



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

LEONARDO AUGUSTO DE OLIVEIRA

**FERRAMENTAS DE GESTÃO COM O USO DE
TECNOLOGIA *QR CODE* EM INSPEÇÕES DE
SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO**

Recife, PE
2023



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

LEONARDO AUGUSTO DE OLIVEIRA

**FERRAMENTAS DE GESTÃO COM O USO DE
TECNOLOGIA *QR CODE* EM INSPEÇÕES DE
SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO**

Dissertação, apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de concentração: Construção Civil -
Segurança do Trabalho.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Bianca Vasconcelos

Recife, PE
2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco

Oliveira, Leonardo Augusto de
O48f Ferramentas de gestão com o uso de Tecnologia QR CODE em
inspeções de subestações elétricas de média tensão. / Leonardo Augusto de
Oliveira. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2023.

100 f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Vasconcelos

Dissertação (Mestrado – Construção Civil – Segurança do Trabalho).
Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2023.

1. Subestação Elétrica. 2. Monitoramento. 3. Inspeção. 4. Manutenção.
5. QR CODE. I. Construção Civil - Dissertação. II. Vasconcelos, Bianca
(orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em
Construção Civil. IV. Título.

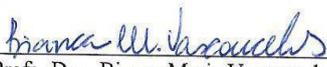
CDD: 690.028

LEONARDO AUGUSTO DE OLIVEIRA

**FERRAMENTAS DE GESTÃO COM O USO DE TECNOLOGIA QR
CODE EM INSPEÇÕES DE SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS DE
MÉDIA TENSÃO**

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora

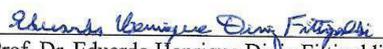


Prof. Dra. Bianca Maria Vasconcelos Valério
Universidade de Pernambuco

Examinadores



Prof. Dr. Felipe Mendes da Cruz
Universidade de Pernambuco



Prof. Dr. Eduardo Henrique Diniz Fittipaldi
Universidade de Pernambuco

Recife-PE
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus avós, João Eduardo de Oliveira e Joselita Domingues de Oliveira (*in memorian*), à minha mãe, Margarida Maria de Oliveira, e à Regina Célia de Oliveira, que foram os pilares da minha educação. À minha querida esposa, Cilena Silva, que sempre me incentivou nos meus estudos e na minha vida, estando sempre ao meu lado. Aos meus queridos filhos, Igor, Lais e Sofia Lopes de Oliveira, pela compreensão pelos dias que dediquei às minhas pesquisas. À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Bianca Vasconcelos, cujas informações, dicas e sugestões durante o projeto foram de essencial importância para este produto final. Aos meus colegas de trabalho, Alberto Cavendish, Juliana Autran, Pércio Martins, Júlio Lopes e Agostinho Marinho, Francisco Tavares. Um especial agradecimento ao meu amigo, Carlos Henrique Amaral, pela ajuda na concepção da pesquisa. Aos meus colegas do mestrado do Programa de Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco, pelo apoio e amizade ao longo do período acadêmico. Aos demais professores e funcionários da Escola Politécnica de Pernambuco, pois, sem vocês, não seria possível a realização deste trabalho acadêmico.

RESUMO

Resumo: No mundo moderno, observa-se uma necessidade crescente da disponibilidade de energia elétrica para os diversos consumidores existentes, sejam eles indústrias, comércio, hospitais, setores de serviços e residências. A falta desse insumo traz diversos transtornos e dificuldades no dia a dia de uma cidade. Nesse cenário, grandes empreendimentos possuem o fornecimento de energia através da alta tensão, para minimizar as falhas e aumentar a confiabilidade do sistema elétrico, sendo que, para atender esse requisito, é necessária a construção e montagem de subestações elétricas de média tensão, que demandam cuidados específicos na sua operação e conservação. Com o objetivo de desenvolver uma ferramenta de gestão para inspeção de subestações elétricas de 13.8 kV, este trabalho se propôs na identificação de requisitos normativos para a manutenção de subestações, no estabelecimento de critérios qualitativos e quantitativos das condições operacionais de subestações, avaliação de requisitos de segurança operacionais das subestações, através da elaboração de um documento de gestão de segurança operacional das subestações e propor a implantação de um sistema de coleta de dados baseado na técnica do *QR Code*, como instrumento de análise que, por meio de visitas técnicas de inspeção e tratamento dos dados coletados, estabelece a avaliação das condições operacionais das subestações analisadas. Os resultados obtidos indicam que as subestações elétricas vistoriadas necessitam de melhorias nos requisitos de proteção elétrica, na estrutura interna de desempenho da edificação e no atendimento das normas regulamentadoras de segurança do trabalho para o controle do risco elétrico, que proporcionem a integração aos normativos existentes e à correção das inconsistências identificadas no desenvolvimento das inspeções de vistoria.

