

ANÁLISE DE RISCO PARA **SPDA** NA **NBR 5419:2026**

O GUIA PRÁTICO PARA
**ENGENHEIROS, PROJETISTAS
E CONSULTORES**



Entenda as principais mudanças da NBR 5419:2026 e como realizar análises de risco de forma mais **rápida, segura e tecnicamente consistente.**



CONFORME
NBR 5419:2026



METODOLOGIA
ATUALIZADA



ANÁLISES MAIS
PRECISAS E CONFIÁVEIS



DECISÕES TÉCNICAS
ASSERTIVAS



RELATÓRIOS
COMPLETOS

GUIA TÉCNICO



SERVIÇOS DE
ENGENHARIA

LAUDOS DE ENGENHARIA
ELÉTRICA INDUSTRIAL

ENGENHARIA QUE ANTECEDE PROBLEMAS. LAUDOS QUE GERAM VALOR.

A IFC Serviços de Engenharia é especializada em engenharia elétrica industrial, com foco em **qualidade**, **confiabilidade**, **segurança** e **conformidade** normativa.

Entregamos informações técnicas precisas para apoiar decisões, **reduzir riscos** e aumentar a **eficiência** das operações industriais.



NOSSO PORTFÓLIO DE SERVIÇOS



LAUDOS TÉCNICOS

Laudos para conformidade, segurança e suporte a decisões técnicas.



ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Avaliações técnicas, inspeções, análise de desempenho e laudos especializados.



ATERRAMENTO E SPDA

Medições, laudos e análises de sistemas de aterramento e proteção contra descargas.



INSPEÇÕES ELÉTRICAS

Inspeções técnicas em instalações elétricas de baixa e média tensão.



QUALIDADE DE ENERGIA

Medições, análises e diagnósticos de distúrbios elétricos e conformidade com normas.



CONFORMIDADE NR-10

Análises, inspeções e laudos voltados à segurança e conformidade das instalações.



TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Inspeções termográficas para identificar anomalias e prevenir falhas.



ESTUDOS E ANÁLISES ELÉTRICAS

Estudos de curto-circuito, seletividade, coordenação de proteção e arc flash.

NOSSOS DIFERENCIAIS

- ✓ Equipe técnica especializada
- ✓ Equipamentos de medição de alta precisão
- ✓ Atuação baseada em normas técnicas
- ✓ Relatórios claros, objetivos e confiáveis
- ✓ Foco em prevenção e confiabilidade operacional



NOSSO COMPROMISSO

Entregar engenharia técnica de excelência, gerando **segurança**, **eficiência** e **valor** para a sua operação.

FALE CONOSCO

- ☎ (31) 9 8408-7648
- ✉ igor.carvalho@ifceng.com.br
- 🌐 www.ifceng.com.br
- 📍 Atuação em todo o território nacional



SEGURANÇA

Protegemos pessoas, instalações e processos.



DESEMPENHO

Maximizamos a eficiência e confiabilidade.



CONFORMIDADE

Atendemos normas e requisitos legais.



RESULTADOS

Entregamos informações que geram decisões.

ENGENHARIA QUE ANTECEDE PROBLEMAS. LAUDOS QUE GERAM VALOR.



Termo de Responsabilidade

Este e-book possui caráter exclusivamente informativo e educacional. Embora tenha sido elaborado com base em boas práticas de engenharia e nos requisitos da ABNT NBR 5419:2026, sua utilização não substitui a análise técnica específica de cada empreendimento nem a consulta integral à norma aplicável.

ATENÇÃO

Todos os nomes de marcas, produtos e serviços mencionados aqui são propriedade de seus respectivos donos e são usados somente como referência. Além disso, não existe a intenção de difamar, desrespeitar, insultar, humilhar ou menosprezar você, leitor, ou qualquer outra pessoa, cargo ou instituição. Caso você acredite que alguma parte deste guia seja, de alguma forma, desrespeitosa ou indevida, e deva ser removida ou alterada, você pode entrar em contato diretamente comigo através do e-mail igor.carvalho@ifceng.com.br.





Sumário

Termo de Responsabilidade.....	3
ATENÇÃO	3
Capítulo 1 - Por que a NBR 5419 mudou?.....	5
Capítulo 2 - O Cenário dos Raios no Brasil	7
Capítulo 3 - O Que Realmente Causa Danos?	12
Capítulo 4 - Entendendo os Riscos da NBR 5419:2026	18
Capítulo 5 - Principais Mudanças da NBR 5419:2026	21
Capítulo 6 - Como Funciona uma Análise de Risco	25
Capítulo 7 - Os Erros Mais Comuns Encontrados em Análises de Risco para SPDA.....	31
Capítulo 8 - Como Reduzir Riscos sem Superdimensionar o SPDA	37
Capítulo 9 - Ferramentas para Análise de Risco.....	43
Capítulo 10 - Conclusão	52
Considerações Finais	54
Referências	54
Sobre o Autor	55



Capítulo 1 - Por que a NBR 5419 mudou?

A evolução da proteção contra descargas atmosféricas

As descargas atmosféricas acompanham a humanidade desde os seus primórdios. Ao longo dos séculos, o conhecimento científico permitiu compreender sua origem, comportamento e os mecanismos necessários para reduzir seus efeitos sobre pessoas, edificações e sistemas elétricos.

Apesar dos avanços tecnológicos, os raios continuam sendo um dos fenômenos naturais mais severos e imprevisíveis que afetam instalações industriais, comerciais, residenciais e de infraestrutura. Em poucos microssegundos, uma descarga atmosférica é capaz de transferir uma enorme quantidade de energia, produzindo efeitos térmicos, eletromagnéticos e mecânicos capazes de provocar danos materiais significativos, interrupções operacionais, perdas econômicas e, em situações mais críticas, riscos à vida humana.

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial quando o assunto é incidência de descargas atmosféricas. A combinação de fatores climáticos e geográficos faz com que milhões de raios atinjam o território nacional todos os anos, impondo desafios constantes aos profissionais responsáveis pelo projeto, construção, operação e manutenção das instalações elétricas.

Nesse contexto, a proteção contra descargas atmosféricas deixou de ser apenas uma exigência normativa ou regulatória. Atualmente, ela representa uma importante ferramenta de gestão de riscos, preservação de ativos, continuidade operacional e segurança das pessoas.

Foi justamente para acompanhar essa evolução tecnológica e conceitual que a série ABNT NBR 5419 passou por uma importante revisão, culminando na publicação da versão 2026.

Da proteção física à gestão de riscos

Historicamente, os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas eram concebidos com foco predominante na interceptação do raio e na condução segura da corrente para o solo.

Durante muitos anos, a principal preocupação dos projetistas era garantir que a estrutura não sofresse danos físicos decorrentes do impacto direto da descarga atmosférica.

Com o avanço da tecnologia, entretanto, a realidade das instalações mudou significativamente.

Hoje, praticamente todas as edificações dependem de sistemas eletrônicos, automação industrial, telecomunicações, redes de dados, equipamentos de supervisão e controle, sistemas de segurança, servidores e infraestrutura digital.

Em muitas situações, os prejuízos associados à interrupção desses sistemas podem ser muito superiores aos danos físicos causados por um eventual impacto direto de um raio.

Uma indústria pode interromper sua produção.

Um hospital pode perder sistemas críticos.

Uma mineradora pode comprometer operações inteiras.

Uma empresa pode perder dados estratégicos.

Dessa forma, a proteção contra descargas atmosféricas passou a exigir uma abordagem muito mais ampla, baseada na avaliação dos riscos envolvidos e na adoção de medidas de proteção proporcionais às consequências esperadas.

Essa filosofia já estava presente na edição de 2015 da norma, mas foi significativamente aprimorada e refinada na revisão de 2026.

Por que a norma precisou ser revisada?

As normas técnicas são documentos vivos.

À medida que novos estudos são realizados, novas tecnologias são desenvolvidas e novas experiências são acumuladas em campo, torna-se necessário revisar os critérios anteriormente adotados.

Ao longo dos últimos anos, pesquisadores, fabricantes, projetistas, consultores e usuários identificaram oportunidades de melhoria na aplicação prática da NBR 5419:2015, especialmente nos procedimentos relacionados à análise de risco.

A experiência adquirida em milhares de estudos realizados no Brasil e em outros países evidenciou a necessidade de aperfeiçoar alguns critérios utilizados na estimativa dos riscos associados às descargas atmosféricas.

A revisão da NBR 5419:2026 teve como objetivo principal aumentar a consistência técnica dos resultados obtidos, reduzir ambiguidades de interpretação e tornar o processo de avaliação mais alinhado com a realidade das instalações modernas.

Em outras palavras, a nova edição busca proporcionar análises mais representativas dos riscos efetivamente existentes em cada estrutura.

O que muda para os profissionais da área?

A publicação da NBR 5419:2026 representa muito mais do que uma simples atualização normativa.

Ela exige que engenheiros, projetistas, consultores, inspetores e peritos revisitem conceitos, metodologias e ferramentas utilizadas em seus trabalhos.

Planilhas desenvolvidas com base exclusivamente na versão 2015 podem não refletir adequadamente os novos critérios estabelecidos pela norma.

Modelos de cálculo anteriormente utilizados precisam ser reavaliados.

Procedimentos de análise de risco devem ser atualizados.

Critérios de mitigação precisam ser revisados.

Mais importante ainda, torna-se fundamental compreender não apenas quais foram as mudanças introduzidas pela nova norma, mas também os motivos que levaram à sua implementação.

Profissionais que dominarem essas alterações estarão mais preparados para desenvolver projetos tecnicamente consistentes, elaborar laudos defensáveis, realizar consultorias especializadas e oferecer soluções alinhadas às melhores práticas atualmente disponíveis.

Uma nova visão sobre a proteção contra descargas atmosféricas

A NBR 5419:2026 reforça um conceito fundamental:

A proteção contra descargas atmosféricas não deve ser encarada apenas como a instalação de captores, descidas e aterramentos.

Ela deve ser entendida como um processo estruturado de gerenciamento de riscos.

O objetivo não é simplesmente impedir que um raio atinja uma estrutura.

O verdadeiro objetivo é reduzir os riscos associados às descargas atmosféricas a níveis aceitáveis, considerando a segurança das pessoas, a continuidade operacional, a preservação do patrimônio e a proteção dos investimentos realizados.

Essa mudança de perspectiva é o que diferencia os projetos modernos de SPDA das abordagens tradicionalmente adotadas no passado.

E é exatamente essa visão que norteará os próximos capítulos deste guia.

Ao longo das próximas páginas, serão apresentados os principais conceitos da análise de risco, as mudanças introduzidas pela NBR 5419:2026 e as melhores práticas para aplicação da norma em projetos, estudos e avaliações técnicas.

Capítulo 2 - O Cenário dos Raios no Brasil

Um dos países mais atingidos por descargas atmosféricas no mundo

As descargas atmosféricas fazem parte dos fenômenos naturais mais frequentes e energeticamente intensos observados na Terra. Todos os dias, milhares de tempestades se formam ao redor do planeta, produzindo milhões de raios que interagem com o solo, estruturas, linhas de transmissão, sistemas de distribuição e instalações industriais.

Embora os raios ocorram em praticamente todas as regiões do mundo, sua distribuição não é uniforme. Fatores climáticos, geográficos e atmosféricos influenciam diretamente a frequência e a intensidade das descargas atmosféricas.

Nesse cenário, o Brasil ocupa uma posição de destaque.

Localizado predominantemente em regiões tropicais, o país apresenta condições extremamente favoráveis à formação de tempestades convectivas, responsáveis pela maior parte das descargas atmosféricas registradas anualmente.



Temperaturas elevadas, alta umidade relativa do ar e extensas áreas de instabilidade atmosférica contribuem para a formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical, capazes de gerar descargas atmosféricas de elevada intensidade.

Como resultado, o território brasileiro registra dezenas de milhões de raios todos os anos, figurando entre as regiões com maior atividade elétrica atmosférica do planeta.

Segundo dados do INPE/ELAT, o Brasil registra aproximadamente 70 a 100 milhões de descargas atmosféricas por ano.

Essa realidade torna a proteção contra descargas atmosféricas um tema de extrema relevância para profissionais envolvidos com projetos elétricos, infraestrutura, mineração, indústria, telecomunicações e gestão de ativos.

Por que o Brasil registra tantos raios?

A formação de uma descarga atmosférica depende da separação de cargas elétricas dentro das nuvens de tempestade.

À medida que correntes ascendentes e descendentes movimentam partículas de água, gelo e granizo no interior da nuvem, ocorre o acúmulo de cargas elétricas positivas e negativas em diferentes regiões.

Quando a diferença de potencial elétrico ultrapassa a capacidade de isolamento do ar, ocorre a descarga atmosférica.



O Brasil reúne diversos fatores que favorecem esse processo:

- Elevada incidência de radiação solar ao longo do ano;
- Altas temperaturas médias;
- Grande disponibilidade de umidade atmosférica;
- Extensas áreas de floresta e vegetação;
- Influência de massas de ar tropicais;
- Forte atividade convectiva durante os períodos chuvosos.

Essas características fazem com que tempestades severas ocorram com

frequência em praticamente todas as regiões do país.

Consequentemente, os sistemas elétricos brasileiros convivem diariamente com os efeitos diretos e indiretos das descargas atmosféricas.

Nem todos os raios são iguais

Quando se fala em raios, é comum imaginar apenas a descarga visível entre a nuvem e o solo.

Na realidade, esse é apenas um dos diversos tipos de descargas atmosféricas existentes.

A imagem ao lado apresenta os tipos de descarga que podem ocorrer.

Os raios positivos costumam apresentar:

- Correntes mais elevadas;
- Maior duração;
- Maior energia transferida;
- Maior capacidade de provocar incêndios e danos estruturais.

