7.5 Instalações elétricas e elementos metálicos acessíveis

A quadra possui alimentação elétrica destinada ao quadro geral de iluminação e aos sistemas associados ao uso da estrutura (figura 8). A existência dessa alimentação deve ser considerada na análise de risco e na definição das medidas de proteção interna, especialmente quanto à possibilidade de surtos conduzidos por linhas elétricas conectadas à edificação (ABNT, 2026b; ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Figura 8 - Linha que alimenta o quadro de energia da quadra.



Fonte: Próprio autor (2026).

Além da cobertura e dos pilares, a edificação possui grades, telas metálicas, portões e outros elementos condutores acessíveis aos usuários. Esses componentes devem ser avaliados sob a perspectiva da equipotencialização, pois diferenças de potencial entre partes metálicas podem representar risco de choque elétrico durante uma descarga atmosférica. Em estruturas de uso coletivo, como quadras poliesportivas, esse cuidado é especialmente importante devido à presença de pessoas próximas a elementos metálicos durante atividades esportivas e eventos (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

Durante o levantamento de campo, foi identificada a necessidade de atenção específica às telas e grades metálicas no entorno da quadra. A interligação desses elementos ao sistema de

equipotencialização pode reduzir diferenças de potencial perigosas e contribuir para a proteção contra tensões de toque. Assim, além do dimensionamento dos subsistemas de captação, descida e aterramento, o projeto do SPDA deve contemplar medidas de integração elétrica entre as partes metálicas acessíveis da edificação (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

7.6 Considerações preliminares para o dimensionamento

A caracterização da quadra poliesportiva permite identificar os principais elementos que influenciarão o dimensionamento do SPDA. A estrutura apresenta cobertura metálica com potencial de utilização como captor natural, pilares e elementos estruturais que podem ser avaliados como descidas naturais, fundações com possibilidade de aproveitamento como eletrodos naturais de aterramento e elementos metálicos acessíveis que demandam equipotencialização (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Essas características indicam que o projeto pode adotar uma solução baseada no aproveitamento de componentes naturais, desde que sejam atendidos os requisitos normativos de continuidade elétrica, permanência, dimensões mínimas e documentação. Ao mesmo tempo, a presença de usuários, a finalidade esportiva e institucional da edificação e a existência de instalações elétricas tornam necessária uma análise integrada entre SPDA externo, equipotencialização e proteção interna contra surtos (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

Dessa forma, os dados apresentados neste capítulo servirão de base para a análise de risco e para o dimensionamento técnico do SPDA da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara. A partir dessas informações, será possível avaliar o risco associado à estrutura, definir o nível de proteção aplicável e propor os subsistemas necessários para a proteção da edificação e de seus usuários.

8 ANÁLISE DE RISCO DA QUADRA POLIESPORTIVA

A análise de risco constitui uma etapa essencial no dimensionamento de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, pois permite verificar se determinada estrutura necessita de medidas de proteção e quais condições devem ser atendidas para que o risco seja mantido em níveis toleráveis. No caso da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara, essa análise foi conduzida com base na ABNT NBR 5419-2:2026, considerando as características físicas da edificação, sua localização, sua ocupação e a presença de pessoas durante atividades esportivas e eventos institucionais (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

De acordo com a ABNT NBR 5419-1:2026, a necessidade de proteção contra descargas atmosféricas deve ser avaliada principalmente em relação às perdas de vida humana ou ferimentos permanentes, representadas pelo risco R1, e às perdas de patrimônio cultural, representadas pelo risco R3. A proteção é considerada necessária quando o risco calculado é superior ao risco tolerável estabelecido pela norma. Para o risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes, o valor típico de risco tolerável é $RT = 10^{-5}$ por ano (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b).

No presente estudo, a análise foi direcionada ao risco R1, uma vez que a quadra é utilizada por alunos, servidores e demais usuários, havendo permanência de pessoas no interior e nas proximidades da estrutura. O risco R3 não foi desenvolvido, pois a edificação analisada não apresenta característica de patrimônio cultural insubstituível. Dessa forma, o critério mais relevante para o caso concreto é a proteção da vida humana, especialmente diante da presença de elementos metálicos acessíveis e da possibilidade de tensões de toque e de passo durante uma descarga atmosférica (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b; ABNT, 2026c).

8.1 Estrutura considerada na análise

A estrutura analisada corresponde à quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, localizada no município de Itumbiara, Estado de Goiás, nas coordenadas geográficas aproximadas de latitude -18.435822 e longitude -49.212002. A edificação possui cobertura metálica em formato curvo, estrutura de sustentação robusta, pilares distribuídos ao longo do comprimento, fechamento lateral parcial por grades e telas metálicas, além de alimentação elétrica destinada ao quadro de iluminação da quadra (LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

As dimensões consideradas no estudo foram obtidas por levantamento de campo e análise das imagens da estrutura. A quadra apresenta comprimento aproximado de 46,6 m, largura aproximada de 30,1 m, altura central de aproximadamente 11,28 m e altura lateral próxima de 4,27 m. Também foi identificada uma saliência longitudinal no topo da cobertura, com altura aproximada de 0,50 m, elemento que deve ser considerado na avaliação geométrica da estrutura e no dimensionamento do sistema de captação (LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Para a análise de risco, considerou-se que a estrutura se encontra cercada por objetos mais altos, condição que influencia o fator de localização da edificação. Esse fator é relevante porque a probabilidade de uma descarga atmosférica atingir diretamente uma estrutura depende não apenas de suas dimensões, mas também de sua posição relativa em relação ao entorno (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

8.2 Fontes de danos e componentes de risco aplicáveis

A ABNT NBR 5419-2:2026 classifica as fontes de danos de acordo com o ponto de impacto da descarga atmosférica. As descargas podem atingir diretamente a estrutura, ocorrer próximas à estrutura, atingir uma linha elétrica conectada à edificação ou ocorrer nas proximidades de uma linha conectada. A partir dessas fontes de danos, são definidos os componentes de risco aplicáveis a cada tipo de perda (ABNT, 2026b).

Para o risco R1, relacionado à perda de vida humana ou ferimentos permanentes, os componentes considerados no estudo foram aqueles associados a ferimentos por choque elétrico e danos físicos decorrentes de descargas na estrutura e em linhas conectadas. Dessa forma, a composição do risco foi tratada pela soma dos componentes aplicáveis ao caso concreto, conforme a seguinte expressão geral:

$$R1 = RA + RB + RU + RV$$

Nessa expressão, RA corresponde ao componente de risco relacionado a ferimentos de seres vivos por choque elétrico devido à descarga atmosférica na estrutura; RB corresponde ao componente relacionado a danos físicos na estrutura devido à descarga atmosférica direta; RU corresponde ao componente relacionado a ferimentos de seres vivos por choque elétrico devido à descarga em linha elétrica conectada à estrutura; e RV corresponde ao componente

relacionado a danos físicos na estrutura decorrentes de descarga em linha conectada (ABNT, 2026b).

No caso da quadra poliesportiva, a existência de alimentação elétrica para iluminação exige que a linha elétrica seja considerada na análise, ainda que o foco do trabalho esteja no dimensionamento do SPDA externo e na equipotencialização dos elementos metálicos acessíveis. Assim, a análise de risco deve ser compatível com as condições reais da edificação, evitando desconsiderar a influência da linha de alimentação elétrica no comportamento do sistema diante de surtos ou descargas atmosféricas (ABNT, 2026b; ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

8.3 Parâmetros utilizados na análise

Os parâmetros de entrada utilizados na análise de risco foram definidos a partir das características da estrutura, do levantamento de campo e dos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5419-2:2026. Entre os principais dados considerados estão a área de exposição equivalente, a densidade de descargas atmosféricas para a terra na região, o fator de localização da estrutura, a ocupação da quadra, o tempo de permanência de pessoas e as características da linha elétrica conectada à edificação (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Tabela 1 - Principais parâmetros de entrada utilizados na análise de risco.

