

# MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA O ARCO ELÉTRICO

Denise Minte de Almeida<sup>1</sup>; Rafael de Oliveira Mariano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Guarujá, São Paulo, Brasil. Discente do Curso de Pós Graduação em Engenharia da Segurança do Trabalho. deniseminte@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Guarujá, São Paulo, Brasil. Discente do Curso de Pós Graduação em Engenharia da Segurança do Trabalho. rafa.oliveiramariano@hotmail.com

## Resumo

Este artigo foi desenvolvido a partir da necessidade de um aprofundamento maior sobre as distâncias seguras com relação a arcos elétricos, que são rompimentos de barreiras de potencial instantâneos, ou seja, rupturas dielétricas em um campo eletromagnético formada a partir de um fluxo de corrente normalmente em um meio isolante, como uma fagulha ou um raio, por exemplo. A partir dessa necessidade, o presente trabalho visa ampliar os conhecimentos, compilar artigos e embasamentos técnicos a um histórico de medidas de controle e proteção a arcos elétricos e acidentes recorrentes. Mesmo com a criação da Norma Regulamentadora, as medidas de controle e proteção ainda precisam de ajustes e atualizações para um controle mais eficaz de acidentes de trabalho. Diante disso, este estudo tem por objetivo analisar as distâncias de segurança estabelecidas no anexo II da NR10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, como zona livre, zona controlada e zona de risco, frente à exposição dos trabalhadores aos efeitos térmicos do arco elétrico, analisando detalhadamente e concluindo se as distâncias padronizadas normativamente são eficazes para todos os riscos envolvendo eletricidade, sendo sua exposição um risco intrínseco aos profissionais de operação e manutenção do setor elétrico, responsável por mais de 80 por cento de todos os acidentes industriais. Deve-se ressaltar que sua ocorrência pode ocasionar danos severos, além de danos materiais e ao meio ambiente, conforme nível de energia incidente poderá provocar queimaduras graves e até fatais nos profissionais que executam atividades em instalações elétricas energizadas.

**Palavras-chave:** Risco por arco elétrico; Nr 10; Limite de aproximação segura (LAS) do arco elétrico.

**Área de conhecimento:** Interdisciplinares.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente estudo é baseado nas estatísticas e nas pesquisas realizadas com o objetivo de analisar e avaliar as distâncias de segurança estabelecidas no anexo II da norma regulamentadora nº10 - NR10, como zona controlada, zona de risco e principalmente a zona livre, frente às consequências da exposição do arco elétrico.

No Brasil, ainda não há dados estatísticos por categorias separadas realizados por órgãos competentes, referente à acidentes envolvendo eletricidade, principalmente quando o assunto é acidentes provenientes do arco elétrico, desse modo, alguns dados envolvendo eletricidade são encontrados em associações e estudos particulares de empresas, os quais são realizados para controles e programas de prevenção internos. Um exemplo de uma empresa particular é a Abracopel (Associação Brasileira de Conscientização para os perigos da eletricidade), que realiza o levantamento estatístico no Brasil desde 2008 sobre os acidentes provenientes de origem elétrica.

Para acidentes envolvendo queimaduras provenientes de um arco elétrico, os dados estratificados, são encontrados em literaturas e normas internacionais e/ou estrangeiras, conforme NFPA 70E (Standard for Electrical Safety in the Workplace), os arcos elétricos podem atingir uma temperatura de aproximadamente 20.000°C, sendo que exposições a esta temperatura causam queimaduras extremas e ainda provocam ignição de roupas aumentando ainda mais as queimaduras.

Todos os anos mais de 2000 pessoas dão entrada nos hospitais para tratamentos devido a acidentes elétricos provenientes de arco elétrico, podendo receber queimaduras fatais a distâncias de 3 metros. Segundo o Guia de solução prática para os riscos de Arc Flash (Practical Solution Guide To Arc Flash Hazards) as estatísticas mostram que o dano causado é considerável, embora possa parecer que os acidentes com arco elétrico são incomuns. Capelli-Schellpfeffer, Inc. of Chicago, informou que de 5 a 10 feridas de arco são resultados de hospitalização por dia, porém muitos acidentes/ferimentos provenientes de um arco elétrico não são documentadas para fins de rastreamento nacional, criando uma falta de conscientização e ignorância por parte da área de técnica e de manutenção das empresas em geral.