Para fins de projeto de SPDA e análise de risco, a norma considera parâmetros estatísticos representativos das descargas atmosféricas observadas em cada região.

Essa abordagem permite que os sistemas de proteção sejam dimensionados com base em critérios técnicos consistentes e internacionalmente reconhecidos.



A densidade de descargas atmosféricas (Ng)



Um dos parâmetros mais importantes da análise de risco prevista pela NBR 5419 é a densidade de descargas atmosféricas para a terra, conhecida como **Ng**.

Esse parâmetro representa a quantidade média anual de descargas atmosféricas que atingem o solo em uma determinada região, normalmente expressa em:

*Raios por quilômetro quadrado por ano (raios/km²*ano)*

Em outras palavras, quanto maior o valor de **Ng**, maior tende a ser o risco associado às descargas atmosféricas.

Por esse motivo, a correta determinação desse parâmetro é uma das etapas mais importantes de qualquer análise de risco.

O mapa brasileiro de densidade de descargas

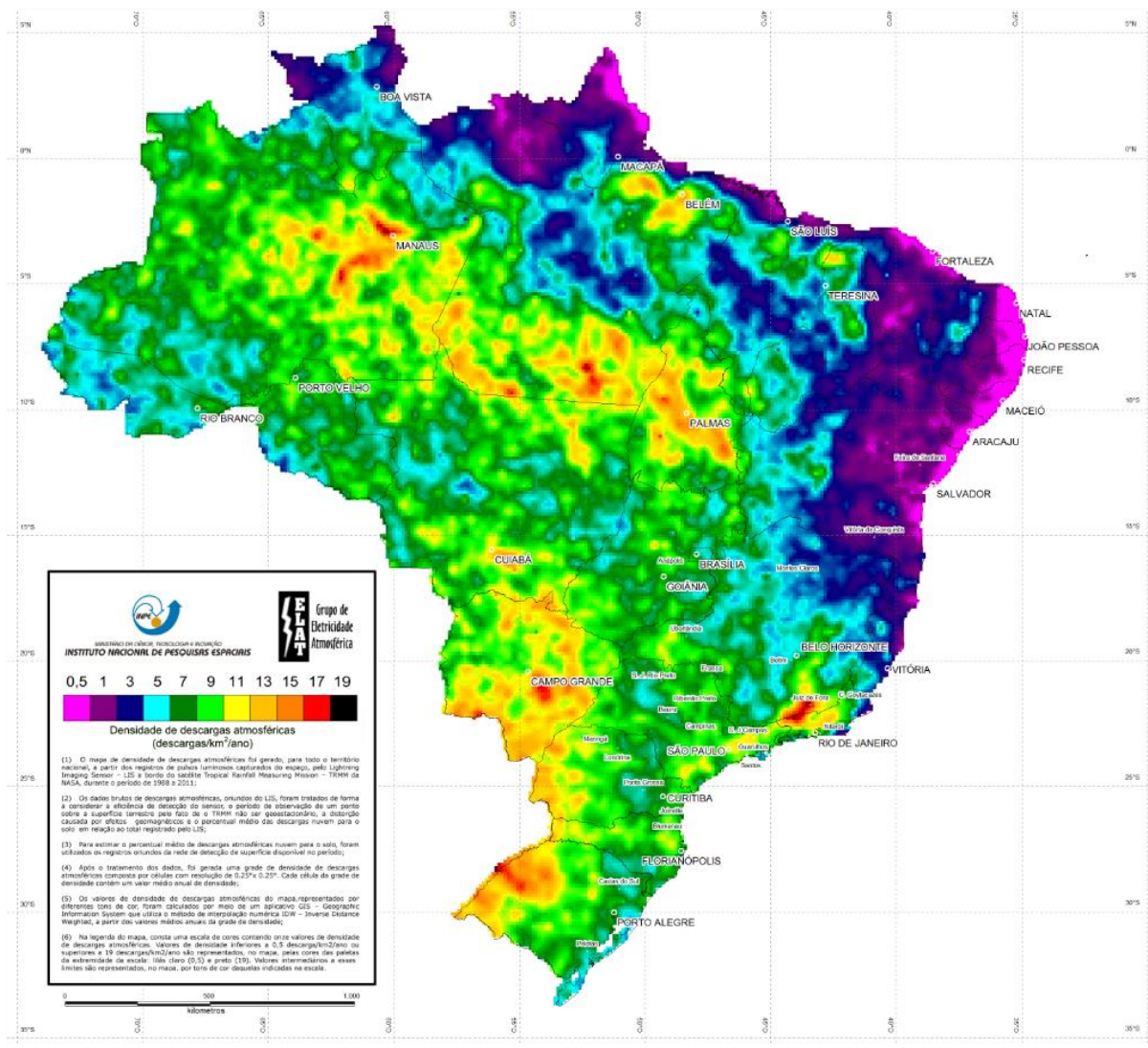
Ao analisar os mapas de densidade de descargas atmosféricas do território brasileiro, observa-se uma grande variação entre diferentes regiões.

Existem áreas onde a atividade elétrica atmosférica é relativamente moderada e outras onde a incidência de raios é extremamente elevada.

Regiões localizadas no Centro-Oeste, Norte e parte do Sudeste apresentam, historicamente, alguns dos maiores índices de atividade elétrica do país.

Essa variabilidade regional reforça um princípio fundamental da NBR 5419:

Não é possível avaliar adequadamente os riscos de uma estrutura utilizando valores genéricos ou estimativas arbitrárias.



Fonte da imagem: **Site INPE**. Link: <https://data.inpe.br/geonetwork/srv/api/records/5ea5ae5a-8b1d-4a0c-a8fc-067bda964569>

Cada análise deve considerar as características específicas da localização estudada.

Os impactos dos raios na infraestrutura moderna

Durante muitos anos, a preocupação principal relacionada às descargas atmosféricas estava associada aos danos físicos causados às edificações.

Atualmente, esse cenário mudou.

As instalações modernas dependem fortemente de sistemas eletrônicos e digitais.

IMPACTOS DOS RAIOS NA INFRAESTRUTURA MODERNA

 DANOS A EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS	 INTERRUPÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	 FALHAS EM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO	 DANOS A REDES DE TELECOMUNICAÇÕES E DADOS
 INCÊNDIOS E EXPLOSÕES	 RISCOS À VIDA HUMANA	 PREJUÍZOS ECONÔMICOS	 PERDA DE DADOS E INFORMAÇÕES CRÍTICAS



Uma única sobretensão transitória pode comprometer:

- Servidores;
- Sistemas supervisórios;
- Redes de telecomunicações;
- Equipamentos industriais;
- Sistemas de automação;
- Instrumentação de processo;
- Sistemas de segurança;
- Infraestrutura de tecnologia da informação.

Em diversos setores, os prejuízos decorrentes da interrupção das operações podem superar, em muito, os danos físicos causados pela descarga

atmosférica.

Na mineração, por exemplo, a indisponibilidade de sistemas críticos pode interromper operações inteiras.

Na indústria, uma falha em sistemas de controle pode gerar perdas de produção significativas.

Em hospitais, falhas em sistemas essenciais podem colocar vidas em risco.

Essa realidade explica por que a proteção contra descargas atmosféricas deixou de ser tratada apenas como uma medida de proteção estrutural e passou a integrar estratégias de continuidade operacional e gestão de riscos corporativos.

O custo invisível das descargas atmosféricas

Quando ocorre um evento associado a uma descarga atmosférica, os prejuízos normalmente vão muito além do equipamento danificado.

Os impactos podem incluir:

- Interrupções de produção;
- Perda de dados;
- Paralisações operacionais;
- Custos de manutenção corretiva;
- Substituição de equipamentos;
- Aumento de prêmios de seguro;
- Danos à imagem da empresa;
- Descumprimento de contratos;
- Perda de receita.

Em muitos casos, esses custos indiretos representam a maior parcela dos prejuízos totais.

Por esse motivo, a análise de risco prevista pela NBR 5419 não busca apenas proteger estruturas.

Seu objetivo é permitir uma avaliação técnica das consequências potenciais das descargas atmosféricas e orientar a adoção de medidas de proteção compatíveis com os riscos existentes.

A importância da análise de risco

Diante do elevado número de descargas atmosféricas registradas no Brasil e dos impactos associados a esses eventos, surge uma pergunta fundamental:

Como determinar se uma estrutura necessita de proteção e qual deve ser o nível dessa proteção?

A resposta está na análise de risco.

É por meio dela que se avalia a probabilidade de ocorrência de danos, suas possíveis consequências e a necessidade de implementação de medidas de mitigação.

A análise de risco constitui o principal instrumento técnico para transformar dados estatísticos sobre descargas atmosféricas em decisões de engenharia fundamentadas.

E é justamente esse processo que será abordado nos próximos capítulos deste guia.

Capítulo 3 - O Que Realmente Causa Danos?

Muito além do impacto direto de um raio

Quando se fala em descargas atmosféricas, a maioria das pessoas imagina um cenário relativamente simples: um raio atinge uma estrutura, provoca danos físicos e o sistema de proteção contra descargas atmosféricas impede a destruição da edificação.

Embora essa situação possa ocorrer, ela representa apenas uma parcela dos mecanismos pelos quais os raios causam danos.

Na prática, grande parte dos prejuízos observados em instalações modernas não está associada ao impacto direto da descarga atmosférica, mas sim aos efeitos elétricos e eletromagnéticos produzidos por ela.

Equipamentos eletrônicos queimados, sistemas de automação interrompidos, falhas em redes de comunicação, perdas de dados e paradas de produção frequentemente são consequência de surtos e acoplamentos eletromagnéticos originados por descargas que sequer atingiram diretamente a estrutura analisada.

Compreender esses mecanismos é fundamental para entender a filosofia da NBR 5419:2026 e os critérios utilizados na análise de risco.

O raio é apenas o início do problema

Uma descarga atmosférica transporta uma enorme quantidade de energia elétrica em um intervalo extremamente curto de tempo.

Quando essa energia é liberada, diversos fenômenos ocorrem simultaneamente:

- Elevação instantânea do potencial elétrico;

- Circulação de correntes elevadas;
- Formação de campos eletromagnéticos intensos;
- Geração de sobretensões transitórias;
- Indução de correntes em estruturas metálicas;
- Acoplamento de energia em cabos e sistemas elétricos.

Por esse motivo, os danos não ficam restritos ao ponto exato onde o raio atinge.

Os efeitos podem se propagar por centenas ou até milhares de metros, alcançando sistemas aparentemente distantes do local da descarga.

Essa característica explica por que estruturas protegidas por captadores e aterramentos ainda podem sofrer danos em equipamentos eletrônicos quando medidas complementares de proteção não são adotadas.

As fontes de dano consideradas pela NBR 5419

Para permitir uma avaliação sistemática dos riscos, a NBR 5419 classifica as descargas atmosféricas em quatro possíveis fontes de dano.

Essas fontes representam os diferentes locais onde uma descarga pode ocorrer e os mecanismos pelos quais seus efeitos podem atingir uma estrutura.

São elas:

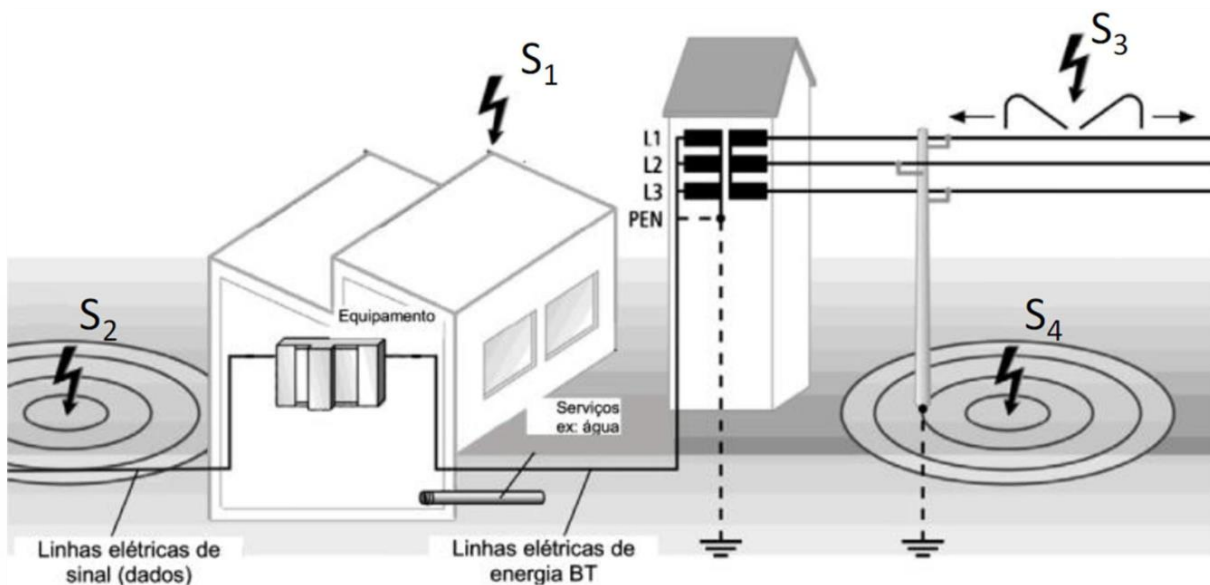
S1 – Descarga atmosférica na estrutura

S2 – Descarga atmosférica próxima à estrutura

S3 – Descarga atmosférica em linhas conectadas à estrutura

S4 – Descarga atmosférica próxima às linhas conectadas à estrutura

Essas quatro situações constituem a base de toda a metodologia de análise de risco da norma.