Parâmetro	Símbolo	Valor adotado	Observação
Área de exposição equivalente	AD	10.747,4 m ²	Calculada a partir das dimensões da estrutura
Densidade de descargas atmosféricas para a terra	NG	16 raios/km ² /ano	Valor adotado para Itumbiara-GO
Fator de localização da estrutura	CD	0,25	Estrutura cercada por objetos mais altos
Número anual de eventos perigosos para a estrutura	ND	0,042989 evento/ano	Calculado conforme ABNT NBR 5419-2:2026
Medida de proteção adicional contra tensões de toque e passo	PTA	1	Nenhuma medida de proteção adicional considerada

Parâmetro	Símbolo	Valor adotado	Observação
Probabilidade de uma descarga atmosférica na estrutura causar danos físicos	PB	1	Estrutura sem SPDA instalado
Probabilidade de ferimentos em seres vivos por choque elétrico	PA	1	Valor considerado para o nível de proteção adotado
Fator de redução da perda de vida humana em função do tipo de piso	rt	10^{-2}	Piso em terra/concreto
Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso	LT	10^{-2}	Valor adotado para todos os tipos de estrutura
Número de pessoas na zona de estudo	nz	35	Ocupação média considerada na quadra
Número total de pessoas na estrutura	nt	8	Considerado em função do período médio de permanência diária
Tempo de exposição anual	tz	1.640 h/ano	Considerando 200 dias letivos $\times$ 8 h/dia + 40 h de eventos/ano
Fator de aumento devido ao tipo de construção	rs	1	Estrutura robusta, metálica ou em concreto armado
Perda relacionada a ferimentos em seres vivos por choque elétrico	LA	$1,872 \times 10^{-5}$	Valor utilizado no cálculo do componente RA
Componente de risco relacionado a ferimentos em seres vivos por choque elétrico	RA	$8,05 \times 10^{-7}$	Calculado por $RA = ND \times PA \times LA$
Probabilidade de uma descarga atmosférica causar danos físicos	PB	1	Estrutura não protegida por SPDA
Fator de redução da perda devido a danos físicos em função das medidas tomadas	rp	1	Estrutura sem risco de explosão

Parâmetro	Símbolo	Valor adotado	Observação
Fator de redução da perda devido a danos físicos em função do risco de incêndio	rf	0,001	Baixo risco de incêndio
Fator de aumento da perda devido ao nível de pânico	hz	5	Nível médio de pânico
Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos	LF	0,05	Ambiente de entretenimento público/uso coletivo
Perda devido a danos físicos	LB	$4,68 \times 10^{-5}$	Valor utilizado no cálculo do componente RB
Componente de risco relacionado a danos físicos na estrutura	RB	$2,01 \times 10^{-6}$	Calculado por $RB = ND \times PB \times LB$
Comprimento da linha elétrica	LL	13 m	Linha associada à alimentação elétrica da quadra
Fator de instalação da linha elétrica	CI	0,5	Linha considerada enterrada
Fator ambiental da linha	CE	0,5	Ambiente urbano
Fator do tipo de linha	CT	1	Linha elétrica de baixa tensão
Número anual de eventos perigosos na linha	NL	0,00121 evento/ano	Calculado para a linha elétrica
Altura do poste	H	7 m	Poste associado à alimentação da quadra
Área de exposição equivalente da estrutura adjacente	ADJ	1.385 m ²	Área equivalente considerada para a estrutura adjacente
Fator de localização da estrutura adjacente	CDJ	0,25	Estrutura rodeada por árvores ou objetos mais altos

Parâmetro	Símbolo	Valor adotado	Observação
Número anual de eventos perigosos em estrutura adjacente	NDJ	0,00554 evento/ano	Considerado na análise da linha elétrica
Probabilidade de ferimentos em seres vivos no interior da estrutura devido à linha elétrica	PU	1	Considerando PTU = PEB = PLD = CLD = 1
Perda relacionada a ferimentos em seres vivos por choque na linha elétrica	LU	$1,872 \times 10^{-5}$	Valor utilizado no cálculo do componente RU
Componente de risco relacionado à descarga na linha elétrica	RU	$1,26 \times 10^{-7}$	Calculado por $RU = (NL + NDJ) \times PU \times LU$
Probabilidade de danos físicos na estrutura devido à linha elétrica	PV	1	Valor adotado para a análise
Perda na estrutura devido a danos físicos	LV	$4,68 \times 10^{-5}$	Valor utilizado no cálculo do componente RV
Componente de risco relacionado a danos físicos decorrentes da linha elétrica	RV	$3,16 \times 10^{-7}$	Calculado por $RV = (NL + NDJ) \times PV \times LV$
Risco tolerável para perda de vida humana ou ferimentos permanentes	RT	10^{-5}	Valor típico previsto pela ABNT NBR 5419-2:2026
Risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes	R1	$3,26 \times 10^{-6}$	Calculado por $R1 = RA + RB + RU + RV$
Condição normativa	$R1 \leq RT$	Atendida	O risco calculado ficou inferior ao risco tolerável

Fonte: elaborado com base em ABNT (2026b) e levantamento de campo (2026).

A área de exposição equivalente é um dos parâmetros fundamentais da análise, pois representa a área na qual uma descarga atmosférica pode atingir a estrutura ou suas proximidades, considerando suas dimensões e altura. Para a quadra poliesportiva, foi adotado o valor de $AD = 10.747,4 \text{ m}^2$. A densidade de descargas atmosféricas para a terra foi considerada como $NG = 16 \text{ raios/km}^2/\text{ano}$ para o município de Itumbiara-GO, conforme dado

utilizado no estudo de caso e compatível com a metodologia da ABNT NBR 5419-2:2026 (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

O número anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na estrutura foi calculado pela seguinte expressão:

$$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$$

Substituindo-se os valores adotados para a quadra poliesportiva, tem-se:

$$ND = 16 \times 10.747,4 \times 0,25 \times 10^{-6}$$

$$ND = 0,042989$$

Assim, o número anual de eventos perigosos para a estrutura é de 0,042989 evento por ano, o que representa a frequência estimada de descargas atmosféricas capazes de atingir diretamente a edificação, considerando suas dimensões, sua altura e sua localização relativa (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

8.4 Cálculo dos componentes de risco

Os componentes de risco foram calculados a partir do produto entre o número de eventos perigosos, a probabilidade de dano e a perda associada ao evento, conforme previsto pela ABNT NBR 5419-1:2026 e pela ABNT NBR 5419-2:2026 (ABNT, 2026a; ABNT, 2026b).

Para o componente RA, relacionado a ferimentos em seres vivos por choque elétrico devido à descarga na estrutura, utilizou-se a expressão:

$$RA = ND \times PA \times LA$$

Substituindo-se os valores adotados:

$$RA = 0,042989 \times 1 \times 1,872 \times 10^{-5}$$

$$RA = 8,05 \times 10^{-7}$$

Para o componente RB, relacionado a danos físicos na estrutura devido à descarga atmosférica direta, utilizou-se a expressão:

$$RB = ND \times PB \times LB$$

Substituindo-se os valores:

$$RB = 0,042989 \times 1 \times 4,68 \times 10^{-5}$$

$$RB = 2,01 \times 10^{-6}$$

Para o componente RU, relacionado a ferimentos em seres vivos por choque elétrico devido à descarga em linha elétrica conectada à estrutura, utilizou-se a expressão:

$$RU = (NL + NDJ) \times PU \times LU$$

Substituindo-se os valores:

$$RU = (0,00121 + 0,00554) \times 1 \times 1,872 \times 10^{-5}$$

$$RU = 1,26 \times 10^{-7}$$

Para o componente RV, relacionado a danos físicos na estrutura decorrentes de descarga em linha conectada, utilizou-se a expressão:

$$RV = (NL + NDJ) \times PV \times LV$$

Substituindo-se os valores:

$$RV = (0,00121 + 0,00554) \times 1 \times 4,68 \times 10^{-5}$$

$$RV = 3,16 \times 10^{-7}$$

Assim, o risco total de perda de vida humana ou ferimentos permanentes foi obtido por:

$$R1 = RA + RB + RU + RV$$

$$R1 = 8,05 \times 10^{-7} + 2,01 \times 10^{-6} + 1,26 \times 10^{-7} + 3,16 \times 10^{-7}$$

$$R1 = 3,26 \times 10^{-6}$$

O valor obtido permanece inferior ao risco tolerável estabelecido pela ABNT NBR 5419-2:2026 para perda de vida humana ou ferimentos permanentes, isto é:

$$RT = 10^{-5}$$

Logo,

$$R1 = 3,26 \times 10^{-6} < RT = 10^{-5}$$

Portanto, pela análise de risco normativa, a quadra poliesportiva apresenta risco inferior ao limite tolerável para perda de vida humana ou ferimentos permanentes (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

