



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

CARLOS HENRIQUE MESQUITA DA CRUZ

SEGURANÇA DO TRABALHO EM SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS: UM
ESTUDO DAS NORMAS VIGENTES COM ÊNFASE NA NORMA
REGULAMENTADORA Nº 10 (NR – 10)

FORTALEZA - CE

2022

CARLOS HENRIQUE MESQUITA DA CRUZ

SEGURANÇA DO TRABALHO EM SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS: UM ESTUDO DAS
NORMAS VIGENTES COM ÊNFASE NA NORMA REGULAMENTADORA Nº 10 (NR –
10)

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara.

FORTALEZA - CE

2022

CARLOS HENRIQUE MESQUITA DA CRUZ

SEGURANÇA DO TRABALHO EM SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS: UM ESTUDO
DAS NORMAS VIGENTES COM ÊNFASE NA NORMA REGULAMENTADORA Nº 10
(NR – 10)

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Diego de Sousa Madeira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Davi Freire Silvino, Eng. Eletricista
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C961s Cruz, Carlos Henrique Mesquita.
Segurança do Trabalho em Subestações Elétricas: Um Estudo das Normas Vigentes com ênfase na Norma Regulamentadora Nº 10 (NR – 10) / Carlos Henrique Mesquita Cruz. – 2022.
79 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara .
1. Eletricidade. 2. Acidentes de trabalho. 3. Regulamentação. I. Título.

CDD 621.3

A Deus.

À minha esposa pela sua paciência.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pelo dom da vida e pela chance que me foi concedida.

Aos meus pais e irmãos, à minha esposa Rachel por todo apoio e compreensão.

Aos meus amigos Nildo, Thiago e Davi pelo companheirismo durante todo o curso de graduação.

Aos meus amigos de estágio por toda a dedicação, humildade e paciência e por me passarem valiosos ensinamentos.

À Universidade Federal do Ceará e a todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, em especial ao professor Dr. Raphael Amaral da Câmara, pela orientação no trabalho final de curso.

A todos que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho e com a minha formação, muito obrigado.

RESUMO

A segurança do trabalho no Brasil surgiu com a criação da Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) na década de 1970, quando também foram criadas as primeiras normas regulamentadoras (NRs). A NR-10, por exemplo, trata da segurança em instalações elétricas e foi atualizada pela última vez em 2019, mas ainda hoje são encontradas dúvidas acerca da aplicação da norma aos ambientes laborais que lidam com eletricidade, como as subestações elétricas. O presente estudo tem como objetivo apresentar de forma prática e esclarecer os principais pontos das normas de segurança para trabalho com eletricidade, com destaque para a NR-10, de forma a tornar-se um guia que possa ser consultado por empregados e empregadores de subestações elétricas do Brasil, em especial do Ceará. As informações apresentadas foram extraídas e interpretadas principalmente a partir da NR-10, mas também de outras NRs e de normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Foram abordados diversos temas relacionados à segurança do trabalho em subestações elétricas, começando por uma explanação dos diferentes tipos de subestação e dos equipamentos que as compõem, bem como a regulamentação referente ao setor. Os procedimentos seguros para lidar com altas tensões, como desenergização e aterramento, a proteção contra incêndios e sinalização de segurança também foram vistos. Além disso, também foi analisada a documentação obrigatória para intervenções elétricas em subestações e os aspectos prescritos pela concessionária de energia elétrica do Ceará para aprovação de projetos de subestação no estado. Este trabalho tem potencial para auxiliar na conscientização de empregados e empregadores de subestações elétricas quanto à aplicação das normas de segurança relacionadas a este segmento, especialmente da NR-10, e, deste modo, para contribuir na diminuição do número de acidentes de trabalho nesse ambiente laboral.

Palavras-chave: eletricidade; acidentes de trabalho; regulamentação.

ABSTRACT

The work safety in Brazil came with the creation of the Consolidated Labor Laws (CLT) in the 1970s, when the first regulatory norms (NRs) were also created. The NR-10 rule, for example, discusses about safety in electrical installations and was last updated in 2016. However, doubts about applying the rule to working environments that deal with electricity, such as electrical substations, are still found today. The aim of this study is to present in a practical way and to clarify the main points of the safety rules for working with electricity, especially NR-10, in order to become a guide that can be consulted by substation employees and employers from Brazil, especially of Ceará. The information presented was extracted and interpreted mainly from NR-10, but also from other NRs and ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) norms. Several topics related to work safety in electrical substations were addressed, starting with an explanation of the different types of substation and the equipment that compose them, as well as the regulation regarding the sector. Safe procedures for dealing with high voltages such as de-energizing and grounding, fire protection and safety signaling have also been seen. In addition, mandatory documentation for substation electrical interventions and aspects prescribed by the concessionary of electricity of Ceará for approval of substation projects in the state were also analyzed. This work has the potential to assist in the awareness of employees and employers of electrical substations regarding the application of safety standards related to this segment, especially of NR-10, and thus to contribute to the reduction of the number of occupational accidents in this environment.

Keywords: electricity; work accidents; regulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Barramento em subestação de Fortaleza – Ceará.....	20
Figura 2 – Transformador de Potencial em subestação de Fortaleza – Ceará.....	21
Figura 3 – Transformador de Corrente em subestação de Fortaleza – Ceará.....	22
Figura 4 – Transformador a Seco.....	22
Figura 5 – Transformador a Óleo.....	23
Figura 6 – Disjuntor em subestação de Fortaleza – Ceará.....	23
Figura 7 – Para-raios em subestação de Fortaleza – Ceará.....	24
Figura 8 – Chave Seccionadora em subestação de Fortaleza – Ceará.....	25
Figura 9 – Chave Fusível.....	25
Figura 10 – Aterramento temporário entre duas estruturas normais.....	29
Figura 11 – Aterramento temporário em cruzamento.....	30
Figura 12 – Aterramento temporário em derivação.....	30
Figura 13 – Aterramento temporário para baixa tensão.....	31
Figura 14 – Aterramento temporário 36 kV.....	31
Figura 15 – Megômetro eletrônico de alta tensão 20 kV.....	32
Figura 16 – Microhmímetro Digital até 200 A.....	33
Figura 17 – Medidor de relação de espiras.....	33
Figura 18 – Hipot de Alta Tensão CA 100 kVA 50 mA.....	34
Figura 19 – Esquema de documentações obrigatórias para intervenções elétricas.....	38
Figura 20 – Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre (figura superior) e com interposição de superfície de separação física adequada (figura inferior).....	41
Figura 21 – Tabela de raios de delimitação de zonas de risco, controlada e livre.....	42
Figura 22 – Incêndio em subestação elétrica.....	47
Figura 23 – Extintor de incêndio sobre rodas.....	49
Figura 24 – Extintor de incêndio de CO ₂	49
Figura 25 – Parede corta-fogo (esquerda) e parede corta-fogo em utilização (direita)....	50

Figura 26 – Separação por parede corta fogo entre equipamentos.....	51
Figura 27 – Separação por parede corta-fogo entre edificações e equipamentos.....	51
Figura 28 – Separação por área física livre.....	51
Figura 29 – Central de alarme e fumaça.....	52
Figura 30 – Líquido gerador de espuma para sistemas móveis.....	53
Figura 31 – Sistema geral de CO ₂ fixo.....	53
Figura 32 – Hidrante de coluna industrial.....	54
Figura 33 – Mangueira industrial 2.1/2".....	54
Figura 34 – Sistema com água nebulizada (figura superior) e sistema com água nebulizada em funcionamento (figura inferior).....	55
Figura 35 – Sistema Fixo de CO ₂ (duas figuras superiores) e sistema fixo de CO ₂ em funcionamento (figura inferior).....	56
Figura 36 – Sistema de combate a incêndio em uma subestação de 500 kV.....	57
Figura 37 – Bacia de contenção de óleo.....	58
Figura 38 – Diferentes placas de sinalização e suas dimensões.....	62
Figura 39 – Placa de sinalização para extintor de incêndio.....	63
Figura 40 – Placas de sinalização amarelas indicando risco de choque elétrico (esquerda) e quadro de luz energizado (direita).....	65
Figura 41 – Placa de aviso na cor azul.....	65
Figura 42 – Aterramento de cerca envolta da malha de aterramento.....	68
Figura 43 – Aterramento de cerca sob a malha de aterramento.....	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1.	HISTÓRICO	13
1.2.	MOTIVAÇÃO	14
1.3.	OBJETIVOS	15
2	SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS	176
2.1.	DEFINIÇÃO	17
2.2.	REGULAMENTAÇÃO	17
2.3.	TIPOS DE SUBESTAÇÃO	18
2.4.	EQUIPAMENTOS	19
2.4.1.	<i>BARRAMENTO</i>	19
2.4.2.	<i>TRANSFORMADOR DE POTENCIAL</i>	20
2.4.3.	<i>TRANSFORMADOR DE CORRENTE</i>	21
2.4.4.	<i>TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA</i>	22
2.4.5.	<i>DISJUNTOR</i>	23
2.4.6.	<i>PARA-RAIOS</i>	24
2.4.7.	<i>CONDUTORES</i>	24
2.4.8.	<i>CHAVE SECCIONADORA</i>	25
2.4.9.	<i>CHAVE FUSÍVEL</i>	25
2.5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
3	SEGURANÇA NA MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÕES	26
3.1.	RISCOS ELÉTRICOS	26
3.2.	RISCOS ADICIONAIS	27
3.3.	PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO	28
3.3.1.	<i>DESENERGIZAÇÃO</i>	28
3.3.2.	<i>ATERRAMENTO TEMPORÁRIO</i>	28
3.4.	PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA PARA MANUTENÇÃO EM CABINES	31
3.5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
4	DOCUMENTAÇÕES OBRIGATÓRIAS PARA INTERVENÇÕES ELÉTRICAS	36
4.1.	REGULAMENTAÇÃO	36
4.2.	SISTEMÁTICA DE DOCUMENTOS	38
4.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
5	ASPECTOS OBRIGATÓRIOS DE SEGURANÇA EM SUBESTAÇÕES	40
5.1.	ZONAS DE RISCOS	40
5.2.	PROFISSIONAL HABILITADO	43
5.3.	SERVIÇO EM COLABORAÇÃO	43
5.4.	ORDEM DE SERVIÇO	44
5.5.	AValiação PRÉVIA	44
5.6.	AUTORIZAÇÃO	45
5.7.	BLOQUEIO	45
5.8.	SINALIZAÇÃO	46
5.9.	ENSAIO DE ISOLAÇÃO	46

5.10.	COMUNICAÇÃO	47
5.11.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
6	PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS EM SUBESTAÇÕES	48
6.1.	REGULAMENTAÇÃO	48
6.2.	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	49
6.2.1.	<i>EXTINTORES DE INCÊNDIO SOBRE RODAS</i>	49
6.2.2.	<i>EXTINTORES DE INCÊNDIO PORTÁTEIS</i>	50
6.2.3.	<i>PAREDE TIPO CORTA-FOGO</i>	51
6.2.4.	<i>SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME</i>	53
6.2.5.	<i>SISTEMA DE ESPUMA FIXA OU MÓVEL</i>	53
6.2.6.	<i>SISTEMA MANUAL DE RESFRIAMENTO</i>	55
6.2.7.	<i>SISTEMA FIXO AUTOMÁTICO PARA PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS</i>	56
6.2.8.	<i>BACIA DE CAPTAÇÃO COM SISTEMA DE DRENAGEM INTERLIGADO A CAIXA DE</i> <i>CONTENÇÃO</i>	58
6.3.	EXIGÊNCIAS MÍNIMAS POR TIPO DE SUBESTAÇÃO.....	59
6.3.1.	<i>SUBESTAÇÃO CONVENCIONAL E DE USO MÚLTIPLO</i>	59
6.3.2.	<i>SUBESTAÇÃO COMPACTA ABRIGADA E SUBTERRÂNEA</i>	60
6.3.3.	<i>SUBESTAÇÃO COMPACTA DE USO MÚLTIPLO</i>	60
6.3.4.	<i>SUBESTAÇÃO COMPARTILHADA</i>	61
6.4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
7	SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA EM SUBESTAÇÃO	62
7.1.	REGULAMENTAÇÃO	62
7.2.	TIPOS DE SINALIZAÇÕES	62
7.2.1.	<i>FORMAS DAS PLACAS DE SINALIZAÇÃO</i>	63
7.2.2.	<i>CORES DE SEGURANÇA</i>	64
7.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
8	ATERRAMENTO EM SUBESTAÇÕES.....	65
8.1.	REGULAMENTAÇÃO	65
8.2.	ATERRAMENTO DE CERCAS METÁLICAS.....	67
8.3.	ATERRAMENTO DE EQUIPAMENTOS.....	68
8.4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
9	CONCLUSÃO	70
	REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970, com a criação da Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT), passou-se a ter uma maior preocupação com segurança do trabalho no Brasil. No ano de 1978 foram criadas as primeiras normas regulamentadoras (NRs), entre elas, por meio da portaria 3214 de 8 de junho de 1978, a NR N° 10, sendo então chamada de “Instalações e Serviços em Eletricidade”. Entretanto, devido principalmente ao aumento da terceirização dos serviços a partir da década de 1990 e ao avanço das tecnologias existentes, aconteceu um aumento considerável no número de acidentes do trabalho, tornando necessária a atualização da norma. Desde a sua publicação, a NR-10 passou por quatro atualizações, sendo duas amplas revisões e duas alterações pontuais. Sendo assim, a NR-10 foi, pela primeira vez, revisada pela Portaria n° 12 da Secretaria de Segurança e Medicina no Trabalho, do então Ministério do Trabalho, em 6 de junho de 1983. A segunda revisão da NR-10 foi publicada em 7 de dezembro de 2004 pela Portaria n° 598 do então Ministério do Trabalho e Emprego, que lhe conferiu o novo título de “Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade”. Com essa alteração, o texto da norma passou a dispor sobre as diretrizes básicas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, destinados a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que direta ou indiretamente interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade, nos seus mais diversos usos e aplicações. A terceira modificação da NR-10 foi uma alteração pontual, para correção no texto da norma da numeração dos anexos, tendo sido publicada pela Portaria n° 508 do então Ministério do Trabalho e Previdência Social, em 29 de abril de 2016. Por último, a quarta alteração ocorreu em função da adequação dos requisitos sobre capacitação, direitos e obrigações previstos na nova versão da Norma Regulamentadora n° 01 (NR-01), trazida pela Portaria n° 915 da Secretaria Especial de Previdência e Trabalho, do Ministério da Economia, em 30 de julho de 2019 (GOV.BR, 2022).