Fonte da imagem: Artigo "Proteção contra descargas atmosféricas". https://pt.linkedin.com/pulse/artigo-prote%C3%A7%C3%A3o-contra-descargas-atmosf%C3%A9ricas-yuri-solis-stypulkowski?utm_source=chatgpt.com

S1 – Descarga Atmosférica na Estrutura

A fonte de dano S1 corresponde ao cenário mais intuitivo: a descarga atmosférica atinge diretamente a estrutura protegida.

Nesse caso, a corrente do raio entra na edificação e busca o caminho de menor impedância para atingir o solo.

Quando existe um SPDA adequadamente projetado e instalado, essa corrente é captada pelos captadores, conduzida pelas descidas e dissipada pelo sistema de aterramento.

Mesmo assim, diversos efeitos perigosos podem ocorrer.

Entre eles:

- Danos físicos à estrutura;
- Incêndios;
- Explosões;
- Tensões de toque;
- Tensões de passo;
- Sobreensões nos sistemas internos.

A simples existência de um sistema externo de proteção não elimina todos os riscos.

A corrente da descarga provoca uma elevação temporária do potencial da instalação, podendo gerar diferenças de potencial significativas entre diferentes partes da estrutura.

Por essa razão, a equipotencialização desempenha papel fundamental na segurança global do sistema.

Exemplo prático de S1

Imagine uma instalação industrial equipada com SPDA.

Durante uma tempestade, uma descarga atmosférica atinge diretamente um captor localizado na cobertura.

O sistema externo cumpre sua função e conduz a corrente para o aterramento.

Entretanto, se os sistemas metálicos internos não estiverem adequadamente equipotencializados, podem surgir diferenças de potencial capazes de provocar centelhamentos internos, danos a equipamentos ou riscos às pessoas.

Nesse caso, o SPDA externo funcionou corretamente, mas medidas complementares de proteção interna continuam sendo necessárias.

S2 – Descarga Atmosférica Próxima à Estrutura

Muitos profissionais acreditam que uma estrutura somente corre riscos quando é diretamente atingida por um raio.

Essa percepção está incorreta.

Mesmo sem atingir a estrutura, uma descarga atmosférica próxima pode produzir campos eletromagnéticos extremamente intensos.

Esses campos variam rapidamente no tempo e podem induzir tensões e correntes em:



- Cabos de energia;
- Cabos de comunicação;
- Estruturas metálicas;
- Sistemas de automação;
- Equipamentos eletrônicos.

Esse fenômeno é conhecido como acoplamento eletromagnético.

Dependendo da sensibilidade dos equipamentos envolvidos, uma descarga ocorrida a centenas de metros de distância pode ser suficiente para provocar falhas operacionais.

Exemplo prático de S2

Uma subestação industrial não sofre impacto direto de um raio.

Entretanto, uma descarga ocorre em uma área próxima da instalação.

O campo eletromagnético gerado pela descarga induz sobretensões nos cabos de controle conectados aos relés de proteção.

O resultado pode ser:

- Atuação indevida de proteções;
- Desligamentos não programados;
- Falhas de comunicação;
- Interrupções operacionais.

Nesse caso, o dano ocorreu sem qualquer impacto direto na estrutura.

S3 – Descarga Atmosférica em Linhas Conectadas à Estrutura

A fonte S3 corresponde às situações em que a descarga atinge diretamente uma linha conectada à estrutura.

Essas linhas podem incluir:

- Redes de distribuição de energia;
- Alimentadores elétricos;
- Cabos de telecomunicações;
- Redes de dados;
- Tubulações metálicas.

Quando a descarga atinge uma dessas linhas, parte da corrente pode ser conduzida para o interior da estrutura.

Em muitos casos, essa corrente alcança equipamentos extremamente sensíveis antes mesmo de encontrar um caminho seguro para o aterramento.



Por esse motivo, as linhas de entrada constituem uma das principais vias de propagação de surtos elétricos.

Exemplo prático de S3

Um raio atinge diretamente uma rede aérea de distribuição que alimenta uma planta industrial.

A corrente da descarga se propaga pela rede elétrica e alcança os quadros de distribuição da instalação.

Mesmo sem qualquer dano estrutural aparente, diversos equipamentos eletrônicos podem ser destruídos por sobretensões transitórias.

É justamente para mitigar esse tipo de risco que a norma prevê a utilização de dispositivos de proteção contra surtos (DPS).

S4 – Descarga Atmosférica Próxima às Linhas Conectadas

A fonte S4 é semelhante à S3, porém a descarga não atinge diretamente a linha.

Nesse caso, o raio ocorre nas proximidades do sistema de alimentação ou comunicação.

Os campos eletromagnéticos produzidos pela descarga induzem sobretensões nos condutores, que posteriormente são conduzidas para o interior da estrutura.

Embora a energia envolvida seja normalmente inferior à observada em S3, os efeitos ainda podem ser suficientes para causar falhas em sistemas eletrônicos sensíveis.

Na prática, muitos dos surtos observados em instalações modernas estão associados justamente a esse mecanismo.

Exemplo prático de S4

Uma descarga ocorre próxima à rede aérea que alimenta uma instalação comercial.

A linha não é atingida diretamente.

Mesmo assim, a indução eletromagnética gera uma sobretensão transitória que alcança os equipamentos conectados à rede.

O resultado pode incluir:

- Queima de equipamentos;
- Falhas em sistemas de informática;
- Interrupções operacionais;
- Perda de dados.

Tudo isso sem que o raio tenha atingido diretamente a estrutura ou a linha.

Os três tipos de dano considerados pela norma

Independentemente da fonte de dano, a NBR 5419 classifica as consequências em três categorias fundamentais.

D1 – Dano aos seres vivos por choque elétrico

Relaciona-se aos riscos decorrentes de:



- Tensões de toque;
- Tensões de passo;
- Correntes circulando pelo corpo humano.

Esse tipo de dano está diretamente associado à segurança das pessoas.

D2 – Dano físico

Inclui:

- Incêndios;
- Explosões;
- Danos estruturais;
- Danos mecânicos provocados pela descarga.

São os efeitos tradicionalmente associados aos raios.

D3 – Falha de sistemas internos

Corresponde aos danos provocados por surtos eletromagnéticos e sobretensões transitórias.

Atualmente, esse é um dos tipos de dano mais relevantes para instalações modernas.

Ele pode afetar:

- Sistemas de automação;
- Redes industriais;
- Telecomunicações;
- Instrumentação;
- Servidores;
- Equipamentos eletrônicos.

O verdadeiro desafio da proteção moderna

Ao analisar os mecanismos apresentados, torna-se evidente que proteger uma estrutura contra descargas atmosféricas vai muito além da instalação de captores e aterramentos.

A proteção eficaz exige uma abordagem integrada envolvendo:

- SPDA externo;
- Equipotencialização;
- Aterramento;
- DPS;
- Blindagem eletromagnética;
- Zoneamento de proteção;
- Gestão de riscos.

É justamente essa visão sistêmica que sustenta a metodologia de análise de risco da NBR 5419:2026.

Compreender as fontes e os mecanismos de dano é o primeiro passo para entender como os riscos são calculados e quais medidas de proteção são realmente necessárias.



Capítulo 4 - Entendendo os Riscos da NBR 5419:2026

A maior mudança conceitual da nova norma

Uma das alterações mais importantes introduzidas pela ABNT NBR 5419-2:2026 está na forma como a necessidade de proteção é avaliada.

Na versão de 2015, a análise era baseada em quatro tipos de risco:

- R1 – Perda de vida humana;
- R2 – Perda de serviço ao público;
- R3 – Perda de patrimônio cultural;
- R4 – Perda econômica.

Durante anos, essa metodologia orientou milhares de análises de risco realizadas em todo o Brasil.

Entretanto, a evolução tecnológica das instalações e a crescente dependência de sistemas eletrônicos evidenciaram a necessidade de uma abordagem mais aderente à realidade atual.

Como resultado, a versão 2026 introduziu uma importante reformulação metodológica.

O antigo risco **R2 – Perda de Serviço ao Público** deixou de existir como categoria independente e foi substituído pelo conceito de **Frequência de Danos (F)**.

Ao mesmo tempo, o risco **R4 – Perda Econômica** passou a ter caráter opcional, permanecendo apenas como análise complementar para estudos de viabilidade econômica e custo-benefício das medidas de proteção.

O que a norma realmente exige agora?

Na prática, a análise obrigatória da NBR 5419:2026 passa a considerar três verificações principais:

R1 – Risco de Perda de Vida Humana

Avalia a possibilidade de uma descarga atmosférica causar ferimentos graves ou morte de pessoas.

R3 – Risco de Perda de Patrimônio Cultural

Avalia a possibilidade de perda irreparável de bens históricos, culturais ou artísticos.

F – Frequência de Danos

Avalia a frequência anual esperada de danos aos sistemas internos causados por descargas atmosféricas e surtos associados.

Essa nova abordagem aproxima a análise de risco da realidade das instalações modernas, nas quais os maiores prejuízos frequentemente estão associados à indisponibilidade de sistemas eletrônicos e de automação.

O conceito de Frequência de Danos (F)

A Frequência de Danos foi incorporada à norma para representar a expectativa anual de ocorrência de falhas em sistemas internos provocadas por descargas atmosféricas.

Em outras palavras:

A frequência de danos representa quantas vezes, em média, um sistema pode sofrer danos decorrentes dos efeitos das descargas atmosféricas ao longo do tempo.

A introdução desse conceito reconhece que, em muitas instalações modernas, os impactos mais significativos não estão necessariamente relacionados a incêndios ou danos estruturais, mas sim às falhas de equipamentos eletrônicos, sistemas de automação, telecomunicações e tecnologia da informação.

Por que a Frequência de Danos foi criada?

Imagine dois cenários:

ESTRUTURA A	ESTRUTURA B
• Pequeno galpão de armazenamento; • Poucos equipamentos eletrônicos; • Baixa dependência operacional.	• Centro de controle industrial; • Sistemas supervisórios; • Servidores; • Redes de comunicação; • Automação de processo.

Mesmo que ambas possuam riscos semelhantes sob o ponto de vista estrutural, as consequências de falhas nos sistemas internos são completamente diferentes.

Foi justamente para capturar essa diferença que a norma passou a avaliar explicitamente a frequência esperada de danos nos sistemas internos.

Como a Frequência de Danos é avaliada?

A metodologia da norma considera as mesmas fontes de dano estudadas anteriormente:

- S1 – Descarga na estrutura;
- S2 – Descarga próxima à estrutura;
- S3 – Descarga na linha elétrica;
- S4 – Descarga próxima à linha elétrica.

Cada uma dessas fontes contribui para a frequência total de danos.

A frequência final é obtida a partir da combinação de:

- Número anual de eventos perigosos;
- Probabilidade de ocorrência de dano;
- Eficiência das medidas de proteção adotadas.

O resultado é comparado a um valor limite tolerável definido para a frequência de danos.

Os riscos que permanecem obrigatórios

R1 – Perda de Vida Humana

O risco R1 continua sendo o principal critério de proteção da norma.

Seu objetivo é verificar se as descargas atmosféricas podem produzir situações capazes de colocar vidas em risco.

Esse risco considera:

- Tensões de toque;
- Tensões de passo;
- Incêndios;
- Explosões;
- Colapso estrutural;
- Outras situações perigosas para ocupantes da estrutura.

Quando o risco calculado ultrapassa o risco tolerável, medidas adicionais de proteção tornam-se obrigatórias.

R3 – Perda de Patrimônio Cultural

O risco R3 permanece aplicável a estruturas que possuam valor histórico, cultural, artístico ou social relevante.

Exemplos:

- Igrejas históricas;
- Museus;
- Bibliotecas raras;
- Monumentos;
- Edificações tombadas.

A perda desses bens é frequentemente irreversível, justificando critérios específicos de proteção.

E o risco R4?

A NBR 5419:2026 mantém a avaliação de perdas econômicas no Anexo D.

Entretanto, sua utilização passa a ser facultativa.

O objetivo é permitir análises complementares relacionadas a:

- Viabilidade econômica das medidas de proteção;
- Cálculo do retorno do investimento;
- Comparação entre custos de proteção e custos potenciais de perdas;
- Estratégias corporativas de gestão de ativos.

Assim, embora não seja mais utilizado para determinar a obrigatoriedade da proteção, o risco econômico continua sendo extremamente relevante para a tomada de decisão em ambientes industriais, comerciais e de infraestrutura crítica.

Uma nova filosofia de análise

A principal mensagem da NBR 5419:2026 é clara:

O objetivo da análise não é evitar que um raio atinja uma estrutura.

O objetivo é garantir que:

- Pessoas permaneçam seguras;
- Patrimônios culturais sejam preservados;
- Sistemas internos apresentem níveis aceitáveis de confiabilidade.

Essa mudança torna a norma mais alinhada com a realidade tecnológica atual e reforça o conceito de proteção baseada em risco e desempenho.

Capítulo 5 - Principais Mudanças da NBR 5419:2026

O que realmente mudou na análise de risco?

A publicação da ABNT NBR 5419:2026 representa a mais importante revisão da metodologia de análise de risco desde a edição de 2015.

Embora os fundamentos da proteção contra descargas atmosféricas permaneçam os mesmos, a nova norma introduziu mudanças significativas que afetam diretamente a forma como os riscos são avaliados, a necessidade de proteção é determinada e os resultados são interpretados.

Para os profissionais que atuam com projetos, consultorias, laudos técnicos, inspeções e análises de risco, compreender essas alterações é fundamental.

Mais do que uma simples atualização de parâmetros, a revisão promove uma mudança na forma de avaliar os efeitos das descargas atmosféricas sobre estruturas e sistemas internos.

A ABNT NBR 5419-2:2026 cancelou e substituiu a edição de 2015, incorporando uma revisão técnica completa da metodologia de análise de risco.