8.5 Avaliação do risco tolerável

O risco tolerável representa o valor máximo de risco admitido para a estrutura em função do tipo de perda analisada. Para o risco R1, a ABNT NBR 5419-2:2026 adota como valor típico $RT = 10^{-5}$ por ano. A condição de segurança normativa é atendida quando o risco calculado é menor ou igual ao risco tolerável, ou seja:

$$R1 \leq RT$$

No estudo da quadra poliesportiva, o risco R1 calculado ficou na ordem de 10^{-6} , enquanto o risco tolerável é de 10^{-5} . Portanto, a condição $R1 \leq RT$ foi atendida, indicando que, pela análise de risco da ABNT NBR 5419-2:2026, o risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes encontra-se abaixo do limite tolerável (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Entretanto, a análise de risco não deve ser interpretada de forma isolada. A quadra poliesportiva é uma estrutura de uso coletivo, vinculada a uma instituição de ensino e utilizada por alunos, servidores e comunidade acadêmica em atividades esportivas e eventos. Além disso, possui cobertura metálica, grades e telas condutoras acessíveis, bem como alimentação elétrica para iluminação. Essas características justificam a adoção de medidas de proteção, especialmente voltadas à equipotencialização, redução de tensões de toque e de passo e proteção contra surtos (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

8.6 Definição da necessidade de proteção

Embora a análise de risco tenha indicado valor de R1 inferior ao limite tolerável, o dimensionamento do SPDA permanece tecnicamente justificável em razão das características

de uso e ocupação da quadra. A presença de pessoas em ambiente esportivo, a utilização da edificação para eventos institucionais e a existência de partes metálicas acessíveis exigem atenção especial quanto à segurança dos usuários (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c).

Além disso, a NT 40/2019 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás deve ser considerada como norma complementar no contexto das edificações e áreas de risco submetidas à análise de segurança contra incêndio e pânico. Assim, mesmo quando o risco calculado pela ABNT NBR 5419-2:2026 se encontra abaixo do limite tolerável, as exigências regulamentares aplicáveis e a finalidade da estrutura podem justificar a adoção de um nível de proteção específico para o SPDA (CBMGO, 2019; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Diante dessas condições, o presente trabalho adotará o Nível de Proteção II (NP II) para o dimensionamento do SPDA da quadra poliesportiva. Essa escolha considera a finalidade coletiva da edificação, a presença regular de usuários, a existência de estrutura metálica e a necessidade de compatibilizar o projeto com os critérios técnicos e regulamentares aplicáveis. O dimensionamento será desenvolvido nos capítulos seguintes, com avaliação do subsistema de captação, descidas naturais, aterramento, equipotencialização e medidas de proteção interna (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d; CBMGO, 2019).

9 DIMENSIONAMENTO DO SPDA DA QUADRA POLIESPORTIVA

O dimensionamento do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara foi desenvolvido com base nas características reais da estrutura, nos resultados da análise de risco e nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5419:2026. Considerando que a edificação possui cobertura metálica, estrutura robusta, pilares distribuídos ao longo do perímetro e elementos condutores acessíveis aos usuários, optou-se por avaliar a possibilidade de utilização de componentes naturais no SPDA, conforme permitido pela ABNT NBR 5419-3:2026 (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Embora a análise de risco tenha indicado valor de R1 inferior ao risco tolerável, o dimensionamento foi conduzido considerando o Nível de Proteção II (NP II), em razão da finalidade coletiva da quadra, da presença regular de alunos e servidores, da realização de eventos institucionais e da necessidade de compatibilização com exigências de segurança aplicáveis a edificações de uso coletivo no Estado de Goiás (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; CBMGO, 2019; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

O SPDA proposto será do tipo externo não isolado, com aproveitamento da própria estrutura metálica da quadra como parte integrante do sistema. Nessa configuração, a corrente da descarga atmosférica pode circular por elementos condutores da edificação, desde que sejam atendidos os requisitos de continuidade elétrica, permanência dos componentes, interligação entre as partes metálicas e integração ao subsistema de aterramento (ABNT, 2026c).

9.1 Nível de proteção adotado

A ABNT NBR 5419-3:2026 estabelece parâmetros de projeto vinculados ao nível de proteção contra descargas atmosféricas. Esses parâmetros influenciam diretamente o posicionamento do subsistema de captação, o espaçamento entre condutores de descida, o dimensionamento de eletrodos de aterramento, as distâncias de segurança contra centelhamentos perigosos e a seleção de materiais e componentes do SPDA (ABNT, 2026c).

Para o presente estudo, adotou-se o Nível de Proteção II (NP II). Para esse nível, os critérios normativos associados ao posicionamento dos elementos de captação indicam, entre outros parâmetros, raio da esfera rolante de 30 m e módulo máximo de malha de 10 m × 10 m. No caso dos condutores de descida de um SPDA externo não isolado, a distância típica máxima entre descidas para o NP II é de 10 m (ABNT, 2026c).

Tabela 2 - Critérios principais adotados para o SPDA NP II.

Critério	Valor adotado	Referência
Nível de proteção	NP II	ABNT NBR 5419-3:2026
Raio da esfera rolante	30 m	ABNT NBR 5419-3:2026
Módulo máximo de malha	10 m × 10 m	ABNT NBR 5419-3:2026
Distância típica máxima entre descidas	10 m	ABNT NBR 5419-3:2026
Tipo de SPDA proposto	Externo não isolado, com componentes naturais	ABNT NBR 5419-3:2026

Fonte: elaborado com base em ABNT (2026c).

A escolha do NP II também se mostra compatível com as características da quadra, uma vez que se trata de estrutura destinada a atividades esportivas e institucionais, com possibilidade de concentração de público. Mesmo que a análise de risco tenha apresentado resultado inferior ao limite tolerável, o dimensionamento em NP II reforça a segurança dos usuários e atende a uma abordagem conservadora para edificações de uso coletivo (ABNT, 2026b; 2026c; CBMGO, 2019).

9.2 Utilização de componentes naturais

A ABNT NBR 5419-3:2026 permite que componentes naturais da estrutura sejam utilizados como partes integrantes do SPDA, desde que sejam permanentes, não tenham suas características modificadas, atendam aos requisitos específicos da norma e estejam formalmente documentados no projeto. Entre os exemplos de componentes naturais estão coberturas metálicas, pilares metálicos, vigamentos, treliças, armaduras de concreto armado e fundações (ABNT, 2026c).

No caso da quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara, a estrutura apresenta condições favoráveis ao aproveitamento de componentes naturais, pois possui cobertura metálica contínua, treliças metálicas, pilares distribuídos ao longo do perímetro e fundações associadas aos elementos estruturais. Esses componentes podem contribuir para a captação, condução e dispersão da corrente da descarga atmosférica, desde que haja continuidade elétrica entre eles e que as conexões estejam adequadamente executadas (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Apesar dessa possibilidade, a utilização de componentes naturais exige cautela. Durante o levantamento de campo, não foi obtida documentação técnica do fabricante da cobertura metálica. Assim, a adoção da cobertura como componente natural de captação deve ser condicionada à verificação de suas características construtivas, especialmente quanto à espessura da chapa, continuidade elétrica, fixação mecânica e ausência de materiais inflamáveis imediatamente abaixo da cobertura. Essa ressalva é importante porque a norma admite o uso de chapas metálicas como captosres naturais, mas estabelece critérios mínimos conforme o material e a possibilidade ou não de perfuração da chapa durante a descarga atmosférica (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Portanto, o dimensionamento proposto considera o uso dos componentes naturais como solução técnica preferencial, mas recomenda que a execução do sistema seja precedida de verificação formal da continuidade elétrica e das condições físicas da cobertura, dos pilares, das treliças e das fundações. Caso algum desses elementos não atenda aos requisitos normativos, deverão ser instalados condutores não naturais complementares, de modo a garantir a segurança e a funcionalidade do SPDA (ABNT, 2026c).

9.3 Subsistema de captação

O subsistema de captação tem a função de interceptar a descarga atmosférica e conduzir sua corrente para os condutores de descida. Na quadra poliesportiva analisada, a cobertura metálica ocupa praticamente toda a área superior da estrutura, apresentando formato curvo e continuidade visual ao longo de seu comprimento. Por essa razão, foi avaliada a possibilidade de utilização da própria cobertura como captor natural do SPDA, conforme figura 9 abaixo (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Figura 9 - Cobertura metálica da quadra utilizada como captor natural do SPDA.



Fonte: Próprio autor (2026).

