

**NR10 – SEGURANÇA EM
INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM
ELETRICIDADE**

**ANÁLISE DAS DISTÂNCIAS DE
SEGURANÇA ESTABELECIDAS PELA
NR10 X LAS – LIMITE DE
APROXIMAÇÃO SEGURA**

SUMÁRIO

1. ANÁLISE DAS DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ESTABELECIDAS PELA NR10 X LAS – LIMITE DE APROXIMAÇÃO SEGURA	3
3. REFERÊNCIAS	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas risco, controlada e livre	4
Figura 2 - Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre, com interposição de superfície de separação física adequada	4
Figura 3 – Equipamento Segregado MT	5
Figura 4 - Painel Elétrico BT "Descopartimentado"	6
Figura 5 – Exemplo Prático e estratificação Zona de Risco, Controlada e Zona Livre	7
Figura 6 - Metodologia de Cálculo NFPA70E	8
Figura 7 - Equipamento Energizado 13.8 kV	13
Figura 8 - Exemplo Simplificado do Cálculo do Nível de Energia Incidente	13
Figura 9 - Limite de Aproximação para Riscos Elétricos	14
Figura 10 - Exemplo de Sinalização para Painéis Elétricos	14

NR10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE

1. ANÁLISE DAS DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ESTABELECIDAS PELA NR10 X LAS – LIMITE DE APROXIMAÇÃO SEGURA

Em outros textos, já abordamos os temas zona de risco e zona controlada; entretanto, devido ao erro de interpretação dos conceitos estabelecidos na NR-10 (<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>), bem como o fato de ela não tratar de forma clara a exposição ao risco de arco elétrico, inúmeras análises são feitas de forma inadequada, e não são adotadas medidas de controle necessárias e os profissionais são expostos a acidentes graves.

As atividades de manutenção em instalações elétricas energizadas expõem os trabalhadores a riscos elétricos intrínsecos, especialmente a riscos de choque elétrico por contato direto e exposição ao risco de arco elétrico.

A NR-10 – Segurança em Instalações Elétricas e Serviços em Eletricidade define a obrigatoriedade de elaboração e análise de riscos para trabalhos com eletricidade, conforme item 10.2.1, considerando, além dos riscos elétricos, a exposição a riscos adicionais.

Considerando a exposição a riscos elétricos, a NR-10 estabelece o distanciamento seguro através da criação das zonas controladas e de risco no entorno de pontos ou conjuntos energizados, onde o ingresso é restrito a profissionais ou pessoas autorizadas mediante determinadas condições. Definiu-se padronizadas “para a definição de zona na de Risco e Zona Controlada”, cuja dimensão está associada ao nível tensão.

O Anexo 2 da NR-10 define os raios de delimitação de zonas de risco, controlada e livre, vide tabela 1 e Figuras 1 e 2, sendo que no Glossário da NR-10, temos a seguinte definição para Zona de Risco e Zona Controlada:

30. Zona de Risco: 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.

31. *Zona Controlada: 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.*

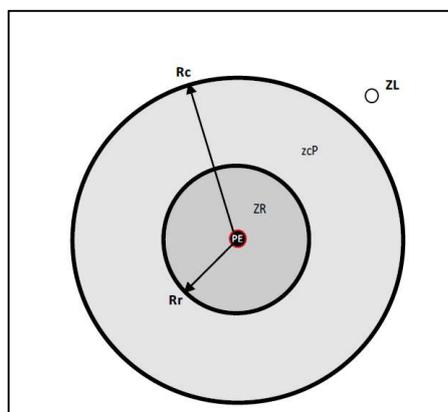
Deve ser ressaltado que a existência de Zona de Risco e Zona Controlada estabelecidas pela NR-10 estão condicionadas a dois fatores intrínsecos: circuitos elétricos energizados e “sem segregação”, sendo que o conceito de segregação está descrito no Glossário da norma da seguinte forma:

9. *Equipamento Segregado: equipamento tornado inacessível por meio de invólucro ou barreira.*

É fundamental essa explanação devido à interpretação errônea do conceito de ZR por grande número de profissionais da área elétrica, SESMT e “auditores de NR-10”, que não consideram a condição de segregação da instalação elétrica energizada para possível caracterização da real exposição a Zona de Risco e Zona Controlada estabelecidas pela NR-10, ou seja, somente consideram o fato da existência de circuitos elétricos energizados com a presença de profissionais executando atividades.

