

## Aterramento em sistema de baixa tensão: Uma pesquisa documental

Earthing in low-voltage systems: A documental research

Puesta a tierra en sistemas de baja tensión: Una investigación documental

Recebido: 03/11/2025 | Revisado: 13/11/2025 | Aceitado: 14/11/2025 | Publicado: 16/11/2025

**Elvis Paulo Barbosa Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0970-2682>

Descomplica UniAmérica, Brasil

E-mail: elvis\_sti@hotmail.com

**Luciana Paro Scarin Freitas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0274-6781>

Descomplica UniAmérica, Brasil

E-mail: melscarin@gmail.com

### Resumo

O sistema de aterramento em instalações elétricas de baixa tensão é fundamental para a proteção contra descargas atmosféricas. O Brasil possui uma das maiores incidências de raios do mundo, o que torna essencial a adoção de medidas técnicas adequadas para garantir a integridade de edificações, equipamentos e, sobretudo, a segurança das pessoas. Muitos sistemas elétricos apresentam deficiências estruturais em seus aterramentos, seja por desconhecimento técnico, omissão em projetos ou tentativa de redução de custos. Tais falhas aumentam a vulnerabilidade das instalações a choques elétricos, surtos de tensão e danos causados por raios, comprometendo a segurança e o funcionamento adequado dos sistemas. O objetivo é analisar, por meio de revisão de literatura, os fundamentos técnicos, normativos e operacionais do aterramento em baixa tensão, com ênfase em sua função protetiva contra descargas atmosféricas. A metodologia adotada foi uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa. A análise dos materiais selecionados evidenciou a importância do cumprimento das normas ABNT NBR 5410, 5419 e 7117, além de lacunas na formação técnica e na fiscalização de projetos elétricos. A literatura consultada destaca que o sistema de aterramento deve ser parte central de qualquer instalação segura, sendo essencial não apenas para proteção contra falhas internas, mas também como mecanismo de dissipação de energia de descargas atmosféricas. Conclui-se que o tema permanece de grande relevância para a engenharia elétrica, exigindo constante atualização profissional, padronização de procedimentos e valorização das boas práticas técnicas.

**Palavras-chave:** Aterramento elétrico; Baixa tensão; Descargas atmosféricas; Proteção elétrica; Normas técnicas.

### Abstract

The grounding system in low-voltage electrical installations is essential for protection against atmospheric discharges. Brazil has one of the highest lightning incidence rates in the world, making it crucial to adopt proper technical measures to ensure the integrity of buildings, equipment, and, above all, people's safety. Many electrical systems show structural deficiencies in their grounding, whether due to lack of technical knowledge, design omissions, or cost-cutting. Such flaws increase the vulnerability of installations to electric shocks, voltage surges, and lightning damage, compromising safety and proper system operation. This study analyzes, through a literature review, the technical, normative, and operational foundations of grounding in low-voltage systems, emphasizing its protective role against atmospheric discharges. The methodology adopted was a qualitative bibliographic review. The analysis of selected materials revealed the importance of complying with ABNT standards NBR 5410, 5419, and 7117, as well as identifying gaps in technical training and project inspection. The reviewed literature highlights that grounding systems must be a central part of any safe electrical installation, being essential not only for protection against internal faults but also as a mechanism for dissipating atmospheric discharge energy. It is concluded that the topic remains highly relevant to electrical engineering, demanding continuous professional development, standardization of procedures, and appreciation of good technical practices.

**Keywords:** Electrical grounding; Low voltage; Atmospheric discharges; Electrical protection; Technical standards.

### Resumen

El sistema de puesta a tierra en instalaciones eléctricas de baja tensión es fundamental para la protección contra descargas atmosféricas. Brasil presenta una de las mayores incidencias de rayos del mundo, lo que hace esencial la adopción de medidas técnicas adecuadas para garantizar la integridad de las edificaciones, los equipos y, sobre todo, la seguridad de las personas. Muchos sistemas eléctricos presentan deficiencias estructurales en su puesta a tierra, ya