Ainda existem casos com efeitos irreversíveis para saúde provocados por ondas de pressão altíssimas e prejudiciais à audição (há registros de níveis de ruído acima de 120 dB), raios ultravioletas e infravermelhos prejudiciais à visão, gases tóxicos no resultado da combustão de materiais internos de painéis, danos físicos da instalação podendo causar lesões severas em grandes distâncias, liberação de partículas de metais ionizadas que podem conduzir corrente elétrica e ainda provocar queimaduras de elevado grau levando a fatalidades.

Assim, conforme manual técnico sobre vestimentas de proteção ao risco de arco elétrico e fogo repentino, 80% dos acidentes em instalações e serviços em eletricidade na indústria são provenientes do arco elétrico, um valor bastante expressivo, quando comparado aos demais riscos associados.

O presente trabalho irá avaliar as distâncias de segurança estabelecidas no anexo II da norma regulamentadora nº10 - NR10, como zona controlada, zona de risco e principalmente a zona livre, frente à exposição aos efeitos térmicos do arco elétrico, a fim de atestar que mesmo o colaborador estando em zona livre, realizando ou não atividade elétrica, conforme estabelecido pela NR10, o mesmo poderá sofrer consequências causadas pelos efeitos do arco elétrico.

## **2. OBJETIVOS**

- Informar os riscos da exposição ao arco elétrico;
- Indicar as consequências da exposição ao arco elétrico;
- Ampliar conhecimentos técnicos da NR 10;
- Conscientizar sobre um controle mais eficaz de acidentes de trabalho;
- Analisar as medidas de aproximação.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para realização do cálculo do nível de energia incidente, bem como a definição da distância de segurança o L.A.S – limite de aproximação seguro, será considerado distâncias padronizadas, a corrente de curto circuito será simétrica trifásica e o sistema de aterramento considerado será IT (aterrado por impedância). A energia incidente calculada é usada como elemento de proteção do disjuntor com o tempo de atuação com 85% da corrente de arco, e será considerado o tempo de atuação mais 5 ciclos para abertura do disjuntor e atuação da proteção. • Tipo de arco elétrico (aberto ou fechado), para este estudo será considerado fechado. • Tensão do sistema, neste caso será considerado 13.8 kV = 13800 Volts • Corrente de Falta em kA, neste estudo será considerado 31 kA; • Distância entre barras GAP que será analisado pelo nível básico de isolamento NBI, neste estudo será considerado 153 mm; • Distância de trabalho tipicamente utilizadas podendo ser (910 mm, 610 mm ou 455 mm)

dependendo das características da instalação e nível de tensão, para este trabalho será considerado 910 mm = 35.826 polegadas; • Duração do arco elétrico em segundos, neste exemplo será considerado o tempo total de 0.88 segundos.

#### **4. ARCO ELÉTRICO: DEFINIÇÃO**

O arco elétrico, também conhecido como arco voltaico, é um fenômeno muito forte e importante da eletricidade inerente aos sistemas elétricos que pode liberar calor muito intenso. Acontece quando há uma ruptura dielétrica de um determinado gás que, por consequência, fará uma descarga de plasma, conseguindo romper a isolação feita pelo ar e conduzir elétrons de um eletrodo ao outro através de um fluxo de corrente, como um relâmpago ou um curto circuito no ar.

Nesse fenômeno existem dois fatores principais para a sua formação que é o tipo de gás e a pressão no local, cada fator determina temperatura e brilho diferentes.

##### **4.1. CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS**

A exposição ao arco elétrico é um risco iminente aos profissionais de operação e manutenção do setor elétrico, sendo responsável por mais de 80 por cento de todos os acidentes industriais. Devendo-se ressaltar que a ocorrência dele pode ocasionar danos severos e até fatais aos que executam atividades em instalações elétricas energizadas, além de danos materiais e ao meio ambiente conforme o nível de energia incidente, pois diversas formas de energia podem ser liberadas como a elétrica, térmica, acústica, mecânica ou radioativa.

Além de calor intenso, são liberadas partículas de metais ionizadas que produzem e conduzem correntes que aumentam a pressão do ar podendo prejudicar o sistema auditivo, podem emitir raios ultravioletas e infravermelhos prejudiciais à visão e liberar gases tóxicos como resultado da combustão de materiais internos de painéis elétricos.