Desde então, uma série de questionamentos têm sido feitos no intuito de entender a forma de aplicação da norma dentro das empresas, surgindo a necessidade de trabalhos que possibilitem a adequação da mesma aos ambientes laborais que lidem com eletricidade, como as subestações elétricas, que são o foco deste trabalho.

Existem vários tipos de subestações, de forma que é fundamental o entendimento adequado da sua configuração para facilitar a identificação dos equipamentos no local de trabalho. As subestações podem ser classificadas de diversas formas, assim, torna-se necessário conhecer a nomenclatura utilizada no setor. É também fundamental conhecer os equipamentos que são utilizados, uma vez que é através deles que se dá a ocorrência de um acidente com eletricidade. Estes assuntos serão abordados na seção 2, onde também serão informadas as principais normas relacionadas ao setor.

A manutenção de subestações, seja ela preventiva ou corretiva, será vista na seção 3 através da análise dos riscos elétricos e adicionais típicos das atividades ou intervenções elétricas nestas instalações. As principais atividades de manutenção, tais como desenergização e aterramento temporário, também serão discutidas.

A partir da atualização da norma regulamentadora N°10, alguns documentos se tornaram obrigatórios para a realização de intervenções elétricas em subestações. São eles: Análise Preliminar de Risco (APR), Ordem de Serviço (OS), Procedimento de Trabalho e Permissão de Trabalho (PT). As condições em que esses itens devem ser utilizados, seus formatos e funcionalidades serão discutidos na seção 4.

As atividades em subestações são classificadas como de alta tensão (corrente alternada – CA – superior a 1000 V ou corrente contínua – CC – superior a 1500 V). Assim, o tópico 10.7 da NR-10, que trata exatamente sobre a segurança nessas condições, será avaliado item a item na seção 5, devido à importância e o alto risco que esses níveis de tensão proporcionam.

As subestações são locais com elevada potencialidade de provocar incêndios, seja devido à presença do óleo mineral dos transformadores ou até mesmo devido à ocorrência de arcos elétricos durante a abertura de chaves seccionadoras. Assim, conhecer os principais equipamentos, o seu funcionamento e os sistemas de segurança contra incêndios torna-se vital para garantir a segurança dos trabalhadores. Com a utilização de normas será possível identificar quais são os mecanismos obrigatórios de segurança para cada tipo de subestação existente. Este assunto será abordado na seção 6.

A sinalização de segurança é um item obrigatório para a execução da desenergização, um dos principais procedimentos de trabalho em subestações. Assim, é

necessário compreender suas formas, cores e significados, uma vez que um serviço bem sinalizado pode reduzir bastante a possibilidade de pessoas inadvertidas provocarem algum acidente por falta de comunicação, por exemplo. A seção 7 trata, portanto, dessa questão.

O aterramento da subestação faz parte do sistema de proteção, deste modo, existem vários equipamentos que devem ser aterrados para garantir a segurança dos trabalhadores. A malha de aterramento é um item muito complexo de cálculo, mas através dela pode-se determinar as tensões de passo e de contato que podem surgir devido a possíveis falhas, o que torna possível limitar os seus valores para níveis seguros. Logo, se faz necessário um projeto adequado, bem como uma boa execução e manutenção. Esses pontos serão tratados na seção 8.

1.1. Histórico

Com o fim da escravidão em 1888, deram-se início a questões ligadas a direitos trabalhistas e a resolução de possíveis conflitos entre patrões e empregados. No Brasil, a conscientização acerca dos direitos dos empregados demorou certo tempo para se estabelecer, tendo em vista que ideias de defesa de direitos dos trabalhadores ainda estavam se formando na Inglaterra por efeitos da Revolução Industrial. Ainda, as substituições dos homens por máquinas, resultando em um crescente número de trabalhadores desempregados, desenvolvia mais fortemente a consciência da sociedade por direitos trabalhistas (FERREIRA, 2015).

Assuntos que já movimentavam debates na Europa, como o fim da exploração da mão de obra gratuita e as consequentes contratações de serviços assalariados, impulsionaram movimentos sindicalistas no velho continente, pois eram os efeitos da Revolução Industrial. Foi justamente o processo de mecanização dos sistemas de produção implantado na Inglaterra no século XVIII que desencadeou os movimentos em defesa dos direitos dos trabalhadores. À medida em que a máquina substituía o homem, o número de desempregados aumentava (ESTEVEZ, 2014).

As fábricas funcionavam em condições precárias, os trabalhadores eram submetidos a ambientes com péssima iluminação, a temperaturas altas e a condições sanitárias inadequadas. A remuneração era muito baixa, além do mais, havia alto grau de exploração de mão de obra, inclusive crianças e mulheres, sendo todos submetidos a jornadas de trabalho que

duravam até 18 horas por dia, sem contar a diferença salarial de mulheres e crianças comparada a de homens adultos (ESTEVEES, 2014).

Foi esse cenário que facilitou o surgimento de manifestações de trabalhadores, a fim de lutar por direitos, logo, a conscientização dos direitos do trabalho. Tais manifestações, à medida em que eram reprimidas ou até mesmo proibidas, ajudaram como inspiração para a organização de movimentos sindicais, com isso gerando uma nova mentalidade de luta (CASTRO, 2019).

No Brasil, essas mudanças, tanto de postura quanto de mentalidade, demoraram cerca de 40 anos para chegarem a um efeito prático. Desde a abolição da escravidão, apenas pequenas conquistas foram alcançadas, como as primeiras leis de proteção ao trabalhador que surgiram a partir da última década do século XIX. Em 1891, o Decreto nº 1.313 regulamentou o trabalho de menores. Já em 1903, a lei regulamentou a sindicalização rural e em 1907 uma lei regulamentou a sindicalização de todas as profissões. Conquistas muito pequenas, tendo em vista a quantidade de trabalhadores em condições praticamente de abandono por autoridades da época (CASTRO, 2019).

Logo após o início da década de 1930, mais precisamente com a Revolução de 30 e, conseqüentemente, com a chegada de Getúlio Vargas ao poder, a Justiça do Trabalho e a proteção dos direitos dos trabalhadores realmente se iniciou. A criação de órgãos como Ministério do Trabalho e a Justiça do Trabalho alavancaram a criação de comissões de estudo, tribunais para conciliação de conflitos coletivos e judicialização de conflitos individuais. Com o marco da criação da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho), foi possível dar início à criação e regulamentação de normas técnicas, inclusive a Norma Reguladora número 10 (NR-10), bem como à conscientização e ao desenvolvimento tecnológico e das leis do trabalho (ESTEVEES, 2014).

A criação da CLT se deu pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e foi sancionada pelo então presidente Getúlio Vargas. A Consolidação unificou toda a legislação trabalhista existente na época e foi um marco por inserir, de forma definitiva, os direitos

trabalhistas na legislação brasileira. Seu objetivo principal é regulamentar as relações individuais e coletivas do trabalho nela previstas (CASTRO, 2019).

1.2. Motivação

O número de acidentes de trabalho e seus impactos socioeconômicos e humanos são elevados em todo o mundo (JUNIOR, 2018). Segundo dados da Organização Internacional do Trabalho, o Brasil ocupa a quarta colocação em mortalidade no trabalho, atrás somente da China, Índia e Indonésia, com 8 óbitos a cada 100 mil vínculos de emprego entre 2002 e 2020. Isto sem levar em consideração os acidentes que não são contabilizados em dados oficiais.

Um acidente de trabalho traz prejuízos não somente para o trabalhador, que, além de ficar afastado, pode sofrer com traumas psicológicos e dor física. Também a sua família é afetada devido à diminuição da renda, aos cuidados com o acidentado e gastos com deslocamento para o tratamento, por exemplo. Devido à falta de fiscalização por parte do governo, a empresa perde uma mão de obra especializada e a sociedade, que paga seus impostos, pode perder investimentos em áreas críticas por conta que o governo deve arcar com indenizações, pensões e auxílio doença, podendo chegar a onerar toda uma classe por conta de gastos diretos com hospitais, medicamentos, cuidados especiais e, em algumas vezes, com reparação judicial (ESTEVEES, 2014).

O trabalho em subestações elétricas requer um planejamento minucioso e cuidados extremos, uma vez que risco ao qual os trabalhadores são expostos é elevado, podendo levar a acidentes graves e até mesmo fatais, tais como choque e arco elétrico, quedas, incêndios, explosões e queimaduras. O eletricitas e técnicos devem, portanto, se certificar de que a instalação esteja desligada e permaneça bloqueada para evitar possíveis infortúnios, bem como conhecer e obedecer às normas de segurança que regem o seu trabalho. E à empresa cabe implementar essas normas e assegurar que estas sejam seguidas a fim de garantir a segurança do trabalhador.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi esclarecer e apresentar de forma prática os principais pontos das normas de segurança para trabalho em subestações elétricas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Abordar os principais pontos de segurança do trabalho em subestações elétricas;
- Enfatizar os pontos da Norma Regulamentadora N° 10 referente ao trabalho em subestações elétricas;
- Tornar-se um guia de fácil compreensão que possa ser consultado por empregados e empregadores de subestações elétricas do Brasil, em especial do Ceará.

2 SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS

Existem diversas definições para subestações. Segundo Mamede Filho (2021), podemos adotar a seguinte definição: “parte das instalações elétricas da unidade consumidora atendida em tensão primária de distribuição que agrupa os equipamentos, condutores e acessórios destinados à proteção, medição, manobra e transformação de grandezas elétricas.”

2.1 Regulamentação

As principais normas que abrangem as atividades desenvolvidas em subestações elétricas são:

- NR-10 do MTE – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- NR-23 do MTE – Proteção contra Incêndios;
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 5410 / 2008 – Instalações Elétricas em Baixa Tensão;
- ABNT NBR 14039 / 2005 – Instalações Elétricas em Média Tensão;
- ABNT NBR 15688 / 2012 – Rede de Distribuição Aérea Urbana;
- ABNT NBR 5419 / 2015 – Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas;
- ABNT NBR 13231 / 2015 – Proteção contra Incêndio em Subestações Elétricas.

No Ceará, as especificações técnicas para projeto de subestações são a ET-942/2021, para fornecimento em tensão primária até 34,5 kV e a ET-407/2019, para fornecimento em alta tensão 138-69 kV, ambas da Enel (Entidade Nacional de Eletricidade). Para que uma subestação possa ser construída, ela deve estar em acordo com as normas técnicas da concessionária.

2.2 Tipos de subestação

De acordo com Mamede Filho (2021), podemos classificar uma subestação elétrica quanto a diversos aspectos, tais como:

Quanto à relação entre os níveis de tensão de entrada e saída:

- *Subestação de manobra* – mantém o mesmo nível de tensão;
- *Subestação transformadora* – muda o nível de tensão.

Quanto ao fluxo de potência:

- *Subestação elevadora* - a tensão de saída é superior à de entrada;
- *Subestação abaixadora* - a tensão de saída é inferior à de entrada.