sea por falta de conocimiento técnico, omisiones en los proyectos o intentos de reducción de costos. Tales fallas aumentan la vulnerabilidad de las instalaciones frente a choques eléctricos, sobretensiones y daños causados por rayos, comprometiendo la seguridad y el correcto funcionamiento de los sistemas. El objetivo es analizar, mediante una revisión bibliográfica, los fundamentos técnicos, normativos y operativos de la puesta a tierra en baja tensión, con énfasis en su función protectora frente a descargas atmosféricas. La metodología adoptada fue una revisión de literatura con enfoque cualitativo. El análisis de los materiales seleccionados evidenció la importancia del cumplimiento de las normas brasileñas ABNT NBR 5410, 5419 y 7117, además de vacíos en la formación técnica y en la fiscalización de los proyectos eléctricos. La literatura consultada demuestra que el sistema de puesta a tierra debe ser parte central de toda instalación segura, esencial no solo para la protección frente a fallas internas, sino también como mecanismo de disipación de la energía de las descargas atmosféricas.

**Palavras clave:** Puesta a tierra; Baja tensión; Descargas atmosféricas; Protección eléctrica; Normas técnicas.

## 1. Introdução

As descargas atmosféricas podem causar danos severos, incluindo incêndios, destruição parcial ou total de estruturas, interrupção do fornecimento de energia, danos a sistemas de comunicação e riscos físicos a pessoas, podendo levar até a morte (Vicente & Bortolato, 2017).

Tendo em vista as características climatológicas do Brasil, o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) aponta que o país é líder mundial em incidência de raios, registra anualmente cerca de 77,8 milhões de raios, um fenômeno explicado por sua localização geográfica. Sendo o maior país situado na zona tropical do planeta, o território brasileiro apresenta um clima predominante quente e úmido, condições ideais para a formação de tempestade e descargas atmosféricas. A alta incidência de radiação solar significa a evaporação e a convecção do ar, favorecendo o desenvolvimento de nuvens do tipo cumulo imbus, responsável pela geração de raios.

Considerando as características climatológicas do Brasil, o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), aponta que o país é líder mundial em incidência de raios, registrando anualmente cerca de 77,8 milhões de descargas atmosféricas. Esse fenômeno é explicado, sobretudo, por sua localização geográfica. Sendo o maior país situado na zona tropical do planeta, o território brasileiro apresenta um clima predominantemente quente e úmido, com condições ideais para a formação de tempestades e descargas elétricas. A elevada incidência de radiação solar contribui para a evaporação e a convecção do ar, favorecendo o desenvolvimento de nuvens do tipo cumulonimbus, que são responsáveis pela geração de raios.

Para mitigar os riscos e proteger tanto o patrimônio quanto as pessoas dentro das edificações, o sistema de proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) é responsável por conduzir a corrente elétrica do raio desde o ponto de impacto até o aterrramento. Embora o SPDA não elimine completamente a possibilidade de uma descarga atingir a edificação, ele reduz significativamente os danos e perigos associados. Dessa forma, conforme a normativa vigente, dependendo da análise de risco, algumas estruturas devem a obrigatoriedade dispor de proteção contra descargas atmosféricas (Cruz, 2020).

A crescente complexidade dos sistemas elétricos em edificações urbanas e rurais exige a adoção de medidas eficazes de proteção, principalmente contra os efeitos das descargas atmosféricas. Essa realidade reforça a importância de sistemas de aterrramento adequados, que desempenham papel essencial na segurança e eficiência das instalações elétricas. Em sistemas de baixa tensão — comumente presentes em residências, estabelecimentos comerciais e pequenas indústrias —, a ausência ou inadequação do aterrramento pode provocar choques elétricos, surtos de tensão, falhas em equipamentos e até incêndios, comprometendo a segurança dos usuários e o funcionamento dos sistemas.

As normas técnicas brasileiras NBR 5410 e NBR 5419 estabelecem critérios para o dimensionamento, instalação e manutenção de sistemas elétricos e de proteção contra descargas atmosféricas. Juntas, formam um conjunto normativo essencial para garantir a integridade das instalações e a segurança das pessoas. No entanto, ainda são frequentes os casos de

projetos que não atendem aos requisitos mínimos de segurança, seja por falta de fiscalização, desconhecimento técnico ou redução de custos durante a execução das obras.

