ISSN: 2675-7222

SAS
South American Sciences

GESTÃO DO RISCO DE ARCO ELÉTRICO NA NR-10: PROPOSTA DE PROCEDIMENTO TÉCNICO PARA AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS À PORTARIA MTE Nº 737/2026

ARC FLASH RISK MANAGEMENT UNDER NR-10: PROPOSAL FOR A TECHNICAL PROCEDURE TO ASSESS THE COMPLIANCE OF ELECTRICAL INSTALLATIONS WITH MTE ORDINANCE No. 737/2026

https://doi.org/10.63330/sasciencesv6n2-326

Submetido em: 07/10/2026 e Publicado em: 23/11/2026

SAS: e26556

Miguel Angel Acosta Colina
Formando em Engenharia Elétrica
Centro Universitário FAMETRO
E-mail: Miguelacosta3668@gmail.com

Layse Oliveira Batista
Mestranda em Clima e Ambiente (INPA/UEA), orientadora do presente trabalho
Centro Universitário FAMETRO
E-mail: layse.batista@fametro.edu.br

Luiz Augusto Maues Carvalho
Engenheiro Eletricista
E-mail: luiz.carvalho@atem.com.br

Resumo

O risco de arco elétrico constitui um aspecto relevante na gestão da segurança de instalações elétricas industriais, especialmente diante das alterações introduzidas pela Portaria MTE nº 737/2026, que aprovou a nova redação da Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10). Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar os requisitos relacionados ao risco de arco elétrico estabelecidos pela referida Portaria e propor um procedimento técnico para avaliação da conformidade de instalações elétricas à NR-10 revisada, utilizando a análise da energia incidente como suporte à tomada de decisão. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem quali-quantitativa, com objetivos exploratórios e descritivos, com objetivos descritivos e analíticos, desenvolvida mediante pesquisa bibliográfica, documental e aplicação prática do procedimento proposto. Inicialmente, foram mapeadas as alterações da NR-10 relacionadas ao arco elétrico e identificados os requisitos técnicos e documentais necessários à avaliação da conformidade. Em seguida, foi estruturado um procedimento contemplando o levantamento e a validação dos dados da instalação, a verificação da aplicabilidade do estudo de energia incidente, a avaliação dos requisitos e a identificação das necessidades de adequação. Nos pontos tecnicamente aplicáveis e com dados rastreáveis, foram utilizados os critérios da ABNT NBR 17227:2025 e os métodos da IEEE Std 1584-2018 para determinação da corrente

de arco, da energia incidente e da fronteira de arco. A aplicação do procedimento permitiu avaliar aspectos relacionados à proteção coletiva, documentação, etiquetagem, procedimentos de trabalho e especificação de equipamentos de proteção individual. E como resultado, disponibilizar um procedimento técnico estruturado e replicável, capaz de subsidiar profissionais e organizações na identificação de lacunas de conformidade, na priorização das adequações e no gerenciamento do risco de arco elétrico frente aos requisitos da NR-10 revisada.

Palavras-chave: Arco elétrico; Conformidade; Energia incidente; Instalações elétricas; NR-10.

Abstract

Arc flash risk represents a relevant aspect of safety management in industrial electrical installations, particularly in light of the changes introduced by MTE Ordinance No. 737/2026, which approved the revised version of Regulatory Standard No. 10 (NR-10). In this context, this study aims to analyze the requirements related to arc flash risk established by the aforementioned Ordinance and to propose a technical procedure for assessing the compliance of electrical installations with the revised NR-10, using incident energy analysis as support for decision-making. The research is characterized as applied, with a qualitative-quantitative approach and exploratory and descriptive objectives, conducted through bibliographic and documentary research and practical application of the proposed procedure. Initially, the NR-10 changes related to arc flash will be mapped, and the technical and documentary requirements necessary for compliance assessment will be identified. Subsequently, a procedure will be structured covering the collection and validation of installation data, verification of the applicability of the incident energy study, assessment of requirements, and identification of necessary corrective actions. At technically applicable points with traceable data, the criteria established by ABNT NBR 17227:2025 and the methods provided by IEEE Std 1584-2018 will be used to determine arcing current, incident energy, and arc-flash boundary. The application of the procedure will enable the assessment of aspects related to collective protection measures, documentation, labeling, work procedures, and the specification of personal protective equipment. As a result, the study is expected to provide a structured and replicable technical procedure capable of supporting professionals and organizations in identifying compliance gaps, prioritizing corrective actions, and managing arc flash risk in accordance with the requirements of the revised NR-10.

Keywords: Arc flash; Compliance; Electrical installations; Incident energy; NR-10.

1 INTRODUÇÃO

A segurança em instalações elétricas industriais envolve a identificação sistemática dos perigos, a avaliação das condições de exposição e a implementação de medidas capazes de reduzir a probabilidade e a severidade dos acidentes. Conforme Cadick et al. (2012), o gerenciamento da segurança elétrica deve considerar não apenas as características dos sistemas e equipamentos, mas também as condições de trabalho, os procedimentos adotados e as medidas de proteção destinadas aos profissionais expostos. Essa perspectiva torna-se especialmente relevante diante da Portaria MTE nº 737/2026, que aprovou a nova redação da NR-10 e ampliou a atenção destinada à gestão dos riscos associados às instalações e aos serviços em eletricidade (Brasil, 2026).

Entre os perigos que demandam avaliação específica encontra-se o arco elétrico, fenômeno capaz de liberar intensa energia térmica em um curto intervalo de tempo e provocar queimaduras, projeção de materiais, ondas de pressão e danos aos equipamentos. A gravidade da exposição depende de diferentes parâmetros do sistema, incluindo corrente de curto-circuito, corrente de arco, configuração dos equipamentos, distância de trabalho e tempo de atuação dos dispositivos de proteção. Sob essa perspectiva, a avaliação do arco elétrico não deve limitar-se ao reconhecimento qualitativo do perigo, sendo necessária a utilização de critérios técnicos que permitam quantificar a exposição e orientar adequadamente as decisões de segurança (IEEE, 2018).

A energia incidente constitui, nesse contexto, um parâmetro essencial para avaliar a exposição térmica decorrente de um possível arco elétrico. A IEEE Std 1584-2018 apresenta modelos para determinação da corrente de arco, da energia incidente e da fronteira de arco, enquanto a ABNT NBR 17227:2025 estabelece diretrizes aplicáveis ao gerenciamento dos riscos relacionados à energia incidente. Entretanto, os resultados dos cálculos somente produzem benefícios efetivos quando associados à realidade operacional da instalação. Isso significa relacioná-los aos sistemas de proteção, à documentação técnica, à etiquetagem, aos procedimentos de trabalho e à especificação dos equipamentos de proteção individual necessários às atividades analisadas (IEEE, 2018; ABNT, 2025).

Diante das alterações estabelecidas pela Portaria MTE nº 737/2026, a avaliação da conformidade das instalações elétricas passa a exigir uma abordagem estruturada que articule exigências normativas e critérios de engenharia. Não basta, portanto, verificar isoladamente documentos ou realizar cálculos de energia incidente; é necessário integrar levantamento e validação dos dados, análise dos requisitos técnicos e documentais, identificação das lacunas existentes e definição das respectivas ações de adequação. A construção de um procedimento técnico sistematizado apresenta-se, assim, como instrumento para apoiar profissionais e organizações na preparação para a NR-10 revisada, contribuindo para decisões tecnicamente fundamentadas e para o fortalecimento da gestão preventiva do risco de arco elétrico (ABNT, 2025; Brasil, 2026).

2 GESTÃO DO RISCO DE ARCO ELÉTRICO E REQUISITOS DA NR-10

2.1 ARCO ELÉTRICO, ENERGIA INCIDENTE E RISCOS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

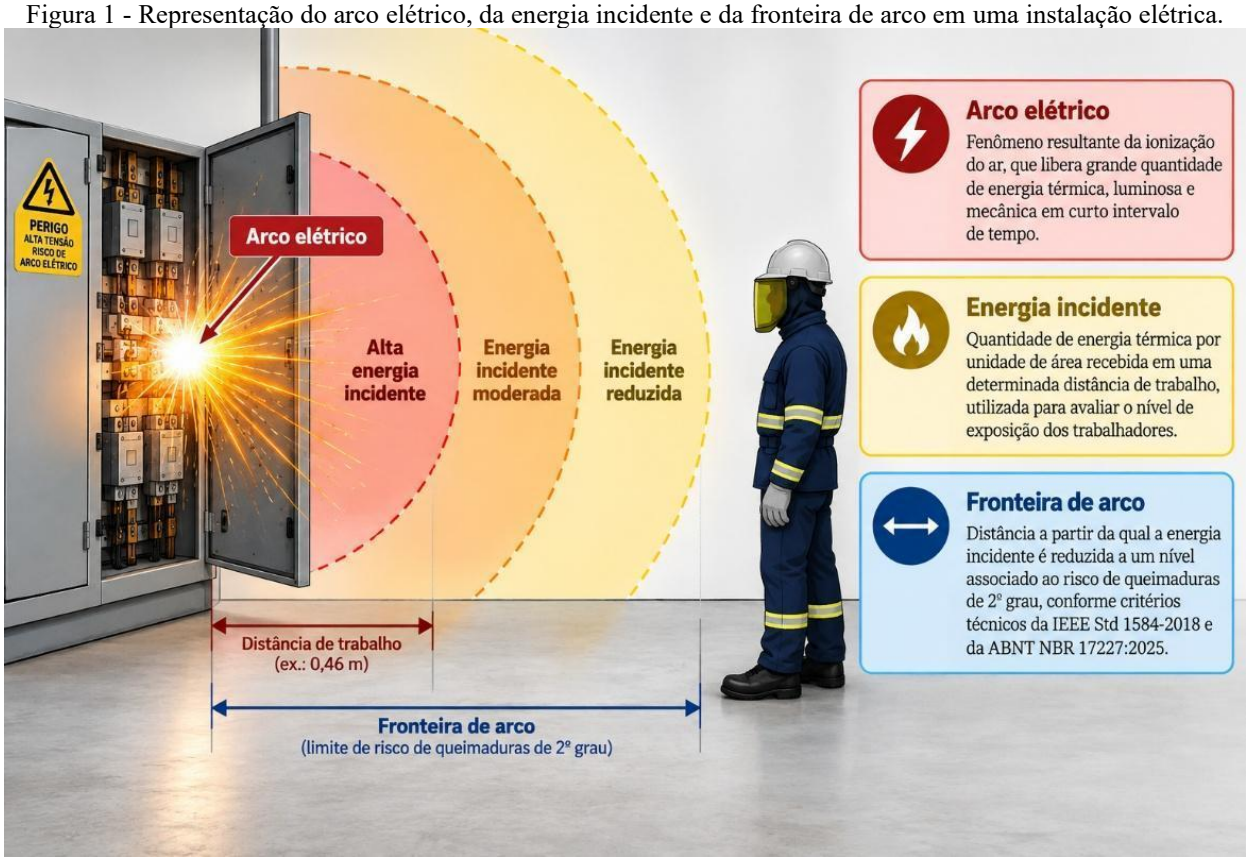
O arco elétrico constitui um fenômeno de elevada criticidade em instalações elétricas, pois a liberação de energia em curto intervalo de tempo pode gerar efeitos térmicos, mecânicos e luminosos capazes de comprometer trabalhadores e equipamentos. A energia incidente permite dimensionar a exposição térmica existente em determinada distância de trabalho, tornando-se um parâmetro relevante para caracterizar o nível de risco. Sua determinação considera condições específicas do sistema elétrico e contribui para estabelecer medidas de proteção coerentes com a exposição identificada durante as atividades profissionais (Neitzel et al., 2019).