Quanto à função no sistema elétrico:

- *Subestação de transmissão* - ligada a Linhas de Transmissão (LT - destinada a transporte de energia elétrica em bloco, entre subestações, normalmente sem derivações);
- *Subestação de subtransmissão* - ligada a Linhas de Subtransmissão (destinada a transporte de energia elétrica das subestações de transmissão para as subestações de ramificações, anéis);
- *Subestação de distribuição* - recebe energia das linhas de Subtransmissão e as transporta para as redes de distribuição (geralmente com abaixamento de tensão).

Quanto ao fluxo de potência entre a subestação e o sistema de transmissão:

- *Subestação seccionadora* - subestação de manobra inserida numa LT do sistema de potência;
- *Subestação transmissora* - o sentido do fluxo de potência sempre parte da subestação;

- *Subestação receptora* - o sentido do fluxo de potência parte sempre do sistema para a subestação.

Quanto ao tipo de instalação:

- *Subestação externa* - instalada ao tempo;
- *Subestação abrigada* - protegida das intempéries por um abrigo em alvenaria;
- *Subestação interna* – instalada no interior de uma edificação;
- *Subestação móvel* - montada sobre um veículo.

Quanto ao tipo construtivo:

- *Subestação convencional* - os equipamentos são construtivamente independentes uns dos outros, e são interligados por ocasião da montagem;
- *Subestação cabine metálica* - com todos equipamentos e interligações executados em fábrica;
- *Subestação blindada* - barramentos e equipamentos principais dotados de invólucro com isolamento específico;
- *Subestação subterrânea* - equipamentos e conexões instaladas sob o nível do piso.

Quanto à natureza dos parâmetros elétricos:

- *Subestação corrente alternada* - sem alteração de frequência e do número de fases;
- *Subestação conversora de frequência* - destinada a converter a energia de uma determinada frequência para outra frequência;
- *Subestação conversora de fases* - destinada a converter a energia de um determinado número de fases para um número de fases diferente;
- *Subestação alternadora* - destinada a converter energia de corrente contínua para corrente alternada, sem previsão para conversão em sentido oposto;
- *Subestação retificadora* - destinada a converter a energia de corrente alternada para corrente contínua, sem previsão para conversão em sentido oposto;

- *Subestação mutadora* - destinada a converter a energia de corrente alternada para corrente contínua e vice-versa.

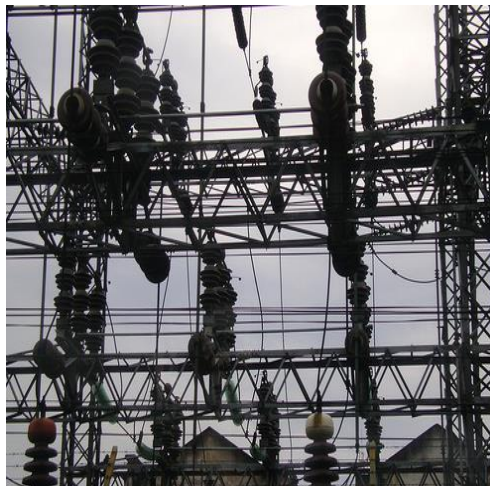
2.3 Equipamentos

Uma subestação é composta por diversos equipamentos que mudam de característica física de acordo com o nível de tensão em que são utilizados. Merecem destaque:

2.3.1 Barramento

Os barramentos são condutores reforçados, geralmente sólidos e de impedância desprezível, que servem como centros comuns de coleta e redistribuição de corrente (MAMEDE FILHO, 2021). Na Figura 1 é mostrado um exemplo de barramento de subestação.

Figura 1 – Barramento em subestação de Fortaleza - Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.2 Transformador de Potencial

Sua função é isolar contra altas tensões e fornecer uma tensão proporcional à tensão primária, com certa precisão dentro da faixa especificada para a tensão primária, com a finalidade de proteção e medição. De forma simplificada, os transformadores de potencial possuem um enrolamento primário com muitas espiras e um enrolamento secundário com poucas espiras, onde obtemos a tensão desejada que normalmente está padronizada em 115 V. Desta forma, os equipamentos de proteção e medição são dimensionados com isolamento em baixa tensão. Normalmente são usados para alimentar equipamentos com elevada impedância interna, tais como voltímetros, bobinas de tensão de medidores de energia, dentre outros (MAMEDE FILHO, 2021). Na Figura 2 é mostrado um exemplo de transformador de potencial.

Figura 2 - Transformador de Potencial em subestação de Fortaleza - Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.3 Transformador de Corrente

Sua função é isolar contra altas tensões e reduzir as correntes para valores seguros, fornecendo uma corrente proporcional à corrente primária, com a precisão dentro da faixa especificada. O transformador de corrente permite, assim, o uso dos valores de norma com a finalidade de proteção e medição. Estes equipamentos possuem um primário com poucas

espiras, e um secundário com muitas espiras. A corrente nominal é normalmente de 5 A. Na Figura 3 é mostrado um exemplo de transformador de corrente.

Figura 3 - Transformador de Corrente em subestação de Fortaleza - Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.4 Transformador de potência

Os transformadores são conversores de energia eletromagnética, cuja operação consiste em um conjunto de bobinas que formam um lado primário e um lado secundário, isoladas, geralmente, através de núcleo ferromagnético. Na Figura 4 é mostrado um exemplo de transformador a seco e na Figura 5, um exemplo de transformador a óleo mineral.

Figura 4 - Transformador a Seco



Fonte: Refortrafo Transformadores (2019)

Figura 5 - Transformador a Óleo



Fonte: Refortrafo Transformadores (2019)

2.3.5 Disjuntor

Dispositivo de manobra e proteção que permite abertura ou fechamento de circuitos de potência em quaisquer condições de operação, normal e anormal, manual ou automática (MAMEDE FILHO, 2021). Na Figura 6 é mostrado um exemplo de disjuntor.

Figura 6 – Disjuntor em subestação de Fortaleza - Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.6 Para-raios

São utilizados para proteger os diversos equipamentos que compõem uma subestação de potência ou simplesmente um equipamento contra sobretensões de origem externa ou interna, limitando, assim, os valores de sobretensões a valores máximos (MAMEDE FILHO, 2021). Na Figura 7 é mostrado um exemplo de para-raio.

Figura 7 - Para-raios em subestação em Fortaleza - Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor.

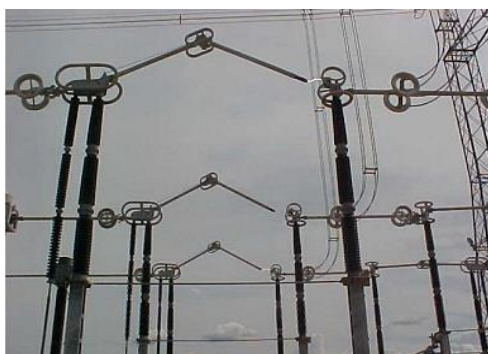
2.3.7 Condutores

É o meio pelo qual se transporta potência da fonte até o consumidor. O metal mais utilizado em condutores no sistema elétrico de potência é o alumínio, devido ao custo inferior ao do cobre. A partir de 1950, a isolação dos cabos passou a ser constituída de cloreto de polivinila (PVC) ou de polietileno (PE). Como estes materiais mantêm suas características apenas até 70 °C, foram desenvolvidos materiais termofixos para a melhoria das características térmicas destes materiais, e em decorrência destas melhorias estes materiais podem operar até a temperatura de 90°C (MAMEDE FILHO, 2021).

2.3.8 Chave Seccionadora

São dispositivos utilizados para manobras de circuitos elétricos (BARROS, 2009). Na Figura 8 é mostrado um exemplo de chave seccionadora.

Figura 8 - Chave Seccionadora em subestação de Fortaleza - Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3.9 Chave Fusível

São utilizadas para proteger circuitos primários de redes de distribuição e pequenas subestações contra sobrecorrentes. Na Figura 9 é mostrado um exemplo de chave fusível.

Figura 9 - Chave Fusível



Fonte: Maurizio (2021)

2.4 Considerações finais

Conhecer o diagrama unifilar da subestação que sofrerá alguma intervenção sempre será necessário para o bom desempenho da atividade, logo é fundamental conhecer os vários tipos de equipamentos, formatos de subestações, pois por muitas vezes uma equipe de manutenção, por exemplo, pode atuar em diversas situações, em locais diferentes, consequentemente com configurações bem diferente das subestações.

3 SEGURANÇA NA MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÕES

Um dos pontos mais críticos para trabalho em subestações é a etapa de manutenção do sistema, tendo em vista a existência de vários riscos, principalmente quando se trabalha com instalações energizadas. Existem diversos riscos em subestações que normalmente provocam acidentes graves, sejam por falhas humanas ou condições inseguras. A identificação desses riscos são itens muito importantes para auxiliar na prevenção de acidentes do trabalho.

3.1 Riscos Elétricos

Podemos considerar que existem três riscos elétricos: choque elétrico, arco elétrico e as influências eletromagnéticas. Choque elétrico é conjunto de perturbações de natureza e efeitos diversos que se manifesta no organismo humano ou animal quando este é percorrido por uma corrente elétrica. O arco elétrico, por sua vez, é a descarga elétrica através do ar, ou seja, a passagem de corrente elétrica através do ar ionizado. Já a influência eletromagnética está relacionada com a alteração que campos eletromagnéticos gerados por componentes elétricos do sistema podem fazer em equipamentos, estando principalmente relacionado com o fenômeno da indução, onde uma rede desenergizada pode vir a ficar energizada, por exemplo, na ocorrência de uma descarga atmosférica (TOCANTINS, 2007).

3.2 Riscos Adicionais

Qualquer risco que não seja elétrico é considerado risco adicional, conforme o item 23 do glossário da NR-10:

Riscos Adicionais: todos os demais grupos ou fatores de risco, além dos elétricos, específicos de cada ambiente ou processos de trabalho que, direta ou indiretamente, possam afetar a segurança e a saúde no trabalho.

Os principais riscos adicionais que envolvem trabalhos com eletricidade são listados no item 10.4.2 da NR-10:

Nos trabalhos e nas atividades referidas devem ser adotadas medidas preventivas destinadas ao controle dos riscos adicionais, especialmente quanto à altura, confinamento, campos elétricos e magnéticos, explosividade, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes, adotando-se a sinalização de segurança.

Em especial em subestações, pode-se afirmar que os principais riscos adicionais são altura, explosividade e fauna (ESTEVEES, 2014). Atividades em altura ocorrem principalmente em subestações com elevadas tensões onde os equipamentos são de grande porte, ou então em atividades de manutenção com redes energizadas utilizando o método à distância ou ao potencial, normalmente com o uso de andaimes. A explosividade ocorre devido ao risco de explosão dos equipamentos elétricos quando mal utilizados, ou se atingidos por defeitos graves podem vir a causar graves problemas. Animais peçonhentos são muito comuns em subestações, seja dentro de quadros caixas ou nos arredores da subestação, portanto deve-se ter atenção especial com esse risco.

3.3 Procedimentos de manutenção

Na manutenção de subestações são utilizadas os seguintes procedimentos de manutenção: desenergização, aterramento temporário, equipotencialização, sinalização, barreiras, bloqueios e impedimentos (BARROS, 2009).

3.3.1 Desenergização

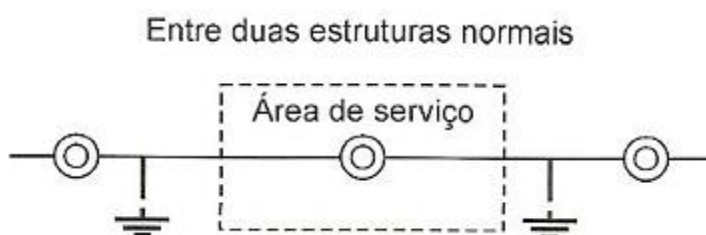
A desenergização consiste de um conjunto de ações coordenadas através de uma sequência de operações, com a finalidade de garantir a total ausência de tensão nos circuitos elétricos. A desenergização é considerada também um procedimento de trabalho normalmente inserido dentro de outros procedimentos para atividades na área elétrica. A seguir estão enumerados os passos do procedimento (BARROS, 2009):

1. Seccionamento;
2. Constatação da ausência de tensão;
3. Impedimento de reenergização;
4. Instalação do aterramento temporário;
5. Proteção de elementos energizados dentro da zona controlada;
6. Sinalização de segurança.