Além disso, os avanços tecnológicos e a crescente adoção de sistemas fotovoltaicos conectados à rede pública exigem maior atenção às práticas de aterramento. Falhas na proteção contra surtos e na equipotencialização podem comprometer inversores e outros componentes, gerando prejuízos financeiros e riscos operacionais. Nesse contexto, torna-se indispensável o aprimoramento técnico e a capacitação profissional contínua, de modo a assegurar a eficiência e a segurança dos sistemas elétricos modernos.

Estudos recentes e eventos técnicos, como o SIPDA e o LPE Conference, reforçam a relevância do tema, apresentando análises e casos sobre o desempenho dos sistemas de aterramento em diferentes contextos e tipos de solo. Pesquisadores como Cruz (2020), Freire et al. (2021) e Paulino et al. (2021) destacam lacunas ainda existentes em regiões com alta resistividade, nas quais a dissipação de corrente elétrica é comprometida.

Diante desse cenário, a presente pesquisa tem o objetivo de aprofundar o entendimento sobre o aterramento em sistemas de baixa tensão, com ênfase em suas aplicações práticas e normativas. Ao abordar conceitos técnicos, estudos de caso e padrões regulatórios, este trabalho busca contribuir com o aprimoramento das práticas profissionais na área de engenharia elétrica, incentivando a aplicação correta das normas, a segurança das instalações e a prevenção de danos causados por fenômenos elétricos naturais e transitórios.

## 2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa documental de fonte direta em normas técnicas e relatórios e, documental indireta em artigos de terceiros e reflexiva (Pereira et al., 2018), num estudo de revisão não sistemática e narrativa (Rother, 2007).

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com enfoque exploratório e abordagem teórica, cujo método adotado foi a revisão de literatura. O objetivo da metodologia é reunir, selecionar, organizar e interpretar informações técnico-científicas relevantes sobre o aterramento em sistemas de baixa tensão e sua relação com a proteção contra descargas atmosféricas. Tal escolha metodológica justifica-se pela necessidade de compreender o estado atual do conhecimento e os principais avanços tecnológicos e normativos na área.

A revisão bibliográfica foi conduzida com base em fontes confiáveis, como artigos científicos, anais de congressos, normas técnicas brasileiras (ABNT NBR 5410, NBR 5419, NBR 7117), teses, dissertações e documentos institucionais publicados nos últimos dez anos. Os principais bancos de dados utilizados para busca foram: Google Scholar, ResearchGate, SciELO, IEEE Xplore e repositórios acadêmicos institucionais. Também foram consideradas publicações de órgãos especializados, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), além de eventos como o SIPDA (Simpósio Internacional de Proteção contra Descargas Atmosféricas).

A seleção das fontes priorizou materiais que abordassem diretamente temas como: sistemas de aterramento em baixa tensão, efeitos de descargas atmosféricas sobre instalações elétricas, normas técnicas de proteção elétrica e estudos de casos reais. Foram incluídas ainda pesquisas que tratam da resistividade do solo, desempenho de eletrodos de aterramento e falhas associadas à ausência de proteção adequada, ampliando a base conceitual do trabalho.

Após a coleta dos materiais, foi realizada uma análise qualitativa dos conteúdos, com o intuito de identificar convergências, divergências e lacunas existentes na literatura. Essa análise permitiu compreender o desenvolvimento histórico das técnicas de aterramento, os critérios normativos que orientam sua aplicação e os riscos associados ao não cumprimento das exigências estabelecidas pelas normas brasileiras.

A metodologia adotada não envolve experimentação prática ou levantamento de campo, sendo inteiramente baseada em contribuições teóricas e empíricas já publicadas por pesquisadores da área. A sistematização do conhecimento permitiu a construção de uma visão crítica sobre a eficácia das soluções aplicadas atualmente e a identificação de oportunidades de melhoria na formação técnica de profissionais envolvidos com projetos elétricos.