Para o NP II, o método das malhas admite módulo máximo de $10\text{ m} \times 10\text{ m}$. Considerando que a cobertura metálica se distribui por toda a superfície superior da quadra, sua utilização como componente natural de captação pode atender à lógica de distribuição da captação, desde que as telhas estejam eletricamente interligadas entre si e conectadas à estrutura metálica de sustentação. Essa continuidade é indispensável para que a corrente da descarga seja distribuída de forma segura aos elementos de descida (ABNT, 2026c).

A estrutura possui ainda uma saliência longitudinal no topo da cobertura, com altura aproximada de 0,50 m. Esse elemento deve ser considerado no subsistema de captação, pois constitui ponto mais elevado da cobertura e pode influenciar o local provável de impacto da descarga atmosférica. Assim, recomenda-se que a saliência esteja eletricamente integrada à cobertura metálica e aos demais elementos condutores da estrutura. Caso a continuidade elétrica não seja comprovada, deverá ser prevista interligação específica por condutor metálico adequado (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Na hipótese de confirmação da continuidade elétrica da cobertura metálica, o subsistema de captação será composto pela própria cobertura da quadra, atuando como componente natural. Essa solução apresenta vantagem técnica por permitir maior área de interceptação e melhor distribuição da corrente sobre a estrutura. Entretanto, a adoção dessa solução exige que a cobertura seja permanente, que suas conexões sejam mantidas ao longo da vida útil da edificação e que eventuais reformas não comprometam sua continuidade elétrica (ABNT, 2026c).

Caso a verificação de campo demonstre descontinuidade entre telhas, treliças ou elementos da cobertura, deverá ser prevista complementação com condutores de captação não naturais, preferencialmente instalados ao longo da parte superior da cobertura e interligados aos pontos de descida. Essa medida tem por finalidade assegurar que toda a região superior da quadra permaneça dentro do volume de proteção correspondente ao NP II (ABNT, 2026c).

9.4 Subsistema de descida

O subsistema de descida é responsável por conduzir a corrente da descarga atmosférica desde a captação até o aterramento (figura 10). Para que essa condução ocorra de forma segura, os caminhos de descida devem ser curtos, distribuídos e eletricamente contínuos. A ABNT NBR 5419-3:2026 estabelece que, para SPDA externo não isolado em NP II, a distância típica entre condutores de descida deve ser de até 10 m (ABNT, 2026c).

A figura 11 ilustra o posicionamento do sistema de descida natural em uma vista superior da quadra poliesportiva do instituto.

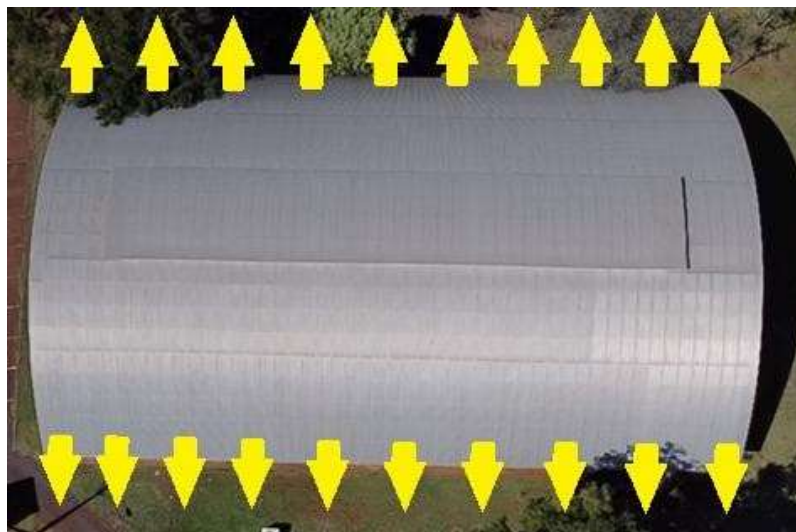
Figura 10 - Estrutura do interior da quadra



Fonte: Próprio autor (2026).

A quadra poliesportiva apresenta pilares distribuídos ao longo de seu comprimento, com espaçamento aproximado de 5 m entre vãos. Essa configuração favorece a utilização dos elementos estruturais como descidas naturais, pois o espaçamento observado é inferior ao limite típico de 10 m previsto para o NP II. Além disso, a presença de múltiplos pilares permite que a corrente seja distribuída por vários caminhos paralelos, reduzindo a concentração de corrente em um único condutor (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Figura 11 – Distribuição das descidas naturais conforme distribuição dos pilares da quadra



Fonte: Próprio autor (2026).

Para que os pilares e elementos metálicos sejam utilizados como descidas naturais, é indispensável comprovar a continuidade elétrica entre a cobertura metálica, as treliças, os apoios estruturais e as fundações. Essa comprovação pode ser realizada por inspeção técnica e ensaios de continuidade, especialmente por se tratar de estrutura existente. Se a continuidade não for comprovada, os elementos não poderão ser considerados como condutores naturais da corrente da descarga atmosférica, devendo ser instalados condutores de descida não naturais complementares (ABNT, 2026c).

No dimensionamento proposto, considera-se que as descidas naturais serão formadas pelos pilares e elementos estruturais condutores da quadra, desde que atendidas as condições de continuidade elétrica. Recomenda-se que as descidas sejam distribuídas ao longo do perímetro da edificação, preferencialmente próximas aos pontos de ligação com a cobertura e com as fundações. Também devem ser evitadas descontinuidades, curvas desnecessárias e conexões improvisadas, pois esses fatores podem aumentar a impedância do caminho da corrente e favorecer centelhamentos perigosos (ABNT, 2026c).

Como medida de controle e manutenção, recomenda-se que os pontos de conexão entre cobertura, estrutura metálica e aterramento sejam identificados no projeto e acessíveis para inspeção. Essa documentação é necessária para garantir que futuras intervenções na estrutura não comprometam a função das descidas naturais do SPDA (ABNT, 2026c).

9.5 Subsistema de aterramento

O subsistema de aterramento tem a finalidade de dispersar no solo a corrente proveniente da descarga atmosférica, reduzindo diferenças de potencial perigosas e contribuindo para a proteção contra tensões de passo e de toque (figura 12 e 13). Na quadra analisada, foi considerada a possibilidade de utilização das fundações e armaduras dos pilares como eletrodos naturais de aterramento, desde que seja garantida a continuidade elétrica entre as descidas naturais e as armaduras presentes nas fundações (ABNT, 2026c).

Figura 12 - Ponto de medição de resistência de aterramento da estrutura.



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 13 – Imagem anterior ampliada para garra de tomada de terra



Fonte: Próprio autor (2026).

A utilização de fundações como eletrodo natural é tecnicamente vantajosa, pois permite uma dispersão mais distribuída da corrente da descarga atmosférica. Além disso, as fundações costumam apresentar bom contato com o solo e podem reduzir gradientes de potencial quando integradas adequadamente às descidas e às ligações equipotenciais. No entanto, essa solução exige comprovação da continuidade elétrica das armaduras e interligação efetiva com os demais componentes do SPDA (ABNT, 2026c).

Durante o levantamento de campo, foi realizada medição da resistência de aterramento da estrutura metálica da cobertura, utilizando terrômetro digital Megabras modelo 20KWe, sendo obtido o valor de $8,73 \, \Omega$ (figura 14). Esse valor indica condição favorável de dispersão da corrente elétrica para o solo, mas não deve ser interpretado como critério isolado de aceitação do SPDA, pois a ABNT NBR 5419-3:2026 não estabelece um valor único máximo de resistência de aterramento como requisito absoluto de conformidade. O desempenho do aterramento depende também da geometria do sistema, continuidade das conexões,

equipotencialização e redução das tensões perigosas (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Figura 14 - Medição no terrômetro.



Fonte: Próprio autor (2026).

Assim, o subsistema de aterramento proposto será composto preferencialmente pelas fundações e armaduras existentes, utilizadas como eletrodos naturais. Caso os ensaios de continuidade demonstrem que as fundações não apresentam interligação adequada com os pilares ou com a cobertura metálica, deverá ser prevista a instalação de eletrodos não naturais complementares, como anel de aterramento, hastes ou condutores enterrados, conforme as condições do solo e os requisitos da ABNT NBR 5419-3:2026 (ABNT, 2026c).