3.3.2 Aterramento Temporário

Consiste em realizar um aterramento antes das manobras e retirá-lo após a manobra de manutenção. O aterramento é instalado antes e depois do local da intervenção elétrica, com isso pode-se garantir a proteção tanto da fonte normal de energia quanto de outras fontes que possam existir. Vale ressaltar que o diagrama unifilar atualizado da subestação deve ser consultado. Nas Figuras 10, 11 e 12 são mostradas as possibilidades de ligações do aterramento temporário. Nas Figuras 13 e 14 são mostrados exemplos de equipamentos para aterramento temporário. O aterramento elétrico de uma instalação tem por função evitar acidentes de seccionamento ou proteção. Também tem por objetivo de promover a proteção aos trabalhadores contra descargas atmosféricas que possam interagir ao longo do circuito em intervenção (BARROS, 2009).

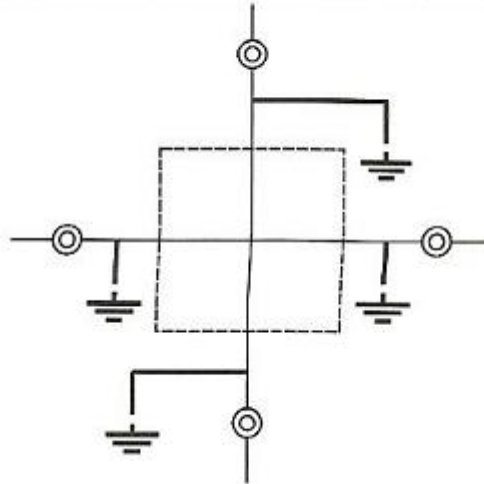
Figura 10 - Aterramento temporário entre duas estruturas normais



Fonte: (BARROS, 2009)

Figura 11 - Aterramento temporário em cruzamento

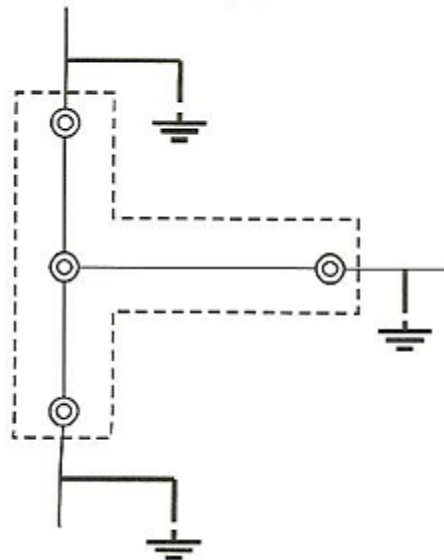
Cruzamento de tronco e tronco ou ramal e ramal



Fonte: (BARROS, 2009)

Figura 12 - Aterramento temporário em derivação

Derivação normal



Fonte: (BARROS, 2009)

Figura 13 - Aterramento temporário para baixa tensão



Fonte: AGF (2022)

Figura 14 - Aterramento temporário 36 kV



Fonte: AGF (2022)

3.4 Procedimentos de Segurança para Manutenção em Cabines

Deve-se ter muita atenção quando se realiza manobras em uma subestação, portanto planejar a execução da tarefa se faz necessário. Existem dois tipos de operações de manutenção, a preventiva e a corretiva (BARROS, 2009).

Em atividades nas subestações são utilizados diversos equipamentos e ferramentas. Para ensaios elétricos os principais são: Megômetro, Microhmímetro, Medidor de relação de espiras e Hipot. O megômetro é utilizado para medir a resistência da isolação elétrica, ou seja,

o equipamento faz uma leitura de isolamento elétrica de diversos equipamentos da subestação, tais como: para-raios, chave seccionadora, disjuntor e transformador. O megômetro aplica uma alta tensão nos equipamentos a serem testados, assim não deve haver contato com as partes sob tensão (BARROS, 2009). O manuseio deve ser feito utilizando luva isolante. Na Figura 15 é mostrado um exemplo de megômetro.

Figura 15 - Megômetro eletrônico de alta tensão 20 kV



Fonte: Megabrás (2022)

O Microhmímetro é utilizado para medir a resistência de contato de chaves seccionadoras, disjuntores e até mesmo de enrolamento de transformadores. O equipamento aplica corrente variando normalmente de 1 mA a 200 A, ou seja, com esse nível de corrente é possível verificar a queda de tensão provocada e a partir desse valor encontrar a resistência do contato. Diferente do megômetro, que apresenta uma elevada tensão, o Microhmímetro apresenta uma elevada corrente de teste, por isso nunca se deve ligar o equipamento sem que os cabos já estejam conectados, evitando a circulação dessa corrente através das pessoas (BARROS, 2009). Na Figura 16 é mostrado um exemplo do Microhmímetro.

Figura 16 - Microhmímetro Digital até 200 A



Fonte: Megabrás (2022)

O TTR ou medidor de relação de espiras é utilizado para medir a relação entre as espiras de um transformador, a comutação de fase e a polaridade nos transformadores de força, nos transformadores de potencial e de corrente. O uso desse equipamento não apresenta riscos consideráveis, tendo em vista os baixos valores de tensão e corrente utilizados nos ensaios (BARROS, 2009). Na Figura 17 é mostrado um exemplo de TTR.

Figura 17 - Medidor de relação de espiras



Fonte: Megabrás (2022)

O Hipot é utilizado para analisar o nível de isolamento elétrica de ferramentas e equipamentos elétricos. Todo equipamento possui uma classe de isolamento elétrica, por exemplo, uma luva para trabalhos com eletricidade em tensão de 13,8 kV pode suportar até 17 kV. Através desse equipamento podemos averiguar se realmente essa luva suporta a tensão indicada pelo fabricante. Vale ressaltar que esse item muitas vezes se torna destrutivo, tendo em vista que eventualmente o Hipot não consegue detectar a corrente de fuga gerada pela falha na isolamento e acaba mantendo a elevada tensão sobre o equipamento, danificando o mesmo. Para trabalhar com esse equipamento deve-se ter cuidado com os elevados níveis de tensão que o equipamento proporciona (BARROS, 2009). Na Figura 18 é mostrado um exemplo de um Hipot.

Figura 18 - Hipot de Alta Tensão CA 100 kVA 50 mA



Fonte: SALCAS (2022)

De acordo com Barros (2009), podemos determinar uma sequência de tarefas para realizar um procedimento de manutenção em subestações, as quais estão enumeradas a seguir:

1. Solicitar à concessionária local o desligamento da subestação;
2. Retirar todas as cargas de baixa tensão no Quadro Geral de Baixa Tensão - QGBT (partindo dos circuitos terminais para o disjuntor principal);
3. Bloquear as proteções utilizando travas mecânicas;
4. Detectar ausência de tensão nos pontos antes energizados;
5. Retirar o disjuntor de média tensão (se possível);
6. Desligar as chaves fusíveis pela concessionária;
7. Abrir a chave seccionadora da subestação;
8. Detectar ausência de tensão no ponto de entrada e nos cubículos;
9. Aterrar a entrada do alimentador;
10. Instalar a proteção em pontos ainda energizados dentro da zona controlada que ainda estejam sendo alimentados por outras fontes de energia (se houver);
11. Fazer a limpeza da subestação (utilizando material de limpeza, tais como pá, vassoura, dentre outros);
12. Limpar todos os contratos dos equipamentos da subestação;
13. Realizar os ensaios necessários.

3.5 Considerações finais

Todo equipamento elétrico em uma subestação precisa, em algum momento, ser submetido a um procedimento de manutenção, seja ela preventiva e corretiva. Tendo isso em vista, foram apresentados os riscos elétricos e adicionais aos quais os trabalhadores estão expostos. Os principais procedimentos de manutenção em subestações também foram explanados, bem como os principais equipamentos utilizados e como se deve manuseá-los a fim de garantir a segurança do trabalhador durante a execução destas atividades.

4 DOCUMENTAÇÕES OBRIGATÓRIAS PARA INTERVENÇÕES ELÉTRICAS

Muitas empresas ainda apresentam dificuldades de entender quais documentos são obrigatórios para realizar intervenções em instalações elétricas a fim de que fiquem isentas de serem notificadas por fiscalizações dos órgãos competentes. Existe uma sistemática que organiza uma ordem para elaborar os documentos (ESTEVES, 2014).

4.1 Regulamentação

A norma regulamentadora N° 10 traz uma série de documentações obrigatórias, que são utilizadas de acordo com o tipo de intervenção que vai ser realizada. São elas:

Ordem de Serviço (OS):

10.7.4 Todo trabalho em instalações elétricas energizadas em AT [Alta Tensão], bem como aquelas que interajam com o SEP [Sistema Elétrico de Potência], somente pode ser realizado mediante **ordem de serviço específica** para data e local, assinada por superior responsável pela área. (BRASIL, 2004).

10.11.2 Os serviços em instalações elétricas devem ser precedidos de **ordens de serviço específicas** aprovadas por trabalhador autorizado, contendo, no mínimo, o tipo, a data, o local e as referências aos procedimentos de trabalho a serem adotados. (BRASIL, 2004).

Análise Preliminar de Risco (APR):

10.2.1 Em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, **mediante técnicas de análise de risco**, de forma a garantir a segurança e a saúde no trabalho. (BRASIL, 2004).

10.6.4 Sempre que inovações tecnológicas forem implementadas ou para a entrada em operações de novas instalações ou equipamentos elétricos devem ser **previamente elaboradas análises de risco**, desenvolvidas com circuitos desenergizados, e respectivos procedimentos de trabalho. (BRASIL, 2004).

10.7.5 Antes de iniciar trabalhos em circuitos energizados em AT, o superior imediato e a equipe, responsáveis pela execução do serviço, **devem realizar uma avaliação prévia**, estudar e planejar as atividades e ações a serem desenvolvidas de forma a

atender os princípios técnicos básicos e as melhores técnicas de segurança em eletricidade aplicáveis ao serviço. (BRASIL, 2004).

Procedimento de Trabalho:

10.6.2 Os trabalhos que exigem o ingresso na zona controlada devem ser realizados mediante **procedimentos específicos** respeitando as distâncias previstas no Anexo I. (BRASIL, 2004).

10.7.6 Os serviços em instalações elétricas energizadas em AT somente podem ser realizados quando houver **procedimentos específicos**, detalhados e assinados por profissional autorizado. (BRASIL, 2004).

10.11.1 Os serviços em instalações elétricas devem ser planejados e realizados em conformidade com **procedimentos de trabalho específicos**, padronizados, com descrição detalhada de cada tarefa, passo a passo, assinados por profissional que atenda ao que estabelece o item 10.8 desta NR. (BRASIL, 2004).

Permissão de Trabalho (PT):

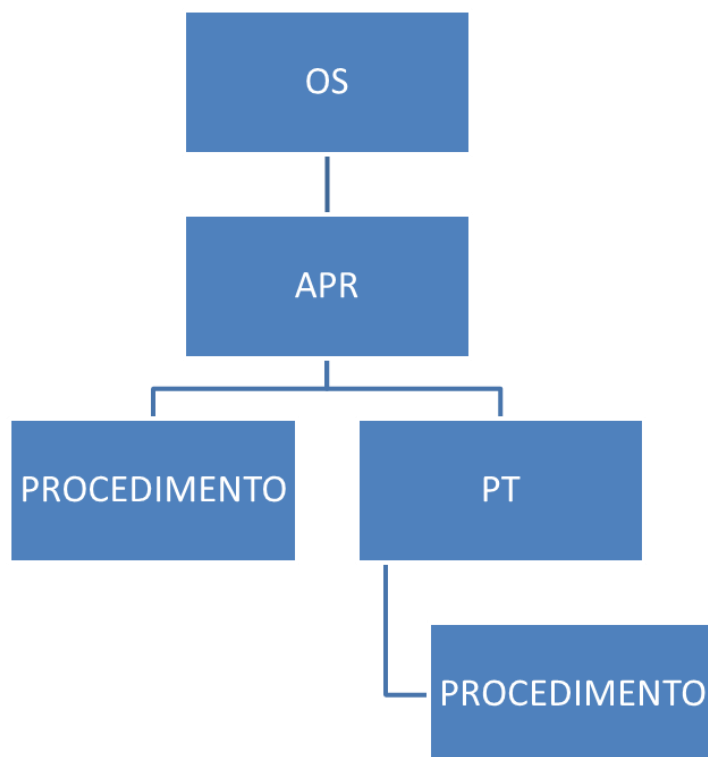
10.9.5 Os serviços em instalações elétricas nas áreas classificadas somente poderão ser realizados mediante **permissão para o trabalho** com liberação formalizada, conforme estabelece o item 10.5 ou supressão do agente de risco que determina a classificação da área. (BRASIL, 2004).