A organização da revisão permitiu estabelecer um encadeamento lógico entre os temas abordados, assegurando a coerência entre os objetivos propostos, a justificativa apresentada e os resultados esperados. Dessa forma, a metodologia adotada contribui para a elaboração de um trabalho consistente, fundamentado em fontes confiáveis e alinhado às boas práticas de pesquisa acadêmica.

### **3. Resultados**

O sistema de aterramento é um dos elementos fundamentais de uma instalação elétrica segura, sendo responsável pela condução segura das correntes de fuga ou de falha para o solo. Em sistemas de baixa tensão, essa função torna-se ainda mais crítica, dada a alta incidência de usuários e equipamentos sensíveis interligados à rede. O aterramento visa estabelecer uma referência de potencial elétrico comum e, principalmente, proteger pessoas contra choques elétricos e equipamentos contra sobretensões, conforme estabelecido na norma técnica brasileira ABNT NBR 5410.

A ABNT NBR 5410:2004 trata especificamente das instalações elétricas de baixa tensão e orienta sobre os critérios de dimensionamento, escolha de condutores, e tipos de esquemas de aterramento, como TT, TN e IT. Cada um desses esquemas possui particularidades quanto à forma de ligação do neutro e à resposta em caso de falhas à terra. A correta aplicação do sistema depende de uma análise minuciosa da natureza da instalação, da resistividade do solo e da presença de dispositivos de proteção, como disjuntores diferenciais-residuais.

A eficácia de um sistema de aterramento está diretamente relacionada à resistividade do solo, que por sua vez depende de fatores como tipo de solo, umidade, temperatura e profundidade. Segundo Freire et al. (2021), a norma brasileira NBR 7117 define metodologias para a medição da resistividade e modelagem geofísica para auxiliar no projeto de aterramentos. Essa abordagem permite uma melhor previsão do comportamento do sistema em condições reais, aumentando a segurança e a eficiência das instalações.

A resistividade elevada é uma característica comum em solos secos e rochosos, exigindo o uso de técnicas alternativas, como o uso de hastes profundas, malhas de aterramento expandidas ou aditivos químicos condutivos. Paulino et al. (2021) destacam que, em áreas de alta resistividade, é fundamental o estudo detalhado das condições locais, uma vez que a implementação inadequada pode comprometer todo o sistema de proteção contra surtos e falhas.

A incidência de descargas atmosféricas no Brasil é um fator de risco relevante. O Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), do INPE, aponta que o país registra cerca de 77,8 milhões de raios por ano, o que coloca em risco instalações elétricas, principalmente em regiões urbanas densamente povoadas. Segundo dados atualizados (ELAT, 2025), entre 2000 e 2019 ocorreram mais de duas mil mortes associadas a descargas atmosféricas, sendo que grande parte poderia ter sido evitada com sistemas de proteção e aterramento adequados.

A norma ABNT NBR 5419:2015 é o principal documento normativo brasileiro para sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA). Ela estabelece os critérios para análise de risco, captação, condução e aterramento de raios em edificações. Cruz (2020) enfatiza que, embora o SPDA não elimine a ocorrência de raios, ele reduz significativamente os efeitos destrutivos, desde que corretamente dimensionado e instalado conforme os critérios normativos.

O conceito de equipotencialização também é essencial. Um sistema de aterramento eficiente não deve apenas conduzir correntes ao solo, mas também garantir que todas as partes condutivas acessíveis de uma instalação estejam no

mesmo potencial elétrico. Isso evita a ocorrência de diferença de potencial que possa resultar em choques perigosos. A ausência de interligações adequadas entre as partes metálicas da estrutura e o sistema de aterramento é uma das principais causas de falhas em sistemas de proteção, segundo Paulo (2020).

O uso de sensores e sistemas de monitoramento também tem se mostrado uma tendência crescente na área de proteção elétrica. Montanyà et al. (2022) abordam o uso de sistemas baseados em satélite para detecção de descargas atmosféricas, os quais podem ser integrados a sistemas de proteção automatizados. Essa abordagem permite uma resposta mais ágil a eventos de sobretensão e auxilia na prevenção de falhas catastróficas em redes de energia.