Uma norma mais alinhada com a realidade atual

Desde a publicação da versão de 2015, o cenário tecnológico das instalações mudou significativamente.

Atualmente, praticamente todas as edificações dependem de:

- Sistemas eletrônicos;
- Redes de dados;
- Automação;
- Equipamentos digitais;
- Infraestrutura de telecomunicações.

Em muitos casos, os maiores prejuízos decorrentes de descargas atmosféricas não estão associados a incêndios ou danos estruturais, mas sim à indisponibilidade dos sistemas internos.

Foi justamente essa realidade que motivou grande parte das alterações introduzidas pela revisão de 2026.

Visão Geral das Mudanças

A tabela a seguir resume as alterações mais relevantes.

Tema	NBR 5419:2015	NBR 5419:2026
R1 – Perda de Vida Humana	Mantido	Mantido
R2 – Perda de Serviço ao Público	Existente	Eliminado
R3 – Perda de Patrimônio Cultural	Mantido	Mantido
R4 – Perda Econômica	Integrante da análise principal	Tornou-se opcional
Frequência de Danos	Não existia como critério independente	Passou a ser critério próprio
Avaliação dos Sistemas Internos	Indireta	Destaque ampliado
Fluxo de decisão	Baseado em R1, R2, R3 e R4	Baseado em R1, R3 e F
Critério de proteção	Predominantemente orientado pelos riscos	Orientado pelos riscos e pela frequência de danos

Mudança 1 – O fim do Risco R2

Sem dúvida, esta é a alteração mais significativa da revisão.

Na versão de 2015, existia o:

R2 – Risco de perda de serviço ao público

Esse risco era utilizado para avaliar estruturas cuja indisponibilidade poderia afetar serviços essenciais.

Exemplos:

- Hospitais;
- Sistemas de abastecimento;
- Infraestrutura de telecomunicações;
- Centros de controle.

Na versão 2026, esse conceito foi removido da metodologia principal.

Em seu lugar surgiu uma nova abordagem baseada na **Frequência de Danos (F)**.

Por que o R2 foi substituído?

A experiência acumulada ao longo dos últimos anos demonstrou que a simples classificação de uma instalação como "serviço ao público" nem sempre representava adequadamente o impacto das falhas dos sistemas internos.

Em muitos casos, estruturas privadas apresentavam dependência tecnológica muito maior do que instalações tradicionalmente enquadradas em R2.

A nova metodologia passou então a avaliar diretamente a frequência esperada de danos aos sistemas internos, independentemente da classificação da estrutura.

Isso tornou a análise mais objetiva e mais aderente à realidade operacional.

Mudança 2 – Criação da Frequência de Danos (F)

A Frequência de Danos passa a ocupar posição central na nova metodologia.

A norma dedica um capítulo específico à sua avaliação.

A frequência de Danos representa o número anual esperado de danos aos sistemas internos decorrentes de descargas atmosféricas.

O conceito é relativamente simples:

A análise passa a responder uma pergunta prática:

Essa abordagem é especialmente importante para:

- Centros de dados;

Quantas vezes por ano os sistemas internos podem sofrer danos?

- Indústrias automatizadas;
- Sistemas de telecomunicações;
- Hospitais;
- Infraestruturas críticas;
- Operações de mineração.

Comparativo entre R2 e F

Aspecto	R2 (2015)	F (2026)
Avaliação	Perda de serviço	Frequência de dano
Foco	Consequência da interrupção	Ocorrência do dano
Aplicação	Estruturas específicas	Qualquer estrutura
Sensibilidade aos sistemas eletrônicos	Limitada	Elevada
Representação da realidade operacional	Moderada	Muito superior

Mudança 3 – Novo papel do Risco Econômico (R4)

Outra alteração importante foi a reclassificação do risco econômico.

Na edição de 2015:

R4 era parte integrante da análise principal.

Na edição de 2026:

R4 passou a ser tratado no Anexo D como uma avaliação complementar e informativa.

Isso significa que o cálculo econômico continua existindo, porém deixa de ser utilizado para determinar a obrigatoriedade da proteção.

O que permanece obrigatório?

Atualmente, a análise principal é baseada em:

Critério	Obrigatório
R1	Sim
R3	Sim, quando aplicável
Frequência de Danos (F)	Sim
R4	Não

Essa simplificação torna a metodologia mais objetiva e reduz ambiguidades observadas na aplicação prática da versão anterior.

Mudança 4 – Maior destaque para sistemas internos

A edição de 2026 amplia significativamente a atenção dedicada aos sistemas elétricos e eletrônicos.

Isso pode ser observado pela própria estrutura da norma:

- Capítulo específico para Frequência de Danos;
- Novas avaliações associadas às falhas dos sistemas internos;
- Procedimentos específicos para avaliação da necessidade de proteção relacionada à frequência de danos.

Na prática, a norma reconhece que os sistemas eletrônicos se tornaram ativos críticos.

Mudança 5 – Novo Fluxo de Decisão

Na versão de 2015, o fluxo de decisão era baseado essencialmente na comparação dos riscos calculados com os riscos toleráveis.

Na versão de 2026, o procedimento passa a considerar também a frequência de danos como critério independente para definição das medidas de proteção.

O resultado é uma metodologia mais próxima dos conceitos modernos de confiabilidade e disponibilidade operacional.

Mudança 6 – Estruturas com múltiplas zonas de estudo

Embora a divisão em zonas já existisse na metodologia anterior, a revisão de 2026 reforça sua utilização e detalha os critérios para estruturas com múltiplas zonas de estudo (ZS).

Isso permite representar melhor:

- Instalações industriais;
- Plantas de mineração;
- Hospitais;
- Centros de processamento de dados;
- Complexos logísticos.

Resumo Executivo das Alterações

Alteração	Impacto Prático
Eliminação do R2	Simplificação da análise
Criação da Frequência de Danos	Avaliação mais aderente à realidade atual
R4 passa a ser opcional	Foco nos riscos essenciais
Ênfase nos sistemas internos	Melhor proteção de ativos eletrônicos
Novo fluxo de decisão	Critérios mais objetivos
Maior uso de zonas de estudo	Análises mais precisas

O que muda para o engenheiro?

Para quem realiza análises de risco, a principal mudança é conceitual.

A pergunta deixa de ser apenas:

Existe risco aceitável para a estrutura?

e passa a incluir:

Qual a frequência esperada de danos aos sistemas internos?

Essa mudança aproxima a análise da realidade operacional das instalações modernas e torna os resultados mais úteis para a tomada de decisão.

Capítulo 6 - Como Funciona uma Análise de Risco

Transformando dados em decisões de engenharia

Após compreender os conceitos fundamentais da NBR 5419:2026 e as principais mudanças introduzidas pela revisão da norma, chega o momento de responder à pergunta que está no centro de toda análise de risco:

Como a norma determina se uma estrutura necessita de proteção adicional contra descargas atmosféricas?

A resposta está em uma metodologia estruturada que combina dados da instalação, características do ambiente, parâmetros estatísticos das descargas atmosféricas e medidas de proteção existentes.

Diferentemente do que muitos imaginam, a análise de risco não é simplesmente uma sequência de fórmulas matemáticas.

Ela é um processo de engenharia que busca representar, da forma mais fiel possível, a exposição real da estrutura aos efeitos das descargas atmosféricas.

Cada informação inserida influencia diretamente os resultados obtidos e, conseqüentemente, as decisões de proteção que serão adotadas.

A lógica geral da metodologia

De forma simplificada, a análise de risco segue o fluxo apresentado abaixo:



Embora pareça simples à primeira vista, cada etapa envolve diversos parâmetros técnicos que precisam ser corretamente avaliados.

Vamos entender cada uma delas.

Etapa 1 – Levantamento dos Dados da Estrutura

Toda análise de risco começa pelo conhecimento da estrutura que será avaliada.

Nesta etapa são coletadas informações como:

Dados da Estrutura	
Características físicas	• Comprimento; • Largura; • Altura; • Área construída; • Número de pavimentos.
Características construtivas	• Material predominante; • Presença de estruturas metálicas; • Tipo de cobertura; • Compartimentação interna.
Características de ocupação	• Número de pessoas presentes; • Tempo de permanência; • Tipo de atividade desenvolvida.
Características operacionais	• Processos produtivos; • Sistemas críticos; • Dependência de automação; • Consequências de interrupções.

Essas informações constituem a base para todos os cálculos posteriores.

Um erro nessa etapa pode comprometer completamente os resultados da análise.

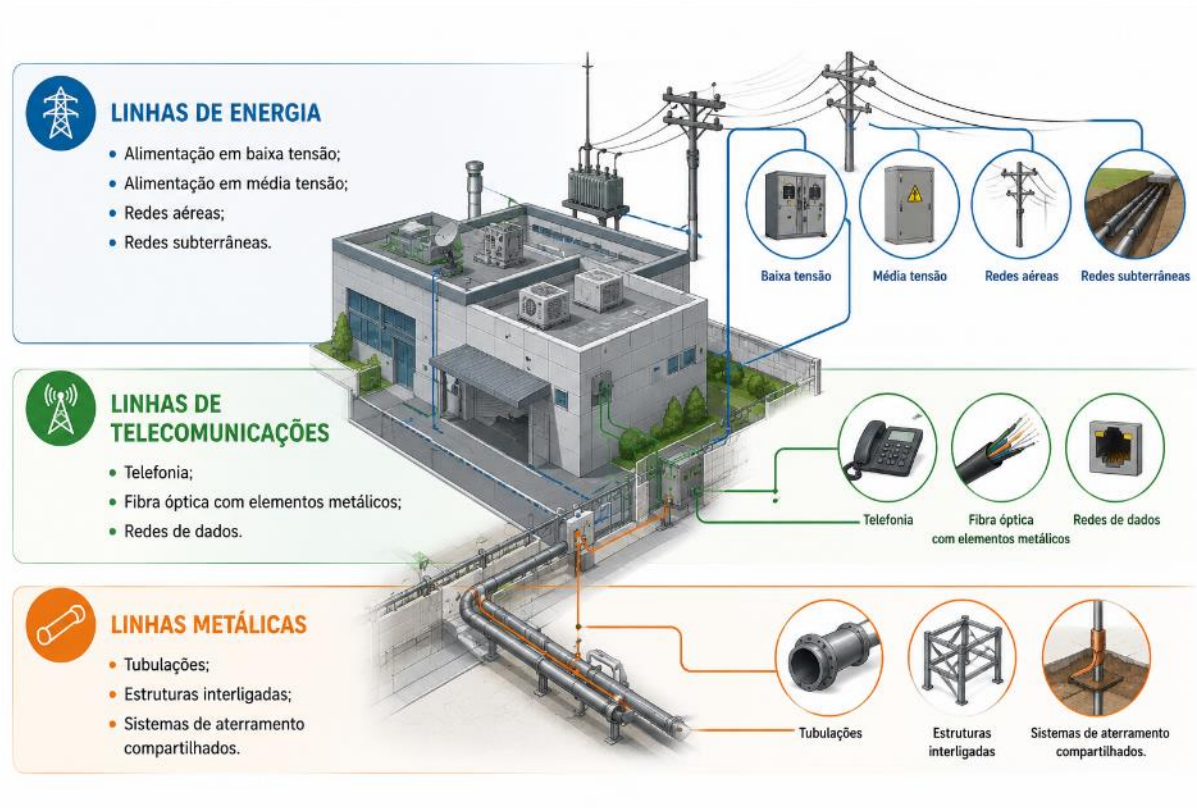
Etapa 2 – Identificação das Linhas Conectadas

Uma das maiores evoluções da NBR 5419 ao longo dos anos foi reconhecer que os raios não afetam apenas as estruturas diretamente.

As linhas conectadas desempenham papel fundamental na propagação dos surtos.

Por isso, devem ser identificadas todas as linhas que entram ou saem da estrutura.

Seguem exemplos apresentados na imagem abaixo:



Cada uma dessas linhas representa um possível caminho de entrada para os efeitos das descargas atmosféricas.

Etapa 3 – Determinação da Densidade de Descargas Atmosféricas (N_g)

Após a caracterização da estrutura, é necessário determinar a exposição da região às descargas atmosféricas.

Para isso utiliza-se a densidade de descargas para a terra: **N_g**

Expressa em: **raios/km²·ano**

Esse parâmetro representa o número médio anual de descargas atmosféricas que atingem o solo em uma determinada região.

Quanto maior o valor de N_g :

- maior a exposição da estrutura;
- maior o número de eventos perigosos;
- maior a frequência esperada de danos.

Por essa razão, a correta determinação do N_g é fundamental para a confiabilidade da análise.

Etapa 4 – Determinação das Áreas Equivalentes

Uma estrutura não precisa ser atingida diretamente para sofrer os efeitos de uma descarga atmosférica.

Para representar essa realidade, a norma utiliza o conceito de áreas equivalentes de exposição.

Essas áreas representam regiões onde uma descarga pode produzir efeitos relevantes sobre a estrutura ou suas linhas conectadas.

Os principais parâmetros utilizados são:

AD – Área equivalente para descargas diretas na estrutura.

AM – Área equivalente para descargas próximas à estrutura.

AL – Área equivalente para descargas diretas nas linhas.

AI – Área equivalente para descargas próximas às linhas

Essas áreas funcionam como multiplicadores da exposição da estrutura aos eventos perigosos.

Quanto maiores forem as áreas equivalentes, maior será a probabilidade de ocorrência de eventos relacionados às descargas atmosféricas.

Etapa 5 – Determinação das Frequências de Danos

Com os eventos perigosos definidos, a norma passa a avaliar a frequência com que danos podem ocorrer.

Essa é uma das grandes novidades da NBR 5419:2026.

A frequência de danos procura responder à seguinte pergunta:

Com que frequência os sistemas internos podem sofrer danos decorrentes das descargas atmosféricas?