9.6 Equipotencialização das partes metálicas

A equipotencialização é uma medida essencial para reduzir diferenças de potencial perigosas entre partes metálicas durante a passagem da corrente da descarga atmosférica. Em uma quadra poliesportiva, essa etapa assume grande importância porque há presença de grades, telas, portões, estruturas metálicas, quadro de iluminação e demais componentes condutores acessíveis aos usuários (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Durante o levantamento de campo, foram identificadas telas e grades metálicas no entorno da quadra. Esses elementos podem apresentar potenciais diferentes em relação à estrutura principal durante uma descarga atmosférica, caso não estejam devidamente interligados ao sistema de equipotencialização. Essa condição pode aumentar o risco de tensões

de toque para usuários que estejam próximos ou em contato com as partes metálicas (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Dessa forma, pode ser recomendado a interligação das grades, telas e portões metálicos ao sistema de equipotencialização da quadra. Essa interligação deve ser feita por condutores adequados, conectados à estrutura principal e ao subsistema de aterramento. O objetivo primordial aqui é reduzir diferenças de potencial entre os elementos metálicos acessíveis e melhorar consideravelmente a segurança contra choques elétricos decorrentes de tensões de toque (ABNT, 2026c).

A equipotencialização também deve contemplar o quadro geral de iluminação da quadra e a linha elétrica de alimentação. Esses componentes devem ser conectados ao barramento de equipotencialização, de modo a integrar as massas metálicas, o condutor de proteção e o sistema de aterramento. A realização dessa medida contribui para reduzir muito os centelhamentos perigosos e melhorar a atuação dos dispositivos de proteção contra surtos (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

Nas figuras 15 e 16 é possível observar que a estrutura atual da quadra não é conectada entre si, utilizando de vergalhões apenas para fixação mecânica da tubulação da grade, sendo necessário a equipotencialização da mesma.

Figura 15 - Tubulação de fixação da grade metálica da quadra.



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 16 - Tubulação de fixação da grade metálica da quadra.



Fonte: Próprio autor (2026).

Além disso a grade e a tubulação foi pintada, aumentando ainda mais a isolação de um componente a outro da tela, causando diferentes níveis de potencial ao longo de seu comprimento. O portão de entrada dos usuários da quadra também se encontra desconectado com o restante da estrutura como segue nas figuras 17 e 18, por conta da pintura dos elementos em contato e das dobradiças do portão não apresentarem boa condutividade elétrica, apenas suporte mecânico para o mesmo. Nas seguintes imagens é notável a má conexão mecânica da tela para com a tubulação que a sustenta.

Figura 17 – Portão de entrada da quadra



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 18 – Portão de entrada da quadra



Fonte: Próprio autor (2026).

9.7 Proteção dos sistemas elétricos internos

A quadra poliesportiva possui alimentação elétrica destinada ao sistema de iluminação, o que exige atenção quanto à proteção contra surtos. As descargas atmosféricas podem gerar sobretensões conduzidas pela linha de alimentação ou induzidas nos circuitos internos, mesmo quando não há impacto direto sobre a instalação elétrica. Por isso, a proteção interna deve ser analisada em conjunto com o SPDA externo (ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

A ABNT NBR 5419-4:2026 trata das medidas de proteção contra surtos, incluindo aterramento, equipotencialização, roteamento de linhas e coordenação de dispositivos de proteção contra surtos. No caso da quadra, recomenda-se a instalação de DPS no quadro geral de iluminação, compatível com o sistema elétrico existente e coordenado com o barramento de equipotencialização e o sistema de aterramento (ABNT, 2026d).

A adoção de DPS tem por objetivo limitar sobretensões transitórias que possam atingir os circuitos de iluminação e demais equipamentos conectados à instalação. Para que essa proteção seja eficiente, o DPS deve estar adequadamente conectado ao aterramento e possuir condutores de interligação curtos e bem dimensionados. A proteção contra surtos não substitui o SPDA externo, mas complementa o sistema, reduzindo os efeitos indiretos das descargas atmosféricas sobre os sistemas elétricos internos (ABNT, 2026d).

9.8 Síntese da solução proposta

Com base nas características da quadra e nos critérios normativos aplicáveis, o SPDA proposto para a quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara será estruturado em NP II, com aproveitamento preferencial de componentes naturais. A cobertura metálica será considerada como componente natural de captação, desde que comprovadas sua continuidade elétrica, permanência e adequação às exigências de espessura e fixação. Os pilares e elementos estruturais serão avaliados como descidas naturais, observando o espaçamento aproximado de 5 m entre apoios, inferior ao limite típico de 10 m para NP II. As fundações e armaduras serão avaliadas como eletrodos naturais de aterramento, desde que assegurada a continuidade elétrica com as descidas (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

O sistema deverá contemplar a equipotencialização das partes metálicas acessíveis, especialmente grades, telas, portões, estrutura metálica da cobertura e quadro de iluminação. Também recomenda a instalação de DPS no quadro geral de iluminação, para reduzir os efeitos de sobretensões transitórias sobre os sistemas elétricos internos (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

Tabela 3 - Síntese do SPDA proposto para a quadra poliesportiva

Subsistema	Solução proposta	Condição técnica
Captação	Cobertura metálica como captor natural	Condicionada à continuidade elétrica, permanência e verificação da espessura.
Descidas	Pilares e elementos estruturais como descidas naturais	Condicionadas à continuidade elétrica entre cobertura, estrutura e fundações.
Aterramento	Fundações e armaduras como eletrodos naturais	Condicionado à integração elétrica com as descidas.
Equipotencialização	Interligação de grades, telas, portões, estrutura metálica e quadro elétrico	Necessária para reduzir tensões de toque.
Proteção interna	DPS no quadro geral de iluminação	Necessária para limitar surtos conduzidos ou induzidos.
Nível de proteção	NP II	Adotado em razão do uso coletivo e da segurança dos usuários.

Fonte: elaborado com base em ABNT (2026c), ABNT (2026d) e levantamento de campo (2026).

A solução proposta busca aproveitar as características construtivas da própria quadra, reduzindo a necessidade de instalação de grande quantidade de condutores aparentes e favorecendo a integração estética e funcional do sistema. Entretanto, a adoção de componentes naturais não dispensa a realização de ensaios de continuidade, inspeção das conexões, documentação do projeto e manutenção periódica. Essas medidas são indispensáveis para assegurar que o SPDA permaneça eficaz ao longo do tempo e compatível com as condições de uso da edificação (ABNT, 2026c).

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir do levantamento de campo, da análise de risco e do dimensionamento do SPDA permitem compreender não apenas a solução técnica proposta, mas também a condição em que a quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara se encontrava antes das adequações recomendadas. Verificou-se que a edificação possui características construtivas favoráveis ao aproveitamento de componentes naturais do SPDA, especialmente pela presença de cobertura metálica, estrutura robusta e fundações potencialmente aproveitáveis como eletrodos naturais de aterramento. Por outro lado, também foram identificadas condições que demandam correção, especialmente em relação à descontinuidade elétrica das grades e telas metálicas, à ausência de equipotencialização adequada dessas partes acessíveis e à necessidade de proteção interna contra surtos nas instalações elétricas da quadra (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

10.1 Condição atual da quadra poliesportiva antes das adequações propostas

Antes da proposição das medidas de adequação, a quadra apresentava uma situação intermediária do ponto de vista da proteção contra descargas atmosféricas. De um lado, a estrutura principal da edificação, composta por cobertura metálica, elementos estruturais e fundações, demonstrou potencial para aproveitamento como SPDA natural. De outro lado, os elementos metálicos acessíveis aos usuários, especialmente grades, telas e tubos metálicos no entorno da quadra, não se encontravam adequadamente interligados à estrutura principal, o que favorecia a ocorrência de diferenças de potencial entre partes condutoras próximas.

A inspeção visual mostrou que a quadra possui cobertura metálica em formato curvo, elementos estruturais metálicos e pilares distribuídos ao longo do perímetro, o que favorece o uso de componentes naturais de captação e descida. Também foi identificado que a estrutura possui alimentação elétrica para o sistema de iluminação, com condutores dispostos em eletroduto metálico na região da quadra, o que reforça a necessidade de proteção interna e de equipotencialização das massas metálicas existentes.