A literatura também apresenta estudos de campo e labororiais sobre o comportamento de líderes ascendentes e descendentes nas descargas atmosféricas. Saba et al. (2023) descrevem experimentos com câmeras de alta velocidade que capturaram fenômenos de formação de líderes em para-raios instrumentados. Esses estudos permitem compreender melhor a interação entre os sistemas de captação e as nuvens carregadas, otimizando o desempenho dos SPDA em edificações verticais.

No contexto de medição de corrente de descargas, Schumann et al. (2017) comparam medições diretas em para-raios com os dados de sistemas de localização de raios. A análise revelou variações significativas, evidenciando a necessidade de aprimoramento dos métodos de medição e da instrumentação dos dispositivos de proteção. Essa comparação é crucial para validar modelos de risco e dimensionamento de sistemas em áreas urbanas e industriais.

Instalações que não seguem rigorosamente os critérios normativos ou que apresentam aterramentos mal dimensionados estão sujeitas a surtos internos, choques elétricos e degradação de equipamentos. Vicente e Bortolato (2017) mostram que as áreas urbanas são especialmente vulneráveis devido à concentração de edificações, redes aéreas e equipamentos eletroeletrônicos. O risco é ainda maior quando não há integração entre o sistema de aterramento e os dispositivos de proteção contra surtos (DPS).

Os eventos científicos especializados, como o SIPDA e o LPE Conference, reúnem estudos que demonstram a evolução das práticas de aterramento e SPDA. As apresentações de Freire et al. (2021) no LPE detalham avanços nos métodos de análise geofísica e modelagem computacional de aterramentos. Tais ferramentas permitem simulações precisas do comportamento de sistemas sob diferentes condições de solo, corrente e frequência.

A prática de aterramento, embora amplamente discutida nas normas e literatura técnica, ainda encontra obstáculos na sua aplicação adequada. Fatores como desconhecimento técnico, redução de custos, falta de fiscalização e negligência em projetos elétricos contribuem para o alto índice de falhas. Trabalhos como o de Silva Filho (2025) alertam para a importância da formação técnica de profissionais da área e a constante atualização normativa.

A redundância e duplicidade de sistemas também são temas recorrentes. A literatura recomenda que grandes edificações e instalações críticas contem com sistemas de aterramento secundário ou de reforço, aumentando a confiabilidade da dissipação de energia. Essa prática é comum em centros de dados, hospitais, aeroportos e instalações militares, conforme apontado por Cruz (2020) e Paulino et al. (2021).

É essencial destacar que o sistema de aterramento não é uma solução isolada, mas sim parte integrante de um sistema elétrico seguro e normatizado. Ele deve funcionar em conjunto com dispositivos de proteção, condutores corretamente dimensionados, captores e equipotencialização. O investimento em soluções de aterramento eficientes traz benefícios duradouros para a segurança operacional, proteção patrimonial e preservação da vida humana.

#### **4. Análise dos Resultados**

A análise dos materiais selecionados permitiu verificar que o aterramento em sistemas de baixa tensão é amplamente reconhecido como um dos pilares da segurança elétrica, mas ainda enfrenta desafios significativos em sua aplicação prática.

Estudos como os de Cruz (2020) reforçam que, mesmo com o avanço das normas técnicas e maior acesso à informação, muitas instalações ainda são executadas com negligência quanto ao dimensionamento e à efetividade do sistema de aterramento. Isso compromete não apenas a segurança dos usuários, mas também a durabilidade dos equipamentos interligados.

Com base nas informações apresentadas por Freire et al. (2021), constatou-se que a resistividade do solo continua sendo um dos principais fatores de impacto sobre a eficiência dos sistemas de aterramento. Solos com alta resistência elétrica dificultam a dissipação de correntes de fuga e exigem soluções técnicas mais complexas, como a aplicação de hastes profundas, malhas otimizadas ou o uso de aditivos condutivos. Esse tipo de informação é essencial no planejamento e na execução de projetos elétricos, especialmente em áreas onde a análise geotécnica é negligenciada.