A compreensão do risco de arco elétrico não deve permanecer limitada ao reconhecimento de sua capacidade de produzir danos. Em ambientes industriais, a diversidade de equipamentos, níveis de tensão e condições operacionais exige que o risco seja interpretado a partir das particularidades de cada instalação. Nesse sentido, avaliar a energia incidente representa uma forma de transformar um perigo potencial em informação tecnicamente mensurável, capaz de orientar decisões de engenharia. Essa perspectiva fortalece uma gestão preventiva baseada em evidências e reduz a dependência de medidas padronizadas que podem não corresponder às condições efetivamente encontradas.

A determinação da energia incidente também depende da compreensão das variáveis que interferem na formação e no comportamento do arco elétrico. Estudos experimentais demonstram a importância de avaliar o fenômeno em condições controladas, permitindo relacionar parâmetros elétricos e características da instalação aos níveis de energia potencialmente recebidos pelo trabalhador. Essa abordagem contribui para aperfeiçoar a análise dos riscos, pois aproxima os modelos utilizados das condições físicas associadas ao evento e oferece subsídios técnicos para avaliar medidas destinadas à redução das consequências térmicas decorrentes de uma ocorrência de arco elétrico (Bacin et al., 2022).

Sob uma perspectiva crítica, a quantificação da energia incidente somente produz resultados relevantes para a segurança quando integrada ao gerenciamento efetivo das instalações. Conhecer numericamente a exposição não elimina o risco se os resultados não forem convertidos em decisões relacionadas aos sistemas de proteção, às condições operacionais, à distância de trabalho e às medidas preventivas. Portanto, o estudo do arco elétrico deve ultrapassar uma lógica exclusivamente calculista e assumir função estratégica na gestão da segurança elétrica, permitindo identificar situações prioritárias, orientar intervenções e estabelecer controles tecnicamente compatíveis com a realidade de cada instalação industrial.

Figura 1 - Representação do arco elétrico, da energia incidente e da fronteira de arco em uma instalação elétrica.



Fonte: Elaborado pelo autor; 2026.

A Figura 1: representa a relação entre o arco elétrico, a energia incidente e a fronteira de arco em uma instalação elétrica, evidenciando que a intensidade da exposição térmica tende a variar conforme a distância existente entre o trabalhador e a fonte do evento. A energia incidente corresponde a um parâmetro fundamental para avaliar os efeitos térmicos aos quais uma pessoa pode estar exposta durante uma ocorrência de arco elétrico. Sua determinação considera diferentes características do sistema e fornece subsídios para estabelecer medidas de proteção compatíveis com as condições identificadas na instalação (IEEE, 2018).

A representação também evidencia que a gestão do risco não deve se limitar à identificação visual do perigo ou à adoção genérica de equipamentos de proteção. A definição da distância de trabalho e da fronteira de arco precisa estar associada ao conhecimento das características reais da instalação e aos resultados da avaliação técnica. Dessa forma, a análise da energia incidente contribui para identificar situações de maior criticidade, orientar procedimentos, apoiar a etiquetagem dos equipamentos e verificar a adequação das medidas de proteção, fortalecendo uma abordagem preventiva e sistemática para o gerenciamento do risco de arco elétrico (ABNT, 2025).

2.2 IEEE Std 1584-2018 e ABNT NBR 17227:2025

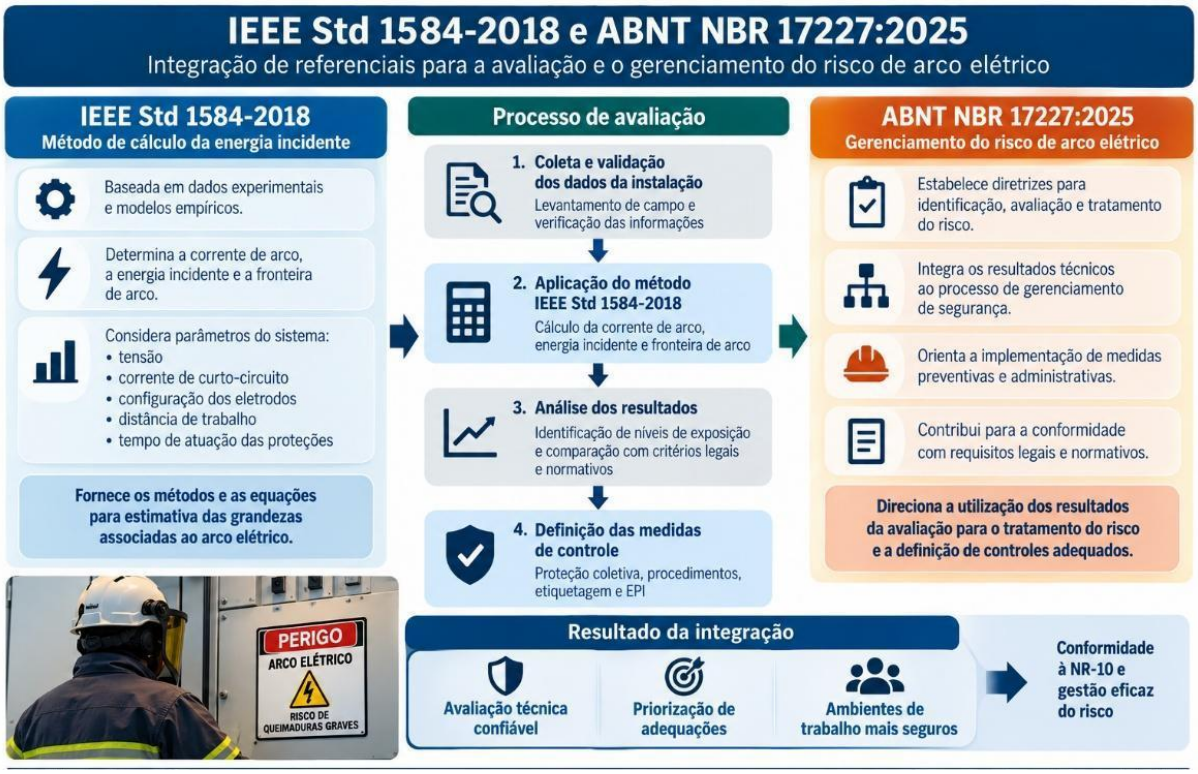
A avaliação técnica da energia incidente exige métodos capazes de representar, com maior consistência, as condições associadas à formação do arco elétrico. Estudos experimentais desenvolvidos a partir dos critérios da IEEE Std 1584-2018 demonstram a relevância de considerar parâmetros elétricos e características físicas do sistema para estimar a exposição térmica decorrente do fenômeno. Nesse processo, a análise controlada do arco contribui para compreender a influência das variáveis envolvidas e oferece suporte científico à utilização de metodologias destinadas à determinação da energia incidente em instalações elétricas (Bacin et al., 2022).

A utilização de uma metodologia reconhecida não elimina, contudo, a necessidade de interpretação técnica dos resultados. A precisão matemática perde significado quando os parâmetros empregados não correspondem às condições efetivamente encontradas na instalação. Por essa razão, levantamento de campo, análise das características dos equipamentos e verificação das informações disponíveis devem anteceder a aplicação dos modelos. Essa perspectiva torna a avaliação mais consistente, pois estabelece uma relação entre realidade operacional e cálculo, evitando que valores aparentemente precisos sejam utilizados para justificar decisões de segurança sem suficiente correspondência com o sistema elétrico analisado.

No contexto brasileiro, a ABNT NBR 17227:2025 estabelece uma abordagem voltada ao gerenciamento dos riscos relacionados à energia incidente de arco elétrico, permitindo relacionar a avaliação da exposição às medidas destinadas à segurança das atividades. Sua aplicação favorece uma compreensão sistemática do risco, na qual os resultados técnicos devem subsidiar decisões preventivas e integrar o gerenciamento das instalações. Dessa forma, o referencial nacional complementa a análise quantitativa ao direcionar a utilização das informações obtidas para o tratamento das condições de exposição e para a definição de controles compatíveis com os riscos identificados (ABNT, 2025).

A articulação entre esses referenciais permite compreender que a avaliação da energia incidente possui duas dimensões complementares: a determinação tecnicamente fundamentada das grandezas associadas ao arco e a utilização desses resultados no gerenciamento do risco. Essa integração é especialmente relevante para a proposta deste trabalho, pois fornece sustentação à construção de um procedimento que não se limite ao cálculo. Ao relacionar dados da instalação, resultados da avaliação e medidas preventivas, torna-se possível estabelecer uma sequência lógica para identificar situações críticas, fundamentar prioridades de adequação e apoiar decisões relacionadas à conformidade e à segurança das instalações elétricas.

Figura 2 - Integração de referenciais para a avaliação e o gerenciamento do risco de arco elétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A figura 2 evidencia a integração entre a IEEE Std 1584-2018 e a ABNT NBR 17227:2025 como referenciais complementares para a avaliação e o gerenciamento do risco de arco elétrico. Enquanto a IEEE Std 1584-2018 fornece métodos para estimar grandezas como corrente de arco, energia incidente e fronteira de arco, a ABNT NBR 17227:2025 direciona a utilização dessas informações no processo de gerenciamento do risco. Essa articulação possibilita relacionar resultados quantitativos às medidas de controle necessárias, fortalecendo a análise técnica das condições de exposição existentes nas instalações elétricas.

A representação também demonstra que uma avaliação consistente depende de uma sequência estruturada, iniciada pela coleta e validação dos dados da instalação e seguida pela aplicação dos critérios técnicos, interpretação dos resultados e definição das medidas de controle. Nesse processo, informações confiáveis tornam-se fundamentais para orientar proteção coletiva, procedimentos, etiquetagem e especificação de EPI. Assim, a integração dos referenciais contribui para transformar os resultados da avaliação da energia incidente em decisões preventivas, apoiando a priorização das adequações e o gerenciamento sistemático do risco de arco elétrico.

2.3 PORTARIA MTE Nº 737/2026 E ALTERAÇÕES RELACIONADAS AO RISCO DE ARCO ELÉTRICO

A atualização da NR-10 por meio da Portaria MTE nº 737/2026 reforça a necessidade de tratar o risco de arco elétrico de maneira integrada às práticas de segurança das instalações elétricas. Essa

perspectiva encontra respaldo em estudos que demonstram que a avaliação da energia incidente pode subsidiar intervenções de engenharia destinadas à redução da exposição dos trabalhadores. A análise técnica deve considerar não apenas a identificação dos níveis de risco, mas também as possibilidades de adequação dos sistemas e dispositivos de proteção, aproximando diagnóstico e ação preventiva no gerenciamento da segurança elétrica industrial (Drewiske, 2014).