Esse fenômeno pode ocorrer devido a causas diversas em atividades com circuitos elétricos energizados independente do nível de gestão ou decorrentes de falhas no processo, erro humano como o esquecimento de ferramentas após manutenção, falha de procedimentos, manutenção errada, poluição excessiva ou degradação dos meios isolantes, instalações inadequadas, componente defeituoso,

características de alguns equipamentos ou componentes eletrônicos, aquecimento de um conexão mal apertada, entre outros.

As ocorrências dos acidentes com arco elétrico predominam em equipamentos elétricos energizados sem segregação, onde o profissional realiza atividades como extração de fusíveis NH, medição de grandezas elétricas em baixa tensão, voltímetros com contato acidental em circuitos vivos, chaveamento de cargas, etc.

## **4.2. ENERGIA INCIDENTE**

Energia Incidente é o nível de energia liberado em um arco elétrico, podendo ser definida como “uma quantidade de energia imposta em uma superfície, a certa distância da fonte, gerada durante a ocorrência de um arco elétrico”, de acordo com NR 10. A energia liberada nesse fenômeno pode atingir temperaturas de até 20.000° C, dependendo da situação, causando queimaduras muito graves ou mesmo a morte, pois o limite suportado pela pele humana é em torno de 47° C, sendo acima desse valor, necessária a adoção de medidas de proteção para diminuir o impacto do nível da energia incidente.

### **4.2.1. Cálculo do Nível de Energia Incidente**

Segundo Aguinaldo Bizzo, “Quantificar o valor da energia incidente num arco elétrico e a condição é imprescindível para a definição e seleção de medidas de controle eficientes, tanto para proteção do trabalhador como das instalações elétricas e do meio ambiente.”

Para o cálculo de energia incidente, devem-se utilizar referências normativas oficiais, conforme a NR 10, item 10.1.2 que diz: “Esta NR se aplica, a todas as fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.”

Considerando que não possuímos ainda norma técnica nacional específica sobre o assunto, devemos utilizar como base as normas internacionais vigentes.

Para o cálculo da energia incidente devido ao arco elétrico, algumas linhas de raciocínio e modelos de cálculo são utilizados, tais como: Ralph Lee (Método da Máxima Energia Incidente – Teórico); NFPA 70E (Aproximação para baixa tensão do método teórico); IEEE 1584 (Modelo empírico baseado em ensaios normalizados); Heat Flux (Transferência de Calor); Arc PRO (Transferência de Calor mais condições de contorno específicas), resumidos na Tabela 1 abaixo. Os métodos mencionados calculam as zonas e limites de aproximação para a segurança e prevenção de acidentes.

Tabela1 - Parâmetros e limitações dos cálculos

<b>FONTE</b>	<b>LIMITAÇÕES E PARÂMETROS</b>
Ralph Lee	Calcula os limites de aproximação para o arco elétrico em ambientes ao ar livre, acima de 600V e torna-se ainda mais conservador com tensões elevadas.
DoughtyNeal	Calcula a energia incidente de um arco trifásico em sistemas comuns de 600V abaixo. Aplica-se as correntes de curto-circuito entre 16 kA e 50 kA.
Ralph Lee	Calcula a energia incidente de um arco trifásico em ambientes ao ar livre em sistemas normais inferiores a 600V e torna-se ainda mais conservador com tensões elevadas
IEE 1584	Calcula a energia incidente e a fronteira de segurança do arco elétrico para 208V a 15 kV; 50 Hz a 60 Hz; corrente de curto circuito de 700 A a 106.000 A (0,7 kA a 106 kA); distância dos condutores entre 13 a 152 mm
ANSI/IEE C2 ESC- Section410 Tables 410-1 and Table 410-2	Calcula a energia incidente de um arco fase terra em ambientes ao ar livre para 1 kV a 500 kV para trabalhos em linha viva.

Fonte: Adaptada Standard for Electrical Safety in The Workplace, 2015

Na Figura 1 abaixo, podemos ver um exemplo desses cálculos feitos em programas pela Metodologia de cálculo da NFPA70E para definição do LAS – Limite de Aproximação Segura para proteção ao risco de arco elétrico.

Figura 1 – Metodologia de cálculo da NFPA70E para definição do LAS – Limite de Aproximação Segura para proteção ao risco de arco elétrico.