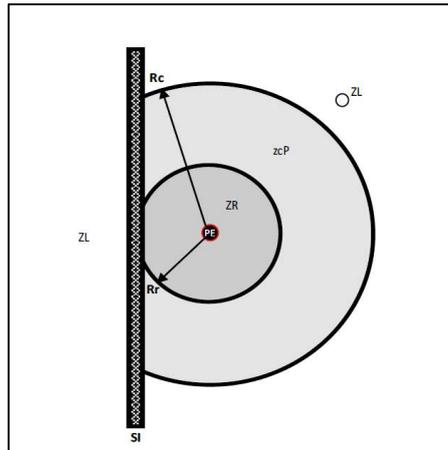
Nota: os conceitos de segregação por invólucros, barreiras, obstáculos etc. estão descritos nas NBR5410 – Instalações Elétricas de BT, NBR14039 – Instalações Elétricas de MT etc., e já foram abordados em apresentação anterior.

Figura 1 - Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre



Fonte: Recorte Anexo II da NR10

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



Fonte: Recorte Anexo II da NR10

Tabela 1 - Raios de delimitação de zonas de risco, controlada e livre

FAIXA DE TENSÃO NOMINAL DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA EM KV	RR - RAIJO DE DELIMITAÇÃO ENTRE ZONA DE RISCO E CONTROLADA EM METROS	RC - RAIJO DE DELIMITAÇÃO ENTRE ZONA CONTROLADA E LIVRE EM METROS
<1	0,20	0,70
≥1 e <3	0,22	1,22
≥3 e <6	0,25	1,25
≥6 e <10	0,35	1,35
≥10 e <15	0,38	1,38
≥15 e <20	0,40	1,40
≥20 e <30	0,56	1,56
≥30 e <36	0,58	1,58
≥36 e <45	0,63	1,63
≥45 e <60	0,83	1,83
≥60 e <70	0,90	1,90
≥70 e <110	1,00	2,00
≥110 e <132	1,10	3,10
≥132 e <150	1,20	3,20
≥150 e <220	1,60	3,60
≥220 e <275	1,80	3,80
≥275 e <380	2,50	4,50
≥380 e <480	3,20	5,20
≥480 e <700	5,20	7,20

Fonte: Tabela adaptada da NR10

Figura 3 – Equipamento Segregado MT



Fonte: Próprio Autor

Assim, instalações elétricas segregadas, independentemente do nível de tensão, uma vez que possuam Grau IP adequado, mesmo dentro de um local de serviço fechado, não caracterizam a existência de Zona de Risco e conseqüentemente, a Zona Controlada, como exemplo na Figura 3, onde temos uma sala elétrica, com CCM de media tensão energizado, com Grau IP 41, e, dessa forma, não está configurada a zona de risco e zona controlada.

Deve-se ressaltar que, uma vez violada a compartimentação do invólucro, abrindo-se a porta ou retirando-se a tampa do equipamento energizado, a zona de risco e zona controlada serão caracterizadas.

Dessa forma, em um equipamento elétrico energizado “descompartimentado”, uma vez que seja possível o acesso acidental às partes vivas, teremos caracterizada a zona de risco e zona controlada, considerando-se a exposição a risco de choque elétrico por contato direto, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Painel Elétrico BT "Descopartimentado"



Fonte: Próprio Autor

Da mesma forma, instalações elétricas energizadas, como redes aéreas sem segregação, transformadores sem segregação das buchas etc., intrinsecamente serão caracterizadas como zona de risco e zona controlada, conforme mostra a Figura 5.

Dessa forma, podemos resumir os conceitos de zona de risco e zona controlada, considerando-se o seguinte:

ZR: É uma área em torno de um circuito elétrico energizado, sem segregação, com dimensão estabelecida conforme nível de tensão, onde estiver posicionado dentro dessa área. Poderá acessar acidentalmente a parte viva da instalação elétrica, ou seja, poderá acidentalmente sofrer um choque elétrico por contato direto. Assim, somente é permitido o acesso de profissionais autorizados a essa área, (conforme preceitos da NR-10), que poderão intervir no circuito elétrico energizado, adotando medidas de controle adequadas.