A incorporação de requisitos relacionados ao arco elétrico representa uma mudança relevante na forma de compreender a conformidade das instalações. Mais do que comprovar formalmente o atendimento a uma exigência, torna-se necessário demonstrar que os controles existentes correspondem às condições efetivas de exposição. Isso exige informações técnicas confiáveis, documentação atualizada e articulação entre engenharia, manutenção e segurança do trabalho. Nesse sentido, a adequação normativa deve ser compreendida como processo contínuo de gestão, no qual os resultados das avaliações orientam prioridades de intervenção e permitem que decisões preventivas sejam fundamentadas nas características particulares de cada sistema elétrico.

A atuação dos dispositivos de proteção constitui elemento particularmente importante nessa análise, uma vez que o tempo necessário para interromper uma condição de falha influencia diretamente a duração da exposição ao arco elétrico. A coordenação das proteções deve, portanto, considerar simultaneamente aspectos de continuidade operacional, seletividade e redução dos riscos aos trabalhadores. Estudos relacionados aos ajustes instantâneos de disjuntores demonstram que determinadas estratégias de proteção podem ser avaliadas buscando compatibilizar o desempenho do sistema com a redução das consequências associadas ao arco elétrico, fortalecendo uma abordagem preventiva fundamentada em critérios de engenharia (Valdes et al., 2010).

Sob essa perspectiva, a implementação dos requisitos introduzidos pela Portaria MTE nº 737/2026 não deve resultar apenas na produção de novos registros ou no cumprimento documental da norma. Sua efetividade depende da capacidade de transformar os resultados técnicos em medidas concretas, como revisão das proteções, atualização da etiquetagem, aprimoramento dos procedimentos e especificação adequada dos equipamentos de proteção individual. Assim, um procedimento estruturado de avaliação da conformidade torna-se relevante para organizar evidências, identificar lacunas e estabelecer prioridades, contribuindo para que a transição à NR-10 revisada resulte efetivamente no fortalecimento da gestão do risco de arco elétrico.

Além disso, a consolidação de uma gestão efetiva do risco de arco elétrico exige que as ações de adequação sejam acompanhadas continuamente, considerando possíveis alterações na configuração da instalação, nos dispositivos de proteção e nas condições de operação e manutenção. A conformidade, portanto, não deve ser compreendida como uma condição permanente alcançada após uma única avaliação, mas como um processo dinâmico de verificação, atualização e melhoria. Nesse contexto, o

acompanhamento das medidas implementadas e a reavaliação periódica dos riscos possibilitam verificar a eficácia dos controles adotados e identificar novas necessidades de intervenção, fortalecendo a integração entre engenharia, manutenção, segurança do trabalho e gestão operacional.

Figura 3 - Principais aspectos da Portaria MTE nº 737/2026 e suas implicações para o risco de arco elétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

A Figura 3 sintetiza os principais aspectos relacionados à Portaria MTE nº 737/2026, destacando sua contribuição para o fortalecimento da gestão dos riscos em instalações elétricas, especialmente aqueles associados ao arco elétrico. A representação evidencia a necessidade de integrar avaliação técnica, prevenção e controle, considerando elementos como energia incidente, documentação, etiquetagem e capacitação dos trabalhadores. Nesse contexto, a conformidade normativa assume caráter preventivo, orientando a organização das medidas destinadas à redução da exposição ocupacional e ao estabelecimento de condições mais seguras para execução de atividades envolvendo eletricidade.

Outro aspecto evidenciado pela figura corresponde à necessidade de articulação entre medidas de engenharia e administrativas. O gerenciamento do risco de arco elétrico não pode depender exclusivamente do uso de equipamentos de proteção individual, pois sua efetividade está relacionada à identificação antecipada dos perigos, à análise das características da instalação e à definição de controles adequados. Dessa maneira, a atualização dos procedimentos, dos registros técnicos e da sinalização deve acompanhar as condições reais dos sistemas elétricos, permitindo que as decisões de segurança sejam fundamentadas em informações consistentes e compatíveis com os riscos presentes em cada atividade.

Por fim, a Figura 3 demonstra que a adequação aos requisitos estabelecidos pela Portaria MTE nº 737/2026 deve ser compreendida como um processo que ultrapassa o atendimento meramente documental. A redução da exposição aos riscos, a conformidade normativa e o fortalecimento da cultura de segurança dependem da participação integrada dos diferentes setores responsáveis pela operação e manutenção das instalações. Assim, avaliar, planejar e implementar medidas de proteção constituem ações complementares, capazes de transformar os requisitos normativos em práticas efetivas de prevenção e contribuir para a preservação da integridade dos trabalhadores e da continuidade operacional.

A nova redação também contempla requisitos de sinalização de painéis e Tabelas, com indicação do nível de tensão, advertência quanto ao perigo de choque elétrico e arco elétrico e restrição de acesso a pessoas não autorizadas. Além disso, estabelece critérios específicos para seleção de EPI no Anexo IV e prevê a realização de estudo de energia incidente nas situações indicadas no texto normativo.

Para a aplicação deste estudo, os requisitos estabelecidos na nova redação da NR-10 foram analisados diretamente a partir do texto normativo oficial e confrontados com as evidências técnicas, documentais e operacionais identificadas na instalação avaliada. Esse processo permitiu verificar a correspondência entre as exigências previstas e as condições efetivamente encontradas no sistema elétrico, considerando aspectos relacionados à documentação, às medidas de proteção, aos procedimentos de trabalho, à sinalização e à gestão dos riscos elétricos. A análise também possibilitou identificar eventuais lacunas entre os requisitos normativos e as práticas existentes na instalação, fornecendo subsídios para a proposição de medidas de adequação. Dessa forma, o confronto entre a norma e as evidências disponíveis contribuiu para estruturar uma avaliação de conformidade fundamentada em critérios técnicos, rastreáveis e compatíveis com as características reais da instalação (Brasil, 2026).

2.4 INTEGRAÇÃO ENTRE A NR-10 E A NR-12 NA GESTÃO DOS RISCOS ELÉTRICOS EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

A segurança das instalações elétricas industriais exige uma abordagem integrada dos riscos ocupacionais, considerando não apenas os perigos decorrentes da energia elétrica, mas também as condições de operação e manutenção das máquinas e equipamentos associados aos processos produtivos. Nesse contexto, a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), que estabelece referências técnicas e medidas de proteção para a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, apresenta interfaces relevantes com a Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10). Embora possuam campos de aplicação específicos, ambas contribuem para a prevenção de acidentes e para o fortalecimento das condições de segurança no ambiente industrial (Brasil, 2025; Brasil, 2026).

A NR-12 contempla requisitos relacionados às instalações e aos dispositivos elétricos de máquinas, aos sistemas de segurança, aos dispositivos de parada de emergência, à manutenção, à inspeção e aos

procedimentos operacionais. Esses elementos assumem relevância no contexto de instalações industriais que utilizam centros de controle de motores, sistemas de acionamento e equipamentos elétricos associados a máquinas. A identificação de perigos relacionados às intervenções nesses sistemas deve considerar tanto os riscos específicos das máquinas quanto aqueles decorrentes da exposição à energia elétrica, respeitando as exigências aplicáveis de cada norma regulamentadora.

A integração entre a NR-10 e a NR-12 torna-se particularmente importante durante atividades de inspeção, manutenção e intervenção em equipamentos industriais. Nessas circunstâncias, a avaliação preventiva deve considerar a possibilidade de energização inesperada, falhas nos dispositivos de proteção, ausência de procedimentos seguros de isolamento e exposição dos trabalhadores aos perigos elétricos. A adoção de medidas de desenergização, bloqueio, sinalização e verificação das condições de segurança deve observar as características da instalação, os riscos identificados e as disposições normativas aplicáveis. Dessa maneira, a análise dos riscos elétricos pode ser articulada às medidas de proteção necessárias para intervenções seguras em máquinas e equipamentos.

No âmbito do gerenciamento do risco de arco elétrico, essa integração contribui para ampliar a compreensão das condições operacionais que podem influenciar a exposição dos trabalhadores. A avaliação da energia incidente, fundamentada na IEEE Std 1584-2018 e na ABNT NBR 17227:2025, fornece parâmetros técnicos para caracterização da exposição térmica em situações aplicáveis. Por sua vez, a NR-12 contribui com requisitos relacionados à segurança das máquinas e equipamentos, especialmente quanto às condições de manutenção, aos sistemas de segurança e à prevenção de intervenções perigosas. Dessa forma, os referenciais podem atuar de maneira complementar, sem que os requisitos específicos de uma norma sejam confundidos com os da outra.

Assim, a consideração da NR-12 no procedimento de avaliação proposto neste estudo permite incorporar, quando aplicável, a verificação das interfaces entre instalações elétricas e máquinas industriais. Essa abordagem pode contribuir para identificar necessidades de adequação relacionadas aos procedimentos de intervenção, aos dispositivos de segurança e às condições de manutenção. Ressalta-se, contudo, que o objetivo central da pesquisa permanece direcionado à avaliação da conformidade das instalações elétricas à NR-10, sendo a NR-12 utilizada como referência complementar para o tratamento dos riscos associados a máquinas e equipamentos abrangidos por seu campo de aplicação.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa, abrangendo a caracterização do estudo, a instalação elétrica utilizada como estudo de caso, os critérios para seleção dos pontos analisados, as fontes de dados, os procedimentos de validação, os critérios de avaliação da conformidade, os critérios para cálculo da energia incidente, a classificação das não conformidades, a

proposição de adequações e as limitações da metodologia. A organização adotada buscou demonstrar, de forma rastreável, como a proposta de procedimento técnico foi aplicada à instalação selecionada, em consonância com os objetivos estabelecidos neste trabalho.

A metodologia integrou pesquisa bibliográfica e documental, inspeção técnica e análise de dados de engenharia. O estudo de energia incidente foi tratado como instrumento de apoio à avaliação do risco de arco elétrico e à definição de medidas de prevenção, não como atividade isolada de seleção de equipamentos de proteção individual. Assim, foram considerados a topologia elétrica, os dispositivos de proteção, as características dos equipamentos, as atividades com potencial de exposição, a documentação técnica disponível e as evidências obtidas em campo.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi caracterizada como aplicada, pois teve por finalidade estruturar e demonstrar um procedimento técnico para avaliação de instalações elétricas quanto ao risco de arco elétrico, à aplicabilidade do estudo de energia incidente e à identificação de necessidades de adequação aos requisitos estabelecidos pela nova redação da Norma Regulamentadora nº 10, aprovada pela Portaria MTE nº 737/2026. O estudo também apresentou caráter exploratório e descritivo. O caráter exploratório decorreu da análise dos requisitos introduzidos pela nova redação da NR-10 e de suas implicações para instalações industriais existentes. O caráter descritivo decorreu da organização dos dados técnicos, das evidências documentais, das condições de operação e das lacunas identificadas na instalação estudada.

Quanto aos procedimentos técnicos, foram utilizadas pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir de normas técnicas, regulamentos, artigos científicos, trabalhos acadêmicos e publicações especializadas relacionados à segurança em instalações elétricas, ao risco de arco elétrico, à energia incidente e à proteção de sistemas elétricos. A pesquisa documental foi desenvolvida mediante análise de diagramas unifilares, projetos de painéis, memorial de cálculo de proteção secundária, relatório de manutenção preventiva, relatório de inspeção termográfica, registros fotográficos e demais informações técnicas disponibilizadas para a pesquisa.