**6.6.4. Equação obtida empiricamente:**

$$DB = [4,184.Cf.En (t / 0,2).(610x / En)]^{1/x}$$

**6.6.5. Equação obtida teoricamente:**

$$(DB)^2 = 2,142.X.106 V.Ibf (t / EB)$$

**Onde:**

**DB = Distância (mm) da fronteira de proteção ao ponto de ocorrência do arco elétrico.**

**Cf = Fator de cálculo: = 1.0 para tensões superiores a 1kV e 1,5 para tensões iguais ou inferiores a 1kV**

**En = energia incidente normalizada**

**EB = energia incidente em J/cm<sup>2</sup> para a distância da fronteira de proteção contra o arco Elétrico.**

**t = tempo (s)**

**X = Expoente da distância da tabela D.8.2 (Página 16)**

**Ibf = possível corrente de curto circuito sólido trifásico**

**V = tensão do sistema em kV**

Fonte: Adaptada Standard for Electrical Safety in The Workplace, 2015

Dentro dos diversos métodos apresentados, os mais utilizados no segmento industrial são NFPA 70 E, IEEE 1584. Quando os limites desses métodos forem ultrapassados, as equações teóricas de Ralph Lee poderão ser utilizadas. Para os segmentos que atuam no SEP – Sistema Elétrico de Potência, para Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, as características das instalações não atendem os limites definidos pelos métodos NFPA 70E e IEE 1584, que, se utilizados, podem implicar em valores de energia incidentes não condizentes com a realidade laboral desses segmentos, resultando na especificação de um EPI impraticável. Assim, para esses cenários, devem-se utilizar softwares de cálculo específicos como Heat Flux ou Arc Pro.

### **4.3. ZONAS E LIMITES DE APROXIMAÇÃO**

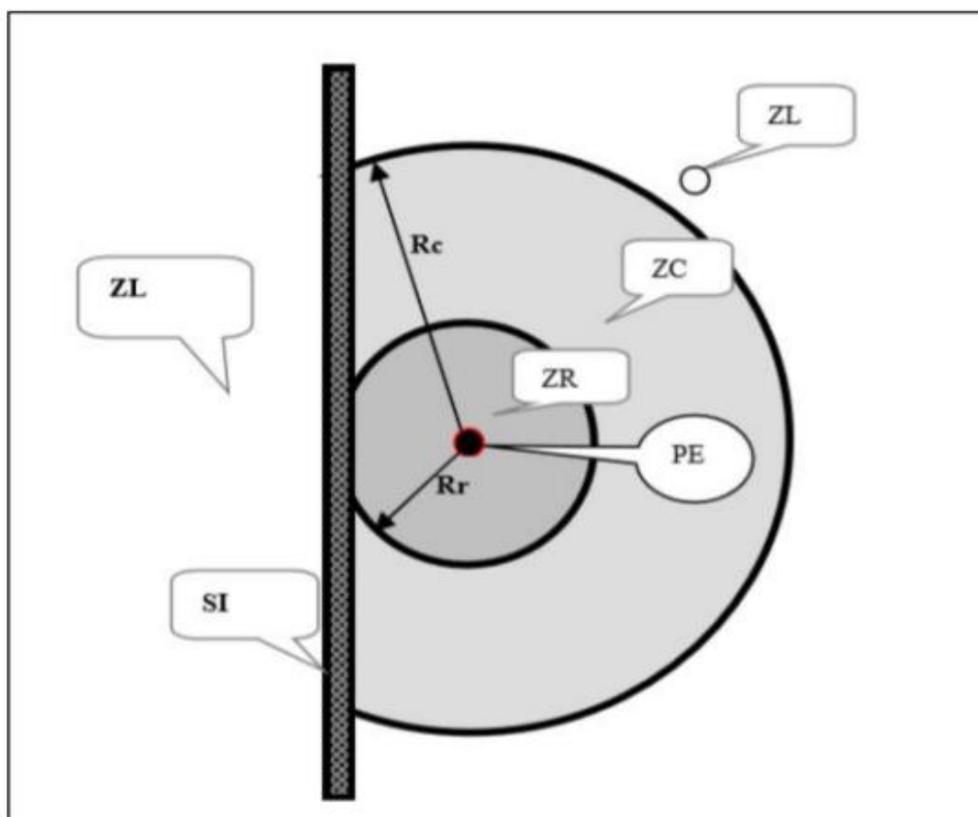
A Norma Regulamentadora 10, a NR 10, que estabelece normas de segurança em instalações e serviços em eletricidade, equipara-se às principais normas internacionais que tratam o tema de segurança em eletricidade, sendo que uma das alterações se refere ao estabelecimento do distanciamento seguro através da criação das zonas controladas, zona de risco e zona livre, entretanto quando o assunto é arco elétrico e limite de aproximação seguro – LAS, a mesma não menciona a real necessidade da definição do cálculo nem ao menos a distância de segurança frente