Entretanto, as medições realizadas em campo evidenciaram que nem todos os elementos metálicos estavam no mesmo potencial elétrico. Enquanto a estrutura principal da quadra apresentou medição de resistência de aterramento de $8,73 \Omega$, indicando condição favorável de dispersão de corrente, a tela lateral da quadra apresentou fundo de escala (FS) no terrômetro, no maior nível de escala do instrumento (figuras 19 e 20), o que demonstrou ausência de

continuidade elétrica adequada com a estrutura principal. Na parte frontal da quadra, por sua vez, foi medida resistência de 34,6 Ω (figuras 21 e 22), valor significativamente diferente daquele obtido para a estrutura de concreto armado e para a cobertura metálica, evidenciando que as grades e telas não se encontravam equipotencializadas com o restante da edificação.

Figura 19 – Medição da parte lateral



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 20 – Leitura terrômetro FS parte lateral



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 21 – Medição parte frontal



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 22 – Leitura terrômetro parte frontal



Fonte: Próprio autor (2026).

Esses resultados indicam que, embora a estrutura principal apresentasse potencial técnico para aproveitamento como SPDA natural, a quadra, em sua condição original, ainda oferecia risco aos usuários em razão da diferença de potencial entre partes metálicas acessíveis. Em uma eventual descarga atmosférica, essa condição poderia favorecer tensões de toque em grades, telas e tubos metálicos, sobretudo em um ambiente de uso coletivo, esportivo e escolar, com circulação frequente de alunos e servidores. Além disso, a existência de linha elétrica associada à iluminação reforçava a necessidade de medidas de proteção interna complementares.

10.2 Resultado da análise de risco

A análise de risco foi desenvolvida com base nos critérios da ABNT NBR 5419-2:2026, considerando principalmente o risco R1, referente à perda de vida humana ou ferimentos permanentes. Esse risco foi escolhido como parâmetro central do estudo em razão da utilização da quadra por alunos, servidores e demais usuários em atividades esportivas, acadêmicas e eventos institucionais (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Os principais parâmetros utilizados na análise foram a área de exposição equivalente da estrutura, a densidade de descargas atmosféricas para a terra em Itumbiara-GO, o fator de localização, a ocupação média da quadra, o tempo de permanência de pessoas e a existência de linha elétrica associada ao sistema de iluminação. Com base nesses dados, obteve-se número anual de eventos perigosos para a estrutura de $ND = 0,042989$, considerando $AD = 10.747,4 \text{ m}^2$, $NG = 16 \text{ raios/km}^2/\text{ano}$ e $CD = 0,25$ (ABNT, 2026b; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

A substituição numérica das expressões dos componentes de risco resultou em:

- $RA = 8,05 \times 10^{-7}$
- $RB = 2,01 \times 10^{-6}$
- $RU = 1,26 \times 10^{-7}$
- $RV = 3,16 \times 10^{-7}$

Assim, o risco total de perda de vida humana ou ferimentos permanentes foi da ordem de 10^{-6} , permanecendo inferior ao risco tolerável $RT = 10^{-5}$ previsto pela ABNT NBR 5419-2:2026. Dessa forma, sob a perspectiva estrita da análise de risco normativa, a quadra apresenta risco inferior ao limite tolerável.

Tabela 4 - Síntese da análise de risco da quadra poliesportiva

Parâmetro	Símbolo	Resultado
Área de exposição equivalente	AD	10.747,4 m ²
Densidade de descargas atmosféricas para a terra	NG	16 raios/km ² /ano
Fator de localização	CD	0,25
Número anual de eventos perigosos na estrutura	ND	0,042989
Risco tolerável para perda de vida humana	RT	10 ⁻⁵

Risco de perda de vida humana ou ferimentos permanentes	R1	ordem de 10^{-6}
Condição normativa	$R1 \leq RT$	Atendida

Fonte: elaborado com base em ABNT (2026b) e levantamento de campo (2026).

Apesar do resultado favorável da análise de risco, a decisão pelo dimensionamento do SPDA permanece tecnicamente justificável. Isso ocorre porque a quadra é uma estrutura de uso coletivo, possui elementos metálicos acessíveis aos usuários e pode receber eventos com concentração de pessoas. Além disso, a análise de risco não elimina a necessidade de observar exigências regulamentares complementares aplicáveis à segurança contra incêndio e pânico, especialmente no contexto estadual (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; CBMGO, 2019).

10.3 Justificativa para adoção do Nível de Proteção II

O Nível de Proteção II foi adotado como critério de dimensionamento do SPDA da quadra poliesportiva. Essa escolha considera a finalidade da edificação, sua utilização por alunos e servidores, a possibilidade de eventos institucionais e a presença de estrutura metálica com partes acessíveis aos usuários. Embora o risco R1 tenha ficado abaixo do limite tolerável, a adoção do NP II representa uma solução conservadora e compatível com a segurança esperada para ambientes de uso coletivo (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; CBMGO, 2019; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Para o NP II, foram considerados como principais critérios de projeto o raio da esfera rolante de 30 m, a malha máxima de 10 m × 10 m e a distância típica máxima de 10 m entre condutores de descida em sistemas externos não isolados. A estrutura da quadra apresentou condições favoráveis ao atendimento desses critérios, principalmente porque possui cobertura metálica contínua e pilares distribuídos ao longo do perímetro com espaçamento aproximado de 5 m entre vãos (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

10.4 Resultado do subsistema de captação

O estudo indicou que a cobertura metálica da quadra pode ser aproveitada como componente natural do subsistema de captação, desde que sejam confirmadas suas condições de continuidade elétrica, permanência e adequação às exigências normativas. A cobertura ocupa praticamente toda a área superior da edificação, o que favorece sua utilização como elemento

de interceptação das descargas atmosféricas (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

A principal vantagem dessa solução é permitir que a corrente da descarga seja distribuída por uma área ampla da estrutura, reduzindo a necessidade de instalação de captadores adicionais. Outro ponto relevante é a saliência longitudinal existente no topo da cobertura, com altura aproximada de 0,50 m, que, por constituir ponto mais elevado da estrutura, deve estar eletricamente integrada ao restante da cobertura e às descidas naturais. Caso essa continuidade não seja comprovada, será necessária interligação específica por condutor metálico adequado.

10.5 Resultado do subsistema de descida

A análise da estrutura indicou que os pilares e elementos estruturais da quadra podem ser avaliados como descidas naturais do SPDA. A quadra possui pilares distribuídos ao longo de seu comprimento, com espaçamento aproximado de 5 m, valor inferior à distância típica máxima de 10 m prevista para o NP II em sistemas externos não isolados. Essa configuração favorece a condução distribuída da corrente da descarga atmosférica até o subsistema de aterramento (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

A utilização de descidas naturais apresenta vantagens técnicas, pois reduz a necessidade de instalação de condutores aparentes e permite que a corrente seja conduzida por múltiplos caminhos. Contudo, essa solução depende da comprovação da continuidade elétrica entre a cobertura metálica, as treliças, os pilares e as fundações.

10.6 Resultado do subsistema de aterramento

O levantamento de campo indicou a possibilidade de utilização das fundações e armaduras dos pilares como eletrodos naturais de aterramento. A medição realizada com terrômetro digital Megabras modelo 20KWe apresentou valor de resistência de aterramento de $8,73 \Omega$ na estrutura metálica da cobertura. Esse resultado indica condição favorável de dispersão da corrente elétrica, embora não constitua, isoladamente, critério de conformidade do SPDA (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

O dado obtido é relevante porque demonstra que a estrutura principal da quadra apresenta comportamento elétrico compatível com o aproveitamento do aterramento natural. Contudo, o bom desempenho da estrutura principal não se repetiu nas grades e telas metálicas,

que apresentaram descontinuidade elétrica e diferença de potencial em relação à edificação, reforçando a necessidade de equipotencialização dessas partes acessíveis.

10.7 Equipotencialização das grades e partes metálicas

Um dos resultados mais relevantes deste estudo foi a constatação de que as grades e telas metálicas da quadra não se encontravam adequadamente equipotencializadas com a estrutura principal. A medição na tela lateral apresentou fundo de escala (FS) (figura 20), enquanto a medição na tela frontal indicou $34,6 \Omega$ (figura 22), o que comprova comportamento elétrico distinto entre pontos da estrutura e ausência de continuidade adequada (LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Essa condição representa risco potencial, pois grades, telas e portões são elementos acessíveis aos usuários. Durante uma descarga atmosférica, a ausência de equipotencialização pode provocar diferenças de potencial entre esses componentes e a estrutura principal, aumentando a possibilidade de tensões de toque. Em uma quadra poliesportiva, esse risco é especialmente importante porque os usuários frequentemente permanecem próximos ou em contato com essas partes metálicas durante atividades esportivas e eventos.