A abordagem foi predominantemente qualitativa, pois envolveu a identificação de perigos, a avaliação das condições de operação e manutenção, a análise de documentos, o confronto entre dados de projeto e dados observados em campo, a classificação de evidências e a proposição de adequações. A pesquisa incluiu também componente quantitativo, aplicado à determinação de parâmetros elétricos e, nos pontos tecnicamente aplicáveis, ao cálculo de corrente de arco, energia incidente e fronteira de arco.

A metodologia foi fundamentada na ABNT NBR 17227:2025, utilizada como referência para o gerenciamento do risco de energia incidente; na IEEE Std 1584-2018, utilizada como referência para os modelos de cálculo de energia incidente e fronteira de arco em sistemas trifásicos de corrente alternada

dentro de seus limites de aplicação; na ABNT NBR 14039:2021, relativa a instalações elétricas de média tensão; na ABNT NBR 5410:2008, referente a instalações de baixa tensão; e na NR-10, considerando a redação aprovada pela Portaria MTE nº 737/2026. A IEEE Std 1584-2018 fornece modelos e um processo analítico para cálculo da energia térmica incidente prevista e da fronteira de arco, mas não substitui estudos de curto-circuito, coordenação e seletividade dos dispositivos de proteção ou a análise das condições de trabalho (IEEE, 2018; ABNT, 2025; Brasil, 2026).

3.2 LOCAL/INSTALAÇÃO OBJETO DO ESTUDO

A aplicação do procedimento foi realizada em uma instalação industrial atendida pela rede da concessionária em média tensão, com tensão nominal de 13,8 kV e frequência de 60 Hz. Para preservar a organização da análise e facilitar a rastreabilidade entre documentos, fotografias, pontos de cálculo e resultados, os conjuntos e equipamentos foram identificados neste trabalho por códigos técnicos.

O sistema elétrico analisado é composto por três subestações abaixadoras, identificadas neste estudo como SBTE-001, SBTE-002 e SBTE-003. Conforme o memorial de cálculo de proteção secundária, a instalação possui potência total instalada de 1.550 kVA, demanda prevista de 500 kW e fator de potência de 0,92. O documento também registra níveis de curto-circuito fornecidos pela concessionária de 2.319 A para falta trifásica, 2.008 A para falta bifásica e 1.376 A para falta fase-terra (DSP Engenharia, 2025).

A SBTE-001 constitui a cabine primária da instalação e recebe a alimentação da concessionária em 13,8 kV. O conjunto é formado por três salas fisicamente separadas. Na primeira sala encontram-se os cubículos de entrada, medição, proteção e transformação. O primeiro cubículo recebe os cabos provenientes da concessionária e concentra os elementos associados à medição. O segundo abriga o disjuntor geral de média tensão, os transformadores de potencial, os transformadores de corrente e o relé de proteção Pextron URPE-6104. O terceiro cubículo contém o transformador TR-001, trifásico a óleo, com potência nominal de 300 kVA, tensão primária de 13,8 kV e tensão secundária de 220/127 V.

A segunda sala da SBTE-001 contém a chave seccionadora tripolar associada à derivação do alimentador de média tensão para a Subestação II. A terceira sala abriga o QGBT-001, alimentado pelo secundário do TR-001 e destinado à distribuição para o CCM-001 e para os Tabelas de iluminação interna e externa. O diagrama unifilar disponibilizado representa a entrada da concessionária em 13,8 kV, a medição, os dispositivos de proteção e os equipamentos associados à Subestação I.

A proteção de sobrecorrente em média tensão é realizada pelo relé Pextron URPE-6104 instalado na cabine primária da SBTE-001, associado aos transformadores de corrente com relação 200/5 A e ao disjuntor geral de média tensão. O memorial de cálculo de proteção secundária registra funções 50/51 de fase e 50/51 de neutro, relação de transformação de corrente equivalente a 40, ajuste temporizado de fase de 0,68 A, ajuste instantâneo de fase de 13,94 A, ajuste temporizado de neutro de 0,15 A e ajuste instantâneo

de neutro de 1,95 A no secundário do relé. Convertidos para o primário, esses ajustes correspondem aproximadamente a 27,28 A e 557,44 A para fase e 6,00 A e 78,00 A para neutro. As curvas de seletividade documentadas indicam os tempos de atuação correspondentes aos ajustes adotados (DSP Engenharia, 2025).

A Subestação II, identificada como SBTE-002, recebe alimentação em média tensão proveniente da SBTE-001; o conjunto é composto por cubículos de chegada, proteção, seccionamento e transformação, pelo transformador TR-002, pelo QGBT-002, pelo CCM-002 e pelos circuitos auxiliares associados. No trecho de média tensão foram identificadas a seccionadora de chegada, a seccionadora associada ao transformador TR-002 e a seccionadora de continuidade para a SBTE-003.

O relé de proteção local da SBTE-002 não se encontra habilitado para promover a abertura do circuito. Dessa forma, a proteção dos eventos de sobrecorrente em média tensão é coordenada para atuação pela cadeia de proteção localizada na cabine primária da SBTE-001. Consequentemente, os ajustes e as curvas do relé Pextron URPE-6104 da SBTE-001 foram adotados como referência para a determinação do tempo de eliminação de faltas nos pontos de média tensão da SBTE-002.

O TR-002 é um transformador trifásico seco, com potência nominal de 750 kVA, tensão primária com derivações de 13,8 kV, 13,2 kV, 12,6 kV, 12,0 kV e 11,4 kV, tensão secundária de 440/254 V, ligação delta/estrela, isolação em resina epóxi e sensores de temperatura associados a relé de alarme e desligamento. O equipamento possui gabinete IP20 para o transformador e indica sua associação ao QGBT-002 pelo seu secundario. O projeto do QGBT SE-02 registra chave de transferência automática motorizada de 1.200 A, transformadores de corrente de 1.200/5 A, medidor de grandezas elétricas e sete circuitos de inversores de 440 V e 220 A (GIMI Tabelas Elétricos, 2017).

Foram identificados dois autotransformadores trifásicos auxiliares, instalados no conjunto associado à SBTE-002. A inspeção de campo e as placas de identificação permitiram confirmar que um dos equipamentos possui potência nominal de 20 kVA, tensão primária de 220 V, tensão secundária de 380 V, corrente primária de 52,5 A, corrente secundária de 30,4 A e impedância de 2,9%. O segundo possui potência nominal de 40 kVA, tensão primária de 220 V, tensão secundária de 440 V, corrente primária de 105 A, corrente secundária de 52,5 A e impedância de 2,0%. Ambos apresentam ligação em estrela no secundário.

Também foram identificados Tabelas auxiliares de baixa tensão associados à SBTE-002. O Tabela QF-IL Externa é destinado à iluminação externa da Bacia de Tanques 2 e possui quatro circuitos identificados como CIRC-01, CIRC-02, CIRC-03 e CIRC-04, sinalização luminosa e seletoras de comando manual/automático. O painel QD Soft, identificado com corrente nominal de 45 A e tensão de 440 V, está associado à caixa separadora e ao acionamento de motor elétrico. O QDF — Tabela de Distribuição de Força atende aos circuitos de ar-condicionado da instalação.

A SBTE-003 é identificada na topologia geral como conjunto alimentado em média tensão a partir da continuidade do circuito na SBTE-002. O projeto específico registra transformador trifásico seco de 500 kVA, com primário de 13,8 kV e secundário de 440/254 V. A SBTE-003 foi apresentada apenas para contextualização da topologia elétrica, permanecendo fora do escopo da aplicação detalhada do procedimento e dos cálculos de energia incidente (GIMI Tabelas Elétricos, 2017).

A topologia simplificada utilizada na pesquisa é apresentada a seguir:

REDE DA CONCESSIONÁRIA — 13,8 kV / 60 Hz



SBTE-001 — CABINE PRIMÁRIA

- Cubículo de entrada e medição
- Cubículo de proteção
  - TPs e TCs
  - Relé Pextron URPE-6104 — funções 50/51 de fase e neutro
  - Disjuntor geral de média tensão
- TR-001 — 300 kVA — 13,8 kV / 220-127 V
  - QGBT-001 → CCM-001 e Tabelas de iluminação
- Seccionadora tripolar de derivação em média tensão



SBTE-002 — OBJETO PRINCIPAL DA APLICAÇÃO

- Cubículos de chegada, proteção, seccionamento e transformação
- Seccionadora de chegada
- Seccionadora do TR-002
- Seccionadora de continuidade para SBTE-003
- TR-002 — 750 kVA — 13,8 kV / 440-254 V
- QGBT-002
  - Chave de transferência automática motorizada — 1.200 A
  - Medição e TCs — 1.200/5 A
  - Sete circuitos de inversores — 440 V / 220 A
- CCM-002
- Autotransformadores auxiliares
  - 20 kVA — 220/380 V — impedância 2,9%
  - 40 kVA — 220/440 V — impedância 2,0%

└── Tabelas auxiliares

├── QF-IL Externa — Bacia de Tanques 2

├── QD Soft — 45 A / 440 V — caixa separadora e motor elétrico

└── QDF — distribuição de força para ar-condicionado



SBTE-003 — CONTINUIDADE EM MÉDIA TENSÃO

└── Transformador seco — 500 kVA — 13,8 kV / 440-254 V

A caracterização da instalação foi elaborada com base no diagrama unifilar, no memorial de proteção secundária, no projeto do QGBT SE-02, em registros de inspeção de campo e nas placas de identificação dos equipamentos. As informações levantadas subsidiam as etapas posteriores de inventário dos pontos de análise, avaliação de conformidade e determinação dos parâmetros necessários ao estudo de energia incidente.

3.3 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DOS PONTOS ANALISADOS

Os pontos submetidos à avaliação foram selecionados considerando sua relevância para a caracterização do risco de arco elétrico, a possibilidade de interação de trabalhadores com partes energizadas ou potencialmente energizadas e a representatividade dos conjuntos na topologia elétrica da instalação. Foram priorizados cubículos de média tensão, dispositivos de manobra, transformadores, barramentos, Tabelas gerais de baixa tensão, centros de controle de motores, autotransformadores e Tabelas auxiliares sujeitos a atividades de operação, inspeção, medição, ensaio, manobra, manutenção preventiva ou corretiva.

A SBTE-002 foi definida como foco principal da aplicação por reunir equipamentos em média e baixa tensão, incluindo cubículos de chegada, proteção, seccionamento e transformação, o TR-002, o QGBT-002, o CCM-002, autotransformadores auxiliares e Tabelas de distribuição associados. Essa configuração permitiu demonstrar a aplicação do procedimento em pontos com diferentes funções, tensões e possibilidades de exposição ocupacional.

A SBTE-001 foi incluída como referência da fonte de alimentação e da proteção a montante. Seus cubículos de entrada e proteção, transformadores de potencial e corrente, relé Pextron URPE-6104, disjuntor geral de média tensão e seccionadora associada ao alimentador da SBTE-002 foram considerados relevantes para a caracterização do sistema e para a determinação do tempo de eliminação de faltas em média tensão. O TR-001, o QGBT-001, o CCM-001 e os circuitos associados ao sistema de 220/127 V foram inventariados para representação da topologia geral, mas não constituíram pontos prioritários para a aplicação quantitativa do estudo.

