

Capítulo II

Principais normas sobre os riscos de arcos elétricos

Por Alan Rômulo, Eduardo Senger e Maurício Figueiredo*

A realização de atividades envolvendo eletricidade requer uma série de cuidados para que estas ações sejam executadas com segurança, evitando a ocorrência de acidentes. Em função disso, essas atividades são altamente regulamentadas na maioria dos países industrializados.

Historicamente, as medidas mitigadoras previstas nas normas sempre estiveram focadas em prevenir o risco de choque elétrico. Somente em 1980, as normas começaram a prever a mitigação dos riscos do arco elétrico, visto que as pesquisas e os estudos evoluíram e concluíram que os riscos envolvendo arco elétrico eram diferentes daqueles envolvendo choque elétrico, conforme descrito no artigo anterior.

A partir de então, vários estudos e artigos foram publicados com o objetivo de quantificar os riscos do arco elétrico, resultando em várias normas e legislações sobre o tema. Esses estudos foram realizados basicamente pelos Estados Unidos, Canadá e União Europeia, colocando-os à frente das demais nações em relação aos critérios de segurança para a realização de atividades envolvendo o risco de arco elétrico.

No Brasil, a legislação prevê requisitos mínimos que devem ser atendidos visando a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores, principalmente em relação ao risco de choque elétrico. Tratando-se especificamente do risco de arco elétrico, a situação brasileira é inferior àquela encontrada nos países da América do Norte e da Europa, possuindo poucos requisitos de segurança voltados à mitigação desse risco.

Este artigo apresenta as principais normas e legislações brasileiras e estrangeiras que abordam o tema arco elétrico e tem como objetivo apresentar os requisitos técnicos mínimos para a realização dessas atividades com segurança. Não é foco deste artigo detalhar as normas

sobre ensaios em vestimentas, as quais serão tratadas posteriormente em artigos relacionados aos EPIS.

Legislação e normas brasileiras

No Brasil, a principal norma que abrange os requisitos mínimos de segurança para trabalhos em eletricidade é a NR 10, a Norma Regulamentadora nº 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.

O primeiro texto da NR 10 data de 1978, quando, pela aprovação da Portaria n. 3.214, de 08 de junho de 1978, as primeiras normas regulamentadoras entraram em vigor no país. Posteriormente, em 1983, a NR 10 e outras normas regulamentadoras foram revisadas em função dos avanços tecnológicos e dos métodos de trabalho. Essa revisão da NR 10 entrou em vigor pela Portaria n. 12, de 06 de junho de 1983.

Nessas duas primeiras versões, a NR 10 estava focada na mitigação dos riscos de choque elétrico, visto que nessa época os países desenvolvidos ainda estavam elaborando os primeiros estudos e normas sobre arco elétrico no mundo.

Em 2004, a NR 10 foi revisada novamente. Com essa última e atual revisão, vigente pela publicação da Portaria do Ministério do Trabalho e Emprego n. 598, de 07 de dezembro de 2004, introduziram-se no Brasil novas exigências relacionadas à segurança em trabalhos que envolvem eletricidade.

Esta revisão definiu as diretrizes básicas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos destinados a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores e significou um grande avanço nos requisitos de segurança, visto que impôs novas regras para todos os indivíduos que interagem direta ou indiretamente em instalações elétricas e serviços com

eletricidade, dentro dos critérios dispostos na norma.

A NR 10, no entanto, não entra diretamente no mérito da proteção contra arco elétrico. No treinamento básico da NR 10, o assunto arco elétrico é previsto no conteúdo programático, que possui um item que trata somente dos riscos em instalações e serviços com eletricidade envolvendo arco elétrico e queimaduras. Contudo, nos demais itens da norma, os riscos do arco elétrico são tratados de maneira implícita, como nos itens 10.3.9.a, 10.2.9.2 e 10.12.1.

O item 10.3.9 trata dos requisitos mínimos necessários para a composição do memorial descritivo do projeto das instalações elétricas. Na alínea A desse item, a norma exige que o memorial descritivo contenha a especificação das características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais. Por ser considerado um agente térmico e ter a queimadura como principal risco, o arco elétrico deve ser estudado e ter suas consequências mitigadas e descritas nessa etapa do memorial.