Palavras-chave: Subestação Elétrica; Monitoramento; Inspeção; Manutenção; QR Code.

ABSTRACT

Abstract: in the modern world, there is a growing need for the availability of electricity for the various existing consumers, whether they are industries, businesses, hospitals, service sectors and homes. The lack of this input brings several inconveniences and difficulties in the daily life of a city. In this scenario, large enterprises have high voltage energy supply, to minimize failures and increase the electrical system reliability, and, to meet this requirement, it is necessary to build and assemble medium voltage electrical substations, which require specific care in its operation and conservation. In order to develop a management tool for inspection of electrical substations of 13.8 kV, this work proposed the identification of normative requirements for substation maintenance, the establishment of qualitative and quantitative criteria of substation operating conditions, evaluation of substation operational safety requirements, through the development of a substation operational safety management document and propose the implementation of a data collection system based on the QR Code technique, as an analysis tool that, through technical inspection visits and processing of collected data, establishes the evaluation of the operational conditions of the analyzed substations. The results obtained indicate that the electrical substations surveyed need improvements in electrical protection requirements, internal building's performance structure and compliance with regulatory norms of work safety for electrical risk control, in addition to the implementation of management tools with the use of QR Code technology, that provide integration with the existing regulations and the correction of inconsistencies identified in the development of the inspections.

Keywords: Electrical Substation; Monitoring; Inspection; Maintenance, QR Code.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mortes por choque elétrico por tipo de edificação 2020	11
Figura 2 - Subestação plena abrigada.....	16
Figura 3 - Subestação ao tempo.....	17
Figura 4 - Subestação blindada.....	17
Figura 5 - Subestação simplificada aérea.....	18
Figura 6 - Posto de medição, proteção e transformação de uma subestação.....	22
Figura 7 - Exemplo de <i>QR Code</i>	36
Figura 8 - Fluxograma da metodologia de pesquisa.....	38
Figura 9 - Processo de seleção dos artigos.....	41
Figura 10 - Mesorregiões de Pernambuco.....	42
Figura 11 - Condição da malha de aterramento.....	48
Figura 12 - Existência do sistema de alarme de incêndio.....	49
Figura 13 - Operação dos disjuntores de média tensão.....	50
Figura 14 - Operação dos relés de proteção.....	50
Figura 15 - Condições do tapete isolante.....	52
Figura 16 - Danos internos nas subestação.....	52
Figura 17 - Destacamento da pintura do teto da subestação.....	53
Figura 18 - Infiltrações na cobertura.....	53
Figura 19 - Sistema de ventilação natural.....	54
Figura 20 - Presença de extintores de incêndio nas subestações.....	55
Figura 21 - Sistema de iluminação de emergência.....	55
Figura 22 - Ocorrência de manutenções periódicas nas subestações.....	56
Figura 23 - Diagrama de fluxo de atividades nas subestações.....	62
Figura 24 - Ferramentas de Gestão desenvolvidas	63
Figura 25 - Metodologia do QR Code.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Oferta e consumo de energia.	10
Tabela 2 - Designação normativa de alta tensão.....	15
Tabela 3 - Competência do pessoal envolvido com serviços em alta tensão.....	19
Tabela 4 - Identificação dos principais equipamentos de uma subestação.....	23
Tabela 5 - Normativos aplicados no estudo.....	26
Tabela 6 - Requisitos de segurança para manutenção de subestações.....	29
Tabela 7 - Diretrizes para a construção do abrigo da subestação.....	33
Tabela 8 - Resumo da pesquisa de artigos 01.....	39
Tabela 9 - Resumo da pesquisa de artigos 02.....	40
Tabela 10 - Identificação das subestações elétricas.....	43
Tabela 11 - Identificação das subestações elétricas visitadas.....	47
Tabela 12 - Resumo dos problemas identificados nas subestações.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo geral	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Subestações elétricas rebaixadoras.....	14
2.2 Riscos elétricos em uma subestação.....	18
2.3 Componentes de uma subestação elétrica abrigada.....	21
2.4 Normas técnicas aplicadas em subestações elétricas.....	25
2.5 Controle do risco elétrico em subestações elétricas.....	27
2.6 Análise de desempenho de edificações.....	33
2.7 Ferramentas para leitura de código de barras.....	34
3 METODOLOGIA	38
3.1 Pesquisa bibliográfica.....	39
3.2 Pesquisa de campo.....	42
3.2.1 Definição da amostra.....	42
3.2.2 Elaboração do instrumento de pesquisa e coleta de dados.....	44
3.2.3 Inspeções técnicas de campo.....	45
3.3 Tratamento dos dados.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5 FERRAMENTAS DE GESTÃO.....	61
6 CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE.....	78