A SBTE-003 foi considerada exclusivamente para contextualização da continuidade do sistema em média tensão. Embora represente um conjunto a jusante da SBTE-002, permaneceu fora do escopo da aplicação detalhada, a fim de manter a análise concentrada em uma subestação industrial representativa e possibilitar maior profundidade na caracterização dos equipamentos selecionados.

Tabela 2 - Critérios empregados para seleção dos pontos analisados.

Nível de tensão	Foram incluídos pontos em média tensão e baixa tensão com fontes, proteções e condições de exposição distintas
Possibilidade de arco elétrico	Foram priorizados barramentos, terminais, disjuntores, seccionadoras, cubículos, QGBT, CCM e equipamentos de manobra
Interação humana	Foram considerados pontos sujeitos a manobra, inspeção, medição, ensaio, manutenção ou acesso a compartimentos
Proteção associada	Foram considerados equipamentos cuja proteção influenciava a duração provável da falta e a energia incidente
Relevância operacional	Foram priorizados os equipamentos que concentravam a alimentação e a distribuição de cargas relevantes da SBTE-002
Disponibilidade de dados	Foram considerados documentos, placas, desenhos, relatórios, evidências de campo e possibilidade de obtenção complementar de dados
Representatividade	Foi selecionada a SBTE-002 por reunir condições suficientes para demonstrar a aplicação integral do procedimento proposto

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

3.4 LEVANTAMENTO DOS DADOS TÉCNICOS

O levantamento dos dados técnicos foi realizado por análise documental e inspeção de campo. Os documentos consultados incluíram o diagrama unifilar da Subestação I, o projeto do QGBT SE-02, o memorial de cálculo de proteção secundária, relatórios de manutenção e registros fotográficos obtidos durante a inspeção técnica. Essas fontes foram utilizadas para identificar a topologia do sistema, os níveis de tensão, os equipamentos instalados, as características nominais dos transformadores, os dispositivos de proteção e os elementos necessários à avaliação da conformidade e ao estudo de energia incidente.

O diagrama unifilar foi utilizado para caracterizar a alimentação da concessionária em 13,8 kV, a entrada da cabine primária, os componentes principais da SBTE-001 e a derivação do alimentador de média tensão para a SBTE-002. O memorial de cálculo de proteção secundária foi utilizado para levantamento das correntes de curto-circuito disponibilizadas pela concessionária, das potências e impedâncias dos transformadores, da relação dos transformadores de corrente, dos ajustes do relé Pextron URPE-6104 e das curvas de seletividade de fase e neutro (DSP Engenharia, 2025).

O projeto do QGBT SE-02 foi utilizado para caracterizar o TR-002, o acoplamento do transformador ao Tabela geral de baixa tensão, os transformadores de corrente, a chave de transferência, a medição e os

circuitos previstos para o conjunto. Durante a análise documental e a inspeção de campo, verificou-se que o banco automático de capacitores de 100 kVAr previsto no projeto não se encontra instalado. Por esse motivo, esse equipamento não foi considerado no inventário da configuração atual, nos pontos de análise ou nas etapas quantitativas do estudo.

As placas de identificação dos autotransformadores auxiliares foram utilizadas para atualizar suas características nominais. Foram registrados um autotransformador trifásico de 20 kVA, 220/380 V e impedância de 2,9%, e outro de 40 kVA, 220/440 V e impedância de 2,0%. Os registros fotográficos também permitiram identificar os Tabelas auxiliares QF-IL Externa, QD Soft e QDF, bem como suas identificações funcionais externas.

Além dos parâmetros de sistema e equipamentos, foram levantadas informações relativas às condições de acesso, identificação, sinalização, invólucros, dispositivos de manobra, atividades de operação e possibilidades de intervenção. O levantamento não se limitou aos dados empregados diretamente nos cálculos, pois a proposta metodológica integrou a análise quantitativa às condições de proteção coletiva, documentação, procedimentos, etiquetagem e equipamentos de proteção individual.

Tabela 3 - Dados técnicos levantados e fontes consultadas.

Grupo de dados	Dados levantados	Fontes utilizadas
Topologia elétrica	Fonte de alimentação, níveis de tensão, subestações, cubículos, transformadores, Tabelas e continuidade dos circuitos.	Diagrama unifilar atualizado, projetos e inspeção de campo
Transformadores	Potência, tensões, impedância, ligação, isolação, dispositivos auxiliares e dados de placa dos autotransformadores.	Projetos, memorial de proteção, relatório de manutenção, placas e registros de campo.
Proteção de MT	Relé, TCs, funções, ajustes, curvas de seletividade e disjuntor geral.	Memorial de cálculo de proteção, diagrama unifilar.
Proteção de BT	QGBT, CCM, Tabelas auxiliares, identificação funcional e circuitos associados.,	Projeto do QGBT-002, placas, registros fotográficos e inspeção de campo.
Equipamentos e invólucros	Tipo de cubículo, painéis, compartimentos, sinalização, barreiras e acessos	Projetos, relatórios termográficos e inspeção de campo
Condições de trabalho	Atividades previstas, acessos, possibilidade de manobra, inspeção e manutenção.	Inspeção técnica, registros fotográficos e documentação técnica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

3.5 VALIDAÇÃO DOS DADOS

A validação dos dados foi realizada pelo confronto entre as informações constantes nos documentos técnicos e as condições observadas durante a inspeção de campo. O objetivo foi verificar a consistência entre a topologia representada no diagrama unifilar, os projetos dos equipamentos, os dados utilizados no memorial de proteção, as informações de manutenção e a identificação física dos conjuntos elétricos.

Foram confirmados a alimentação da instalação em 13,8 kV, a composição geral das Subestações I, II e III, a presença do relé Pextron URPE-6104 na proteção da cabine primária, a continuidade do alimentador em média tensão para a SBTE-002, a presença da seccionadora identificada como "SECCIONADORA SE 03", o transformador TR-002, o QGBT-002, os autotransformadores auxiliares e os Tabelas de baixa tensão identificados durante o levantamento. A validação também permitiu registrar que o relé de proteção local da SBTE-002 não se encontra habilitado para promover a abertura do circuito. Dessa forma, a atuação de sobrecorrente em média tensão foi considerada associada à cadeia de proteção da SBTE-001, composta pelos transformadores de corrente, relé Pextron URPE-6104 e disjuntor geral de média tensão. Essa condição foi incorporada aos critérios de determinação do tempo de eliminação de faltas nos pontos de média tensão selecionados.

Também foram identificadas divergências entre a configuração prevista em documentos anteriores e a condição observada em campo. O projeto do QGBT SE-02 prevê banco automático de capacitores de 100 kVAr; entretanto, esse equipamento não foi identificado instalado e, por isso, foi excluído da caracterização atual, do inventário e dos cálculos. De forma semelhante, os dados de placa dos autotransformadores auxiliaries substituíram as referências anteriores de projeto, registrando equipamentos de 20 kVA e 40 kVA, respectivamente.

Os parâmetros necessários à aplicação quantitativa foram mantidos vinculados às suas fontes de origem. Dados de curto-circuito, ajustes e curvas de proteção foram associados ao memorial de proteção; características construtivas foram associadas ao projeto, às placas e aos registros de inspeção; e condições de trabalho foram associadas às atividades e aos acessos identificados.

4 PROCEDIMENTO TÉCNICO PARA AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE

A avaliação da conformidade foi estruturada em uma sequência lógica de etapas, de modo a integrar o levantamento das informações da instalação, a análise quantitativa do risco de arco elétrico e a verificação das medidas de segurança existentes. Inicialmente, foram identificadas as características da instalação e levantados os dados técnicos necessários à análise, os quais foram submetidos à verificação de consistência, validade e rastreabilidade. A partir dessa organização, estabeleceu-se um fluxo decisório capaz de determinar a continuidade da avaliação ou a necessidade de complementação das informações. A Figura 7,

apresentada a seguir, sintetiza esse procedimento e demonstra a sequência adotada desde a identificação da instalação até a consolidação do relatório final de conformidade.

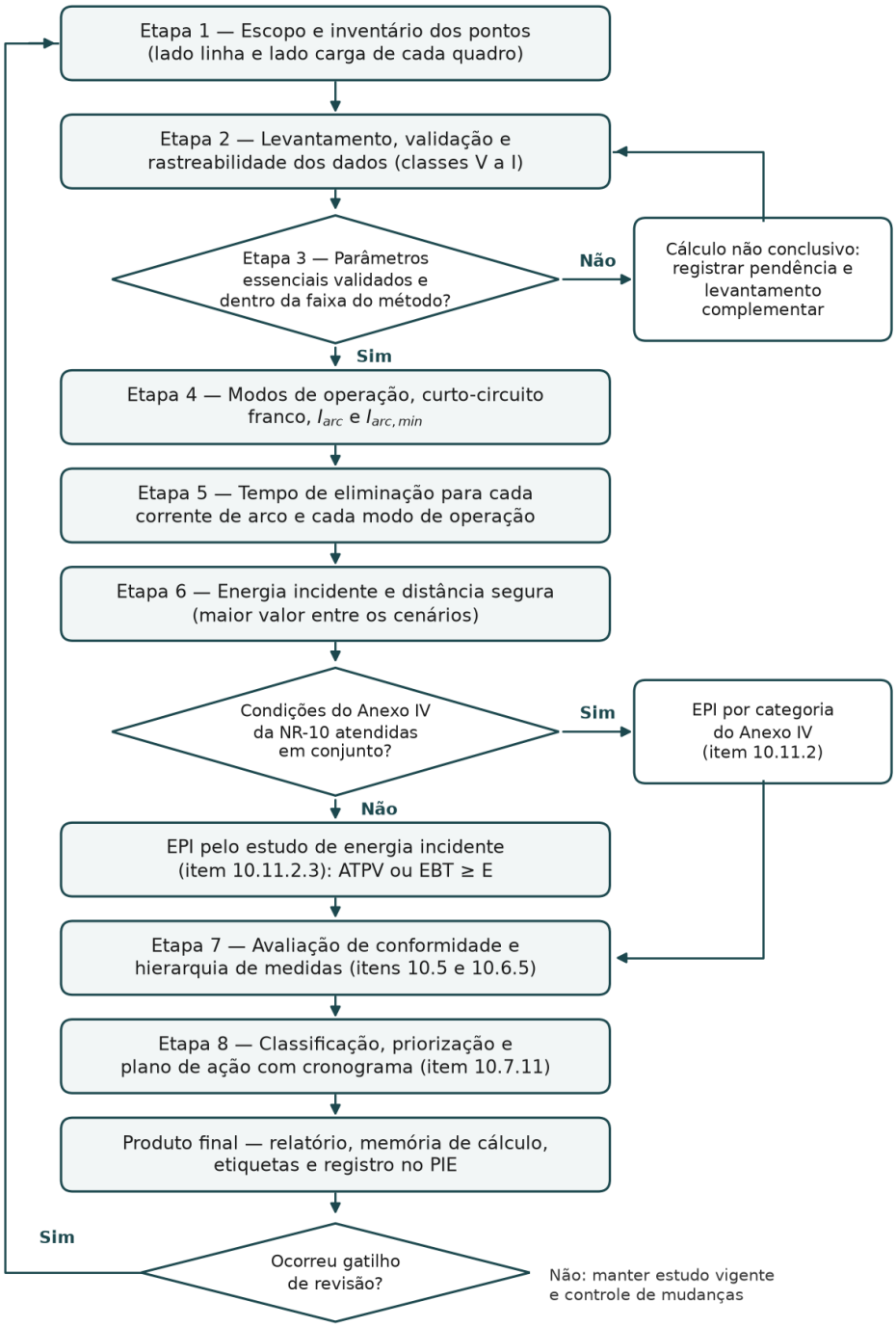
Nos casos em que os dados disponíveis foram considerados insuficientes ou não rastreáveis, a condição foi registrada como limitação, indicando-se a necessidade de obtenção ou complementação das informações antes da continuidade da análise quantitativa. Para os pontos que apresentaram dados tecnicamente adequados, prosseguiu-se com a determinação da corrente de curto-circuito e da corrente de arco, seguida pelo cálculo da energia incidente e da fronteira de arco. Essa sequência assegurou a vinculação entre os parâmetros de entrada, as características específicas do equipamento analisado e os resultados obtidos, permitindo que cada etapa pudesse ser tecnicamente verificada e posteriormente reproduzida.