A elaboração de um memorial descritivo completo e com informações coerentes com a instalação elétrica é de fundamental importância para os trabalhadores, pois esse documento será aplicável durante toda a vida útil da instalação onde eles exercerão suas atividades laborais. Também é importante realizar a revisão do memorial descritivo sempre que alterações, como a inclusão de novas cargas, forem implementadas na instalação elétrica, pois essas alterações poderão impactar diretamente os riscos provenientes de arcos elétricos.

No item 10.12.1, a NR 10 exige que as ações de emergência que envolvam as instalações ou serviços com eletricidade devem constar do plano de emergência da empresa. Para atendimento deste item, é necessário considerar, além do choque elétrico, o risco de arco elétrico, avaliando todos os cenários acidentais possíveis e os mecanismos de resposta caso esses acidentes aconteçam.

A NR 10 dispõe, ainda, no item 10.2.9.2, que as vestimentas de trabalho, consideradas equipamentos de proteção individual (EPIs), devem ser adequadas às atividades, contemplando a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas.

O requisito que trata da inflamabilidade é de fundamental importância na determinação da vestimenta de trabalho adequada para realização de atividades em instalações com possibilidade de ocorrência de arco elétrico, evitando que as vestimentas entrem em combustão e agravem ainda mais os ferimentos e queimaduras provocados pelo arco elétrico.

Adicionalmente, os requisitos de segurança desses EPIs são complementados pela NR 06 (Norma Regulamentadora n. 06 – Equipamento de Proteção Individual - EPI), que estabelece requisitos legais para equipamentos de proteção individual. Entretanto, a NR 06 não evidencia de forma explícita as características para proteção contra arcos elétricos, mas estabelece que os EPIs devem proteger os trabalhadores contra agentes térmicos.

Atualmente, está em fase de elaboração pela Comissão de Estudo CE 32:006.04 (Comissão de Estudo de Luvas e Vestimentas

de Proteção – Riscos Térmicos), da ABNT, uma norma técnica nacional que tratará sobre metodologias de ensaios de vestimentas de proteção contra arco elétrico e fogo repentino.

A publicação dessa norma é importante para definição das bases técnicas desses ensaios, uniformizando-os e garantindo o cumprimento adequado das exigências por parte dos fabricantes das vestimentas.

Legislação e normas estrangeiras

Atualmente, as melhores referências técnicas relativas ao risco de arco elétrico encontram-se nas normas estrangeiras. Apesar de existirem diferenças de abordagens para tratar o assunto “segurança em eletricidade” nessas normas, os objetivos de todas são garantir a segurança das pessoas e evitar danos materiais. Quanto às diferenças, elas se dão, principalmente, por conta dos períodos de revisão das normas e da evolução das pesquisas. Contudo, questões técnicas, culturais e políticas também influenciam essas diferentes abordagens.

Normas americanas

A primeira norma consensual sobre o tema foi a IEEE 902-1998, IEEE Guide for Maintenance, Operation and Safety of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Yellow Book). No seu Capítulo 7, são abordados aspectos de segurança envolvendo o choque elétrico e o arco elétrico. Quanto ao risco do arco elétrico, a norma apresenta os principais aspectos referentes ao calor produzido, os impactos e as pressões resultantes desse fenômeno.

Essa norma da IEEE também enfatiza que um programa de segurança eficaz deve incluir medidas para assegurar a aplicação de soluções de engenharia úteis para eliminar ou reduzir a magnitude e a frequência de exposição dos trabalhadores aos riscos da eletricidade. As principais soluções de engenharia propostas são a utilização de dispositivos limitadores de corrente, painéis resistentes a arco elétrico, sistema aterrados por alta resistência, operação remota, entre outros.

Estas soluções são discutidas em detalhes nas seguintes normas:

- IEEE 141 - IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (IEEE Red Book);
- IEEE 142 - IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Green Book);
- IEEE 241 - IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings (IEEE Gray Book);
- IEEE 242 - IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Buff Book).