1. INTRODUÇÃO

Amplamente disseminada nas instalações industriais, comerciais, educacionais e residenciais de médio porte, as subestações elétricas fazem parte do cotidiano de diversos empreendimentos. Em diversas ocasiões, passam despercebidas, em virtude do seu caráter especializado de existir, haja vista que o seu acesso é restrito a pessoas autorizadas e aos profissionais treinados nesse tipo de instalação elétrica (MAMEDE, 2017).

Devido ao desenvolvimento dos equipamentos eletroeletrônicos e à importância da energia elétrica, os grandes consumidores de energia ficam cada vez mais dependentes do fornecimento ininterrupto de energia, em que a falta ou a falha nesses sistemas ocasiona enormes transtornos e perdas de receitas em uma sociedade amplamente conectada por equipamentos que necessitam de energia elétrica (EPE, 2022).

De acordo com dados apresentados pelo Relatório Síntese 2022, ano base 2021, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022), apresentado na Tabela 01, a energia elétrica no Brasil apresentou aumento de consumo e, por conseguinte, aumento de sua oferta interna disponibilizada à população.

Tabela 01: Oferta e consumo de energia, ano base 2021, Brasil

Valores em TWh		2020	2021	Δ 21/20
Oferta interna de E. Elétrica ¹	↑	653,5	679,2	3,9%
Centrais elétricas SP ²	↑	514,8	542,1	5,3%
Centrais elétricas APE ³	↔	114,0	114,0	0,0%
Importação de eletricidade ⁴	↓	24,7	23,1	-6,5%
Consumo final ⁵	↑	547,7	570,8	4,2%
Perdas (comerciais + técnicas)	↓	16,2%	16,0%	-0,2 p.p

↑ Aumento de 3,9% da Energia Elétrica disponibilizada

↑ Aumento de 4,2% no Consumo Final de Eletricidade

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022).

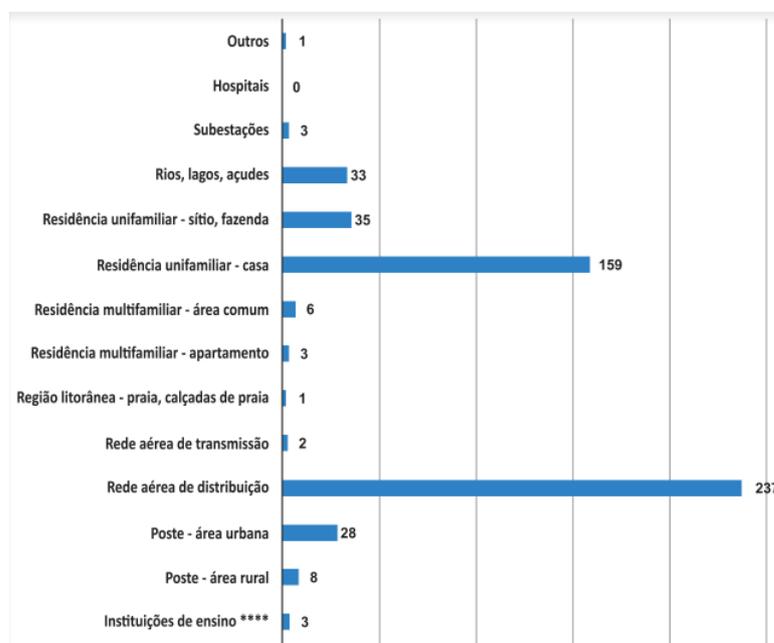
Dessa forma, com a crescente demanda de energia elétrica no país, amplia-se o parque instalado de subestações elétricas para a disponibilização de energia elétrica em tensão de fornecimento padrão para os diversos consumidores industriais, comerciais, de setores de serviços e residenciais das grandes metrópoles, necessitando, com isso, um maior gerenciamento do setor energético pelos atores envolvidos nesse processo (ANEEL, 2022).