Após a determinação das grandezas relacionadas ao arco elétrico, os resultados foram incorporados à avaliação da conformidade da instalação. Foram examinadas as medidas de proteção coletiva, os procedimentos de trabalho, a sinalização e a etiquetagem dos equipamentos, bem como a adequação dos equipamentos de proteção individual às condições de exposição identificadas.

Este capítulo apresenta o procedimento técnico proposto para avaliar a conformidade de instalações elétricas industriais quanto ao gerenciamento do risco de arco elétrico. O procedimento integra os requisitos da Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10), na redação aprovada pela Portaria MTE nº 737/2026 (Brasil, 2026), as diretrizes da ABNT NBR 17227:2025 (ABNT, 2025) e o modelo de cálculo da IEEE Std 1584-2018 (IEEE, 2018a). Ele foi estruturado em oito etapas sequenciais, com pontos de decisão que impedem o avanço da análise quantitativa quando os dados de entrada não são rastreáveis, conforme a Figura 5.1.

A premissa central do procedimento é que nenhum valor numérico, ajuste de proteção, dimensão ou condição de campo é aceito sem origem identificável. Quando um parâmetro essencial não puder ser comprovado, o resultado é classificado como não conclusivo e a lacuna passa a integrar o plano de adequação, em vez de ser substituída por estimativa.

Figura 7 - Fluxograma do procedimento técnico proposto.



Fonte: elaborado pelo autor com base em IEEE (2018a), ABNT (2025) e Brasil (2026).

4.1 FINALIDADE, ENQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITES DE APLICAÇÃO

4.1.1 Finalidade

O procedimento tem por finalidade orientar, de forma replicável, a identificação, a avaliação e o tratamento das condições que podem expor trabalhadores aos efeitos térmicos do arco elétrico. Sua aplicação não se limita ao cálculo da energia incidente: abrange a validação dos dados de entrada, a análise

do desempenho da proteção, a verificação das medidas de proteção coletiva existentes, a definição do método de especificação de EPI e a priorização das adequações.

A NR-10 revisada vincula expressamente a gestão do risco elétrico ao Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) da NR-1 (Brasil, 2026, item 10.1.1) e determina que, na identificação de perigos e avaliação de riscos, sejam consideradas as características das exposições ao choque e ao arco elétrico (Brasil, 2026, item 10.3.1). A NR-10 aplica-se, inclusive, às situações de exposição ao arco elétrico em que não haja entrada na zona controlada (Brasil, 2026, item 10.2.3). O procedimento aqui proposto operacionaliza esses requisitos.

4.1.2 Enquadramento normativo e vigência

A nova redação da NR-10 foi aprovada pela Portaria MTE nº 737, de 29 de maio de 2026, publicada no Diário Oficial da União em 1º de junho de 2026, e entra em vigor um ano após a publicação, em 1º de junho de 2027 (Brasil, 2026, art. 5º). Até 31 de maio de 2027 permanece vigente a redação dada pela Portaria SEPRT nº 915/2019 (Brasil, 2019). O prazo adicional de um ano previsto para instalações existentes refere-se somente à alínea "e" do subitem 10.6.4, relativa ao dispositivo diferencial-residual, e não se estende aos requisitos de proteção contra arco elétrico (Brasil, 2026, art. 3º).

Em consequência, o procedimento foi elaborado com base na redação de 2026 e funciona como instrumento de adequação antecipada. Cada constatação deve registrar se o requisito é exigível na data da avaliação ou somente a partir de 1º de junho de 2027, conforme a Etapa 8 (seção 5.10). A alínea "a" do item 10.6.5 da NR-10 determina que a distância segura de operação seja definida por estudo de energia incidente "conforme método estabelecido em norma técnica nacional e, na sua ausência ou omissão, norma técnica internacional vigente" (Brasil, 2026).

A norma técnica nacional aplicável é a ABNT NBR 17227:2025, primeira norma brasileira dedicada especificamente ao arco elétrico (Camponogara et al., 2025), publicada em 27 de maio de 2025 e atualmente em sua Versão Corrigida 3, de 27 de abril de 2026 (ABNT, 2025). Para sistemas trifásicos em corrente alternada, a NBR 17227 adota o modelo da IEEE Std 1584-2018 (ABNT, 2025; Camponogara et al., 2025). Assim, a hierarquia de fontes adotada neste trabalho é apresentada no Tabela 5 - Hierarquia das fontes normativas adotadas no procedimento.

Tabela 5 - Hierarquia das fontes normativas adotadas no procedimento.

Nível	Documento	Função no procedimento
1 — Regulamentar	NR-10 (BRASIL, 2026; BRASIL, 2019) e NR-1 (BRASIL, 2024)	Requisitos obrigatórios, hierarquia de medidas, documentação, sinalização e EPI
2 — Norma técnica nacional	ABNT NBR 17227:2025 (ABNT, 2025)	Gerenciamento do risco de energia incidente, etiquetagem, seleção de vestimentas e revisão do estudo
3 — Normas de instalação	ABNT NBR 14039:2021 (ABNT, 2021) e ABNT NBR 5410:2004 (ABNT, 2004)	Requisitos construtivos de média e baixa tensão
4 — Método de cálculo	IEEE Std 1584-2018 (IEEE, 2018a)	Corrente de arco, energia incidente e distância segura
5 — Métodos de suporte	IEC 60909-0:2016 (IEC, 2016) ou IEEE Std 3002.3-2018 (IEEE, 2018b); IEEE Std 1584.1-2022 (IEEE, 2022)	Cálculo de curto-circuito; escopo e entregáveis do estudo
6 — Literatura técnica	Artigos, guias de fabricantes e trabalhos acadêmicos	Fundamentação, interpretação e boas práticas

Fonte: elaborado pelo autor, 2026.

4.1.3 Campo de aplicação e limites

O procedimento aplica-se a instalações industriais de média e baixa tensão em corrente alternada trifásica, compreendendo cubículos de média tensão, transformadores, Tabelas gerais de baixa tensão (QGBT), centros de controle de motores (CCM) e painéis de distribuição em que existam atividades de operação, manobra, inspeção, medição, ensaio ou manutenção com possibilidade de exposição ao arco elétrico.

O procedimento não substitui projeto elétrico, estudo completo de curto-circuito, estudo de coordenação e seletividade, ensaios de proteção, comissionamento ou a responsabilidade técnica de Profissional Legalmente Habilitado (PLH), entendido como o trabalhador qualificado pelo Sistema Oficial de Ensino em curso específico na área elétrica e com registro no conselho de classe (Brasil, 2026, item 10.8.2).

O procedimento também não autoriza intervenções em partes energizadas: a desenergização permanece a medida prioritária (BRASIL, 2026, item 10.5.1). Sistemas monofásicos, sistemas em corrente contínua e tensões acima de 15 kV estão fora do campo do modelo da IEEE Std 1584-2018 (IEEE, 2018a) e exigem método específico.

4.2 PREMISSAS, RESPONSABILIDADES E ENTRADAS NECESSÁRIAS

A qualidade do resultado depende diretamente da qualidade dos dados de entrada. A NBR 17227 trata os estudos de curto-circuito e de coordenação da proteção como insumos do estudo de energia incidente, e não como etapas opcionais (ABNT, 2025). Por essa razão, a aplicação do procedimento deve

ser conduzida por equipe multidisciplinar envolvendo engenharia elétrica, manutenção, operação e segurança do trabalho, sob coordenação de PLH.

Antes do início da avaliação devem ser definidos: a área física e o sistema elétrico abrangidos; os pontos de análise; os modos de operação a considerar; as atividades potencialmente expostas; os responsáveis pelo fornecimento e pela validação das informações; os limites de confidencialidade; e os critérios de interrupção da análise quantitativa. As entradas técnicas mínimas e suas fontes preferenciais estão relacionadas no Tabela 6.

Tabela 6 - Entradas técnicas mínimas e fontes preferenciais.

Grupo	Dado de entrada	Fonte preferencial
Topologia	Diagrama unifilar atualizado e condição "como construído"	Projeto atualizado (BRASIL, 2026, item 10.4.13) confrontado com inspeção de campo
Fonte	Nível de curto-circuito no ponto de conexão (máximo e, se disponível, mínimo) e relação X/R	Parecer técnico da concessionária
Modos de operação	Configurações normais, de contingência e de manutenção; geração própria; contribuição de motores	Procedimentos operacionais e entrevistas com a operação
Impedâncias	Transformadores (potência, tensões, Z%, grupo de ligação), cabos (seção, comprimento, R e X) e barramentos	Placa de identificação, relatório de ensaio, catálogo do fabricante e projeto
Proteção	Modelo, curvas, ajustes 50/51 e 50N/51N, relação dos TCs, lógica de disparo; ajustes L, S, I e G dos disjuntores de BT	Arquivo de parametrização, relatório de ensaio do relé, unidade de disparo
Interrupção	Tempo total de interrupção dos disjuntores; curvas de tempo total de interrupção dos fusíveis	Manual do fabricante, ensaio de tempo de abertura
Geometria	Configuração dos eletrodos, espaçamento entre condutores (gap) e dimensões internas do invólucro	Fabricante, projeto ou medição em condição desenergizada
Tarefa	Atividades executadas e distância de trabalho real	Procedimentos de trabalho e observação em campo
Condição	Registros de manutenção, ensaios e termografia	Relatórios de manutenção e prontuário
Controles existentes	Barreiras, intertravamentos, sinalização, procedimentos e EPI disponíveis	Inspeção, PIE e fichas técnicas/CA dos EPI

Fonte: elaborado pelo autor com base em IEEE (2018a), IEEE (2022) e ABNT (2025).

A validade do tempo de eliminação da falta depende da condição real do sistema de proteção. A NR-10 exige que os sistemas de proteção sejam "mantidos em condições seguras de funcionamento, inspecionados, testados e controlados periodicamente", de acordo com as parametrizações definidas em projeto (Brasil, 2026, item 10.12.7). Assim, relatórios de ensaio do relé e de tempo de abertura do disjuntor são entradas do procedimento, e não documentos acessórios.