Como medida corretiva, propôs-se a interligação das grades e telas metálicas ao sistema de equipotencialização da quadra, mediante a utilização de cabo de cobre nu de 35 mm^2 entre a estrutura principal e os elementos metálicos com pior continuidade elétrica (figura 23, 24, 25 e 26). Essa solução busca reduzir a diferença de potencial entre os diversos pontos da tela, principalmente porque a malha metálica, por ser pintada e possuir contatos mecânicos, não apresenta condutividade uniforme em toda sua extensão.

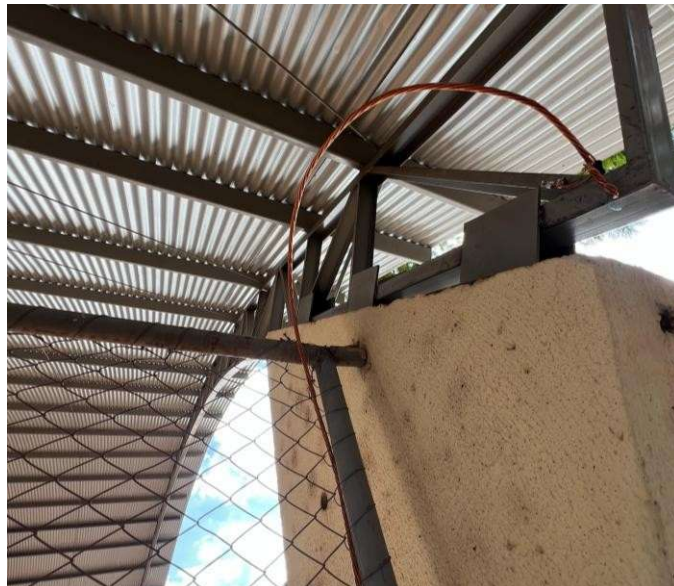
Após a adoção dessa configuração de equipotencialização, novas medições foram propostas em diferentes pontos da grade, da tela e do tubo metálico de fixação, com a finalidade de verificar a aproximação dos valores de resistência em relação à estrutura principal da quadra. O objetivo é garantir que todos esses elementos passem a se comportar eletricamente de forma mais uniforme, reduzindo o risco de tensões perigosas aos usuários.

Figura 23 - Condutor de equipotencialização adequado.



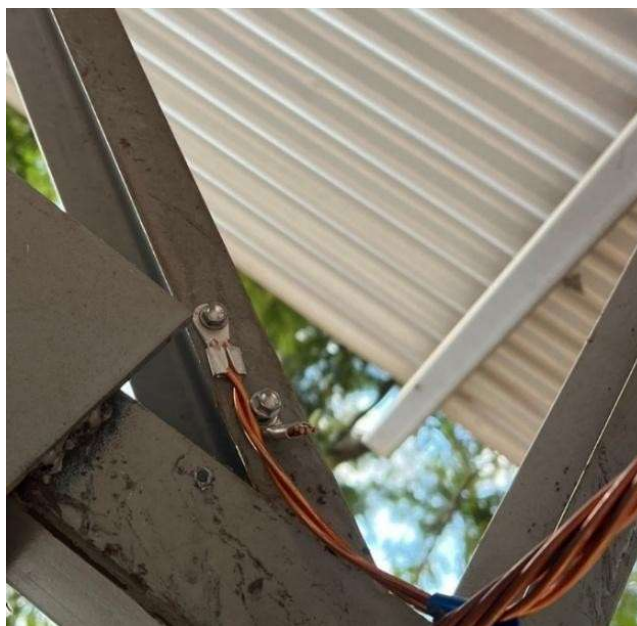
Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 24 – Imagem anterior ampliada



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 25 – Imagem anterior ampliada



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 26 – Imagem anterior ampliada



Fonte: Próprio autor (2026).

Também pode ser avaliada a utilização de condutores de menor seção para interligações complementares entre trechos de grade, desde que atendidos os critérios normativos e a continuidade elétrica seja comprovada por medições (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Após a execução da equipotencialização, devem ser realizadas novas medições para verificar se as grades, telas, tubos metálicos e demais elementos acessíveis passaram a apresentar continuidade elétrica adequada com a estrutura principal e com o aterramento (figuras 27 ,28 ,29 e 30). Esse procedimento é indispensável para comprovar que os elementos

metálicos acessíveis estão em condição equipotencial, reduzindo o risco de tensões perigosas aos usuários (ABNT, 2026c; ABNT, 2026d).

O estudo foi realizado no lado de pior condutividade, que foi a lateral da quadra onde o instrumento leu FS de resistência de aterramento. Após as medidas tomadas para equipotencialização da grade foi possível obter resistência em nível semelhante ao da estrutura de concreto armado da quadra poliesportiva, afirmando assim que a grade em todo seu entorno está no mesmo potencial de interligação com a estrutura metálica da quadra.

Lembrando que o mesmo procedimento deve ser feito para todos os vãos de telas ao entorno da quadra, pois como foi apresentado nas figuras 15,16,17,18, os componentes metálicos como o portão, tela e tubulação não possuem conexão mecânica nem elétrica entre si.

Figura 27: Medição realizada para verificação da execução da equipotencialização no tubo (Garra de tomada de terra).



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 28: Medição realizada para verificação da execução da equipotencialização (visor terrômetro).



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 29: Medição realizada para verificação da execução da equipotencialização na tela da grade (garra de tomada de terra).



Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 30: Medição realizada para verificação da execução da equipotencialização (visor terrômetro).



Fonte: Próprio autor (2026).

10.8 Proteção interna e dispositivos de proteção contra surtos

A existência de alimentação elétrica para o quadro de iluminação da quadra exige a adoção de medidas de proteção interna. As descargas atmosféricas podem gerar sobretensões conduzidas ou induzidas nas linhas elétricas, capazes de danificar equipamentos, luminárias, condutores e dispositivos de comando. Por isso, o dimensionamento do SPDA deve ser acompanhado da análise das medidas de proteção contra surtos, conforme a ABNT NBR 5419-4:2026 (ABNT, 2026d; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Recomenda-se a instalação de DPS no quadro geral de iluminação da quadra, devidamente coordenado com o sistema de aterramento e com a equipotencialização. O DPS deve ser selecionado conforme o sistema elétrico existente, o nível de exposição da instalação, a corrente de descarga admissível e o nível de proteção adequado aos equipamentos. A proteção interna não substitui o SPDA externo, mas complementa a proteção global da estrutura.

10.9 Discussão geral dos resultados

Os resultados obtidos demonstram que a quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara apresenta condições favoráveis ao dimensionamento de um SPDA com uso predominante de

componentes naturais. A cobertura metálica pode atuar como subsistema de captação, os pilares e elementos estruturais podem funcionar como descidas naturais e as fundações podem ser utilizadas como eletrodos naturais de aterramento. Essa solução é compatível com a ABNT NBR 5419-3:2026, desde que sejam comprovadas a continuidade elétrica e a integração entre os componentes (ABNT, 2026c; LEVANTAMENTO DE CAMPO, 2026).

Entretanto, o estudo também demonstrou que a estrutura, em sua condição original, não se encontrava integralmente protegida, especialmente em relação às partes metálicas acessíveis aos usuários. A diferença entre os valores medidos na estrutura principal ($8,73 \Omega$) e nas telas/grades (FS e $34,6 \Omega$) evidencia que havia descontinuidade elétrica e, consequentemente, possibilidade de diferenças de potencial entre componentes metálicos vizinhos. Esse é um dos pontos mais importantes da discussão, pois revela que o problema da quadra não estava apenas na inexistência formal de um SPDA documentado, mas também na falta de equipotencialização efetiva das partes metálicas periféricas.

Assim, o principal ganho técnico da solução proposta não reside apenas na adoção do NP II ou no aproveitamento da cobertura metálica como captor natural, mas, sobretudo, na integração elétrica da estrutura como um todo. A equipotencialização das grades e telas, associada ao aproveitamento das fundações e da estrutura principal como partes do SPDA, reduz o risco de tensões de toque, aumenta a segurança dos usuários e confere maior coerência ao comportamento elétrico da quadra diante de uma descarga atmosférica.

Outro ponto relevante é a proteção interna da instalação elétrica. A existência de alimentação elétrica para iluminação torna recomendável a instalação de DPS e a integração do quadro elétrico ao sistema de equipotencialização. Essa medida contribui para reduzir danos decorrentes de surtos e para aumentar a confiabilidade da instalação.