A aplicação da IEEE 902-1998 foi ofuscada pela publicação, na última década, da norma NFPA 70E, Standard for Electrical Safety in the Workplace. Contudo, a IEEE 902-1998 continua sendo uma importante referência na aplicação de soluções de engenharia para mitigação dos riscos envolvendo eletricidade.

Atualmente, a norma mais relevante e utilizada para estimar os riscos de um arco elétrico é a IEEE 1584, IEEE Guide for performing

arc-flash hazard calculations. Essa norma é um guia que fornece técnicas para que projetistas e operadores de sistemas elétricos possam determinar uma distância segura para o risco de arco elétrico e energia incidente durante o desenvolvimento de atividades realizadas em um equipamento elétrico ou nas proximidades de um sistema energizado.

A metodologia de cálculo disposta na IEEE 1584 estima a energia incidente a partir de equações desenvolvidas por meio de análises estatísticas retiradas de inúmeros testes de laboratório. Esse método de cálculo tende a ser mais realista do que o método proposto por Ralph Lee, implicando níveis de energia incidente menores para uma mesma instalação. Na prática, os cálculos baseados na IEEE 1584 evitam que o trabalhador utilize uma proteção excessiva, o que facilita a execução de suas atividades laborais.

A norma NFPA 70E é outra norma relevante sobre segurança em eletricidade. Foi originalmente desenvolvida para atender aos requisitos da OSHA (Occupational Safety and Health Administrations) sobre os efeitos dos arcos elétricos, riscos da corrente contínua e requisitos técnicos dos EPIS para trabalhos em eletricidade, entre outros itens.

Especificamente em relação ao arco elétrico, a OSHA e a NFPA determinam que os riscos envolvendo arco elétrico devem ser conhecidos e que as instalações elétricas devem ter sua energia liberada calculada no momento do arco. Além disso, é necessário fornecer aos trabalhadores os equipamentos adequados de proteção contra queimaduras. Esses requisitos de segurança estão sujeitos à fiscalização pelos órgãos competentes.

A seção 110.8 (B)(1)(b) da NFPA 70E requer um estudo e análise do risco de arco elétrico (cálculo da energia incidente) para determinar a distância segura de aproximação e os EPIS que o trabalhador deve utilizar. A distância segura de aproximação é definida como a distância da fonte do arco na qual uma energia de calor de 1,2 (cal/cm²), ou 5,0 (J/cm²), incide sobre uma pessoa sem equipamento de proteção, causando-lhe queimadura de segundo grau.

Para o cálculo da energia incidente, a NFPA estabelece algumas metodologias para realização desses cálculos e a determinação dos EPIS adequados de acordo com o risco. Essas metodologias são estabelecidas no Anexo D da norma, “Incident Energy and Flash Protection Boundary Calculation Methods”.

Para determinar o EPI a ser utilizado de acordo com as características do trabalho, a NFPA 70E também disponibiliza a tabela 130.7 (C)(9). Essa tabela apresenta categorias de risco para diferentes tarefas, levando em consideração diferentes níveis de tensão. A NFPA 70E foi revisada recentemente, estando em vigor a versão 2012.

Outra norma americana que trata dos riscos do arco elétrico é a OSHA 29 CFR 1910.335 (subparte S). Essa norma determina que os empregados devam utilizar equipamentos de proteção para a face e para os olhos em situações em que existe o risco de ferimentos ocasionados por arcos elétricos ou por objetos resultantes da explosão. Já a subparte R da mesma norma, a OSHA 29 CFR 1910.269, apresenta um item que aborda critérios que devem ser atendidos em relação às vestimentas de segurança. De

acordo com esse item, o empregador deve assegurar que nenhum trabalhador exposto ao risco de arco elétrico utilize uma roupa que, caso ocorra chama ou arco, sustente a chama e aumente a extensão dos ferimentos no corpo do trabalhador. Esse item, inclusive, proíbe a utilização de alguns tipos de tecidos.