aos efeitos térmicos do arco elétrico.

Considerando as distâncias estabelecidas pela NR10 como distâncias de segurança, podemos considerar que caso exista parte condutora sem segregação, quaisquer profissionais posicionados dentro das zonas controlada e zonas de risco, estariam expostos aos riscos da eletricidade como risco de choque elétrico e arco elétrico e caso os profissionais estejam posicionados em zona livre, ou seja, fora da zona controlada, estariam protegidos ao risco dos efeitos da eletricidade.

Referente as distâncias de segurança estabelecidas pela NR10, onde já é pré-estabelecido as distâncias de acordo com o nível de tensão, a figura 2 estabelece o mesmo conceito de espaços radiais circunscritos no ar e que estabelecem a delimitação das zonas, contudo permitindo a redução desses espaços mediante a interposição de superfície de separação física adequada que segregue e confine o perigo e assegure a zona livre, a partir do exterior da superfície, essa condição pode ser obtida através da instalação de invólucros como (quadros, painéis, etc) e barreiras (portas, paredes, telas apropriadas, etc) com acesso restrito.

Figura 2 - Distância no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre, com interposição de superfície de separação física adequada.



Fonte: Anexo II da NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade

ZL = Zona Livre

ZC = Zona Controlada, restrita a trabalhadores autorizados

ZR = Zona de Risco, restrita a trabalhadores autorizados e com a adoção de técnicas, instrumentos e equipamentos apropriados ao trabalho.

PE = Ponto da Instalação Energizada

SI = Superfície Isolante construída com material resistente e dotada de todos dispositivos de segurança.

A NFPA 70 define que em certas circunstâncias a fronteira de proteção do arco elétrico, definida como LAS – limite de aproximação seguro, pode ser uma distância maior que a fronteira de aproximação limitada, ou seja, zona livre conforme estabelecido pelo anexo II da NR10.

Assim, para que tenhamos uma real distância segura de aproximação

frente a exposição aos efeitos térmicos do arco elétrico, é necessário calcular o nível de energia incidente, bem como o LAS – Limite de aproximação seguro, distância definida como a fronteira de proteção contra o arco elétrico, ou seja, é uma distância das partes vivas expostas, dentro do qual uma pessoa possa receber queimaduras de até Segundo grau, na ocorrência de um arco elétrico.

#### 4.3.1 – Zona de Risco (ZR)

É o entorno de parte condutora energizada, não segregada, acessível inclusive acidentalmente, de dimensões estabelecidas de acordo com o nível de tensão, cuja aproximação só é permitida a profissionais autorizados e com a adoção de técnicas e instrumentos apropriados de trabalho.

#### 4.3.2 – Zona Controlada (ZC)

É o entorno de parte condutora energizada, não segregada, acessível, de dimensões estabelecidas de acordo com o nível de tensão, cuja aproximação só é permitida a profissionais autorizados.

Importante esclarecermos e salientarmos que somente será considerado a exposição do trabalhador as zonas de risco e controlada quando existir uma instalação elétrica energizada não segregada, ou seja, a instalação elétrica possui uma parte viva acessível inclusive acidentalmente não dotada de invólucro ou barreira.

#### 4.3.3 – Zona Livre (ZL)

É toda área após o limite da zona controlada, onde, a princípio, quaisquer pessoas estariam livres de riscos elétricos.