ZC: é uma área após o limite da zona de risco com dimensão estabelecida conforme nível de tensão, e quem estiver dentro dela poderá acidentalmente adentrar a zona de risco; assim, somente é permitido o acesso a ela por profissionais autorizados, que possuam procedimentos específicos para realizarem atividades dentro dela.

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

Vale ressaltar que o conceito de Zona Controlada, Risco e Livre está fundamentado pela NR-10 através de distâncias de segurança baseadas no Risco de Choque Elétrico. Essas distâncias já apareciam em normas estrangeiras e/ou internacionais, como NEC 2002, NFPA 70E 2004, OSHA/CFR 1910, NESC 2001 e outras.

Todas essas normas relacionam as distâncias de segurança entre partes vivas, com base no risco de choque elétrico. Dessa forma, para análise do risco de Arco Elétrico, uma avaliação mais detalhada será necessária.

Assim, é fundamental o entendimento de que a caracterização de zona de risco e zona controlada, estabelecidas pela NR-10, somente ocorrerá quando houver a possibilidade de acesso a partes vivas de circuitos elétricos sem segregação, onde existe o risco intrínseco de choque elétrico por contato direto, sendo que a exposição ao risco de arco elétrico não está contemplada nessas condições.

Figura 5 – Exemplo Prático e estratificação Zona de Risco, Controlada e Zona Livre



Fonte: Próprio Autor

Ressalta-se que o conceito de distância de segurança estabelecida na NR-10 para Zona Livre considera que quaisquer pessoas, sejam profissionais da área elétrica (BA5) ou não (BA1 e BA4) que estejam nela posicionados, estariam livres

de riscos elétricos. Entretanto, essa afirmação não é verdadeira, uma vez que as distâncias estabelecidas pela NR-10 consideram somente o risco de choque elétrico e não de arco elétrico.

A exposição ao risco de arco elétrico é condição intrínseca das atividades de operação e manutenção de instalações elétricas energizadas, condição predominante nas empresas, seja em contato direto com circuitos elétricos energizados, seja na proximidade desses circuitos elétricos energizados.

Dessa forma, deve-se efetuar uma análise de risco específica para se avaliar a real exposição ao risco de arco elétrico, calculando-se o nível de energia incidente existente na instalação elétrica, sendo que esse tema (metodologias de cálculo) não é objetivo deste estudo.

Considerando a análise referente às distâncias estabelecidas pela NR-10, podemos afirmar que além das Zr – Zona de risco, ZC – Zona controlada e ZI – Zona livre, é necessário calcular uma outra distância para se definir o limite de proteção ao risco de arco elétrico. Utilizando-se as definições da NFPA 70E (<https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=70E>) “Em certas circunstâncias, a fronteira de proteção ao risco de arco elétrico pode ser uma distância maior às partes energizadas do que a fronteira de aproximação limitada”, ou seja, mesmo posicionado em local onde não exista o risco de acesso a partes vivas da instalação elétrica e, portanto, não exista o risco de choque elétrico por contato direto, o profissional ou pessoa poderá sofrer danos oriundos de um arco elétrico.

A NFPA 70E define ainda que: a fronteira de proteção ao risco de arco elétrico é a distância na qual é provável que uma pessoa receba queimadura de segundo grau, assumida quando recebe uma energia incidente de 5 j/cm^2 ($1,2 \text{ cal/cm}^2$).

Assim, é necessário calcular o LAS – Limite de Aproximação Segura para o risco de arco elétrico, sendo que uma das formas é utilizar-se do método apresentado pela NFPA70E, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 - Metodologia de Cálculo NFPA 70E

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

6.6.5. Equação obtida teoricamente:
 $(DB)^2 = 2,142.X.106 V.lbf (t / EB)$

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/cm² 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)
lbf = possível corrente de curto circuito sólido trifásico
V = tensão do sistema em kV

Fonte: Adaptada NFPA 70 E (Próprio Autor)

Como exemplo ilustrativo, é apresentado um cenário elétrico, com instalações elétricas de MT – 13.8 kV, em local de serviço elétrico fechado, conforme mostra a Figura 7, onde se efetuou o cálculo do nível de energia incidente e do LAS – Limite de Aproximação Segura, com o objetivo de comparar esses valores com as distâncias estabelecidas pela NR-10.