Ainda no entendimento da OSHA, a segurança em trabalhos com eletricidade parte do princípio de que se a instalação elétrica for concebida de acordo a NEC (National Electric Code, também conhecida com NFPA 70), elas são seguras. Esse nível de segurança é mantido até o momento em que os compartimentos ou as barreiras de segurança em torno de circuitos elétricos são violados ou as distâncias recomendadas de segurança para as pessoas são desobedecidas. A prática de manter uma distância segura entre os trabalhadores e os circuitos elétricos energizados é considerada a principal medida de segurança.

A NEC é focada nos requisitos de projeto, construção e inspeção de uma instalação elétrica. Com relação ao risco de arco elétrico, na seção 110.16, a norma determina que equipamentos elétricos, como painéis, medidores de energia e centro de controle de motores, que são susceptíveis de sofrer manutenção/inspeção quando energizados, devem possuir uma marcação para alertar os trabalhadores dos riscos envolvendo arco elétrico. Essa marcação deve ser claramente visível aos trabalhadores antes da realização de qualquer atividade no painel.

A NEC passou a exigir essa sinalização para todos os equipamentos elétricos instalados ou modificados após 2002.

Outra norma que possui requisitos de segurança em relação ao risco de arco elétrico é a NESC (National Electrical Safety Code), que já encontra na sua edição 2012. A NESC tem como objetivo proteger os trabalhadores durante a instalação, operação e manutenção de linhas de transmissão, comunicação e equipamentos relacionados.

As exigências relacionadas ao arco elétrico foram publicadas na edição 2007 da NESC 410 A3. Nessa edição foi estabelecido que, a partir de 1º de janeiro de 2009, o empregador deveria realizar a análise dos riscos a que estão sujeitos os trabalhadores que operam ou estejam próximos a equipamentos ou componentes energizados. Se a avaliação determinar que a energia incidente está acima de 2 cal/cm², então é necessário o uso de vestimenta de proteção, cuja classe de risco seja igual ou superior ao nível de energia previsto.

As tabelas 410-1 e 410-2 da NESC 410 A3 apresentam requisitos de EPIs baseados no tempo máximo para a eliminação de uma falta em diferentes níveis de tensão e corrente.

Normas canadenses

A norma canadense mais relevante sobre segurança em eletricidade é a CSA Z462, Workplace Electrical Safety, que estabelece práticas recomendadas de segurança.

Semelhante à norma NFPA 70E, a CSA Z462 possui anexos com o objetivo de reduzir ou eliminar a exposição dos trabalhadores ao risco de arco elétrico. O anexo P da CSA Z462 descreve como o risco do arco elétrico que deve ser avaliado conforme os métodos previstos na norma e é usualmente utilizado para a seleção dos

EPIs adequados de acordo com as características da atividade a ser realizada. Esse anexo é similar ao anexo O da NFPA 70E, Safety-Related Design Requirements.

Normas europeias

Na Europa, a Diretiva 89/391/EEC, Measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work, publicada pela União Europeia em 1989, possui um alto grau de exigência em relação às obrigações dos empregadores quanto aos requisitos de segurança no trabalho. De acordo com essa Diretiva, os empregadores devem realizar uma avaliação do risco e adotar medidas mitigadoras abrangentes. No entanto, essa diretiva não detalha a aplicação considerando riscos específicos.

Outra norma europeia que aborda requisitos de segurança em relação ao risco de arco elétrico é a EN 5110-1, Operation of Electrical Installations. Quando comparada às normas americanas, essa norma enfatiza as medidas de engenharia e soluções de projeto capazes de reduzir a exposição dos trabalhadores aos riscos da eletricidade, e menos os requisitos de EPIs necessários para execução das atividades.

Conclusão

Embora as normas citadas no decorrer do texto possuam diferenças quanto a sua aplicação e requisitos de segurança, todas buscam o mesmo objetivo: contribuir para que as atividades laborais sejam realizadas com segurança.

Entre as medidas de controle de riscos comuns a praticamente todas as normas, destacam-se:

- A eliminação do risco;
- Menor substituição de peças e equipamentos que ofereçam riscos;
- Medidas de engenharia para redução da exposição e da severidade do risco;
- Instalação de sinalização;
- Controles administrativos, incluindo práticas de segurança;
- EPIs.