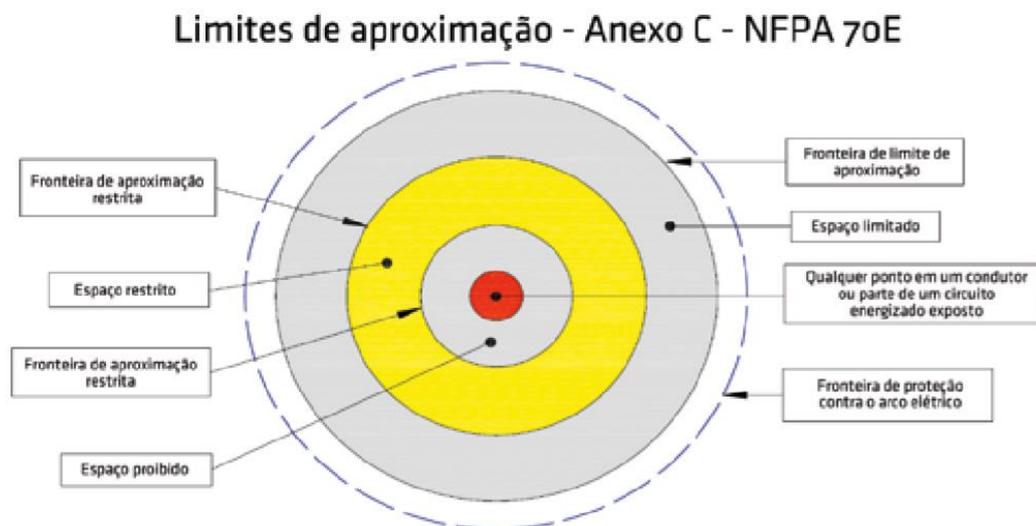
Importante ressaltarmos que mesmo o trabalhador posicionado em zona livre, poderá ser caracterizado atividade em proximidade, ou seja, trabalho durante o qual o trabalhador pode adentrar na zona controlada, ainda que seja com uma parte do seu corpo ou com extensões condutoras, representadas por materiais, ferramentas

ou equipamentos que manipule, conforme item 28 do glossário da NR10.

#### 4.3.4 – Limites de Aproximação Segura (LAS)

Considerando-se as distâncias estabelecidas pela NR-10, é necessário considerar-se mais uma distância de segurança, ou seja, o LAS – Limite de Aproximação Segura, conforme NFPA 70E (vide Figura 3 abaixo).

Figura 3 – Limites de Aproximação para Riscos Elétricos



Fonte: Adaptada Standard for Electrical Safety in The Workplace, 2015

Considerando-se ainda conceitos internacionais, a OSHA 29 CFR 1910.132(d), onde houver trabalhos na zona controlada, a análise de risco a arco deverá ser feita, e a exposição à energia incidente (em cal/cm<sup>2</sup>) deverá ser determinada e documentada. Nos Estados Unidos, já se considera a necessidade da definição do LAS – Limite de Aproximação Segura para a exposição ao risco de arco elétrico, bem como a obrigatoriedade de documentar-se esse cálculo. Assim, considerando-se as premissas estabelecidas pela NR-10, esse cálculo deve ser feito por um profissional legalmente habilitado, ou seja, um engenheiro eletricista.

### 4.4. MEDIDAS PREVENTIVAS E PROTETIVAS

#### 4.4.1 – Sinalização

De acordo com a NEC 2002 – 110.6 Flash Protection, que diz que onde houver painéis de comando e de controle industrial e centros de controle de motor em diferentes ocupações que possam requerer inspeção, ajuste, conserto e manutenção enquanto energizados, deverá haver campo para advertir as pessoas qualificadas dos perigos do arco elétrico.

As etiquetas deverão ser localizadas para ser claramente visíveis a pessoas qualificadas antes da inspeção, ajuste, conserto, ou manutenção do equipamento.

O item 10.10 da NR 10 – Sinalização de Segurança, estabelece as premissas para sinalização das instalações elétricas considerando: identificação de circuitos elétricos, travamento e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobras e comandos, restrições e impedimentos de acesso, delimitações de áreas, sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas e a sinalização de impedimento de energização.

Dessa forma, a obrigatoriedade da sinalização contemplando o LAS – Limite de Aproximação Segura para o risco de arco elétrico está contemplada no item 10.10 alínea “C” da NR-10, e, dessa forma, deve-se definir um padrão de sinalização que contemple todas as premissas estabelecidas pela NR-10, considerando-se o risco de choque e arco elétrico, bem como os EPI’s necessários para a execução de trabalhos nesses locais, como mostrado no exemplo da Figura 4 abaixo.