4.2 Sistemática de Documentos

Para se realizar um serviço ou intervenção em qualquer instalação elétrica, inicialmente deve ser feita uma OS, conforme os itens 10.7.4 e 10.11.2 da norma. Essa OS será entregue para a equipe que executará o serviço e de posse desse documento, os trabalhadores saberão o dia, a hora e o procedimento que deverá ser utilizado para executar o serviço. Em seguida, a equipe deve ir ao local do serviço e realizar a APR, de acordo com os itens 10.2.1, 10.6.4 e 10.7.5 da norma. Durante essa etapa, algumas empresas optam por realizar duas APRs, uma feita por um supervisor e outra pela equipe executora do trabalho. Em ambos os casos, o resultado da APR deve ser positivo em relação ao controle de todos os riscos existentes, além disso, deve garantir que riscos não observados anteriormente sejam previstos, possibilitando a adoção de medidas de proteção.

Após essas etapas, a norma exige que seja emitida uma Permissão de Trabalho (PT) se o trabalho a ser executado for em área classificada (área com potencialidade de ocorrer explosão). Caso contrário, essa permissão não é obrigatória, entretanto as empresas que tem bons programas de segurança aos trabalhadores costumam adotar PTs para todos os serviços, tendo em vista que existirá um aumento da segurança. Assim, a PT somente será emitida se a APR estiver em conformidade, formalizando a autorização para iniciar o serviço. Por fim, a equipe poderá executar a intervenção na instalação elétrica de acordo com o procedimento de trabalho adotado. Na Figura 19 é mostrado um diagrama de todo o processo de documentos exigido pela norma.

Figura 19 - Esquema de documentações obrigatórias para intervenções elétricas



Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: OS (Ordem de Serviço); APR (Análise Preliminar de Risco); PT (Permissão de Trabalho)

4.3 Considerações finais

Nesta seção, foram vistos os tipos de documentos que as empresas devem providenciar durante a realização de intervenções elétricas em subestações a fim de se adequar à NR-10. Foi elaborado um esquema contendo a sequência de documentações obrigatórias (ordem de serviço, análise de risco, permissão de trabalho e procedimentos de trabalho) que deve ser atendida pela empresa no intuito de eliminar as dúvidas sobre este ponto.

5 ASPECTOS OBRIGATÓRIOS DE SEGURANÇA EM SUBESTAÇÕES

Existem diversos requerimentos de segurança presentes na NR-10 que devem ser bem interpretadas ao longo do texto. Assim, nesta seção serão abordados todos os itens da norma que devem ser cumpridos para garantir o funcionamento seguro de uma subestação elétrica.

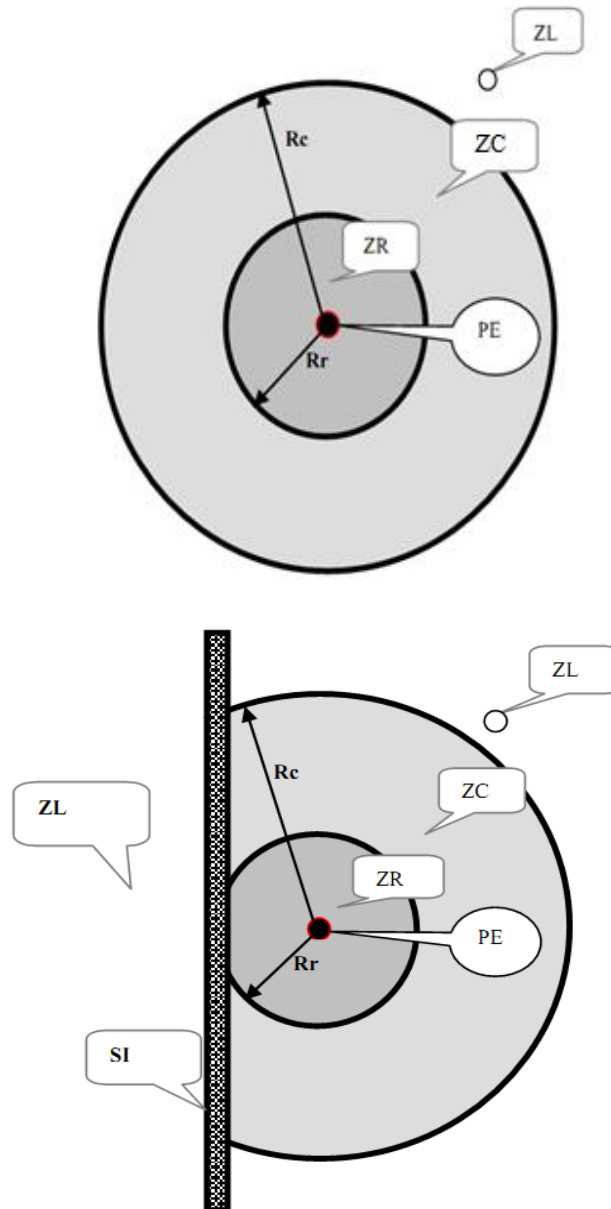
5.1 Zonas de Riscos

Texto da norma:

10.7.1 Os trabalhadores que intervenham em instalações elétricas energizadas com alta tensão, que exerçam suas atividades dentro dos limites estabelecidos como zonas controladas e de risco, conforme Anexo I, devem atender ao disposto no item 10.8 desta NR. (BRASIL, 2004).

Interpretação: qualquer intervenção em uma subestação elétrica é um trabalho em alta tensão, assim é necessário determinar as zonas de risco, controlado e livre. Essas zonas podem ser verificadas através da Figura 20 e os raios de delimitação dessas zonas, na Figura 21.

Figura 20 - Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre (figura superior) e com interposição de superfície de separação física adequada (figura inferior)



Fonte: BRASIL (2004). Legenda: 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 energizado. R_c = Raio de delimitação entre zona controlada e livre. R_r = Raio de delimitação entre zona de risco e controlada. SI = Superfície isolante construída com material resistente e dotada de todos dispositivos de segurança.

Figura 21 - Quadro de raios de delimitação de zonas de risco, controlada e livre.

<i>Faixa de tensão Nominal da instalação elétrica em kV</i>	<i>Rr - Raio de delimitação entre zona de risco e controlada em metros</i>	<i>Rc - Raio de delimitação entre zona controlada e livre em metros</i>
<i><1</i>	<i>0,20</i>	<i>0,70</i>
<i>≥1 e <3</i>	<i>0,22</i>	<i>1,22</i>
<i>≥3 e <6</i>	<i>0,25</i>	<i>1,25</i>
<i>≥6 e <10</i>	<i>0,35</i>	<i>1,35</i>
<i>≥10 e <15</i>	<i>0,38</i>	<i>1,38</i>
<i>≥15 e <20</i>	<i>0,40</i>	<i>1,40</i>
<i>≥20 e <30</i>	<i>0,56</i>	<i>1,56</i>
<i>≥30 e <36</i>	<i>0,58</i>	<i>1,58</i>
<i>≥36 e <45</i>	<i>0,63</i>	<i>1,63</i>
<i>≥45 e <60</i>	<i>0,83</i>	<i>1,83</i>
<i>≥60 e <70</i>	<i>0,90</i>	<i>1,90</i>
<i>≥70 e <110</i>	<i>1,00</i>	<i>2,00</i>
<i>≥110 e <132</i>	<i>1,10</i>	<i>3,10</i>
<i>≥132 e <150</i>	<i>1,20</i>	<i>3,20</i>
<i>≥150 e <220</i>	<i>1,60</i>	<i>3,60</i>
<i>≥220 e <275</i>	<i>1,80</i>	<i>3,80</i>
<i>≥275 e <380</i>	<i>2,50</i>	<i>4,50</i>
<i>≥380 e <480</i>	<i>3,20</i>	<i>5,20</i>
<i>≥480 e <700</i>	<i>5,20</i>	<i>7,20</i>

Fonte: BRASIL (2004)

Para se definir essas zonas, uma forma possível é utilizando algum software em que se possa delimitar essas distâncias, ou através de medições no próprio local. Além disso, esse item da norma requer que os trabalhadores sejam qualificados, habilitados, capacitados e/ou autorizados.

5.2 Profissional Habilitado

Texto da norma:

10.7.2 Os trabalhadores de que trata o item 10.7.1 devem receber treinamento de segurança, específico em segurança no Sistema Elétrico de Potência (SEP) e em suas proximidades, com currículo mínimo, carga horária e demais determinações estabelecidas no Anexo II desta NR. (BRASIL, 2004).

Interpretação: todos os funcionários que trabalham em alta tensão e em instalações elétricas energizadas dentro da zona controlada devem realizar o curso de NR-10 complementar no ramo específico de atividade da empresa, nesse caso na área de subestações. Vale lembrar que para fazer o curso complementar é necessário ter realizado o curso de NR-10 básico.

5.3 Serviços em Colaboração

Texto da norma:

10.7.3 Os serviços em instalações elétricas energizadas em AT, bem como aqueles executados no Sistema Elétrico de Potência – SEP, não podem ser realizados individualmente. (BRASIL, 2004).

Interpretação: em hipótese alguma é admitido que um trabalhador desacompanhado realize alguma atividade em instalações energizadas em alta tensão ou em qualquer ramo do Sistema Elétrico de Potência, o qual é composto por geração, transmissão, distribuição e consumo até a medição. Trabalhar em subestação é uma atividade de alto risco, logo é muito importante ter sempre uma pessoa com capacidade para fazer um resgate ou prestar os primeiros socorros a um acidentado, além de auxiliá-lo na elaboração de APR e no cumprimento dos procedimentos de trabalho.

5.4 Ordem de Serviço

Texto da norma:

10.7.4 Todo trabalho em instalações elétricas energizadas em AT, bem como aquelas que interajam com o SEP, somente pode ser realizado mediante ordem de serviço específica para data e local, assinada por superior responsável pela área. (BRASIL, 2004).

Interpretação: esse tema tem a mesma abordagem já realizada na seção 4 (item 4.2).

5.5 Avaliação Prévia

Texto da norma:

10.7.5 Antes de iniciar trabalhos em circuitos energizados em AT, o superior imediato e a equipe, responsáveis pela execução do serviço, devem realizar uma avaliação prévia, estudar e planejar as atividades e ações a serem desenvolvidas de forma a atender os princípios técnicos básicos e as melhores técnicas de segurança em eletricidade aplicáveis ao serviço. (BRASIL, 2004).

Interpretação: esse tópico da norma trata sobre a necessidade de se realizar uma avaliação prévia da atividade que será executada, de forma a melhorar o planejamento e o controle dos riscos existentes. Esse tema já foi abordado na seção 4. Muitas empresas já adotam esse item, ou seja, possuem um sistema para registrar essas documentações.

5.6 Autorização

Texto da norma:

10.7.2 Os serviços em instalações elétricas energizadas em AT somente podem ser realizados quando houver procedimentos específicos, detalhados e assinados por profissional autorizado. (BRASIL, 2004).

Interpretação: esse tema já foi abordado na seção 4.

5.7 Bloqueio

Texto da norma:

10.7.7 A intervenção em instalações elétricas energizadas em AT dentro dos limites estabelecidos como zona de risco, conforme Anexo I desta NR, somente pode ser realizada mediante a desativação, também conhecida como bloqueio, dos conjuntos e dispositivos de religamento automático do circuito, sistema ou equipamento. (BRASIL, 2004).

Interpretação: esse item da norma é mais aplicado a subestações de empresas de distribuição de energia elétrica que possuem dispositivos de religamento automático, não é comum usar esses dispositivos em subestações do tipo consumidor. De toda forma, qualquer intervenção em uma rede de alta tensão dentro da zona de risco deve ser desenergizada mediante a desativação do religador automático da subestação.

5.8 Sinalização

Texto da norma:

10.7.7.1 Os equipamentos e dispositivos desativados devem ser sinalizados com identificação da condição de desativação, conforme procedimento de trabalho específico padronizado. (BRASIL, 2004).

Interpretação: todo equipamento que foi desativado deve possuir alguma sinalização da condição de operação do equipamento. A sinalização deve ser uma das etapas do procedimento de trabalho.

5.9 Ensaio de Isolação

Texto da norma:

10.7.8 Os equipamentos, ferramentas e dispositivos isolantes ou equipados com materiais isolantes, destinados ao trabalho em alta tensão, devem ser submetidos a testes elétricos ou ensaios de laboratório periódicos, obedecendo-se as especificações

do fabricante, os procedimentos da empresa e na ausência desses, anualmente. (BRASIL, 2004).

Interpretação: todo equipamento, ferramentas ou dispositivos isolantes utilizados em alta tensão devem possuir um certificado que ateste a qualidade do seu uso. Em subestações do tipo consumidor os materiais mais utilizados são: manga isolante, luva de borracha, tapete de borracha, capacete de segurança e bastão de manobra. Deve ser feito um ensaio de aplicação de tensão com esses materiais para verificar a sua suportabilidade.

5.10 Comunicação

Texto da norma:

10.7.9 Todo trabalhador em instalações elétricas energizadas em AT, bem como aqueles envolvidos em atividades no SEP devem dispor de equipamento que permita a comunicação permanente com os demais membros da equipe ou com o centro de operação durante a realização do serviço. (BRASIL, 2004).