Para o cálculo do LAS, foi utilizado o método descrito na NFPA 70E, considerando-se a metodologia do IEE 1584, (conforme já frisado, não é objetivo deste texto), cujo “resultado sintetizado” está descrito na Figura 8.

Considerando-se as distâncias estabelecidas pela NR-10 para Zona de Risco, Zona Controlada e Zona Livre, para uma instalação elétrica, conforme mostra a Figura 7, considerando-se o Grau IP (Grau de Proteção – IP) existente, profissionais BA5, ao efetuarem manobras no equipamento, estariam protegidos se posicionados em ZL – Zona Livre, nesse caso, acima de 1,38 m da parte viva da instalação elétrica. Entretanto, mesmo nessa posição, que a princípio estaria seguro pela NR-10, esse profissional estaria exposto ao risco de arco elétrico, uma vez que o nível de energia incidente calculado foi de 9,71 cal/cm², e, dessa forma, a Fronteira de Risco ao arco elétrico é de 12,91 pés – aproximadamente quatro metros, ou seja, uma distância muito maior do que a estabelecida pela NR-10 como ZL – Zona Livre.

Nota: não abordaremos aqui medidas de controle para exposição ao arco elétrico, e o exemplo é somente ilustrativo para discussão de distâncias de segurança.

Dessa forma, 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 9). 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/cm²) 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.

A OSHA 1910.269(l) (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.

Considerando-se a NEC 2002 – 110.16 Flash Protection: 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 etiquetas de campo para advertir as pessoas qualificadas dos perigos de arco elétrico.

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

Considerando-se as premissas estabelecidas pela NR-10, o item 10.10 – Sinalização de Segurança, estabelece as premissas para sinalização das instalações elétricas considerando:

- A) identificação de circuitos elétricos;
- B) travamento e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobras e comandos;
- C) restrições e impedimentos de acesso;
- D) delimitações de áreas;
- E) sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;
- F) 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 10.

Deve-se ressaltar que quando o nível de energia incidente for superior a 40 cal/cm², 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.

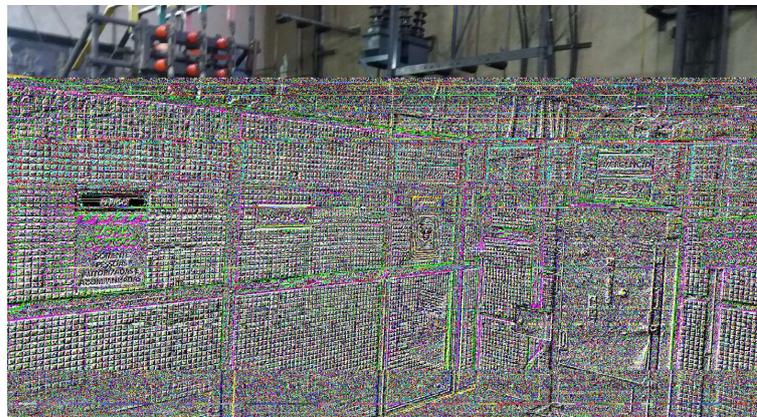
Assim, para atendimento à NR-10, é necessário que seja realizada uma análise de riscos específica, considerando-se os riscos de choque e arco elétrico, efetuando-se o cálculo do nível de energia incidente por profissional legalmente habilitado, que subsidiará a especificação do EPI adequado, devendo 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.

Ainda, é fundamental que se entenda que as distâncias de segurança estabelecidas pela NR-10 não consideram a exposição ao risco de arco elétrico e,

em determinadas situações, o profissional pode estar exposto aos efeitos do arco elétrico mesmo estando em ZL – Zona livre, onde “teoricamente” não haja riscos elétricos.

Ressalta-se que neste texto somente foi abordada a exposição ao risco de arco elétrico considerando-se as distâncias de segurança estabelecidas pela NR-10, ou seja, não foram considerados aspectos técnicos sobre o efeito arco elétrico, tampouco medidas de controle para proteção dos profissionais a esse fenômeno elétrico.