Uma consequência desse aumento da infraestrutura de instalações de alta tensão é a necessidade de envolver mais trabalhadores na operação e manutenção dessas instalações. Segundo Huang *et al.* (2022), para a operação de equipamentos elétricos de alta tensão, são necessárias inspeções regulares de segurança para garantir uma operação estável, pois a falha

de qualquer equipamento elétrico de alta tensão pode causar a parada de todo o sistema de energia. No setor elétrico, através de dados levantados pela Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL), compilados em seu Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2021, ano base 2020, o choque elétrico é o risco que mais traz a fatalidade com perdas de vidas, em que a negligência, o desconhecimento dos riscos e o descaso são os motivadores de inúmeros acidentes fatais (ABRACOPEL, 2021). De acordo com Viana e Ferreira (2021), reduzir o quadro atual de acidentes de trabalho envolvendo instalações elétricas, diminuindo tanto o nível de perigo às pessoas quanto as perdas de energia e os danos às instalações elétricas e aos bens, depende da adoção de novos métodos e dispositivos que permitam o uso seguro e adequado da eletricidade.

Conforme se observa na Figura 01, no ano de 2020, ocorreram 691 acidentes fatais com choque elétrico e, desses, 294 (43%) ocorreram na região Nordeste do Brasil. Dentre os acidentes fatais, em primeiro lugar, destaca-se o acidente em rede aérea de distribuição (237 acidentes fatais), seguido por acidentes em residência unifamiliar tipo casa (159 acidentes fatais). Relacionado a este estudo, registram-se os acidentes fatais em subestações, que vitimaram, em 2020, um total de 03 (três) trabalhadores (ABRACOPEL, 2021).

Figura 01: Mortes por choque elétrico por tipo de edificação 2020



Fonte: Anuário Estatístico da ABRACOPEL, 2021.

Como se observa ainda na Figura 01, o Anuário Estatístico da ABRACOPEL (2021) mostra que ocorreram, no ano de 2020, 03 (três) acidentes fatais em subestações elétricas.

Apesar de ser um número pequeno, esses acidentes não deveriam ocorrer, haja vista todo um compêndio de procedimentos de trabalho existente no setor elétrico para os serviços que são desenvolvidos nesses locais. De acordo com Gomes (2017), a subestação elétrica se caracteriza como um ambiente de alto risco de acidentes com eletricidade para os trabalhadores da área, e, apesar de as estatísticas de acidentes fatais serem baixas, quando esses ocorrem, a taxa de letalidade com óbito é alta (ABRACOPEL, 2021). Segundo Viana e Ferreira (2018), qualquer falha no procedimento pode gerar graves acidentes ocasionados por contatos acidentais com a rede elétrica energizada. Os acidentes ocorrem, entre outros motivos, por: equipamentos mal projetados e/ou mal montados; deficiências na manutenção preventiva/corretiva; falha em dispositivos de proteção e/ou equipamentos inadequados às atividades desenvolvidas; montagem de equipamentos com tecnologias e origens diferentes; *layout* inadequado; e fadiga, falta de treinamento, estresse, excesso de confiança do trabalhador da área, falta de planejamento nas atividades a serem executadas.