Interpretação: é obrigatório que durante qualquer atividade realizada em instalações energizadas em alta tensão seja disponibilizado algum sistema que permita a comunicação entre os trabalhadores.

5.11 Considerações Finais

Nesta seção foram abordados vários itens de segurança que são obrigatórios em uma subestação elétrica, de acordo com a NR-10. Os trabalhadores de subestação trabalham sempre em alta tensão, portanto devem realizar os treinamentos de NR-10 básico e NR-10 complementar, assim como devem obedecer aos limites de distância de segurança que são mostrados através da determinação das zonas de risco, controlada e livre. Um item ainda muito discutido é sobre o trabalho individual em subestações, a NR-10 deixa bem claro que não pode, mas algumas empresas ainda não cumprem, como por exemplo, algumas concessionárias de energia elétrica. Estes e outros temas foram abordados de forma prática, mostrando como o empregador poderia executar esses itens em sua subestação.

6 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS EM SUBESTAÇÕES

A subestação é um dos locais com maior potencialidade de provocar incêndios, devido abrigar equipamentos de alto risco, tais como: transformadores, reatores e quadros gerais. Tendo em vista essa situação, os dispositivos de proteção elétrica são bastante criteriosos, além disso, existem várias outras condições que devem ser levadas em consideração para construir uma subestação elétrica (BRENTANO, 2013). Na Figura 22 são mostrados exemplos de incêndios em uma subestação elétrica.

Figura 22 - Incêndio em subestação elétrica



Fonte: Globo.com (2010)

6.1 Regulamentação

Existem várias normas que abordam temas relativos à segurança contra incêndios em subestações elétricas. Do ponto de vista da segurança do trabalho, a principal norma é a NR-23 – Proteção contra Incêndios. Podemos ainda acrescentar as seguintes normas:

- ABNT NBR 13231 / 2015 – Proteção Contra Incêndios em Subestações Elétricas de Geração, Transmissão e Distribuição;
- Instrução Técnica (IT) 30 – Subestações Elétricas (Corpo de Bombeiros de São Paulo, 2011).

Esse tema é exigido na NR-10, conforme item 10.9.1: “As áreas onde houver instalações ou equipamentos elétricos devem ser dotadas de proteção contra incêndios e explosão, conforme dispõe a NR-23.”

Já de acordo com a Especificação Técnica da Enel ET-942/2021 para projetos de subestações no Ceará, deve-se atender aos seguintes pontos no que se refere à proteção contra incêndios: “Extintor de incêndio e outros sistemas de proteção, conforme previsto em norma ABNT NBR 13231, NR 10, NR 23 e exigências contidas no Código de Obras do Município e pelo Corpo de Bombeiros.” (ENEL, 2021).

6.2 Equipamentos Utilizados

É de grande importância contar com equipamentos de combate a incêndios. São eles que amenizam estragos e ajudam a salvar vidas. A seguir serão listados os essenciais em subestações elétricas.

6.2.1 Extintores de Incêndio sobre rodas

Os conjuntos de transformadores e reatores de potência devem ser protegidos com extintores de pó e sobre rodas, com capacidade extintora 80-B: C. Os mesmos devem ser instalados em locais de fácil acesso, sinalizados e abrigados contra intempéries, conforme Corpo de Bombeiros SP (2011). Na figura 23 é mostrado um exemplo desse extintor.

Figura 23 - Extintor de incêndio sobre rodas



Fonte: AEROTEX (2022)

6.2.2 Extintores de Incêndio Portáteis

As edificações das subestações devem apresentar extintores de incêndios portáteis de pó químico ou gás carbônico (CO₂), atendendo as distâncias e especificações das normas técnicas estaduais vigentes, conforme Corpo de Bombeiros SP (2011). Na Figura 24 é mostrado um exemplo desse extintor.

Figura 24 - Extintor de incêndio de CO₂



Fonte: AEROTEX (2022)

6.2.3 Parede tipo corta-fogo

A parede corta-fogo é um equipamento utilizado para confinar o fogo, de forma que um incêndio não possa se alastrar, vindo a atingir outros equipamentos (CORPO DE BOMBEIROS SP, 2011). Na Figura 25 são mostrados exemplos dessa estrutura.

Figura 25 - Parede corta-fogo (esquerda) e parede corta-fogo em utilização (direita)



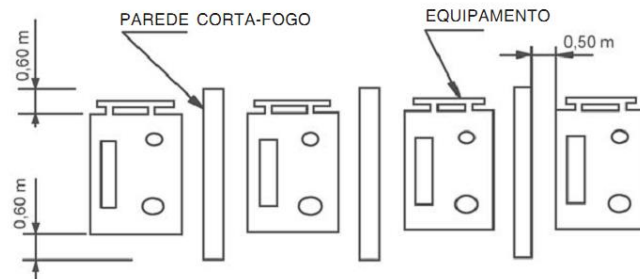
Fonte: Fernandes Construções (2022)



Fonte: PatiSeg (2018)

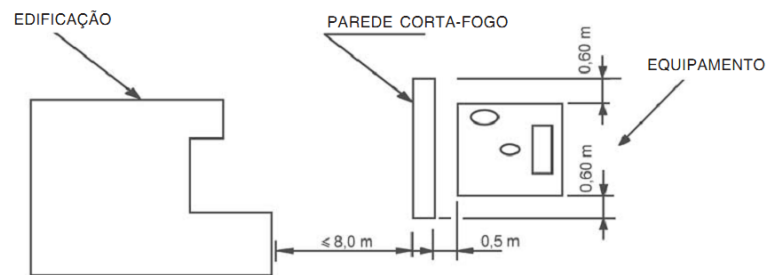
As paredes corta-fogo apresentam características referentes à sua dimensão, conforme disposto nas Figuras 26 a 28. Para transformadores, a altura da parede deve ser de 40 cm acima do topo do tanque conservador de óleo. Já para reatores de potência, a altura deve ser de 60 cm acima do topo do tanque. O comprimento da parede deve ultrapassar em 60 cm o comprimento total do equipamento e a distância livre entre a parede e o equipamento deve ser de no mínimo 50 cm (Figura 26). Para edificações e equipamentos, quando a distância de separação for inferior ou igual a 8 m (Figura 27), deve ser levado em consideração que a parede não possa cair atingindo os equipamentos, edificações e vias de trânsito. Além disso, a parede não pode permitir passagem de calor e chamas para locais próximos. Por outro lado, quando a distância entre edificações e equipamentos for superior a 15 m, não há necessidade de separá-los por porta corta-fogo, conforme mostra a Figura 28.

Figura 26 - Separação por parede corta fogo entre equipamentos



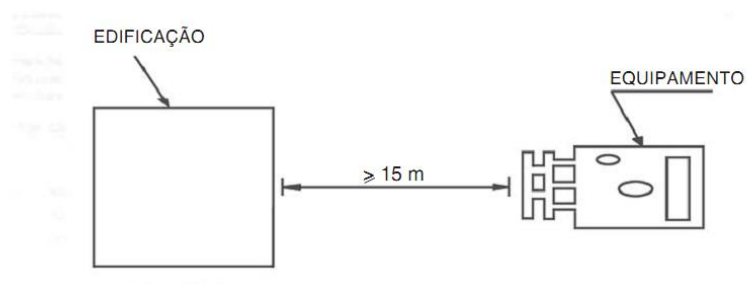
Fonte: CORPO DE BOMBEIROS SP (2011)

Figura 27 - Separação por parede corta-fogo entre edificações e equipamentos



Fonte: CORPO DE BOMBEIROS SP (2011)

Figura 28 - Separação por área física livre



Fonte: CORPO DE BOMBEIROS SP (2011)

6.2.4 Sistema de Detecção e Alarme

O sistema de detecção e alarme de incêndio é um conjunto de componentes que fornece informações de princípios por meio de sinais sonoros e visuais (BRENTANO, 2013). É, portanto, um dispositivo para auxiliar na segurança das pessoas.

O sistema exerce um papel fundamental em um combate a incêndio, uma vez que possibilita a localização remota da ocorrência, para que deste modo possam ser tomadas as devidas providências, antes que venha a causar maiores problemas. Além disso, o sistema dá o aviso (alarme) a todos os ocupantes da edificação, permitindo a saída de forma rápida, além de acionar os meios automáticos de combate ao incêndio (CORPO DE BOMBEIROS DF, 2016). Na Figura 29 é apresentado um modelo de uma central de alarme automática.

Figura 29 – Central de Alarme Automática



Fonte: AEROTEX (2022)

6.2.5 Sistema de espuma fixa ou móvel

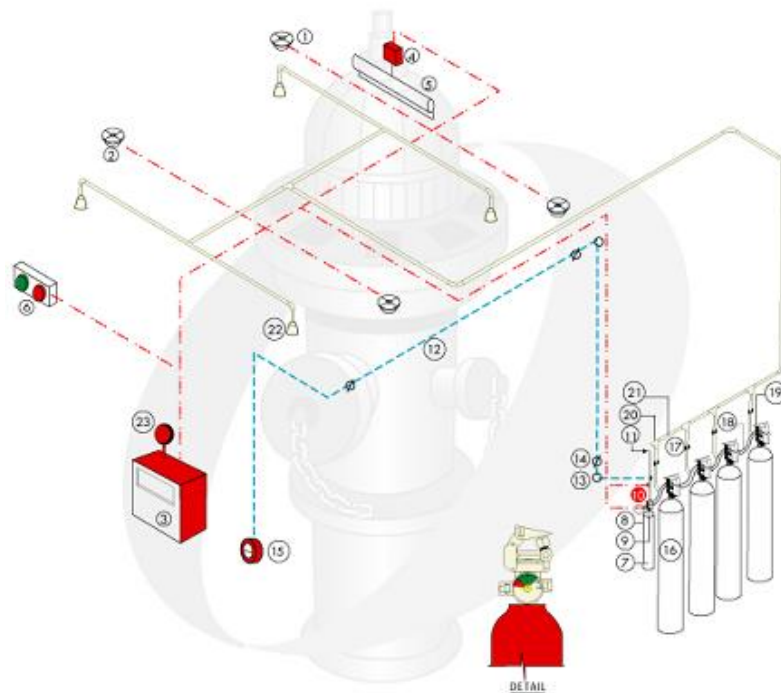
Este sistema deve ser utilizado para proteção das bacias de drenagem de óleo isolante ou no tanque de óleo isolante do transformador com capacidade superior a 20 m³. Na figura 30 é mostrado um sistema com espuma para sistemas móveis e na figura 31 um sistema com espuma para sistemas fixos.

Figura 30 – Líquido gerador de espuma para sistemas móveis



Fonte: AEROTEX (2022)

Figura 31 - Sistema geral de CO₂ fixo



Fonte: CORPO DE BOMBEIROS DF (2016)

6.2.6 Sistema Manual de Resfriamento

Este sistema utiliza linhas manuais com água através de mangueiras e hidrantes. Nas figuras 32 e 33 são mostrados exemplos de sistemas manuais de resfriamento.

Figura 32 - Hidrante de coluna industrial



Fonte: Protector Fire (2022)

Figura 33 - Mangueira industrial 2.1/2"



Fonte: AEROTEX (2022)

6.2.7 Sistema Fixo Automático para Proteção contra Incêndios

Estes sistemas são utilizados para proteção de transformadores e reatores de potência. Podem ser utilizados sistemas com água nebulizada (Figura 34) ou com dióxido de carbono (Figura 35). Nesse caso é utilizado o princípio do abafamento e do resfriamento para extinção do fogo. O sistema é um método rápido e limpo, levando em consideração o volume do ambiente a ser protegido. Na Figura 36 é mostrado um exemplo de sistema automático em uma subestação de 500 kV.

Figura 34 – Sistema com água nebulizada (figura superior) e sistema com água nebulizada em funcionamento (figura inferior)



Fonte: CORPO DE BOMBEIROS DF (2016)

Figura 35 – Sistema Fixo de CO₂ (duas figuras superiores) e sistema fixo de CO₂ em funcionamento (figura inferior)



Fonte: CORPO DE BOMBEIROS DF (2016)

Figura 36 - Sistema de combate a incêndio em uma subestação de 500 kV



Fonte: Energec (2014)

6.2.8 Bacia de Captação com Sistema de Drenagem interligado a caixa de Contenção

Este sistema deve receber o óleo mineral proveniente dos transformadores e fazer a separação entre a água e o óleo. O fluido drenado deve ser encaminhado para sistema coletor específico, que direcione os efluentes para o separador água/óleo (BRENTANO, 2013).

O transformador deve ser instalado sobre a bacia de captação com sistema interligado à caixa de contenção. O separador deve estar em área específica afastada de outros equipamentos e edificações. Na Figura 37 é mostrado um exemplo de um sistema desse tipo.