Para as organizações que realizam atividades em instalações de média tensão, a documentação de segurança deve ser organizada no Prontuário das Instalações Elétricas (PIE), sob responsabilidade de PLH, incluindo procedimentos de resposta a emergências (Brasil, 2026, itens 10.15.6 e 10.15.6.1). Os produtos deste procedimento destinam-se a integrar esse prontuário.

4.3 ETAPA 1 — DEFINIÇÃO DO ESCOPO E INVENTÁRIO DOS PONTOS

A primeira etapa define os limites elétricos e físicos da avaliação e cria o inventário dos pontos de análise. Cada ponto recebe identificação única que garante a rastreabilidade entre documentos, inspeção, cálculos, resultados, etiquetas e ações. Recomenda-se a codificação MT-xx para cubículos de média tensão, TR-xx para transformadores, QGBT-xx para Tabelas gerais de baixa tensão, CCM-xx para centros de controle de motores e BT-xx para demais painéis.

Para todo Tabela de baixa tensão alimentado diretamente por transformador, o inventário deve conter dois pontos distintos. No lado linha (terminais secundários do transformador, barramento de entrada e compartimento a montante do disjuntor geral), uma falta não é vista pelo disjuntor geral de baixa tensão e só é eliminada pela proteção instalada no primário do transformador, cuja atuação tende a ser mais lenta; por isso, a energia incidente nessa região costuma ser substancialmente maior que no lado carga (SIEMENS, [s. d.]; EATON, [s. d.]).

No lado carga (a jusante do disjuntor geral), a falta é eliminada pelo próprio disjuntor geral. Os dois pontos devem ser codificados separadamente, por exemplo, QGBT-xx-L e QGBT-xx-C.

A organização dos pontos de análise constitui uma etapa essencial para assegurar a rastreabilidade das informações utilizadas na avaliação do risco de arco elétrico, especialmente porque um mesmo equipamento pode apresentar condições distintas de proteção nos lados linha e carga. Nesse sentido, a identificação individualizada de cada ponto permite relacionar corretamente suas características elétricas, localização, fonte de alimentação, dispositivo responsável pela eliminação da falta e condições de acesso durante as atividades executadas. Além disso, o registro da situação documental e da necessidade de cálculo contribui para distinguir os pontos que possuem dados suficientes daqueles que apresentam limitações ou demandam informações complementares. Com base nesses critérios, a Tabela 7 apresenta os campos mínimos propostos para a composição do inventário dos pontos de análise, estabelecendo uma estrutura padronizada para subsidiar as etapas posteriores de cálculo da energia incidente e avaliação da conformidade da instalação.

Tabela 7 - Campos mínimos do inventário de pontos de análise.

Campo	Informação requerida
Código do ponto	Identificação única, com sufixo L (lado linha) ou C (lado carga) quando aplicável
Localização	Subestação, sala elétrica ou área
Tipo de equipamento	Cubículo de MT, transformador, QGBT, CCM, painel ou seccionadora
Tensão nominal	Tensão entre fases do ponto
Fonte de alimentação	Concessionária, transformador, gerador ou alimentador
Dispositivo eliminador	Relé e disjuntor, disjuntor de BT ou fusível que efetivamente elimina a falta no ponto
Atividades típicas	Manobra, inspeção, medição, ensaio ou manutenção
Condição de acesso	Porta fechada, porta aberta, visor, compartimento interno
Situação documental	Classe do dado conforme o Tabela 6
Necessidade de cálculo	Aplicável, aplicável com ressalvas, não conclusivo ou não aplicável

Fonte: elaborado pelo autor com base em IEEE (2018a) e ABNT (2025).

A seleção e a ordem de análise dos pontos devem priorizar equipamentos com maior frequência de interação humana, criticidade operacional, histórico de falhas, alterações recentes, ausência de identificação ou indisponibilidade documental.

4.4 ETAPA 2 — LEVANTAMENTO, VALIDAÇÃO E RASTREABILIDADE DOS DADOS

A coleta de dados constitui a primeira etapa do processo de cálculo da IEEE Std 1584-2018, que lista como informações necessárias o diagrama unifilar e os modos de operação, as correntes de curto-circuito, o tempo de eliminação da falta, as dimensões do invólucro, a distância de trabalho e a configuração dos eletrodos (IEEE, 2018a). A IEEE Std 1584.1-2022 complementa esse processo ao definir os requisitos mínimos de escopo e de entregáveis de um estudo de energia incidente (IEEE, 2022).

Os documentos devem ser confrontados com a condição observada em campo, pois a NR-10 exige que o projeto elétrico seja mantido atualizado de forma a corresponder ao executado (Brasil, 2026, item 10.4.13). Para tornar explícito o grau de confiança de cada parâmetro, o procedimento adota a classificação do Tabela 8.

Tabela 8 - Classificação da qualidade dos dados de entrada.

Classe	Definição	Regra de utilização
V — Validado	Confirmado por documento técnico e por evidência de campo, placa, ensaio ou medição	Uso irrestrito em cálculos e conclusões
DV — Documental validável	Obtido em documento técnico, sem confirmação recente em campo	Uso com ressalva explícita; confirmação obrigatória antes de etiqueta definitiva
CV — Campo validado	Confirmado em campo (placa, medição), sem documento técnico correspondente	Uso com ressalva; atualizar documentação
T — Típico normativo	Valor típico das tabelas da IEEE Std 1584-2018 (gaps, dimensões, distâncias de trabalho por classe de equipamento)	Somente em análise de sensibilidade; vedado para etiqueta, EPI definitivo ou autorização de trabalho
P — Parcial	Divergente, desatualizado ou com evidência incompleta	Não utilizar como parâmetro conclusivo
I — Indisponível	Não localizado ou sem possibilidade de comprovação	Registrar como pendência no plano de ação

Fonte: elaborado pelo autor com base em IEEE (2018a) e IEEE (2022).

A inclusão da classe T reconhece que a IEEE Std 1584-2018 fornece valores típicos de espaçamento entre condutores e de distância de trabalho por classe de equipamento (IEEE, 2018a), sem abrir mão da premissa de rastreabilidade: tais valores permitem estimar a sensibilidade do resultado, mas não substituem a medição.

A inspeção de campo deve verificar, sem exposição desnecessária a risco: identificação dos equipamentos e circuitos; integridade de portas, telas e invólucros; estado de seccionadoras, disjuntores e relés; dispositivos de bloqueio e intertravamentos; integridade de aterramentos e cordoalhas de equipotencialização; sinalização existente; e coerência entre campo e documentos. Medições internas de geometria somente podem ser realizadas com o equipamento desenergizado, observada a sequência de seccionamento, constatação de ausência de tensão, impedimento de reenergização, aterramento temporário, proteção dos elementos energizados, sinalização e delimitação da área (Brasil, 2026, item 10.13.1).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do procedimento técnico desenvolvido no Capítulo 4 foi realizada na instalação industrial caracterizada anteriormente, tendo a SBTE-002 como objeto principal da avaliação e a SBTE-001 como referência para alimentação e proteção a montante. A análise seguiu as etapas estabelecidas no procedimento, contemplando definição do escopo, inventário dos pontos, levantamento e classificação da qualidade dos dados, verificação da aplicabilidade do estudo de energia incidente, análise das condições de proteção e avaliação dos requisitos de conformidade. Essa aplicação permitiu verificar, na prática, a capacidade do procedimento de organizar informações provenientes de diferentes fontes e transformar dados técnicos, documentos e evidências de campo em elementos rastreáveis para a tomada de decisão.

Na etapa de definição do escopo, foram priorizados os equipamentos da SBTE-002 que apresentavam maior relevância para a exposição ao arco elétrico, incluindo os cubículos de média tensão, o transformador TR-002, o QGBT-002, o CCM-002, os autotransformadores auxiliares e os painéis de distribuição associados. A SBTE-001 também foi incorporada à análise por concentrar a proteção de média tensão responsável pela eliminação de determinadas faltas ocorridas a jusante. Essa condição demonstrou a importância de não avaliar cada equipamento de forma isolada, uma vez que o comportamento do sistema de proteção e, consequentemente, a duração provável do arco podem depender de dispositivos instalados em outro ponto da instalação. A SBTE-003 permaneceu fora da aplicação detalhada, sendo utilizada apenas para representação da continuidade da topologia elétrica.

A elaboração do inventário permitiu estruturar os pontos de análise de acordo com sua localização, nível de tensão, fonte de alimentação, dispositivo eliminador da falta, atividades executadas e condição de acesso. Para os quadros de baixa tensão alimentados diretamente por transformador, a separação entre lado linha e lado carga mostrou-se particularmente relevante. No lado linha, uma falta localizada a montante do disjuntor geral de baixa tensão depende da atuação da proteção primária do transformador; no lado carga, a eliminação pode ocorrer pelo próprio disjuntor geral. Dessa forma, a codificação independente desses pontos evita que regiões fisicamente pertencentes ao mesmo conjunto sejam avaliadas como se apresentassem condições idênticas de proteção e exposição.

Na etapa de levantamento e validação, foram utilizados o diagrama unifilar, o memorial de cálculo da proteção secundária, projetos dos equipamentos, registros de manutenção, placas de identificação e evidências obtidas em campo. Para o sistema de média tensão, foram confirmados a tensão nominal de 13,8 kV, a corrente de curto-circuito trifásico de 2.319 A informada no memorial, o relé Pextron URPE-6104 e os transformadores de corrente com relação 200/5 A. Também foram identificados os ajustes de proteção utilizados na SBTE-001, elemento relevante porque o relé existente na SBTE-002 não se encontra habilitado para comandar a abertura do circuito. Consequentemente, a avaliação dos pontos de média tensão da SBTE-002 deve considerar a atuação efetiva da cadeia de proteção instalada a montante.

O confronto entre documentação e campo também revelou divergências relevantes. O projeto do QGBT SE-02 previa a instalação de um banco automático de capacitores de 100 kVAr, porém esse equipamento não foi identificado na configuração atual e, por esse motivo, foi excluído do inventário e da análise quantitativa. Da mesma forma, a inspeção das placas permitiu atualizar as características dos autotransformadores auxiliares, confirmando equipamentos de 20 kVA, 220/380 V e impedância de 2,9%, e de 40 kVA, 220/440 V e impedância de 2,0%. Esses resultados demonstram a importância da etapa de validação proposta no procedimento, pois a utilização exclusiva de projetos históricos poderia produzir uma representação diferente daquela efetivamente existente na instalação.

A classificação da qualidade dos dados permitiu, ainda, diferenciar informações suficientemente comprovadas daquelas que necessitam de confirmação complementar. O procedimento estabeleceu classes específicas para dados validados, documentais validáveis, confirmados em campo, típicos normativos, parciais e indisponíveis. Essa classificação mostrou-se relevante porque a existência de determinado valor em um documento não significa, por si só, que ele possa ser empregado de maneira conclusiva no cálculo. Assim, parâmetros sem rastreabilidade adequada foram mantidos como pendências, evitando sua substituição por estimativas destinadas apenas a completar matematicamente a análise. Essa decisão representa um dos principais resultados metodológicos da aplicação, pois vincula a confiabilidade do resultado quantitativo à qualidade das informações que o originaram.