Altunkainak (2018) cita que os acidentes de trabalho são um dos principais desafios que a maioria dos setores encontra na economia. A maioria dos trabalhadores se depara com inúmeros riscos, e o número de acidentes de trabalho é maior do que o relatado em países desenvolvidos e em desenvolvimento. De acordo com Al-Bayati *et al.* (2021), as investigações de incidentes visam fornecer informações significativas que podem ajudar na prevenção de recorrências futuras e ajudar os formuladores de políticas a identificar padrões e sistemas de segurança inadequados. Em seu trabalho, que avalia técnicas para análise de causa-responsabilidade de acidentes de trabalho, Jabbari e Ghorbani (2016) observaram, com base nos resultados dos testes aplicados em seu estudo, que, ao melhorar o nível de gestão dos projetos de construção, cerca de três quartos dos acidentes de trabalho podem ser prevenidos ou controlados. Pereira *et al.* (2019) citaram que, embora existam exigências legais, ferramentas e técnicas de gestão da segurança desenvolvidas, os acidentes e doenças do trabalho continuaram a crescer, havendo uma necessidade urgente de melhorar as condições de segurança na construção de subestações de energia elétrica, a fim de melhorar a segurança e saúde dos trabalhadores envolvidos.

Costella *et al.* (2020) concluíram que existem relações fundamentais entre Saúde e Segurança do Trabalho (SST) e manutenção e gestão de ativos e que a manutenção tem um papel central a desempenhar nessas relações. Complementam que “Devido à natureza arriscada desta atividade, a SST precisa trabalhar em conjunto no planejamento e supervisão das condições de trabalho, tanto para a empresa quanto para os operadores de manutenção”. Ferramentas de gerenciamento se mostram necessárias em qualquer procedimento de

manutenção, inclusive para contribuir com a SST. Ainda de acordo com Costella *et al.* (2020), “Nesse contexto, a manutenção ganha um objetivo muito maior do que apenas reparar: propõe manter os padrões de eficiência, segurança e tecnologia que garantem a estabilidade das atividades da empresa”.

Dessa forma, esta pesquisa observou que um grupo de subestações elétricas necessita de ajustes: nos requisitos de proteção elétrica; na estrutura interna de desempenho da edificação; e no atendimento das normas de SST para o controle do risco elétrico. Propõe-se a implantação de uma ferramenta de gestão que proporcione a integração aos normativos existentes e a melhoria dos processos de gestão de ativos desses equipamentos, empregando, para tal, novas tecnologias advindas da indústria. Os objetivos deste trabalho são:

1.1 Objetivo geral

- Desenvolver ferramentas tecnológicas de gestão, utilizando a técnica de *QR Code* para inspeções em subestações elétricas de 13.8 kV, como instrumento de apoio ao gerenciamento de risco de acidentes de trabalho.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar os requisitos normativos para manutenção de subestações elétricas no âmbito da segurança do trabalho;
- Estabelecer os critérios qualitativos das condições operacionais de uma subestação elétrica;
- Desenvolver o diagnóstico técnico das condições operacionais nas subestações elétricas;
- Avaliar os requisitos de proteção, desempenho e controle do risco elétrico contidos em inspeções realizadas em subestações elétricas.
- Elaborar documento de gestão da segurança operacional das subestações.
- Propor QR Code para acesso aos documentos de gestão operacional das subestações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com a Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10) (BRASIL, 2019), o Sistema Elétrico de Potência (SEP) compreende o conjunto das instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição, inclusive. Para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2021), uma subestação elétrica é parte do SEP, que compreende os dispositivos de manobra, controle, proteção, transformação e demais equipamentos, condutores e acessórios, abrangendo as obras civis e estruturas de montagem.

Para efetivar uma melhor compreensão do tema proposto e para contextualizar o ambiente subestação elétrica abrigada, procedeu-se à revisão da literatura em subitens, que são: subestações elétricas rebaixadoras; riscos elétricos em uma subestação; componentes de uma subestação elétrica abrigada; normas técnicas aplicadas em subestações elétricas; controle do risco elétrico em subestações elétricas; análise de desempenho de edificações; e ferramentas para leitura de código de barras.

2.1 Subestações elétricas rebaixadoras

Uma subestação elétrica é um ambiente constituído por um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos destinados a modificar as características da energia elétrica (tensão e corrente), permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização (MAMEDE, 2017). Uma subestação elétrica é definida como parte de um sistema de energia, concentrada em um determinado local, incluindo, principalmente, as terminações de linhas de transmissão ou distribuição, aparelhagem e alojamento e que também pode incluir transformadores (IEC, 2013). De acordo com a norma DIS-NOR-036 (CELPE, 2020), subestação é parte do sistema de potência que compreende os dispositivos de manobra, controle, proteção, transformação e demais equipamentos, condutores e acessórios, abrangendo as obras civis e estruturas de montagem, que são atendidas com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, em que os padrões locais de distribuição do Grupo A abrangem as tensões de 11,95 kV, 13,8 kV e 34,5 kV.