No Brasil, a NR 10 é a principal referência, dada a sua obrigatoriedade. Avanços significativos foram conquistados com a última revisão da NR 10, ocorrida em 2004. Porém, mesmo com esses avanços, continua a acontecer um grande número de acidentes envolvendo arco elétrico no Brasil. Portanto, ater-se somente aos requisitos da NR 10 não é suficiente para mensurar os riscos e prevenir os acidentes ocasionados por arco elétrico.

A aplicação de outras normas, principalmente a NFPA 70E e a IEEE 1584, deve ser empregada de maneira complementar à NR 10 e é necessária para que os riscos provenientes de arcos elétricos sejam adequadamente avaliados, garantindo que as medidas de segurança estejam aderentes aos mesmos. Por serem as normas mais relevantes atualmente sobre o assunto, elas serão tratadas com maiores detalhes nos próximos artigos.

Referências bibliográficas

CAMP, R. "Electrical safety and arc flash protection". In: "Twenty-First IEEE/NPS Symposium on Fusion Engineering", 2005.

CSA Z462-2008. "Workplace Electrical Safety". Canadian Standards Association, Mississauga, ON, 2008.

EN5110-1:2004, Operation of Electrical Installations, European Committee for Electrotechnical Standardization, 2004.

European Directive 89/391/EEC, Measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work, 1989.

FLOYD, H. L. Closing the gaps in arc flash hazard mitigation: A review of US, Canada, and EU Standards. In: "IEEE IAS Industry Applications Society Annual Meeting", 2009.

IEEE 1584. "IEEE Guide for performing arc-flash hazard calculations", 2002.

IEEE 902-1998, "IEEE Guide for Maintenance, Operation and Safety of Industrial and Commercial Power Systems", 1998.

IEEE 141-1993. "IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants", 1993.

IEEE 142-2007. "IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems", 2007.

IEEE 241-1990. "IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings", 1990.

IEEE 242-2001. "IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems", 2001.

JAMIL, S.; JONES, R. A.; MCCLUNG, L. B. Arc and flash burn hazards at various levels of an electrical system. "IEEE Transactions on Industry Applications", v. 33, n. 2, March/April 1997, p. 359-366.

Ministério do Trabalho e Emprego. "Norma Regulamentadora n. 6 (NR 6)", Equipamento de Proteção Individual – EPI. Brasília, 2001.

Ministério do Trabalho e Emprego. "Norma Regulamentadora n. 10 (NR 10)", Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília, 2004.

NEC (National Electric Code), NFPA Standard 70, 2011.

NESC (National Electric Safety Code), ANSI/IEEE Standard C2, 2007.

NFPA 70E. "Standard for electrical safety requirement for employee workplace", 2009.

OSHA 29 CFR 1910.335 – subpart S. "Safeguards for personnel protection", 1990.

OSHA 29 CFR 1910.269 – subpart R. "Electric power generation, transmission, and distribution", 1994.

QUEIROZ, A. R. S.; OLIVEIRA, M. F. "Adequação à NR-10: estudo comparativo entre unidades de produção antigas e novos projetos". In: IEEE Electrical Safety Workshop, 2009.

QUEIROZ, A. R. S. "Utilização de relés digitais para mitigação dos riscos envolvendo arco elétrico". Dissertação (Mestrado em Ciências – Engenharia Elétrica). Universidade de São Paulo, 2011.

SPERL, J.; WHITNEY, C.; MILNER, A. Arc flash hazard regulation and mitigation. In: "IEEE 62nd Annual Conference for Protective Relay Engineers", 2009.

***ALAN RÔMULO SILVA QUEIROZ é engenheiro eletricitista graduado pela Universidade Santa Cecília (Santos, SP), mestre em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e membro do IEEE-IAS.**

***EDUARDO CÉSAR SENGER é engenheiro eletricitista e doutor pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. É professor livre-docente na área de Proteção de Sistemas Elétricos pela Universidade de São Paulo e coordenador do Laboratório de Pesquisa em Proteção de Sistemas Elétricos – Lprot.**

***MAURÍCIO FIGUEIREDO DE OLIVEIRA é engenheiro eletricitista graduado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e membro do IEEE-IAS.**

Continua na próxima edição

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br