Para isso são avaliados:

- Descargas diretas;
- Descargas próximas;
- Descargas nas linhas;
- Descargas próximas às linhas;
- Medidas de proteção existentes.

O resultado é expresso em termos de frequência anual esperada.

Etapa 6 – Determinação dos Riscos

Após determinar as frequências de danos, a norma calcula os riscos aplicáveis.

Na metodologia atual são avaliados principalmente:

R1 – Risco de perda de vida humana.

R3 – Risco de perda de patrimônio cultural (Quando aplicável).

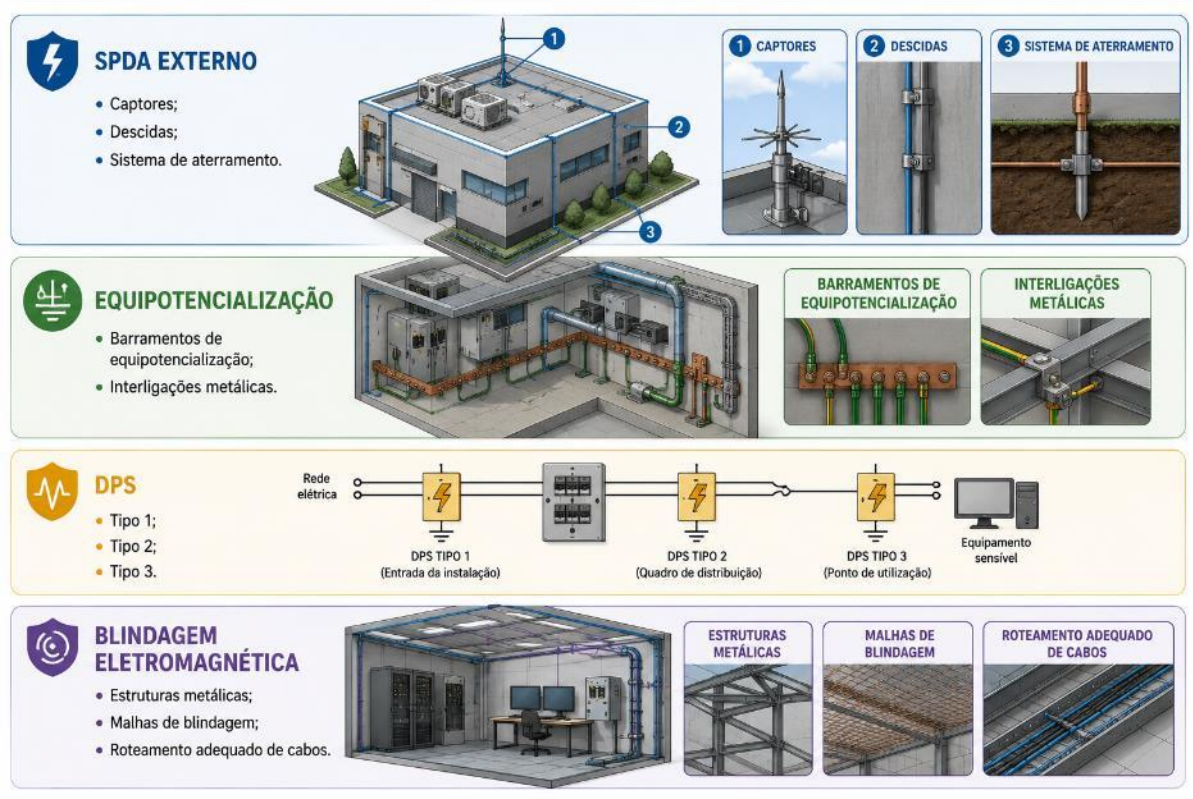
Além desses riscos, a frequência de danos passa a ser avaliada de forma independente.

Essa separação permite uma visão muito mais clara dos diferentes cenários de proteção.

Etapa 7 – Aplicação das Medidas de Mitigação

Se os resultados obtidos ultrapassarem os limites aceitáveis, medidas de proteção adicionais devem ser consideradas.

A imagem abaixo apresenta as medidas de proteção mais comuns:



Cada medida reduz determinados componentes da análise de risco.

O objetivo é reduzir os riscos e as frequências de danos até níveis aceitáveis.

Etapa 8 – Avaliação do Risco Final

Após a aplicação das medidas mitigadoras, a análise é recalculada.

Os novos resultados são então comparados com os limites estabelecidos pela norma.

O objetivo final é verificar se:

- $R1 \leq RT$
- $R3 \leq RT$
- $F \leq FT$

Onde:

- RT representa o risco tolerável;
- FT representa a frequência tolerável de danos.

Quando todos os critérios são atendidos, a estrutura é considerada adequadamente protegida segundo a metodologia da NBR 5419:2026.

Muito além de um cálculo

Um erro comum é acreditar que a análise de risco consiste apenas em inserir dados em uma planilha e interpretar o resultado.

Na prática, trata-se de uma atividade de engenharia que exige conhecimento técnico, experiência e capacidade de julgamento.

A mesma estrutura pode apresentar resultados completamente diferentes dependendo da forma como são caracterizados:

- Os sistemas internos;
- As linhas conectadas;
- As medidas de proteção existentes;
- As características operacionais da instalação.

Por isso, uma análise de risco bem executada não se limita ao cálculo matemático.

Ela exige compreensão profunda da estrutura, dos mecanismos de dano e dos objetivos da proteção.

A análise de risco como ferramenta de tomada de decisão

A verdadeira finalidade da NBR 5419:2026 não é apenas determinar se uma estrutura precisa ou não de SPDA.

Seu propósito é fornecer uma base técnica sólida para a tomada de decisões.

Por meio da análise de risco é possível:

- Identificar vulnerabilidades;
- Avaliar a eficácia das proteções existentes;
- Comparar alternativas de mitigação;
- Otimizar investimentos;
- Reduzir riscos de forma racional e tecnicamente justificável.

É justamente essa capacidade de transformar dados em decisões que torna a análise de risco uma das ferramentas mais poderosas da engenharia de proteção contra descargas atmosféricas.

Capítulo 7 - Os Erros Mais Comuns Encontrados em Análises de Risco para SPDA

Quando o problema não está no cálculo, mas nas premissas

Uma das maiores vantagens da metodologia de análise de risco da NBR 5419:2026 é sua capacidade de transformar características da estrutura em critérios objetivos para tomada de decisão.

Entretanto, existe um aspecto frequentemente negligenciado por muitos profissionais:



A qualidade dos resultados depende diretamente da qualidade das informações utilizadas na análise.

Uma planilha sofisticada, um software avançado ou uma ferramenta automatizada não são capazes de corrigir premissas incorretas.

Na prática, os maiores erros observados em análises de risco raramente estão relacionados às fórmulas utilizadas.

Eles normalmente estão associados à forma como a estrutura é caracterizada e aos dados fornecidos como entrada.

Ao longo dos anos, diversos estudos, projetos, inspeções e revisões técnicas revelaram padrões recorrentes de falhas que comprometem significativamente os resultados das análises.

Neste capítulo serão apresentados os erros mais comuns encontrados em projetos e análises de risco para SPDA.

Erro 1 – Utilizar um valor incorreto de N_g

A densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g) é um dos parâmetros mais importantes de toda a análise.

Ela representa a exposição da região às descargas atmosféricas e influencia diretamente:

- O número anual de eventos perigosos;
- As frequências de danos;
- Os riscos calculados.

Apesar de sua importância, é comum encontrar análises elaboradas utilizando:

- Valores genéricos;
- Valores estimados visualmente;
- Valores obtidos de fontes não atualizadas;
- Valores copiados de projetos anteriores.

Consequências

Um valor de N_g inferior ao real pode resultar em:

- Subdimensionamento das medidas de proteção;
- Redução artificial dos riscos;
- Conclusões incorretas sobre a necessidade de proteção.

Por outro lado, um valor excessivamente conservador pode gerar:

- Superdimensionamento;
- Custos desnecessários;
- Soluções economicamente inadequadas.

Boa prática

Sempre utilizar dados confiáveis e compatíveis com os critérios estabelecidos pela norma para a região analisada.



Erro 2 – Ignorar as linhas conectadas

Muitos profissionais ainda associam os efeitos dos raios exclusivamente ao impacto direto na estrutura.

Essa é uma visão incompleta.

As linhas conectadas representam um dos principais caminhos de entrada para surtos e perturbações eletromagnéticas.

A análise deve considerar adequadamente:

Linhas de energia

- Baixa tensão;
- Média tensão;
- Redes aéreas;
- Redes subterrâneas.

Linhas de telecomunicações

- Telefonia;
- Redes de dados;
- Fibra óptica com elementos metálicos.

Linhas metálicas

- Tubulações;
- Estruturas interligadas;
- Sistemas de aterramento compartilhados.

Consequências

Ignorar essas linhas pode resultar em uma significativa subestimação dos riscos associados às fontes:

- S3 – Descargas nas linhas;
- S4 – Descargas próximas às linhas.

Em instalações modernas, esses componentes frequentemente representam parcela significativa da frequência de danos.

Boa prática

Mapear todas as interfaces da estrutura com o ambiente externo antes de iniciar os cálculos.

Erro 3 – Considerar apenas o SPDA externo

Esse é um dos erros mais comuns observados em projetos.

Muitos profissionais acreditam que a instalação de captores, descidas e aterramento é suficiente para garantir proteção adequada.

Na realidade:

O SPDA externo protege principalmente contra os efeitos da descarga direta.

Entretanto, os sistemas internos continuam expostos aos efeitos eletromagnéticos e às sobretensões transitórias.

Consequências

Mesmo com um SPDA externo corretamente instalado, podem ocorrer:

- Queima de equipamentos;
- Falhas em sistemas de automação;
- Perda de dados;
- Interrupções operacionais.

Boa prática

A proteção deve ser tratada de forma integrada, considerando:

- SPDA externo;
- Equipotencialização;
- DPS;
- Blindagem eletromagnética;
- Zoneamento de proteção.

Erro 4 – Não considerar DPS adequadamente

Os Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) são frequentemente tratados apenas como um item complementar do projeto elétrico.

Na realidade, eles possuem impacto direto nos componentes de risco e na frequência de danos.

A ausência de DPS ou sua aplicação inadequada pode comprometer completamente a proteção dos sistemas internos.

Situações frequentemente observadas

DPS inexistente

- A estrutura não possui qualquer proteção contra surtos.

DPS subdimensionado

- O dispositivo não possui capacidade adequada para suportar os surtos esperados.

Coordenação inadequada

- Os DPS são instalados sem coordenação entre os níveis de proteção.

Localização incorreta

- Os dispositivos não estão posicionados nos pontos críticos da instalação.

Consequências

- Aumento da frequência de danos;
- Redução da confiabilidade dos sistemas;
- Maior probabilidade de falha de equipamentos eletrônicos.

Boa prática

Avaliar cuidadosamente:

- Tipo 1;
- Tipo 2;
- Tipo 3;

e sua coordenação ao longo da instalação.

Erro 5 – Utilizar ferramentas ou planilhas desatualizadas

A publicação da NBR 5419:2026 introduziu mudanças importantes na metodologia de análise de risco.

Entre elas:

- Eliminação do risco R2;
- Introdução da Frequência de Danos;
- Novo fluxo de decisão;
- Alterações nos critérios de avaliação.

Apesar disso, muitos profissionais continuam utilizando ferramentas desenvolvidas exclusivamente para a versão de 2015.

Consequências

Uma ferramenta incompatível com a metodologia atual pode:

- Produzir resultados incorretos;
- Omitir critérios obrigatórios;
- Gerar conclusões inconsistentes;
- Comprometer a rastreabilidade técnica da análise.

Boa prática

Utilizar ferramentas alinhadas à versão vigente da norma e periodicamente revisadas.

Erro 6 – Caracterizar incorretamente a ocupação da estrutura

A ocupação influencia diretamente diversos parâmetros da análise.

Entretanto, é comum observar classificações genéricas que não representam adequadamente a utilização real da instalação.

Exemplos

Escritório administrativo

- Baixa exposição operacional.

Centro de controle industrial

- Alta dependência tecnológica.

Hospital

- Alta criticidade operacional.

Planta de mineração

- Elevado impacto econômico associado à indisponibilidade.

Consequências

- Classificações inadequadas podem distorcer significativamente os resultados.

Erro 7 – Não revisar as medidas de proteção existentes

Outro erro frequente é assumir que as proteções existentes funcionam exatamente conforme projetado.

Na prática, é comum encontrar:

- DPS danificados;
- Aterramentos degradados;
- Interligações interrompidas;
- Equipotencializações incompletas;
- Modificações não documentadas.

Consequências

A análise passa a considerar níveis de proteção que não existem mais na instalação.

Boa prática

Sempre que possível, realizar inspeções e validações em campo antes da elaboração da análise.

Erro 8 – Tratar a análise como mera formalidade documental

Talvez este seja o erro mais perigoso de todos.

A análise de risco não deve ser encarada como um documento necessário apenas para atender requisitos normativos.

Seu verdadeiro objetivo é:

- Identificar vulnerabilidades;
- Apoiar decisões de engenharia;
- Otimizar investimentos;
- Reduzir riscos reais.

Quando utilizada corretamente, a análise se torna uma poderosa ferramenta de gestão de ativos e continuidade operacional.

O Que os Melhores Projetos Têm em Comum?

Os projetos mais consistentes normalmente compartilham algumas características:

- ☒ Dados de entrada confiáveis

- ✓ Caracterização adequada da estrutura
- ✓ Avaliação completa das linhas conectadas
- ✓ Proteção integrada (SPDA + DPS + equipotencialização)
- ✓ Ferramentas atualizadas
- ✓ Revisão crítica dos resultados
- ✓ Engenharia aplicada e não apenas cálculo

Os erros apresentados neste capítulo não são meramente acadêmicos.