Figura 37 - Bacia de contenção de óleo



Fonte: Sempel (2018)

6.3 Exigências mínimas por tipo de subestação

Cada tipo de subestação deve atender a requisitos mínimos para estar apta à proteção contra eventuais incêndios. Alguns requisitos são comuns a todos os tipos de subestação, sendo eles: via de acesso para veículos de emergência, extintores portáteis e sobre rodas e sinalização de incêndio. A seguir são listados os requisitos específicos por tipo de subestação (MUSARDO; SANTOS, 2015).

6.3.1 Subestação Convencional e de uso Múltiplo

- Parede corta-fogo em transformadores, reatores de potência e reguladores de tensão;
- Bacia de captação com sistema de drenagem interligado à caixa de contenção (separadora de água/óleo) de óleo mineral isolante;

- Sistema de resfriamento por linhas manuais, que deve atender aos parâmetros da IT 25/11;
- Resfriamento por sistema fixo automático atendendo aos parâmetros da NBR 8674/05 – Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio, com água nebulizada para transformadores e reatores de potência;
- Sistema de proteção por espuma para tanque do transformador ou bacia de contenção de óleo isolante com capacidade maior que 20 m³, de acordo com os parâmetros da IT 25/11.

6.3.2 Subestação Compacta Abrigada e Subterrânea

- Paredes corta-fogo em transformadores, reatores de potência ou reguladores de tensão;
- Sistema fixo de CO₂ em transformadores, reatores de potência ou reguladores de tensão, conforme a NBR 12232/15, quando tecnicamente viável;
- Iluminação de emergência;
- Sistema de alarme de incêndio;
- Saídas de emergência;

6.3.3 Subestação Compacta de uso Múltiplo

- Paredes corta-fogo em transformadores, reatores de potência e reguladores de tensão;
- Bacia de captação com sistema de drenagem interligado à caixa de contenção (separadora de água/óleo) de óleo mineral isolante;
- Iluminação de emergência;
- Sistema fixo de CO₂ em transformadores, reatores de potência ou reguladores de tensão conforme a NBR 12232/15, quando tecnicamente viável;

- Sistema de resfriamento por linhas manuais, que deve atender aos parâmetros da IT 25/11;
- Sistema de proteção por espuma para tanque do transformador ou bacia de contenção de óleo isolante com capacidade maior que 20 m³, de acordo com os parâmetros da IT 25/11.

6.3.4 Subestação Compartilhada

- Isolamento ou separação de equipamentos, com utilização de anteparos tipo corta-fogo, em distâncias nunca inferiores a 15 m, de instalações ocupadas por terceiros;
- Bacia de captação com sistema de drenagem interligado à caixa de contenção (separadora de água/óleo) de óleo mineral isolante;
- Sistema de água nebulizada por aspersores ou linhas manuais de acordo com a IT 25/11;
- Sistema de detecção e alarme de incêndio;
- Sistema de proteção por espuma, para tanque do transformador ou bacia de contenção de óleo isolante, com capacidade maior que 20 m³.

6.4 Considerações Finais

Os incêndios em subestações podem provocar desastres, logo, foram abordados nesta seção as medidas de proteção que devem ser adotadas de acordo com o tipo de subestação em que se executa as atividades. Tais medidas devem ser fiscalizadas principalmente pelo corpo de bombeiros do estado. Também foram vistos os vários mecanismos disponíveis para proteção contra incêndios no interior de subestações, tais como: extintores, parede corta-fogo, sistemas de combate usando água, CO₂, espuma, dentre outros.

7 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA EM SUBESTAÇÃO

A sinalização é um item muito relevante para evitar que acidentes do trabalho aconteçam, tendo em vista que ela é utilizada para avisar, dar ordens e sugestões que facilitam a informação entre os operadores dos equipamentos elétricos (BRENTANO, 2013).

7.1 Regulamentação

A NR-26 é a norma regulamentadora da sinalização de segurança e diz:

26.1.1 Devem ser adotadas cores para segurança em estabelecimentos ou locais de trabalho, a fim de indicar e advertir acerca dos riscos existentes (BRASIL, 2011).

26.1.2 As cores utilizadas nos locais de trabalho para identificar os equipamentos de segurança, delimitar áreas, identificar tubulações empregadas para a condução de líquidos e gases e advertir contra riscos, devem atender ao disposto nas normas técnicas oficiais (BRASIL, 2011).

Para caracterizar esse tema podemos utilizar algumas normas da ABNT, tais como a NBR 7195 (Cores para Segurança) e a NBR 13434 (Sinalização de Segurança contra incêndios e Pânico).

7.2 Tipos de Sinalizações



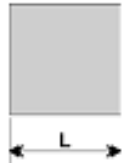
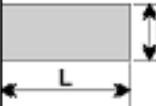
Em subestações elétricas são utilizados vários tipos de sinalizações. As mais utilizadas são placas de sinalização, cones, fitas e bandeirolas. Neste tópico será dada ênfase às placas de sinalização.

De acordo com a Especificação Técnica da Enel ET-942/2021 para projetos de subestações no Ceará, são obrigatórios os seguintes pontos no que se refere à sinalização de segurança através da utilização de placas: “Devem ser fixadas placas com os dizeres ‘Perigo de Morte’ e o respectivo símbolo em local bem visível do lado externo e junto ao acesso.” (ENEL, 2021).

7.2.1 Formas das Placas de Sinalização

As formas das placas de sinalizações são definidas através da NBR 13434. Na Figura 38 são mostradas as principais formas utilizadas para construção das placas sinalizadoras (ABNT, 2004).

Figura 38 – Diferentes placas de sinalização e suas dimensões

Sinal	Forma geométrica	Cota mm	Distância máxima de visibilidade m											
			4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	30
Proibição		D	101	151	202	252	303	353	404	454	505	606	708	757
Alerta		L	136	204	272	340	408	476	544	612	680	816	951	1019
Orientação, salvamento e equipamentos		L	89	134	179	224	268	313	358	402	447	537	626	671
		H (L=2H)	63	95	126	158	190	221	253	285	316	379	443	474

¹⁾ As dimensões (cotas) apresentadas são valores mínimos de referência para as distâncias dadas.

Fonte: (ABNT, 2004)

7.2.2 Cores de Segurança

A cor de segurança deve cobrir no mínimo 50% da área do símbolo, exceto no símbolo de proibição, onde este valor deve ser no mínimo de 35% (ABNT, 1995). A seguir será discutida a função das cores de segurança.

A cor vermelha é empregada para identificar e distinguir equipamentos de proteção e combate a incêndio, sua localização e, inclusive, portas de saída de emergência. Os acessórios destes equipamentos, como válvulas, registros, filtros, etc. devem ser identificados na cor amarela (BRENTANO, 2013). Na Figura 39 é mostrado um exemplo de placa nessa cor.

Figura 39 – Placa de sinalização para extintor de incêndio



Fonte: AfixGraf (2022)

A cor verde é usada para caracterizar “segurança”. É empregada para identificar: a localização de caixas de equipamentos de primeiros socorros, caixas contendo equipamentos de proteção individual (EPIs), chuveiros de emergência e lava-olhos, a localização de macas, faixas de delimitação de áreas seguras quanto a riscos mecânicos, faixas de delimitação de áreas de vivência (áreas para fumantes, áreas de descanso, dentre outras), a sinalização de portas de entrada das salas de atendimento de urgência e emblemas de segurança (BRENTANO, 2013).

A cor amarela é usada para indicar “cuidado” (BRENTANO, 2013). É utilizada em vários locais, alguns dos quais estão listados a seguir:

- Escadas portáteis, exceto as de madeira, nas quais a pintura fica restrita à face externa até a altura do 3º degrau, para não ocultar eventuais defeitos;
- Corrimãos, parapeitos, pisos e partes inferiores de escadas que apresentem riscos;
- Espelhos de degraus;
- Bordas de portas de elevadores de carga ou mistos, que se fecham automaticamente;
- Faixas no piso de entrada de elevadores de carga ou mistos e plataformas de carga;
- Meios-fios ou diferenças de nível onde haja necessidade de chamar atenção;
- Faixas de circulação conjunta de pessoas e empilhadeiras, máquinas de transporte de cargas, etc.;
- Faixas em torno das áreas de sinalização dos equipamentos de combate a incêndio;
- Paredes de fundo de corredores sem saída;
- Partes superiores e laterais de passagens que apresentem risco;
- Equipamentos de transporte e movimentação de materiais, como empilhadeiras, tratores, pontes rolantes, pórticos, guindastes, vagões e vagonetes de uso industrial, reboques, etc., inclusive suas cabines, caçambas e torres
- Fundos de letreiros em avisos de advertência;
- Pilastras, vigas, postes, colunas e partes salientes de estruturas e equipamentos que apresentem risco de colisão;
- Cavaletes, cancelas e outros dispositivos para bloqueio de passagem;
- Para-choques de veículos pesados de carga;
- Acessórios da rede de combate a incêndio, como válvulas de retenção, registros de passagem, etc.;
- Faixas de delimitação de áreas destinadas à armazenagem.

Na Figura 40 são mostrados exemplos de placas na cor amarela.

Figura 40 – Placas de sinalização amarelas indicando risco de choque elétrico (esquerda) e quadro de luz energizado (direita)



Fonte: DIGIMETTA (2022)

A cor azul é empregada para indicar uma ação obrigatória, como, por exemplo, determinar o uso de EPI (exemplo: “Use protetor auricular”) ou impedir a movimentação ou energização de equipamentos (exemplos: “Não ligue esta chave” e “Não acione”) (BRENTANO, 2013). Na Figura 41 é mostrado um exemplo de placa na cor azul.

Figura 41 - Placa de aviso na cor azul



Fonte: PLACAS DE SINALIZAÇÃO (2022)

7.3 Considerações Finais

A sinalização de segurança é fundamental para a prevenção de acidentes de trabalho envolvendo eletricidade. Sua utilização é tão importante que faz parte, inclusive, do principal procedimento elétrico de segurança, a desenergização. A utilização de placas para sinalização já se tornou bastante comum nas intervenções elétricas, entretanto, um ponto que ainda precisa ser melhorado é a manutenção desses sistemas de segurança.

8 ATERRAMENTO EM SUBESTAÇÕES

Uma das principais medidas de controle é o aterramento elétrico da subestação, por isso foi dedicada uma seção somente para esse tema. Um bom aterramento indica que os níveis de corrente fase-terra são suficientes para sensibilizar a proteção de retaguarda, assim como apresenta níveis adequados de tensão de passo e de toque e um baixo nível de resistência elétrica (TOCANTINS, 2007).

8.1 Regulamentação

De acordo com o item 10.2.8.3 da NR-10, “o aterramento das instalações elétricas deve ser executado conforme regulamentação estabelecida pelos órgãos competentes e, na ausência desta, deve atender às normas internacionais vigentes.”

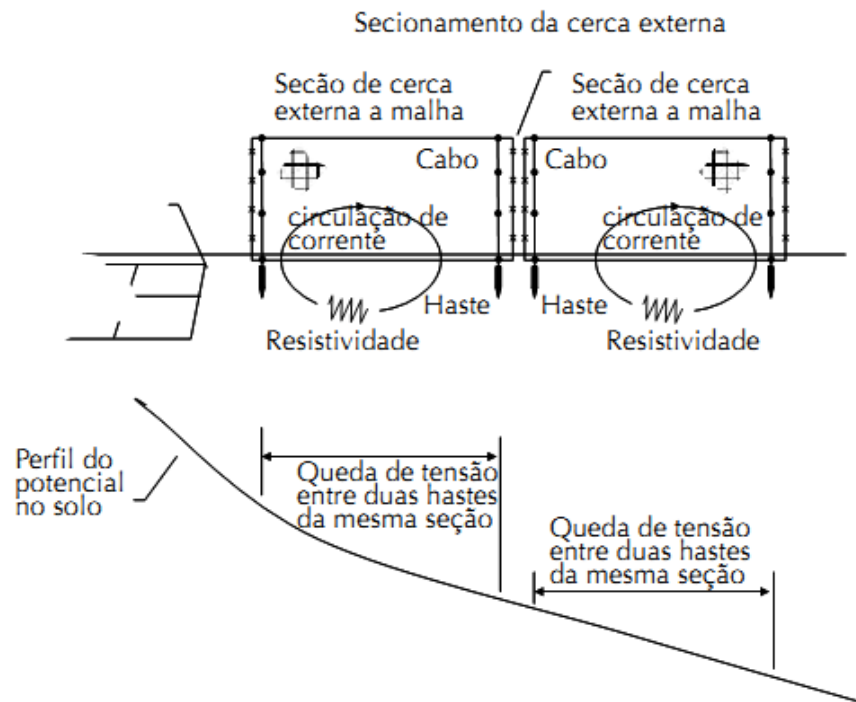
A NR-10 exige o aterramento das instalações elétricas, mas não informa como ele deve ser feito, deste modo, existem normas técnicas brasileiras que tratam desse assunto. Podemos destacar algumas normas da ABNT, tais como a NBR 5410 (Instalações Elétricas em Baixa tensão), NBR 14039 (Instalações Elétricas em Média Tensão até 36,2kV) e a NBR 15751 (Aterramento em Subestações).