Figura 4 – Exemplo de Sinalização para painéis elétricos.



Fonte: Adaptada Standard for Electrical Safety in The Workplace, 2015

Deve-se ressaltar que quando o nível de energia incidente for superior a  $40 \text{ cal/cm}^2$ , ou seja, acima do Nível de Risco 4, onde não existir EPI adequado, essa condição deve ser evidenciada na sinalização, enfatizando-se a proibição de trabalhos com circuitos energizados, conforme exemplo da Figura 5, utilizado nos EUA.

Figura 5 – Exemplo de Sinalização para painéis elétricos (EUA).



Fonte: Adaptada Standard for Electrical Safety in The Workplace, 2015

Dessa forma, para atendimento à NR-10, é necessário que seja realizada uma análise de riscos específica, considerando-se os riscos de choque e arco elétrico, efetuando-se o cálculo do nível de energia incidente por profissional legalmente habilitado, que subsidiará a especificação do EPI adequado, devendo os painéis elétricos serem sinalizados com as distâncias estabelecidas pela NR-10 para ZR – Zona de Risco e ZC – Zona controlada, bem como o LAS – Limite de aproximação segura para arco elétrico.

#### 4.4.2 – Equipamento de Proteção Individual (EPI)

A norma regulamentadora – NR10, mencionando somente sobre a especificação dos equipamentos de proteção individual, coletiva e ferramental em seu item 10.2.4 alínea “c”, especifica que as vestimentas de trabalho devem ser adequadas a inflamabilidade em seu item 10.2.9.2, conforme abaixo: 10.2.4 Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo: c)

especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR; 10.2.9.2 As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas. Diante dos itens mencionados 10.2.4 e 10.2.9.2 da NR10, é entendido de forma implícita a necessidade da avaliação e quantificação do valor térmico do arco, para podermos especificar as vestimenta de trabalho adequada a inflamabilidade, entretanto no cenário atual Brasileiro, ocorre uma banalização, não sendo especificado vestimentas adequadas de acordo com o nível de energia incidente do cenário, e sim especificado de acordo com o nível de tensão da instalação, ocasionando sérios danos aos trabalhadores expostos aos efeitos do arco elétrico, podendo levar até a morte.

Segundo manual técnico sobre vestimentas de proteção ao risco de arco elétrico e fogo repentino 80% dos acidentes em instalações e serviços em eletricidade na indústria são provenientes do arco elétrico, um valor bastante expressivo, para não ser considerado uma avaliação específica para proteção das pessoas. Assim, considerando o anexo II da norma regulamentadora nº 10, NR10 – Segurança em instalações e Serviços em eletricidade, são considerados distâncias padronizadas de acordo com o nível de tensão da instalação que delimitam radialmente as Zonas de risco, controlada e livre.

A OSHA 1910.269(I)(6) diz que: Roupas resistentes à chama e equipamentos de proteção pessoal deverão ser usados por trabalhadores conforme a exposição da energia incidente em determinada tarefa. Assim, considerando-se as premissas estabelecidas pela NR-10, vestimentas FR deverão ser especificadas pelo SESMT, conforme premissas estabelecidas pelo MTE.

#### **4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Conforme mencionado no decorrer deste trabalho, a NR10 não explicita a real necessidade da definição da distância de segurança frente a exposição do arco elétrico, sendo somente mencionado as distâncias de segurança estabelecidas no anexo II da norma, ou seja, zona controlada, zona de risco e zona livre, dessa forma, será apresentado abaixo, um exemplo de cálculo do nível de energia incidente baseado no método da IEE 1584 e os resultados comparados com a distância de

segurança estabelecida pela NR10 como zona livre, ou seja, zona onde o trabalhador estaria livre dos efeitos da eletricidade.

Após elaborado o cálculo do nível de energia incidente, e definido a distância limite de aproximação seguro – LAS, que é de aproximadamente 40 metros para nosso exemplo, cujo o cubículo energizado de 13800 Volts, quando comparado com as distâncias estabelecidas no anexo II pela NR10 como zona de risco menor 0.38 metros, zona controlada maior que 0,38m e menor que 1,38 metros, e zona livre superior a 1,38m, é fácil concluirmos que mesmo o profissional estando posicionado em zona livre, o mesmo estará expostos aos efeitos térmicos da eletricidade.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho foi um estudo desenvolvido a partir de artigos, dados coletados e desenvolvidos por empresas particulares, e informações provenientes da NR 10. Foram feitas análises dos problemas mencionados nos artigos, trabalhos e comparações dos cálculos apresentados.