Além disso, o levantamento feito nas fontes revela que a ocorrência de descargas atmosféricas no Brasil é uma realidade crítica que influencia diretamente a necessidade de sistemas de proteção eficientes. Dados do ELAT (2025) demonstram que o Brasil lidera em incidência de raios, com consequências trágicas em áreas urbanas e rurais. A falta de aterramento adequado está diretamente relacionada a acidentes fatais e prejuízos materiais significativos. Portanto, a análise corrobora que o sistema de aterramento não pode ser visto como um item complementar, mas como parte essencial da infraestrutura elétrica.

O cruzamento das informações entre os autores também mostra que há uma relação direta entre a ausência de equipotencialização e a ineficácia do sistema de proteção contra surtos. Conforme destacado por Paulo (2020), em muitas instalações, a falta de interligação entre partes metálicas e condutivas da edificação gera diferença de potencial perigosa em situações de falha, causando choques ou queima de aparelhos. Esse problema, embora recorrente, pode ser corrigido com intervenções simples e de baixo custo, caso haja atenção técnica adequada.

Outro ponto analisado diz respeito à utilização de tecnologias para detecção e mitigação de surtos elétricos. Os estudos de Montanyà et al. (2022) indicam que o uso de sistemas de monitoramento baseados em satélite e sensores remotos pode auxiliar na identificação de áreas de risco elevado e antecipar medidas preventivas. Embora essa tecnologia ainda não esteja amplamente acessível em escala nacional, ela representa um avanço significativo no controle e resposta a eventos de descargas atmosféricas, principalmente em sistemas interligados.

Os registros observacionais de líderes ascendentes e o comportamento de raios em estruturas equipadas com pararaios instrumentados, conforme relatado por Saba et al. (2023), mostram a importância do posicionamento correto dos captores e do bom aterramento para garantir que a descarga siga o caminho ideal até o solo. Esses dados são especialmente relevantes para edifícios altos e estruturas críticas, onde a incidência de raios pode ser recorrente e os danos, mais severos.

A análise ainda revela a existência de lacunas entre os conhecimentos normativos e sua aplicação em campo. Mesmo com o avanço das normas como a NBR 5419 e NBR 7117, muitos profissionais demonstram desconhecimento técnico ou adotam práticas ultrapassadas em projetos e manutenções elétricas. Silva Filho (2025) reforça que a formação técnica e a capacitação continuada dos profissionais da área são fatores determinantes para o sucesso da aplicação dos sistemas de aterramento e proteção.

Pode-se concluir que a padronização, fiscalização e incentivo à atualização tecnológica são indispensáveis para garantir instalações elétricas seguras e em conformidade com a legislação vigente. A análise dos resultados reforça a importância do sistema de aterramento como base para o funcionamento eficaz de dispositivos de proteção e controle, sendo uma condição mínima e obrigatória para qualquer ambiente que opere com eletricidade em baixa tensão.

## 5. Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo central analisar, por meio de revisão de literatura, os principais fundamentos, normas técnicas e aplicações práticas do sistema de aterramento em instalações elétricas de baixa tensão, com foco na sua função na proteção contra descargas atmosféricas. Ao longo do trabalho, foi possível compreender a importância do aterramento não apenas como exigência normativa, mas como componente fundamental da segurança de pessoas, equipamentos e edificações.

As informações obtidas demonstraram que, apesar do avanço das normas técnicas brasileiras, como a NBR 5410, NBR 5419 e NBR 7117, ainda há muitas falhas na aplicação prática desses conceitos, principalmente em obras de pequeno porte. Fatores como a alta resistividade do solo, a má execução do sistema de aterramento e a falta de equipotencialização adequada aumentam significativamente os riscos elétricos em instalações de baixa tensão.

A análise das referências também evidenciou que o Brasil, por ser um dos países com maior incidência de raios no mundo, demanda especial atenção às medidas de proteção contra descargas atmosféricas. Os dados do ELAT (2025) reforçam que os sistemas de proteção, especialmente o aterramento, devem ser tratados como prioridade desde as etapas iniciais do projeto elétrico. A negligência nesse aspecto tem resultado em perdas humanas e patrimoniais evitáveis.