Na verificação da aplicabilidade do estudo de energia incidente, constatou-se que os níveis de tensão existentes na instalação se encontram, em princípio, dentro das faixas contempladas pelo método da IEEE Std 1584-2018 para sistemas trifásicos em corrente alternada. Entretanto, a realização de um cálculo conclusivo exige, além da tensão e da corrente de curto-circuito, a validação da configuração dos eletrodos, do espaçamento entre condutores, das dimensões internas dos invólucros, da distância de trabalho, dos ajustes das proteções e do tempo total de interrupção do dispositivo eliminador. A ausência ou insuficiência de qualquer parâmetro essencial impede que o resultado seja tratado como definitivo, devendo o ponto permanecer classificado como não conclusivo ou pendente de validação até que a informação necessária seja obtida.

Essa condição foi identificada na aplicação realizada. Embora estejam disponíveis dados relevantes sobre a fonte, transformadores, ajustes do relé e topologia geral, ainda necessitam de confirmação informações como comprimentos e configurações de determinados cabos, características completas de alguns disjuntores de baixa tensão, tempo mecânico de abertura do disjuntor de média tensão, dimensões internas dos cubículos, espaçamentos entre eletrodos e distâncias de trabalho associadas às atividades reais. Consequentemente, a ausência desses parâmetros não deve ser compensada pela adoção arbitrária de valores típicos para produzir uma energia incidente aparentemente definitiva. O resultado tecnicamente adequado, nesses casos, é registrar a pendência e estabelecer a obtenção do dado como ação necessária para continuidade do estudo.

A análise dos dispositivos de proteção também evidenciou a necessidade de distinguir corrente de curto-circuito franca, corrente de arco e corrente efetivamente vista pela proteção. Os valores de 557,44 A com tempo indicado de 0,21 s e de 78,00 A com 0,11 s, presentes na documentação da proteção, representam pontos das curvas existentes e não podem ser automaticamente adotados como duração do arco em qualquer cenário. Para cada ponto, a corrente de arco deverá ser determinada e relacionada ao dispositivo que efetivamente elimina a falta, considerando ainda o tempo total de interrupção. Essa constatação é relevante porque demonstra que a simples disponibilidade de uma curva de proteção não é suficiente para determinar

a energia incidente sem que seja estabelecida a correspondência entre o ponto analisado, a corrente de arco e a resposta real do sistema de proteção.

A principal contribuição do estudo foi a estruturação do procedimento técnico apresentado no composto por etapas sequenciais que abrangem definição do escopo, inventário dos pontos, levantamento e validação dos dados, verificação da aplicabilidade do estudo, determinação das grandezas associadas ao arco elétrico, avaliação da conformidade, classificação das constatações e tratamento das adequações. A incorporação de critérios de rastreabilidade e qualidade dos dados constitui aspecto relevante da proposta, pois impede que informações sem comprovação adequada sejam utilizadas como fundamento para resultados conclusivos.

A aplicação do procedimento à instalação selecionada demonstrou a importância dessa rastreabilidade. O confronto entre documentos e condições de campo revelou diferenças entre a configuração projetada e aquela efetivamente existente, como a ausência do banco automático de capacitores de 100 kVAr previsto no projeto e a necessidade de atualização das características dos autotransformadores auxiliares a partir de seus dados de placa. Essas ocorrências evidenciam que avaliações fundamentadas exclusivamente em documentação histórica podem não representar adequadamente o sistema e reforçam a necessidade de validação antes da utilização dos parâmetros em estudos quantitativos.

Outro resultado relevante foi a identificação da relação entre os pontos analisados e os dispositivos responsáveis pela eliminação das respectivas faltas. A condição encontrada na SBTE-002, cujo relé local não se encontra habilitado para promover a abertura do circuito, demonstrou que a análise precisa considerar a cadeia de proteção existente na SBTE-001. Da mesma forma, a separação entre lado linha e lado carga dos quadros de baixa tensão evidenciou que partes de um mesmo conjunto podem apresentar dispositivos eliminadores e tempos de atuação distintos, influenciando diretamente a energia incidente e as medidas de segurança necessárias.

No âmbito quantitativo, o trabalho estabeleceu as condições necessárias para determinação da corrente de curto-circuito, corrente de arco, corrente de arco reduzida, tempo de eliminação, energia incidente e distância segura. Entretanto, a aplicação também demonstrou que determinados resultados não podem ser considerados definitivos enquanto parâmetros essenciais permanecerem sem validação. Informações como geometria interna de determinados equipamentos, espaçamentos entre eletrodos, distâncias reais de trabalho, características completas de dispositivos de baixa tensão e tempo de interrupção do disjuntor de média tensão precisa ser confirmadas para que cálculos conclusivos sejam utilizados em etiquetas, especificação definitiva de EPI ou decisões relacionadas ao trabalho energizado.

Essa limitação não invalida o procedimento proposto; ao contrário, evidencia uma de suas funções fundamentais. Um método tecnicamente consistente deve ser capaz de indicar não apenas quando um cálculo pode ser realizado, mas também quando não existem evidências suficientes para realizá-lo com

confiabilidade. A classificação dos dados e das constatações permitiu transformar essas lacunas em pendências objetivas e ações de adequação, evitando a utilização de valores presumidos apenas para produzir resultados numéricos. Dessa maneira, a ausência de determinado resultado definitivo também se converte em informação técnica útil para o gerenciamento da instalação.

A avaliação demonstrou ainda que o estudo de energia incidente não deve ser interpretado exclusivamente como ferramenta para seleção de EPI. Os resultados quantitativos, quando validados, devem subsidiar a análise de medidas de engenharia e proteção coletiva, incluindo redução do tempo de interrupção, revisão das proteções, intertravamentos, operação a distância segura, limitação de corrente e demais soluções aplicáveis. A proteção individual permanece como barreira complementar, inserida após as medidas destinadas à eliminação ou redução do risco, preservando a hierarquia preventiva estabelecida no procedimento.

Considera-se, portanto, que o objetivo geral foi atendido com a proposição e aplicação de um procedimento técnico capaz de relacionar os requisitos da NR-10 revisada às condições efetivamente encontradas na instalação. O modelo desenvolvido apresenta como diferencial a integração entre rastreabilidade dos dados, análise quantitativa, conformidade normativa, hierarquia de prevenção, priorização das adequações e controle de mudanças. Essa estrutura favorece sua utilização como instrumento de apoio à engenharia, à manutenção, à operação e à segurança do trabalho, respeitando os limites de responsabilidade técnica e de aplicabilidade dos métodos utilizados.

Conclui-se que a adequação à NR-10 revisada deve ser compreendida como um processo contínuo, e não como uma verificação realizada uma única vez. Modificações na topologia elétrica, nos níveis de curto-circuito, nos equipamentos, nos ajustes das proteções, nos procedimentos ou nas condições de trabalho podem alterar o cenário de exposição e exigir nova avaliação. Recomenda-se, como continuidade deste estudo, complementar os parâmetros ainda pendentes, concluir os cálculos quantitativos nos pontos aplicáveis, validar os resultados por profissional legalmente habilitado e ampliar a aplicação do procedimento para outros conjuntos da instalação. Com isso, o procedimento poderá apoiar não somente a preparação para a nova redação da NR-10, mas também a consolidação de um processo permanente de gerenciamento do risco de arco elétrico.

REFERÊNCIAS

AMMERMAN, R. F.; GAMMON, T.; SEN, P. K.; NELSON, J. P. Comparative study of arc modeling and arc flash incident energy exposures. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 43, n. 1, p. 236–245, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2025). **ABNT NBR 17227**: 2025: Segurança elétrica — Gerenciamento dos riscos relacionados à energia incidente de arco elétrico.

BACIN, P. O., FAVA, M. F., LONDERO, R. P., MARCHESAN, T. B., BENDER, V. C., BELTRAME, R. C., BERNARDON, D. P., FALCÃO, C. E. G., SIMÕES, C. A., & SANTOS, G. J. G. (2025). Incident energy determination of three-phase arc flash using magnetohydrodynamics simulations: A case study for horizontal electrodes in open-air configurations. **High Voltage**. https://doi.org/10.1049/hve2.70009

BACIN, P. O., et al. (2022). Contribuição ao desenvolvimento de um laboratório de arco elétrico controlado para medição da energia incidente. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos – SBSE**, 2(1). https://doi.org/10.20906/sbse.v2i1.2983

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. (2026). **Portaria MTE nº 737, de 29 de maio de 2026**: Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10) — Segurança em instalações e serviços em eletricidade.

BUGARIS, R. M., & DOAN, D. R. (2014). Arc-flash incident energy variations: A study of low-voltage motor control center unit configurations and incident energy exposure. **IEEE Industry Applications Magazin**e, 20(3), 40–45. https://doi.org/10.1109/MIAS.2013.2288386

CADICK, J., CAPELLI-SCHELLPFEFFER, M., NEITZEL, D. K., & WINFIELD, A. (2012). **Electrical safety handbook** (4th ed.). McGraw-Hill.

CELLARD, A. (2008). A análise documental. In **J. Poupart** et al., A pesquisa qualitativa: Enfoques epistemológicos e metodológicos. Vozes.

CRESWELL, J. W., & CRESWELL, J. D. (2018). **Research design**: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.

DAS, J. C. (2012). Arc flash hazard analysis and mitigation. **Wiley-IEEE Press**. https://doi.org/10.1002/9781118402498

DOAN, D. R. (2010). Arc flash calculations for exposures to DC systems. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 46(6), 2299–2302. https://doi.org/10.1109/TIA.2010.2070470

DREWISKE, G. W. (2014). Engineering incident energy analysis and remediation project in a Midwestern pulp and paper mill. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 50(1), 104–112. https://doi.org/10.1109/TIA.2013.2288232

GIL, A. C. (2022). **Como elaborar projetos de pesquisa** (7th ed.). Atlas.

HOAGLAND, H., GOLOVKOV, M., MAURICE, C., & CLARK, P. (2014). Clothing in arc flash: Four types of arc exposure and the effect of moisture on garment appearance after an arc event. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 50.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. (2018). **IEEE Std 1584-2018**: IEEE guide for performing arc-flash hazard calculations. IEEE.

LEE, R. H. The other electrical hazard: electric arc blast burns. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. IA-18, n. 3, p. 246–251, 1982.

NEITZEL, D. K., CAPELLI-SCHELLPFEFFER, M., & WINFIELD, A. (2019). **Electrical safety handbook (5th ed.)**. McGraw-Hill Education.

SARA IJI, R.; HAMDAN, M. O.; HARB, A. Illuminance degradation of LED streetlighting luminaires in a hot environment. **LEUKOS**, v. 9, n. 3, p. 201–216, 2013. DOI: 10.1582/LEUKOS.2013.09.03.004.

STOKES, A. D.; OPPENLANDER, W. T. Electric arcs in open air. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 24, n. 1, p. 26–35, 1991.

VALDES, M., HANSEN, S., & SUTHERLAND, P. E. (2010). Optimizing circuit breaker instantaneous trip settings for selectivity and arc flash performance simultaneously. In **2010 IEEE IAS Electrical Safety Workshop**. IEEE. https://doi.org/10.1109/ESW.2010.6164467