Figura 7 - Equipamento Energizado 13.8 kV



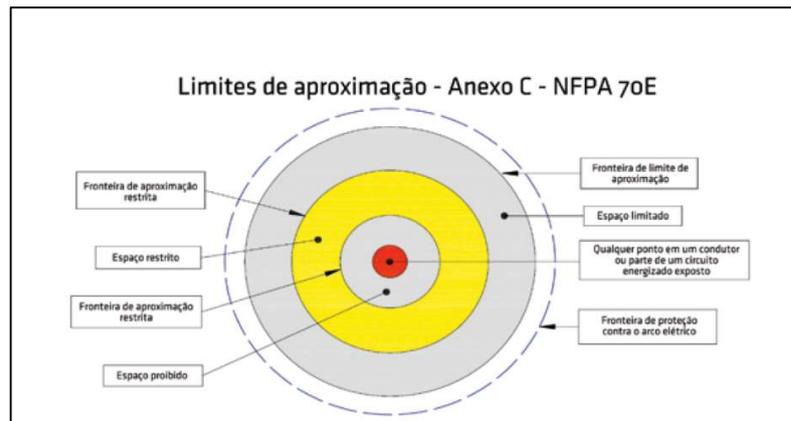
Fonte: Próprio Autor

Figura 8 - Exemplo Simplificado do Cálculo do Nível de Energia Incidente

Tipo de Arco	0	(0=fechado, 1= aberto ao ambiente)
Voltagem do Sistema	13800	Volts
Corrente de falha	25	kA SYM RMS
Distância entre barras	153	(mm - FATOR X)
Sistema de terra	0	(0=solidamente aterrado, 1=neutro)
Distância de trabalho	18	Polegadas
Duração do Arco	0,15	Segundos
Distância Fator X	0,973	Fator X
Corrente de arco: 23,89 ka	Energia Incidente: 9,71 cal/cm ² Fronteira de Risco: 12,91 pés - aproximadamente 4 metros	

Fonte: Próprio Autor

Figura 9 - Limite de Aproximação para Riscos Elétricos



Fonte: Adaptada NFPA 70E (Próprio Autor)

Figura 10 - Exemplo de Sinalização para Painéis Elétricos

ATENÇÃO

RISCO DE CHOQUE E ARCO ELÉTRICO
SOMENTE PROFISSIONAL CAPACITADO/AUTORIZADO



ATPV: 1 cal/cm²	¹LAS: 45cm
ZONA DE RISCO: 0,20 m	
ZONA CONTROLADA: 0,70 m	

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO OBRIGATORIOS:

TENSÃO PAÍNEL	VESTIMENTA (classe)	² LUVA ISOLANTE DE BORRACHA. (classe/Mínimo)	² PROTEÇÃO FACIAL + BALACLAVA (classe)
220 V	02	00	02

1- LAS - Limite de aproximação segura. 2 - Luva Isolante de Borracha / Proteção facial + balacava: Uso conforme definido na OS/IT ou Análise de Risco

EM CASO DE EMERGÊNCIA ELÉTRICA LIGAR:

(xx) xxxxxx / xxxxx - (xx) xxxxxxxx (COORD. OP. TURNO)

Fonte: Adaptada NFPA 70E (Próprio Autor)

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 14039:2005. Target. Acesso em 02 de julho de 2018, disponível em Site da Target Facilitadores de Informação:

<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/40236/nbr14039-comentada-instalacoes-eletricas-de-media-tensao-de-10-kv-a-362-kv-versao-comentada>

ABNT NBR 5410:2004. Target. Acesso em 02 de julho de 2018, disponível em Site da Target Facilitadores de Informação:

<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/40236/nbr14039-comentada-instalacoes-eletricas-de-media-tensao-de-10-kv-a-362-kv-versao-comentada>

MTE, M.d. (29 de abril de 2016) **Norma Regulamentadora NR10**, acesso em 02 de julho de 2018, disponível em site do Ministério do Trabalho e Emprego:

<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras-nr10-seguranca-em-instalacoes-servicos-em-eletricidade>

OSHA - Administração de Saúde e Segurança nos Estados Unidos. Disponível em: < <https://www.osha.gov/> >

Manual Técnico sobre vestimenta de proteção ao Risco de Arco Elétrico e Fogo Repentino, 02 de julho de 2018, disponível em site do Ministério do Trabalho e Emprego:

<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/>

<http://www.facenf.uerj.br/v18n3/v18n3a11.pdf>

<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/direito/acidentes-de-trabalho>