Eles são encontrados diariamente em projetos, laudos e análises de risco executados por profissionais de diferentes níveis de experiência.

Evitá-los não apenas aumenta a qualidade técnica dos estudos, mas também contribui para soluções mais eficientes, seguras e economicamente equilibradas.

Em uma metodologia baseada em risco, a qualidade das decisões depende diretamente da qualidade das premissas adotadas.

E, como em qualquer atividade de engenharia, decisões corretas começam com informações corretas.

Capítulo 8 - Como Reduzir Riscos sem Superdimensionar o SPDA

Mais proteção nem sempre significa mais segurança

Quando uma análise de risco indica que os valores calculados ultrapassam os limites toleráveis estabelecidos pela NBR 5419:2026, a reação mais comum é imaginar que a solução consiste em aumentar o sistema de captação, adicionar mais descidas ou instalar um sistema de aterramento maior.

Embora essas medidas possam ser necessárias em determinadas situações, essa abordagem nem sempre representa a solução mais eficiente.

Na prática, um dos erros mais comuns observados em projetos é associar proteção contra descargas atmosféricas exclusivamente ao SPDA externo.

Essa visão, além de limitada, pode levar ao superdimensionamento do sistema e ao aumento desnecessário dos custos de implantação.

A filosofia da NBR 5419:2026 é diferente.

A norma não busca maximizar a quantidade de dispositivos instalados.

Ela busca reduzir riscos e frequências de danos de forma tecnicamente eficaz.

Em outras palavras:

*O objetivo não é instalar mais proteção.
O objetivo é instalar a proteção correta.*

O SPDA é apenas uma parte da solução

Muitos profissionais associam imediatamente a proteção contra descargas atmosféricas aos seguintes elementos:

- Captores;
- Condutores de descida;
- Sistema de aterramento.

Esses componentes são fundamentais.

Entretanto, eles representam apenas uma parte do sistema global de proteção.

Em instalações modernas, especialmente aquelas com elevada dependência de sistemas eletrônicos, a maior parcela dos prejuízos costuma estar relacionada a:

- Sobreensões transitórias;
- Interferências eletromagnéticas;
- Falhas de automação;
- Perda de dados;
- Interrupções operacionais.

Por essa razão, a redução dos riscos deve ser analisada de forma integrada.

Estratégia 1 – Otimização do Sistema de Captação

O primeiro passo é garantir que o SPDA externo esteja adequadamente projetado.

Isso inclui:

Sistema de captação

- Mastros;
- Captores Franklin;
- Condutores em malha;
- Captação natural.

Sistema de descidas

- Quantidade adequada;
- Distribuição uniforme;
- Caminhos de baixa impedância.

Sistema de aterramento

- Dissipação eficiente da corrente;
- Equipotencialização adequada;
- Integração com o sistema de aterramento da instalação.

O erro mais comum

Muitas vezes a solução adotada consiste simplesmente em adicionar mais captores.

Entretanto:

Um número maior de captadores não necessariamente reduz todos os componentes de risco.

Em diversas situações, os riscos predominantes estão associados aos sistemas internos e não à incidência direta da descarga atmosférica.

Estratégia 2 – Utilização Correta dos DPS

A proteção contra surtos é uma das medidas mais eficientes para redução da frequência de danos.

Em muitas análises, a simples implementação adequada de DPS produz reduções mais significativas do que alterações extensas no SPDA externo.

DPS Tipo 1

Instalado na entrada da instalação.

Função:

- Desviar correntes de descarga atmosférica;
- Reduzir sobretensões provenientes das linhas externas.

DPS Tipo 2

Instalado nos quadros de distribuição.

Função:

- Limitar surtos residuais;
- Proteger circuitos internos.

DPS Tipo 3

Instalado próximo aos equipamentos sensíveis.

Função:

- Proporcionar proteção fina;
- Limitar sobretensões residuais.

O benefício real

Uma coordenação adequada entre DPS Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3 reduz significativamente os componentes associados às falhas dos sistemas internos.

E muitas vezes isso é obtido com investimentos inferiores aos necessários para ampliar o SPDA externo.

Estratégia 3 – Equipotencialização

Uma descarga atmosférica produz elevações temporárias de potencial em toda a instalação.

Quando diferentes partes da estrutura apresentam potenciais distintos, surgem correntes perigosas e centelhamentos internos.

A equipotencialização busca eliminar essas diferenças de potencial.

Principais elementos

Barramentos de equipotencialização

Interligam os sistemas metálicos da instalação.

Interligações metálicas

Conectam:

- Estruturas metálicas;
- Tubulações;
- Sistemas elétricos;
- Blindagens;
- Sistemas de aterramento.

Benefícios

A equipotencialização reduz:

- Tensões de toque;
- Tensões de passo;
- Centelhamentos perigosos;
- Correntes circulantes indesejadas.

Além disso, melhora significativamente o desempenho dos DPS.

Estratégia 4 – Blindagem Eletromagnética

A maioria dos danos observados atualmente não está relacionada ao impacto direto da descarga atmosférica.

Os efeitos eletromagnéticos representam uma parcela cada vez mais relevante dos problemas encontrados em instalações modernas.

A blindagem eletromagnética atua justamente nesse ponto.

Estruturas metálicas

Edificações metálicas podem funcionar como barreiras naturais contra campos eletromagnéticos.

Malhas de blindagem

Criam caminhos controlados para a circulação das correntes induzidas.

Salas técnicas blindadas

Especialmente importantes para:

- Centros de controle;
- Data centers;
- Sistemas supervisórios;
- Telecomunicações.

Benefícios

- Redução da indução eletromagnética;
- Menor exposição dos equipamentos;
- Maior confiabilidade operacional.

Estratégia 5 – Roteamento Adequado dos Cabos

Poucos profissionais percebem o impacto que o roteamento dos cabos possui sobre os resultados da análise de risco.

Na prática, um roteamento inadequado pode aumentar significativamente a suscetibilidade aos efeitos eletromagnéticos.

Situações indesejáveis

Cabos de potência e sinal compartilhando o mesmo caminho

Aumentam os acoplamentos eletromagnéticos.

Grandes laços de cabos

Funcionam como antenas para os campos induzidos.

Percursos externos desnecessários

Aumentam a exposição às descargas atmosféricas.

Boas práticas

- Minimizar áreas de laço;
- Separar circuitos de potência e sinal;
- Utilizar eletrocalhas metálicas aterradas;
- Reduzir percursos externos.

Qual medida gera maior benefício?

Essa é uma das perguntas mais frequentes em projetos.

A resposta é simples:

Depende dos componentes de risco predominantes.

Em algumas instalações:

- O SPDA externo será o principal responsável pela redução dos riscos.

Em outras:

- DPS adequadamente coordenados produzirão os maiores ganhos.

Em ambientes críticos:

- Blindagem e equipotencialização podem ser mais relevantes do que a ampliação do sistema de captação.

É exatamente por isso que a análise de risco existe.

Ela permite identificar onde investir para obter a maior redução possível dos riscos e da frequência de danos.

Comparando Duas Estratégias

Estratégia A

- Mais captores;
- Mais descidas;
- Mais aterramento.

Resultado: aumento de custo e redução limitada dos danos em sistemas internos.

Estratégia B

- SPDA adequado;
- DPS coordenados;
- Equipotencialização eficiente;
- Blindagem;
- Roteamento adequado.

Resultado: maior redução dos riscos e melhor relação custo-benefício.

A Engenharia da Mitigação Inteligente

O verdadeiro objetivo da NBR 5419:2026 não é criar estruturas excessivamente protegidas.

O objetivo é alcançar níveis aceitáveis de risco com a melhor utilização possível dos recursos disponíveis.

Isso significa:

- Investir onde o risco realmente existe;
- Eliminar vulnerabilidades relevantes;
- Evitar soluções desnecessárias;
- Garantir proteção compatível com a exposição da estrutura.

Em outras palavras:

A melhor proteção não é a mais cara.

A melhor proteção é aquela que reduz os riscos de forma tecnicamente eficiente.

A redução dos riscos associados às descargas atmosféricas exige uma abordagem integrada.

Captadores, descidas e aterramentos continuam sendo fundamentais, mas não são suficientes para atender às necessidades das instalações modernas.

DPS, equipotencialização, blindagem eletromagnética e roteamento adequado dos cabos possuem papel decisivo na redução da frequência de danos e na proteção dos sistemas internos.

A análise de risco permite identificar quais dessas medidas oferecem os maiores benefícios para cada situação específica, evitando tanto a subproteção quanto o superdimensionamento.

É justamente essa combinação entre técnica, estratégia e eficiência que diferencia um projeto convencional de uma solução verdadeiramente otimizada.

Capítulo 9 - Ferramentas para Análise de Risco

Transformando uma metodologia complexa em um processo eficiente

A metodologia de análise de risco estabelecida pela ABNT NBR 5419:2026 é extremamente robusta e tecnicamente consistente.

Entretanto, essa robustez também traz um desafio.

Uma análise completa exige a avaliação de dezenas de parâmetros, múltiplos eventos perigosos, diversas probabilidades de dano, componentes de risco, fatores de mitigação e frequências de danos.

Em instalações mais complexas, uma única análise pode envolver:

- Múltiplas zonas de estudo;
- Diversas linhas de energia;
- Sistemas de telecomunicações;
- Diferentes medidas de proteção;
- Vários cenários de mitigação.

Realizar todos esses cálculos manualmente não apenas demanda um tempo significativo, mas também aumenta a probabilidade de erros de preenchimento, inconsistências e dificuldades na rastreabilidade dos resultados.

Por esse motivo, a utilização de ferramentas computacionais tornou-se uma prática cada vez mais comum entre profissionais que atuam com projetos, consultorias, laudos e análises de risco.

O Papel das Ferramentas de Análise

Uma ferramenta de análise de risco não substitui o conhecimento técnico do engenheiro.

Ela atua como um mecanismo de apoio à tomada de decisão.

O papel da ferramenta é:

- Organizar os dados de entrada;
- Automatizar cálculos repetitivos;
- Reduzir erros operacionais;
- Permitir avaliações comparativas;
- Facilitar a documentação dos resultados;
- Melhorar a produtividade.

Em outras palavras:



A ferramenta executa os cálculos.

O engenheiro continua responsável pelas premissas, interpretações e decisões.

O Que Esperar de uma Boa Ferramenta?

Independentemente da solução utilizada, uma ferramenta moderna de análise de risco deve permitir:

Cadastro estruturado dos dados

- Características da estrutura;
- Ocupação;
- Sistemas internos;
- Linhas conectadas;
- Medidas de proteção existentes.

Automatização dos cálculos

- Eventos perigosos;
- Áreas equivalentes;
- Frequências de danos;
- Riscos;
- Aplicação dos fatores de mitigação.

Simulação de cenários

- Antes da mitigação;
- Após a mitigação;
- Comparação entre alternativas.

Rastreabilidade

- Transparência dos resultados;
- Verificação dos parâmetros utilizados;
- Facilidade de auditoria técnica.

Geração de relatórios

- Memoriais de cálculo;
- Relatórios técnicos;
- Documentação para projetos e laudos.

Estudo Comparativo: Planilhas Convencionais x Ferramentas Especializadas

Durante muitos anos, grande parte das análises de risco foi realizada por meio de planilhas desenvolvidas individualmente por cada profissional.

Embora essa abordagem seja válida, ela apresenta algumas limitações.



Critério	Planilhas Convencionais	Ferramentas Especializadas
Automação	Parcial	Elevada
Rastreabilidade	Variável	Estruturada
Controle de versões	Limitado	Facilitado
Simulação de cenários	Restrita	Ampla
Dashboards	Raros	Disponíveis
Produtividade	Dependente do usuário	Elevada
Atualização normativa	Manual	Simplificada

EXEMPLO DE FLUXO DE TRABALHO

ANÁLISE DE RISCO – NBR 5419:2026



Exemplo Prático: IFC Advanced SPDA Risk Analysis Tool

Com o objetivo de simplificar a aplicação da metodologia da NBR 5419:2026, foi desenvolvida a IFC Advanced SPDA Risk Analysis Tool.

A ferramenta foi concebida para apoiar engenheiros, projetistas, consultores e especialistas em proteção contra descargas atmosféricas na execução das análises de risco previstas pela norma.

Seu desenvolvimento foi orientado por três princípios fundamentais:

- Conformidade normativa;
- Produtividade;
- Rastreabilidade.

Cadastro Estruturado dos Dados

A ferramenta organiza as informações em etapas lógicas de preenchimento.



ENDEREÇO
Belo Horizonte - MG
Brasil



TELEFONE
(31) 9 8408-7648



E-MAIL
igor.carvalho@ifceng.com.br



SITE
www.ifceng.com.br

**ENGENHARIA QUE GERA
SEGURANÇA. LAUDOS
QUE GERAM VALOR.**

Entre elas:

- Dados gerais da estrutura;
- Características construtivas;
- Linhas conectadas;
- Sistemas internos;
- Medidas de proteção existentes.

Essa abordagem reduz inconsistências e facilita a revisão das premissas adotadas.

Interface para cadastro das características da estrutura e dos sistemas conectados.