8.2 Aterramento de cercas metálicas

Normalmente, subestações de grande porte possuem em seu entorno cercas metálicas e, eventualmente, estas atravessam a malha de aterramento da subestação (ABNT, 2013). Na Figura 42 pode ser vista uma cerca metálica fazendo o entorno de uma subestação de 69 kV.

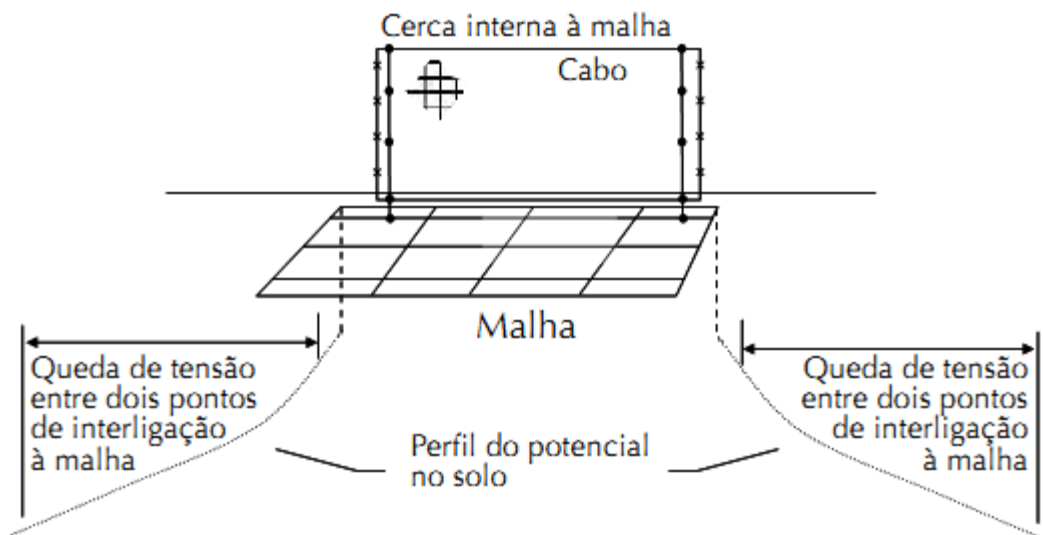
Segundo a norma da ABNT NBR 15751/2013, cercas metálicas que atravessam a malha de aterramento devem ser multiterradas, como pode ser visto na Figura 43. Já quando a cerca metálica está somente no entorno da subestação, a cerca deverá ser seccionada em cada parte (Figura 42).

Figura 42 - Aterramento de cerca envolta da malha de aterramento



Fonte: ABNT (2013)

Figura 43 - Aterramento de cerca sob a malha de aterramento



Fonte: ABNT (2013)

8.3 Aterramento de Equipamentos

De acordo com a NBR 15751, diversos equipamentos devem ter suas carcaças aterradas. São eles: para-raios sobre suportes e sobre vigas, transformadores de potencial indutivo, capacitivo e de corrente, isoladores de pedestal, chaves seccionadoras, disjuntores de corpo único e com polos separados, transformadores de potência monofásicos ou bancos de transformadores monofásicos, transformadores de potência trifásicos, reatores de potência, transformadores de serviços auxiliares, bancos de capacitores (aterrados ou isolados), postes de iluminação, luminárias e projetores instalados em colunas de concreto ou metálicas, tomadas de força e telefônicas do pátio da subestação, torres de telecomunicação (dentro ou fora da malha de terra), ferragens de cadeias de isoladores, cabos e hastes para-raios, blindagens de cabos isolados, canaletas e eletrodutos de pátio de subestação, caixas de passagem, circuitos segregados por função, anel de amortecimento ou eletrodo de terra de blindagem, equipamentos eletrônicos no interior da casa de comando, quadros de serviços auxiliares C.A. e C.C., retificadores, banco de baterias, tomadas de força no interior das edificações, geradores, leitos de cabos, esquadrias, portas e janelas.

A norma apresenta, ainda, várias especificidades para o aterramento dos equipamentos citados anteriormente, tais como: seção do condutor, ponto de conexão do aterramento, distância em relação ao nível do solo, dentre outras.

8.4 Considerações Finais

O aterramento elétrico é um dos principais procedimentos do sistema de proteção de subestações e é tratado neste tópico através da aplicação da NBR 15751, que trata especificamente dos itens obrigatórios para subestações. Foram apontados todos os equipamentos que devem ser interligados à malha de aterramento, dando atenção especial às cercas metálicas. Um bom projeto de aterramento e uma boa execução da malha pode garantir segurança ao trabalho dos profissionais, assim como podem garantir parâmetros técnicos de segurança importantes para um bom funcionamento do sistema elétrico.

9 CONCLUSÃO

Os diversos temas relacionados à segurança do trabalho em subestações elétricas abordados neste estudo através dos desdobramentos e interpretações das normas de segurança relacionadas ao setor, especialmente a Norma Regulamentadora Nº 10, foram apresentados de forma prática, indicando medidas de segurança a serem adotadas pelos trabalhadores.

Cada um dos capítulos deste trabalho abordou temas pertinentes à segurança em subestações, a começar pela própria caracterização das subestações, dos equipamentos presentes e das medidas de segurança durante a manutenção. Este conhecimento básico é indispensável para o trabalho em subestações, de modo que apenas esse conhecimento já é capaz de evitar muitos acidentes.

No que se refere à documentação e aspectos obrigatórios no trabalho seguro em subestações, dois capítulos foram devotados ao tema. Foram explanados e esquematizados os documentos que as empresas devem providenciar durante a realização de intervenções elétricas a fim de se adequar à NR-10. Quanto à aplicação desta norma, foram interpretados os principais itens que tratam do trabalho em subestações, no intuito de extinguir quaisquer dúvidas dos trabalhadores e interessados.

Em relação ao risco de incêndios, um capítulo abordou as medidas de proteção que devem ser adotadas de acordo com o tipo de subestação em que se executa as atividades, as quais devem ser fiscalizadas principalmente pelo corpo de bombeiros do estado. Tópico de suma importância, uma vez que incêndios podem causar desastres, especialmente em subestações, e a observância às medidas de segurança são capazes de evitar catástrofes.

A sinalização de segurança é fundamental para a prevenção de acidentes de trabalho envolvendo eletricidade e um capítulo também foi dedicado ao tema. A utilização de placas para sinalização é um procedimento corriqueiro nas subestações elétricas, o que pode acabar levando à falta de atenção a este item, portanto, é um sistema de segurança que, apesar de simples, não deve ser negligenciado pelos trabalhadores; este trabalho enfatiza tal importância.

Por último, mas não menos importante, o aterramento elétrico é tratado neste trabalho. Como um dos principais procedimentos do sistema de proteção de subestações, foi dada ênfase em como um bom projeto de aterramento e uma boa execução da malha podem

garantir segurança ao trabalho dos profissionais, bem como parâmetros técnicos de segurança importantes para um bom funcionamento do sistema elétrico.

Deste modo, o presente trabalho tem grande potencial de auxiliar eletricitistas, técnicos e empregadores do setor de energia elétrica do Brasil, especialmente do Ceará, na correta aplicação das normas de segurança em subestações elétricas, podendo, assim, contribuir para o bom funcionamento destas e para a redução do número de acidentes de trabalho neste ambiente laboral.

REFERÊNCIAS

- AEROTEX. **Aerotex**, 2022. Disponível em: <<http://www.aerotextintores.com.br>>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- AFIXGRAF. **Prevenção e combate a incêndios nas empresas** 2022. Disponível em:<<https://www.afixgraf.com.br/blog/prevencao-e-combate-incendio-nas-empresas-dicas/>>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- AGF. **Conjunto de Aterramento Temporário**, 2022. Disponível em:<<http://www.agfcomercio.com.br/detalhes-produto/conjunto-de-aterramento-temporario-media-tensao/48>>. Acesso em: 06 mar 2022.
- ABNT. NBR 7195: Cores para Segurança. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rio de Janeiro, 1995.
- ABNT. NBR 13434: Sinalização de segurança contra incêndio e Pânico. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. NBR 15751: Sistema de Aterramento de Subestações - Requisitos. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT. NBR 13231: Proteção contra Incêndio em Subestações Elétricas. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rio de Janeiro, 2015.
- BARROS, B. F. D. **Cabine Primária: subestações de alta tensão de consumidor**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2009.
- BRASIL. NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Brasília, 2004.
- BRASIL. NR 26 – Sinalização de Segurança. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Brasília, 2011.
- BRENTANO, Telmo. **A proteção contra incêndio no projeto de edificações**. 3. ed. Rio Grande do Sul: Tb, 2013.
- CASTRO, Bruno A. **Segurança do trabalho em eletricidade**. São Paulo: Érika, 2019.
- CORPO DE BOMBEIROS DF. **Manual Básico de Combate a Incêndio**. Brasília: [s.n.], v. 5, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS SP. **Instrução Técnica N° 37**. São Paulo: [s.n.], 2011. Disponível em: <<http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br>>. Acesso em: 17 mar. 2022.

DIGIMETTA. **Digimetta**, 2022. Disponível em: <<http://www.digimetta.com.br>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

ENEL. Especificação Técnica n° 942: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição até 34,5 kV. **Entidade Nacional de Eletricidade**. Ceará, 10/09/2021.

ENERGEC. **Subestação Ceará Mirim II 500 kv**, 2014. Disponível em: <<http://www.energec.com.br/146/subestacao-ceara-mirim-ii-500-kv---cymimasa---rn>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ESTEVES, Árina A. A. **NR10. Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. São Paulo: Viena, 2014.

FERNANDES CONSTRUÇÕES. **Subestação Paranatinga 500 Kv**, 2022. Disponível em: <<https://sfernandesconstrucoes.com/projeto/31/subesta??o-paranatinga-500-kv>>. Acesso em: 06 mar. 2022.

FERREIRA, Vitor L. **Segurança em Eletricidade**. São Paulo: LTR, 2015.

GOV.BR. **Norma Regulamentadora No. 10 (NR-10)**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

JUNIOR, Joubert S. **NR-10: Segurança em Eletricidade - Uma Visão Prática**. São Paulo: Saraiva, 2018.

MAMEDE FILHO, João. **Subestações de alta tensão**. Rio de Janeiro: Ltc, 2021. 544 p.

MAURIZIO. **Transmissão e Subestação**, 2021. Disponível em: <maurizio.com.br>. Acesso em: 07 abr. 2022.

MEGABRÁS. **Megabrás**. Disponível em: <<http://www.instrutemp.com.br/megabras>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MUSARDO T.; SANTOS, S.R. **Proteção passiva contra incêndio nos projetos de instalações elétricas**. O Setor Elétrico, São Paulo, ed. 116, p.20-25, set. 2015.

PATISEG. **A normalização para as portas corta-fogo para saída de emergência**, 2018. Disponível em: <<https://patisegnoticias.com.br/2018/09/19/a-normalizacao-para-as-portas-corta-fogo-para-saida-de-emergencia/>>. Acesso em: 06 mar. 2022.

PLACAS DE SINALIZAÇÃO. **Placas de Sinalização**. Disponível em: <<http://xn--placassinalizao-xkb1e.com.br/component/virtuemart/placa-extintor/placa-de-sinaliza%C3%A7%C3%A3o-extintor>>. Acesso em: 02 abr. 2022.

PROTECTOR FIRE. **Coluna de hidrante industrial**, 2022. Disponível em:<<https://www.protectorfire.com.br/produtos/coluna-de-hidrante-industrial/>>. Acesso em 10 mar. 2022.

REFORTRAFO TRANSFORMADORES. **Transformadores**, 2019. Disponível em: <<https://www.refortrafo.com.br/transformadores>>. Acesso em: 06 mar 2022.

SALCAS. **Hipot de alta tensão corrente** alternada, 2015. Disponível em:<<https://www.salcas.com.br/hipot-de-alta-tensao-corrente-alternada-shy-100kvca-100ma?search=hipot%20alta%20tens%C3%A3o&description=true>>. Acesso em: 06 mar. 2022.

SEMPEL. **Produtos**, 2018. Disponível em:<<https://sempel.com.br/produtos/>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

TOCANTINS, V. D. **Curso Básico de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: Nova NR-10: Aplicação Prática**. Brasília: SENAI - Departamento Nacional, 2007.