Dessa forma, o dimensionamento proposto atende ao objetivo do trabalho ao apresentar uma solução técnica compatível com a quadra poliesportiva, com adoção de NP II, uso de componentes naturais, equipotencialização de partes metálicas acessíveis e proteção interna contra surtos. A solução proposta permite reduzir riscos associados às descargas atmosféricas, melhorar a segurança dos usuários e adequar a estrutura aos critérios técnicos e regulamentares aplicáveis (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c; ABNT, 2026d; CBMGO, 2019).

Tabela 5 - Principais resultados do dimensionamento

Item avaliado	Resultado obtido	Discussão técnica
Análise de risco	R1 inferior ao RT	Risco normativo abaixo do tolerável, mas proteção justificada pelo uso coletivo
Nível de proteção	NP II	Solução conservadora para ambiente escolar/esportivo
Captação	Cobertura metálica como captor natural	Depende da verificação de continuidade e espessura
Descidas	Pilares e estrutura como descidas naturais	Espaçamento favorável, condicionado à continuidade elétrica
Aterramento	Fundações como eletrodos naturais	Medição de $8,73 \Omega$ indica condição favorável, mas não é critério isolado
Grades e telas	Necessidade de equipotencialização	Medições indicaram descontinuidade e diferenças de potencial
Instalação elétrica	Recomendação de DPS	Proteção contra surtos conduzidos ou induzidos

Fonte: elaborado com base em ABNT (2026b), ABNT (2026c), ABNT (2026d) e levantamento de campo (2026).

Assim, a discussão dos resultados demonstra que a viabilidade técnica do SPDA da quadra depende da integração entre três aspectos principais: aproveitamento seguro dos componentes naturais, equipotencialização das partes metálicas acessíveis e proteção interna da instalação elétrica. Esses elementos, quando corretamente executados e documentados, permitem que a quadra apresente melhor condição de segurança frente aos efeitos diretos e indiretos das descargas atmosféricas.

11 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo dimensionar um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas para a quadra poliesportiva do Instituto Federal de Goiás — Campus Itumbiara, com base nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 5419:2026. Para isso, foram analisadas as características físicas da estrutura, sua localização, sua forma de utilização, os elementos metálicos existentes, a presença de usuários e as condições técnicas necessárias para a proteção contra os efeitos diretos e indiretos das descargas atmosféricas.

A partir do levantamento de campo, verificou-se que a quadra possui características favoráveis ao aproveitamento de componentes naturais do SPDA, especialmente em razão da cobertura metálica, das treliças, dos pilares distribuídos ao longo da estrutura e da possibilidade de utilização das fundações como eletrodos naturais de aterramento. Essa alternativa se mostrou tecnicamente adequada para o caso analisado, desde que sejam atendidos os requisitos de continuidade elétrica, permanência dos componentes, integração entre os subsistemas e documentação formal no projeto, conforme estabelece a ABNT NBR 5419-3:2026 (ABNT, 2026c).

A análise de risco foi conduzida com base na ABNT NBR 5419-2:2026, considerando principalmente o risco R1, relacionado à perda de vida humana ou ferimentos permanentes. O resultado obtido indicou risco inferior ao valor tolerável previsto pela norma. Entretanto, tendo esse resultado, o dimensionamento do SPDA foi considerado justificável, pois a quadra é uma estrutura de uso coletivo, frequentada por alunos, servidores e demais usuários, além de possuir cobertura metálica, grades, telas e elementos condutores acessíveis. Dessa forma, a proteção foi analisada não apenas sob o ponto de vista do cálculo de risco, mas também sob a perspectiva da segurança dos usuários e da finalidade da edificação (ABNT, 2026b; ABNT, 2026c).

Com base nas características da estrutura e nas exigências aplicáveis, adotou-se o Nível de Proteção II para o dimensionamento do SPDA. A solução proposta considerou a cobertura metálica como componente natural de captação, os pilares e elementos estruturais como possíveis descidas naturais e as fundações como eletrodos naturais de aterramento. Também foi recomendada a equipotencialização das grades, telas, portões, estrutura metálica e quadro elétrico, com o objetivo de reduzir diferenças de potencial perigosas e minimizar riscos associados às tensões de toque e de passo (ABNT, 2026c).

Outro ponto identificado no estudo foi a necessidade de proteção dos sistemas elétricos internos. A existência de alimentação elétrica para a iluminação da quadra exige atenção quanto aos surtos de tensão conduzidos ou induzidos por descargas atmosféricas. Por essa razão,

recomenda a instalação de dispositivos de proteção contra surtos no quadro geral de iluminação, devidamente coordenados com o sistema de aterramento e com a equipotencialização da estrutura, conforme os critérios da ABNT NBR 5419-4:2026 (ABNT, 2026d).

Os resultados mostram que o aproveitamento de componentes naturais pode representar uma solução eficiente para a quadra poliesportiva, reduzindo a necessidade de condutores aparentes e favorecendo a integração do SPDA à própria estrutura existente. Contudo, essa solução exige comprovação técnica por meio de inspeções e ensaios de continuidade elétrica. A ausência de documentação técnica completa da cobertura metálica e as medições realizadas nas grades e telas demonstram que a adoção de componentes naturais deve ser acompanhada de verificações formais, complementações quando necessárias e manutenção periódica.

Dessa forma, conclui-se que o dimensionamento proposto atende ao objetivo do trabalho, pois apresenta uma solução técnica compatível com a quadra poliesportiva do IFG Campus Itumbiara e fundamentada nos critérios da ABNT NBR 5419:2026. A proposta contribui para a redução dos riscos associados às descargas atmosféricas, para a segurança dos usuários e para a proteção da estrutura e das instalações elétricas existentes.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a elaboração do projeto executivo completo do SPDA, contendo plantas, detalhes construtivos, memorial de cálculo, especificação de materiais e orçamento. Também se recomenda a realização de ensaios complementares de continuidade elétrica, medição da resistividade do solo, inspeção detalhada das conexões metálicas e verificação final do sistema após eventual implantação. Essas etapas permitirão maior precisão técnica e servirão como base para a execução e manutenção do sistema ao longo da vida útil da edificação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5419-1: proteção contra descargas atmosféricas: parte 1: princípios gerais**. São Paulo: ABNT, 2026a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5419-2: proteção contra descargas atmosféricas: parte 2: análise de risco**. São Paulo: ABNT, 2026b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5419-3: proteção contra descargas atmosféricas: parte 3: danos físicos a estruturas e perigos à vida**. São Paulo: ABNT, 2026c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5419-4: proteção contra descargas atmosféricas: parte 4: sistemas elétricos e eletrônicos internos à estrutura**. São Paulo: ABNT, 2026d.

CABRAL, Matheus Monteiro. **Análise do SPDA do refeitório do IFG – Campus Itumbiara à luz da NBR 5419/2015: estudo de caso**. 2021. 101 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, Itumbiara, 2021

CARDOSO, I.; PINTO JUNIOR, O.; PINTO, I. R. C. A.; HOLLE, R. Lightning casualty demographics in Brazil and their implications for safety rules. **Atmospheric Research**, v. 135-136, p. 374-379, 2014. DOI: 10.1016/j.atmosres.2012.12.006.

FERREIRA, Emerson Gomes. **Análise do SPDA de uma indústria à luz da NBR 5419/2015: estudo de caso**. 2026. 115 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, Itumbiara, 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **Norma Técnica 40/2019: sistema de proteção contra descargas atmosféricas**. Goiânia: CBMGO, 2019. Disponível em: https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/NT-40_2019-SPDA.pdf.

NACCARATO, K. P.; ALBRECHT, R. I.; PINTO JUNIOR, O. Cloud-to-ground lightning density over Brazil based on high-resolution Lightning Imaging Sensor (LIS) data. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON ATMOSPHERIC ELECTRICITY**, 14., 2011, Rio de Janeiro. Proceedings [...]. Rio de Janeiro: ICAE, 2011. Disponível em: https://dataserver.cptec.inpe.br/dataserver_raio/referencias/2011_ICAE_Naccarato_et_al.pdf.

PAIVA, Gustavo Raphael Alves. **Análise teórica-experimental do comportamento de topologias clássicas de aterramentos elétricos conhecidos quando interligadas entre si: um estudo de caso**. 2021. 144 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, Itumbiara, 2021.

RAKOV, Vladimir A.; UMAN, Martin A. **Lightning: physics and effects**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.