Características da Estrutura e Meio Ambiente				
Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Ref. NBR 5419-2
Densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2/\text{ano}$)	Pesquisar NBR 5419-2:2026 - Anexo F	NG	0,00	
Dimensões da estrutura (m)	Estudo com formato prismático simples - quadrado ou retângulo			
		L	0,00	0,00
		W	0,00	
		H	0,00	
	Caso a obra possua formas complexas, informe aqui o valor da área de exposição conforme Anexo A, item A.2.1, da norma ABNT NBR 5419-2:2026		0,00	
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos significativamente mais altos	CD	0,25000	Tab. A.1
SPDA instalado	Estrutura não protegida por SPDA	PB	1,00000	Tab. B.2

Linha 01				
Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Ref. NBR 5419-2
Possui esta linha?	NÃO - sem linha de Potência ou sinal conectada à estrutura			
Comprimento (m) ^a	Informe o comprimento da linha (m) - (quando não souber = 1.000)	L L _p	0,00	
Fator de Instalação	Aéreo	C I _p	0,00000	Tab. A.2
Fator tipo da linha	Linha elétrica de energia em BT ou sinal	C T _p	0,00000	Tab. A.3
Fator ambiental	Rural	C E	0,00000	Tab. A.4
Blindagem da linha	Não blindada ou com a blindagem não interligada a mesma referência de equipotencialização do equipamento	R S _p	-	Tab. B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha elétrica aérea não blindada Indefinida # Indefinida	C LD _p	0,00000	Tab. B.4
		C LI _p	0,00000	
→ Em áreas suburbanas/urbanas, uma linha de energia em BT utiliza tipicamente cabos não blindados enterrados enquanto que uma linha de sinal utiliza cabos blindados enterrados. (com um mínimo de 20 condutores, uma resistência da blindagem de 5 Ω/km, diâmetros do fio de cobre de 0,6 mm). → Em áreas rurais, uma linha de energia em BT utiliza cabos aéreos não blindados enquanto que as linhas de sinal utilizam cabos não blindados aéreos (diâmetro do fio de cobre: 1 mm). → Uma linha de energia de AT enterrada utiliza tipicamente um cabo blindado com uma resistência da blindagem da ordem de 1 Ω/km a 5 Ω/km.				
Estrutura adjacente	Nenhuma estrutura Adjacente	L J _p	0,00000	Tamanho da estrutura
		W J _p	0,00000	
		H J _p	0,00000	
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos significativamente mais altos	C D _{Jp}	0,00000	Tab. A.1
Tensão suportável do sist. interno (kV)	Tensão suportável U _w - 0,35 kV	U' w _p	0,35000	Tab. B.8
	Parâmetros resultantes	K S _{4p}	2,85714	Eq. (B.7)
	Este valor muda em função da Blindagem da Linha e Tensão suportável	P LD _p	0,00000	Tab. B.8
Tipo da linha	Linhas de energia	P LI _p	0,00000	Tab. B.9

^a Como o comprimento L L da seção da linha é desconhecido, L L = 1 000 m é assumido (ver A.4 e A.5).

^a Como o comprimento L_L da seção da linha é desconhecido, L_L = 1.000 m é assumido (ver A.4 e A.5).

Linha 02				
Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Ref. NBR 5419-2
Possui esta linha?	NÃO - sem linha de Potência ou sinal conectada à estrutura			
Comprimento (m) ^a	Informe o comprimento da linha (m) - (quando não souber = 1.000)	L Lt	1.000,00	
Fator de instalação	Aéreo	C lt	0,00000	Tab. A.2
Fator tipo da linha	Linha elétrica de energia em BT ou sinal	C Th	0,00000	Tab. A.3
Fator ambiental	Pural	CE	0,00000	Tab. A.4
Blindagem da linha	Não blindada ou com a blindagem não interligada a mesma referência de equipotencialização do equipamento	RS/t	-	Tab. B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha elétrica aérea não blindada Indefinida # Indefinida	C LD/t	0,00000	Tab. B.4
		C Llt	0,00000	
➡ Em áreas suburbanas/urbanas, uma linha de energia em BT utiliza tipicamente cabos não blindados enterrados enquanto que uma linha de sinal utiliza cabos blindados enterrados. (com um mínimo de 20 condutores, uma resistência da blindagem de 5 Ω/km, diâmetros do fio de cobre de 0,6 mm). ➡ Em áreas rurais, uma linha de energia em BT utiliza cabos aéreos não blindados enquanto que as linhas de sinal utilizam cabos não blindados aéreos (diâmetro do fio de cobre: 1 mm). ➡ Uma linha de energia de AT enterrada utiliza tipicamente um cabo blindado com uma resistência da blindagem da ordem de 1 Ω/km a 5 Ω/km.				
Estrutura adjacente	Nenhuma estrutura Adjacente	L J/t	0,00000	Tamanho da estrutura
		W J/t	0,00000	
		H J/t	0,00000	
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos significativamente mais altos	C D J/t	0,00000	Tab. A.1
Tensão suportável do sist. interno (kV)	Tensão suportável UW - 0,35 kV	U W/t	0,35000	Tab. B.8
	Parâmetros resultantes	K S4/t	0,00000	Eq. (B.7)
	Este valor muda em função da Blindagem da Linha e Tensão suportavel	P LD/t	0,00000	Tab. B.8
	Tipo da linha	Linhas de energia	P Llt	0,00000

^a Como o comprimento L L da seção da linha é desconhecido, L L = 1 000 m é assumido (ver A.4 e A.5).

Cálculo Automatizado

Após o preenchimento dos dados, os cálculos são executados automaticamente.

Entre os resultados gerados estão:

- Eventos perigosos;
- Áreas equivalentes;
- Frequências de danos;
- Componentes de risco;
- Riscos finais.

Essa automação reduz significativamente o tempo necessário para a elaboração da análise.

Determinação automatizada dos eventos perigosos da estrutura e das linhas conectadas.

Características da Zona de Exposição - Zona 01					
Parâmetros de entrada		Comentários	Símbolo	Valor	Ref. NBR 5419-2
Tipo de piso		Terra, concreto	r_t	1,00E-02	Tab. C.3
Proteção contra choque (desc. na estrut.)		Nenhuma medida de proteção	P_{TA}	1,00	Tab. B.1
Proteção contra choque (desc. na linha)		Isolação elétrica	P_{Tu}	0,01	Tab. B.6
Risco de incêndio ou Explosão		NENHUM Risco de Incêndio ou Explosão	r_f	0,00E+00	Tab. C.5
Proteção contra incêndio		Nenhuma providência ou qualquer parte da estrutura (zona de estudo) com risco de explosão	r_p	1,00	Tab. C.4
Blindagem espacial		SEM blindagem espacial			
		w_{m1} (m) são as larguras da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1.	w_{m1}	0,00000	
		w_{m2} (m) são as larguras da blindagem por malha de blindagem interna a estrutura na interface ZPR X/Y ($X > 0$, $Y > 1$).	w_{m2}	0,00000	
		$K_{S1} = 0,12 \times w_{m1}$	K_{S1}	1,00000	Eq. (B.5)
		$K_{S2} = 0,12 \times w_{m2}$	K_{S2}	1,00000	Eq. (B.6)
Fiação interna	LINHA 01	Não Aplicável	K_{S3p}	0,0000	Tab. B.5
	LINHA 02	Não Aplicável	K_{S3t}	0,0000	Tab. B.5
Sistema de DPS	DPS	Sem DPS classe 1	PEB	1,000	Tab. B.7
	DPS coordenados	Nenhum sistema coordenado de DPS	P_{SPD}	1,000	Tab. B.3



Perda de Vida Humana - L1					
Tipo de perigo especial	Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	h _z	2,00	Tab. C.6	
	D1 ferimentos # Todos os tipos	L _T	1,00E-02		
Danos Físicos	Não Aplicável	L _{F1}	0,00E+00	Tab. C.2	
Falhas de sistemas int.	Não Aplicável	L _{O1}	0,00E+00		
Fator para pessoas na Zona	Número de pessoas na zona de perigo	n _z	0	Informe os Valores	
	Número total de pessoas na estrutura inteira (ver norma de taxa de ocupação)	n _t	1		
	Horas por dia em que a edificação se mantém ocupada	Thor	24		
	Total em dias por ano que a edificação se mantém ocupada	T _{dia}	365		
	Tempo, em horas por ano, que pessoas estão presentes em um local perigoso	t _z	8760		
Tipo de estrutura	Simples: madeira ou alvenaria simples	r _s	2		
componentes de Risco L1	$LU = LA = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8\,760 \times r_s$	$LU = LA$	0,00E+00	Eq. (C.1)	
	$LB = LV = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8\,760 \times r_s$	$LB = LV$	0,00E+00	Eq. (C.3)	
	$LC1 = LM = LW = LZ = LO1 \times n_z / n_t \times t_z / 8\,760 \times r_s$ - calcular quando mais de uma Zo	$LC = LM = LW = LZ$	0,00E+00	Eq. (C.4)	
	$RA = ND \times PA \times LA$	RA	0,00E+00	Eq. (4)	
	$RB = ND \times PB \times LB$	RB	0,00E+00	Eq. (5)	
	$RC = ND \times PC \times LC$	RC	0,00E+00	Eq. (6)	
	$RM = NM \times PM \times LM$	RM	0,00E+00	Eq. (7)	
	$RUP = (NUP + NDJP) \times PUP \times LU$	RUP	0,00E+00	Eq. (8)	
	$RUT = (NLT + NDJT) \times PUT \times LU$	RUT	0,00E+00	Eq. (8)	
	$RU = RUP + RUT$	RU	0,00E+00	Eq. (8)	
	$RVIP = (NUP + NDJP) \times PVIP \times LV$	RVIP	0,00E+00	Eq. (9)	
	$RVIT = (NLT + NDJT) \times PVIT \times LV$	RVIT	0,00E+00	Eq. (9)	
	$RV = RVIP + RVIT$	RV	0,00E+00	Eq. (9)	
	$RWIP = (NUP + NDJP) \times PWIP \times LW$	RWIP	0,00E+00	Eq. (10)	
	$RWIT = (NLT + NDJT) \times PWIT \times LW$	RWIT	0,00E+00	Eq. (10)	
	$RW = RWIP + RWIT$	RW	0,00E+00	Eq. (10)	
	$RZIP = NUP \times PZIP \times LZ$	RZIP	0,00E+00	Eq. (11)	
	$RZIT = NLT \times PZIT \times LZ$	RZIT	0,00E+00	Eq. (11)	
	$RZ = RZIP + RZIT$	RZ	0,00E+00	Eq. (11)	

Perda Inaceitável de Patrimônio Cultural - L3					
Patrimônio cultural	Obra Comum: NÃO há risco de perda de patrimônio cultural	L _{F3}	0,00000	Tab. C.9	
Valores	Cz - valor do patrimônio cultural na zona (em milhões)	Cz	10,00000	informe valores	
	Ct - valor total da edificação e conteúdo da estrutura (soma de todas as zonas) (em milhões)	Ct	100,00000		
componentes de risco L3	$LB3 = LV = r_p \times r_f \times L_F \times C_z / C_t$	$LB = LV$	0,00E+00	Eq. (C.7)	
	$RB = ND \times PB \times LB$	RB	0,00E+00	Eq. (5)	
	$RVIP = (NUP + NDJP) \times PVIP \times LV$	RVIP	0,00E+00	Eq. (9)	
	$RVIT = (NLT + NDJT) \times PVIT \times LV$	RVIT	0,00E+00	Eq. (9)	
	$RV = RVIP + RVIT$	RV	0,00E+00	Eq. (9)	

Frequência de Danos - Zona 01					
Equipamentos em ZPR 0A?	Não aplicável				
dos componentes Fx	$FB = ND \times PB$	FB	0,00E+00	Tab. 7	
	$FC = ND \times PC$	FC	0,00E+00	Tab. 7	
	$FM = NM \times PM$	FM	0,00E+00	Tab. 7	
	$FWIP = (NUP + NDJP) \times PWIP$	FWIP	0,00E+00	Tab. 7	
	$FWIT = (NLT + NDJT) \times PWIT$	FWIT	0,00E+00	Tab. 7	
	$FW = FWIP + FWIT$	FW	0,00E+00	Tab. 7	
	$FVIP = (NUP + NDJP) \times PEB$	FVIP	0,00E+00	Tab. 7	
	$FVIT = (NLT + NDJT) \times PEB$	FVIT	0,00E+00	Tab. 7	
	$FV = FVIP + FVIT$	FV	0,00E+00	Tab. 7	
	$FZIP = (NUP + NDJP) \times PZIP$	FZIP	0,00E+00	Tab. 7	
	$FZIT = (NLT + NDJT) \times PZIT$	FZIT	0,00E+00	Tab. 7	
	$FZ = FZIP + FZIT$	FZ	0,00E+00	Tab. 7	

Avaliação das Medidas de Proteção

Uma das funcionalidades mais úteis é a possibilidade de avaliar diferentes cenários de mitigação.



Por exemplo:

- Inclusão de DPS;
- Alteração do nível de proteção do SPDA;
- Blindagem eletromagnética;
- Equipotencialização.

A ferramenta recalcula automaticamente os resultados, permitindo visualizar o impacto de cada medida sobre os riscos e frequências de danos.

Avaliação do impacto das medidas mitigadoras sobre os resultados da análise.

Componentes da Frequência de Danos Sem Métodos de Proteção										
Componentes Frequência Parcial de Danos							Resultados			
Zonas		S1		S2	S3		S4			
		FB	FC	FM	FV	FW	FZ	F	Sistema Crítico?	F > FT?
1	F1=									
2	F2=									
3	F3=									
4	F4=									
5	F5=									

Componentes da Frequência de Danos Com Métodos de Proteção										
Componentes Frequência Parcial de Danos							Resultados			
Zonas		S1		S2	S3		S4			
		FB	FC	FM	FV	FW	FZ	F	Sistema Crítico?	F > FT?
1	F1=	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Não	1,0E+00
2	F2=	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Não	1,0E+00
3	F3=	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Não	1,0E+00
4	F4=	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Não	1,0E+00
5	F5=	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	Não	1,0E+00

Componentes de Risco para Estrutura Sem Métodos de Proteção												
Fontes de Danos								Resultado				
	S1			S2	S3			S4				
	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ	Risco - "R"	Risco em decimal (20 casas)	"RT"	R>RT?
R1=												
R3=												

5.4.3 Se $R \leq RT$, os resultados obtidos na análise de risco são suficientes, mas acréscimos podem ser obrigatórios em função da frequência de danos.