Diante do presente estudo e das pesquisas realizadas, considerando a legislação atual da norma regulamentadora 10, em que o principal foco foi analisar as distâncias de segurança estabelecidas no anexo II da mesma na Zona Livre, na Zona Controlada e na Zona de Risco, conclui-se que as distâncias de segurança estabelecidas na norma não devem ser consideradas como seguras frente à exposição dos efeitos térmicos do arco elétrico. Devem ser consideradas somente para definição de medidas de controle para choque elétrico por contato direto, uma vez que, conforme exemplo real de cálculo de energia incidente mencionado no trabalho, sendo queo mesmo pode atingir uma distância muito maior do que a distância padronizada por norma.

Assim, compreendemos que caso o trabalhador respeite somente a distância de segurança estabelecida normativamente como zona livre e que haja a formação de um arco elétrico, poderá sofrer queimaduras severas a uma distância de até 40 metros do ponto energizado. Portanto, conclui-se que as distâncias de segurança estabelecidas normativamente devem ser respeitadas e consideradas para exposição referente ao choque elétrico por contato direto e não devem ser consideradas para exposição aos efeitos térmicos. Para este evento, faz-se necessário um estudo

específico com o estabelecimento de distâncias de segurança e definição ou seleção de medidas de controle de acordo com cada cenário elétrico existente.

As observações analisadas são de extrema importância devido ao grande número de acidentes no setor elétrico, evidenciando que a Norma Regulamentadora 10 não possui uma delimitação de distância segura quanto ao risco de arco elétrico, somente quanto ao choque por contato direto.

Mesmo com a criação da Norma Regulamentadora, as diretrizes ainda precisam de ajustes e atualizações para um controle e uma prevenção mais eficaz contra as fatalidades, com a necessidade de mais estudos a serem apresentados e solidificados para que a norma seja atualizada e as medidas sejam definitivamente protetivas.

## REFERÊNCIAS

Anuário Estatístico Brasileiro dos Acidentes de Origem Elétrica, acesso em 22 outubro 2019, disponível em site abracopel: <http://abracopel.org/>

ALMEIDA, Aguinaldo Bizzo. Análise de Riscos: Exposição ao Risco de Arco Elétrico – parte 1. **Espaço do Especialista**, p.84-86.

\_\_\_\_\_. Análise de Riscos: Exposição ao Risco de Arco Elétrico – parte 2. **Espaço do Especialista**, p.102-105.

\_\_\_\_\_. Análise de Riscos: ZL – Zona Livre X LAS – Limite de Aproximação Segura – parte 1. **Espaço do Especialista**, p.94-96.

\_\_\_\_\_. Análise de Riscos: ZL – Zona Livre X LAS – Limite de Aproximação Segura – parte 2. **Espaço do Especialista**, p.140-144.

\_\_\_\_\_;GOECKING, Reyder Knupfer. **Manual Técnico de Vestimenta sobre Proteção ao Risco de Arco Elétrico e Fogo Repentino**. Rio de Janeiro: Publit Soluções Editorias,

\_\_\_\_\_. Medidas de Proteção ao Risco de Arco Elétrico - Cálculo de Energia Incidente.**Espaço do Especialista**, p.86-90.

\_\_\_\_\_. Riscos Elétricos. **Revista CIPA**, p.96-102.

**Manual Técnico sobre vestimenta de proteção ao Risco de Arco Elétrico e Fogo Repentino**, acesso em 22 outubro de 2019, disponível em site do Ministério do Trabalho e Emprego: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/>.

MTE, M.d. (29 de abril de 2016) **Norma Regulamentadora NR10**, acesso em 22 dezembro 2017, disponível em site do Ministério do Trabalho e Emprego: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadorasnr10-seguranca-em-instalacoes-servicos-em-eletricidade>.

<https://www.sabereletrica.com.br/arco-eletrico-definicao/>, acesso em 10/07/2020.

TOGNON, Diego Bruno. **Análise das Distâncias de Segurança Estabelecidas pela NR 10 para Trabalhos com eletricidade considerando a Exposição ao Risco de Arco Elétrico**. UNIP, Campinas, 2018.