Além disso, observou-se que o correto dimensionamento e a execução dos sistemas de aterramento estão diretamente associados à capacitação dos profissionais envolvidos. A carência de conhecimento técnico e a adoção de soluções improvisadas comprometem a eficiência do sistema e colocam em risco a integridade das instalações. Isso reforça a necessidade de atualização contínua, fiscalização rigorosa e maior valorização das boas práticas de engenharia.

O trabalho mostrou que há inovações importantes sendo desenvolvidas no campo da proteção elétrica, como o uso de sensores, monitoramento remoto e integração com sistemas de detecção via satélite. Essas tecnologias representam um avanço promissor, especialmente para instalações críticas, mas sua eficácia continua dependendo da existência de uma base segura, formada por um sistema de aterramento bem projetado e mantido.

Conclui-se, portanto, que o sistema de aterramento em baixa tensão deve ser compreendido como um dos pilares da segurança elétrica. Sua função vai além da simples condução de corrente de falha ao solo, englobando aspectos de proteção, confiabilidade, conformidade normativa e integridade estrutural. Espera-se que este trabalho contribua para o fortalecimento do conhecimento técnico sobre o tema e sirva como base para futuras reflexões e aprimoramentos no campo da engenharia elétrica.

## Referências

- Cruz, A. S. (2020). Proteção de edificações contra descargas atmosféricas. *Revista Brasileira de Engenharia Elétrica*. 15(2), 45–54.
- Freire, P. E. F., Zancanella, J. H., Takayanagi, H. & Jardini, J. A. (2021). The review of the Brazilian standard NBR-7117: ground resistivity surveys and geoelectric modeling. Paper apresentado no (9<sup>th</sup>). LPE International Conference on Grounding & Lightning Physics and Effects, Belo Horizonte.
- ELAT. (2025). Estatísticas de descargas atmosféricas no Brasil (2000–2019). São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT). <http://www.inpe.br/webelat>.
- Montanyà, J., López, J. A., Van der Velde, O. A., Sola, G., Romero, D., Morales, C., Visacro, S., Saba, M. M. F., Goodman, S. J., Williams, E. et al. (2022). Potential use of space-based lightning detection in electric power systems. *Electric Power Systems Research*. 213.
- Paulino, J. O. S., Barbosa, C. F., Lopes, I. J. S., Boaventura, W. C., Cardoso, E. N. & Guimarães, M. F. (2021). Lightning protection of overhead distribution lines installed on high resistivity soil. *SSRN Electronic Journal*. <https://ssrn.com/abstract=3978364>.
- Paulo, Q. H. M. (2020). Aterramento. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Faculdade Pitágoras, Londrina-PR. 28 p.
- Pereira, A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*. 20(2), 5-6.

Saba, M. M. F., Lauria, P., Schumann, C., Mantovani, F. L. et al. (2023). Upward leaders initiated from instrumented lightning rods during the approach of a downward leader in a cloud-to-ground flash. *Geophysical Research Letters*, 2023.

Schumann, C., Saba, M. M. F., Warner, T. A. & Ferro, M. A. S. (2017). Upward flashes triggering mechanisms. In: *XIV Simpósio Internacional de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SIPDA)*. São Paulo. Anais.... São Paulo: SIPDA, 2017.

Schumann, C., Saba, M. M. F., Warner, T. A. & Ferro, M. A. S. (2017). Preliminary comparison of direct electric current measurements in lightning rods and peak current estimates from lightning location systems. In: *XIV Simpósio Internacional de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SIPDA)*, 2017, São Paulo. Anais.... São Paulo: SIPDA, 2017.

Silva Filho, F. H. (2025). Condicionantes para análise de um sistema de aterramento. *Revista Científica Semana Acadêmica*, Fortaleza-CE. 258(13). Doi: 10.35265/2236-6717-258-13163.

Vicente, L. S. & Bortolato, C. H. (2017). Impactos das descargas atmosféricas em áreas urbanas. In: *Simpósio Brasileiro de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SBPD*, 10., 2017, São Paulo. Anais.... São Paulo: SBPD, 2017. p. 121–30.