Componentes de Risco para Estrutura Com Métodos de Proteção												
Fontes de Danos								Resultado				
	S1			S2	S3			S4				
	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ	Risco - "R"	Risco em decimal (20 casas)	"RT"	R>RT?
R1=	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	0,00000000000000000000	1,00E-05	NÃO
R3=	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00E+00	0,00000000000000000000	1,00E-04	NÃO

Medidas de Proteção		Selecionar Proteções
Z1	SPDA instalado	Estrutura não protegida por SPDA
	Blindagem espacial externa	SEM blindagem espacial
	Proteção contra choque (descarga atm. na estrutura)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Isolação elétrica
	Proteção contra incêndio	Nenhuma providência ou qualquer parte da estrutura (zona de estudo) com risco de explosão
	Fiação interna	LINHA 01
		LINHA 02
	Sistema de DPS	DPS
		DPS coordenados
Z2	Blindagem espacial	SEM blindagem espacial
	Proteção contra choque (descarga atm. na estrutura)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra incêndio	Nenhuma providência ou qualquer parte da estrutura (zona de estudo) com risco de explosão
	Fiação interna	LINHA 01
		LINHA 02
	Sistema de DPS	DPS
		DPS coordenados
Z3	Blindagem espacial	SEM blindagem espacial
	Proteção contra choque (descarga atm. na estrutura)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra incêndio	Nenhuma providência ou qualquer parte da estrutura (zona de estudo) com risco de explosão
	Fiação interna	LINHA 01
		LINHA 02
	Sistema de DPS	DPS
		DPS coordenados
Z4	Blindagem espacial	SEM blindagem espacial
	Proteção contra choque (descarga atm. na estrutura)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra incêndio	Nenhuma providência ou qualquer parte da estrutura (zona de estudo) com risco de explosão
	Fiação interna	LINHA 01
		LINHA 02
	Sistema de DPS	DPS
		DPS coordenados
Z5	Blindagem espacial	SEM blindagem espacial
	Proteção contra choque (descarga atm. na estrutura)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra choque (descarga atmosférica na linha)	Nenhuma medida de proteção
	Proteção contra incêndio	Nenhuma providência ou qualquer parte da estrutura (zona de estudo) com risco de explosão
	Fiação interna	LINHA 01
		LINHA 02
	Sistema de DPS	DPS
		DPS coordenados

Dashboards para Apoio à Decisão

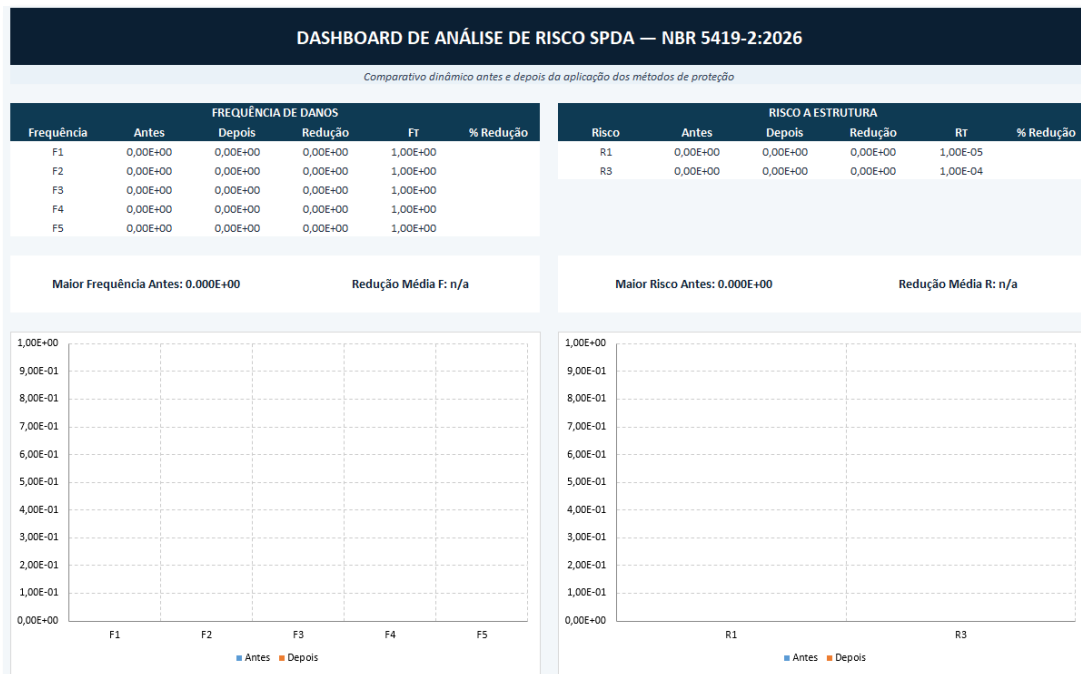
Além dos cálculos normativos, a visualização gráfica dos resultados facilita a interpretação dos dados.

Os dashboards permitem identificar rapidamente:

- Componentes predominantes;
- Frequências de danos;
- Comparação entre cenários;
- Eficácia das medidas de proteção.

Essa visualização é especialmente útil durante reuniões técnicas e apresentações para clientes.

Comparação gráfica dos resultados antes e após a implementação das medidas de proteção.



Tecnologia a Serviço da Engenharia

A crescente complexidade das instalações modernas torna cada vez mais importante a utilização de ferramentas capazes de transformar grandes volumes de dados em informações úteis para a tomada de decisão.

Entretanto, é importante lembrar que nenhuma ferramenta substitui o conhecimento técnico.

A qualidade dos resultados continua dependente:

- Da correta caracterização da estrutura;
- Da escolha adequada das premissas;
- Da interpretação dos resultados;
- Da experiência do profissional responsável.

Ferramentas computacionais ampliam a produtividade e reduzem erros operacionais, mas a engenharia continua sendo uma atividade baseada em conhecimento, julgamento técnico e responsabilidade profissional.

A utilização de ferramentas especializadas representa um importante avanço para a aplicação prática da NBR 5419:2026.

Ao automatizar cálculos, organizar informações e facilitar a interpretação dos resultados, essas soluções permitem que o profissional concentre seus esforços naquilo que realmente importa: compreender os riscos, selecionar as melhores medidas de proteção e tomar decisões tecnicamente fundamentadas.

Mais do que acelerar cálculos, uma boa ferramenta contribui para tornar a análise de risco mais confiável, mais transparente e mais alinhada às necessidades das instalações modernas.

Capítulo 10 - Conclusão

A evolução da norma exige a evolução dos profissionais

A proteção contra descargas atmosféricas sempre foi uma disciplina essencial da engenharia elétrica.

Entretanto, a publicação da ABNT NBR 5419:2026 representa muito mais do que uma simples atualização normativa.

A nova edição consolida uma mudança importante na forma como os riscos associados às descargas atmosféricas devem ser compreendidos, avaliados e mitigados.

Ao longo deste guia, vimos que a proteção contra descargas atmosféricas deixou de ser uma atividade baseada exclusivamente em elementos físicos, como captores, descidas e aterramentos.

Hoje, ela envolve uma abordagem mais ampla, baseada em gerenciamento de riscos, confiabilidade dos sistemas internos e continuidade operacional.

Essa evolução acompanha a transformação das próprias instalações modernas.

Atualmente, indústrias, centros de dados, hospitais, sistemas de telecomunicações, operações de mineração e inúmeras outras infraestruturas dependem fortemente de equipamentos eletrônicos, automação e sistemas digitais.

Nesse contexto, compreender os mecanismos de dano, avaliar corretamente os riscos e selecionar medidas de proteção adequadas tornou-se uma atividade cada vez mais estratégica.

O que aprendemos ao longo deste guia

Ao longo dos capítulos anteriores foram apresentados os principais fundamentos da metodologia da NBR 5419:2026.

Entre eles:

- O cenário das descargas atmosféricas no Brasil;
- Os mecanismos de dano considerados pela norma;
- As fontes S1, S2, S3 e S4;
- Os riscos R1 e R3;
- O novo conceito de Frequência de Danos (F);
- As principais mudanças introduzidas pela revisão de 2026;
- O fluxo completo de uma análise de risco;
- Os erros mais comuns encontrados em projetos;
- As estratégias mais eficientes para redução dos riscos;
- Um estudo de caso prático;
- O papel das ferramentas computacionais na aplicação da metodologia.



Mais importante do que memorizar conceitos ou fórmulas, o objetivo foi demonstrar a lógica que sustenta a análise de risco e sua aplicação prática na engenharia.

A importância da atualização técnica

Um dos principais desafios trazidos pela NBR 5419:2026 é a necessidade de atualização dos profissionais envolvidos com:

- Projetos de SPDA;
- Consultorias especializadas;
- Inspeções técnicas;
- Laudos de engenharia;
- Análises de risco;
- Perícias técnicas.

Ferramentas, planilhas e metodologias desenvolvidas exclusivamente para a versão de 2015 podem não refletir adequadamente os critérios atualmente estabelecidos pela norma.

Por essa razão, manter-se atualizado deixou de ser apenas uma questão de aperfeiçoamento profissional.

Passou a ser uma necessidade técnica.

Utilizar metodologias adequadas e ferramentas alinhadas à nova norma é fundamental para garantir resultados confiáveis, consistentes e tecnicamente defensáveis.

Engenharia é tomada de decisão

Um aspecto frequentemente esquecido é que a análise de risco não tem como objetivo produzir números.

Seu verdadeiro propósito é apoiar decisões.

Ao identificar vulnerabilidades, comparar cenários e avaliar medidas de mitigação, a metodologia da NBR 5419:2026 fornece informações valiosas para:

- Reduzir riscos;
- Aumentar a confiabilidade das instalações;
- Otimizar investimentos;
- Melhorar a continuidade operacional;
- Proteger pessoas e patrimônios.

Em última análise, a análise de risco é uma ferramenta de tomada de decisão baseada em engenharia.

E decisões bem fundamentadas são aquelas construídas sobre informações corretas.

O futuro da proteção contra descargas atmosféricas

À medida que as instalações se tornam mais complexas e dependentes de sistemas eletrônicos, a tendência é que a análise de risco assuma um papel cada vez mais relevante nos projetos de engenharia.

Questões relacionadas à:



- Compatibilidade eletromagnética;
- Continuidade operacional;
- Proteção de dados;
- Disponibilidade de sistemas;
- Segurança funcional;

passarão a ocupar espaço cada vez maior dentro dos estudos de proteção contra descargas atmosféricas.

A NBR 5419:2026 representa um passo importante nessa direção.

Profissionais que compreenderem essa evolução estarão mais preparados para desenvolver soluções modernas, eficientes e alinhadas às necessidades atuais do mercado.

Considerações Finais

A proteção contra descargas atmosféricas não deve ser encarada apenas como uma exigência normativa.

Ela deve ser entendida como uma ferramenta de preservação de vidas, proteção de ativos e gestão de riscos.

A correta aplicação da NBR 5419:2026 permite transformar dados técnicos em decisões fundamentadas, contribuindo para instalações mais seguras, confiáveis e resilientes.

Esperamos que este guia tenha contribuído para ampliar sua compreensão sobre a metodologia de análise de risco e sobre os desafios envolvidos na aplicação da nova norma.

Mais do que apresentar conceitos, nosso objetivo foi fornecer uma visão prática e aplicada da engenharia de proteção contra descargas atmosféricas.

Porque, no final das contas, proteger uma estrutura não significa apenas evitar que um raio a atinja.

Significa compreender os riscos, tomar decisões corretas e construir soluções que gerem segurança, confiabilidade e valor.

Referências

ABNT NBR 5419:2026 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas

IEC 62305 – Protection Against lightning

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ELAT – Grupo de Eletricidade Atmosférica

IEEE Std 998 – Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations

IEEE Std 1100 – Powering and Grounding Electronic Equipment

Sobre o Autor



Igor Carvalho

Engenheiro Eletricista, Eletrônico e de Telecomunicações, CREA 136889/D, com mais de duas décadas de experiência em projetos industriais, mineração, sistemas elétricos de potência e gestão de engenharia.

Atua em projetos, consultorias técnicas, perícias judiciais e desenvolvimento de ferramentas especializadas para análise de risco e proteção contra descargas atmosféricas.

Responsável pelo desenvolvimento da **IFC Advanced SPDA Risk Analysis Tool**, ferramenta criada para apoiar engenheiros, projetistas e consultores na aplicação prática da ABNT NBR 5419-2:2026.

Continue Aprendendo. A atualização técnica é um processo contínuo.



IFC
LAUDOS DE ENGENHARIA
ELÉTRICA INDUSTRIAL

CONECTE-SE COM A IFC

Acesse nosso site e fale com nossa equipe técnica.
Conteúdo, soluções e atendimento especializado para a sua engenharia.

**CONFIANÇA E CREDIBILIDADE**

**RIGOR TÉCNICO**

**EXPERIÊNCIA INDUSTRIAL**

**IMPARCIALIDADE E ÉTICA**

**ACESSE NOSSO SITE**
Conteúdos técnicos, ferramentas, serviços e soluções em engenharia elétrica industrial.



 www.ifceng.com.br

**FALE PELO WHATSAPP**
Tire suas dúvidas, solicite informações ou fale diretamente com nossa equipe técnica.



 **(31) 98408-7648**

**ENGENHARIA QUE ANTECEDE PROBLEMAS.
LAUDOS QUE GERAM VALOR.**