Segundo a ANEEL (2021), em sua Resolução nº 1.000, de 07 de dezembro de 2021, os consumidores de energia elétrica são classificados conforme o valor de tensão por eles recebido. Os consumidores são subdivididos entre os que recebem energia em baixa tensão (Grupo B) e os que recebem energia em alta tensão (Grupo A). O grupo de consumidores de

energia de alta tensão são novamente divididos, em seis grupos, conforme destacado em seguida:

- XXIII - grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com conexão em tensão maior ou igual a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão menor que 2,3 kV, subdividido nos seguintes subgrupos:
- a) subgrupo A1: tensão de conexão maior ou igual a 230 kV;
 - b) subgrupo A2: tensão de conexão maior ou igual a 88 kV e menor ou igual a 138 kV;
 - c) subgrupo A3: tensão de conexão igual a 69 kV;
 - d) subgrupo A3a: tensão de conexão maior ou igual a 30 kV e menor ou igual a 44 kV;
 - e) subgrupo A4: tensão de conexão maior ou igual a 2,3 kV e menor ou igual a 25 kV; e
 - f) subgrupo AS: tensão de conexão menor que 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição;
- XXIV - grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com conexão em tensão menor que 2,3 kV, subdividido nos seguintes subgrupos:
- a) subgrupo B1: residencial;
 - b) subgrupo B2: rural;
 - c) subgrupo B3: demais classes;
 - d) subgrupo B4: iluminação pública.

Já a ABNT NBR 14039 (2003), uma instalação elétrica de média tensão, compreende a faixa de tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV; dessa forma, uma subestação elétrica na tensão de distribuição de 13,8 kV pode ser considerada como média tensão. Já a NR-10 (BRASIL, 2019) estabelece que alta tensão (AT) é uma tensão superior a 1.000 volts em corrente alternada ou 1.500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra. Dessa forma, para a NR-10, uma subestação elétrica na tensão de distribuição de 13,8 kV pode ser considerada como AT. Desta forma, neste trabalho, por ser considerado mais abrangente, foi adotado o conceito da NR-10 (BRASIL, 2019), em que AT compreende valores acima de 1.000 volts ou 1 kV, em corrente alternada, sendo a referência neste trabalho. Na Tabela 02, apresentam-se essas designações.

Tabela 02: Designação normativa de Alta Tensão

Norma	Tensão Primária	Designação
NR-10	13.8 kV > 1000 V ou 1 kV	Alta Tensão
ABNT NBR 14039	1 kV < 13.8 kV < 36,2 kV	Média Tensão

Fonte: NR-10 e ABNT NBR 14039.

Conforme estabelece a ANEEL (2021), as subestações elétricas são inseridas no Grupo A, de acordo com o seguinte critério: com tensão maior ou igual a 2,3 kV e menor que 69 kV, se a carga ou a potência instalada de geração na unidade consumidora for maior que 75 kW e a maior demanda a ser contratada for menor ou igual a 2.500 kW. A norma em relação ao Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual (CELPE, 2020) estabelece a exigência do cumprimento da Norma DIS-NOR-036:2020 no projeto e execução das instalações de média tensão, a partir do ponto de entrega até a origem da instalação, em todas as instalações novas, reformas ou ampliações de instalações existentes, permanentes ou em caráter provisório. As instalações existentes executadas de acordo com as normas anteriores podem ser mantidas, desde que as condições técnicas permitam e estejam em bom estado de conservação. Essa mesma norma estabelece os principais tipos de subestações elétricas de média tensão que poderão ser construídas pelos consumidores do Grupo A, sendo elas:

- Subestação plena (abrigada)
- Subestação simplificada (aérea);
- Subestação blindada (abrigada);
- Subestação ao tempo (no solo).

Nas Figuras 02, 03, 04 e 05, têm-se as principais subestações elétricas abordadas neste estudo:

Figura 02: Subestação plena abrigada



Fonte: autor.

Figura 03:Subestação ao tempo.



Fonte: Autor.

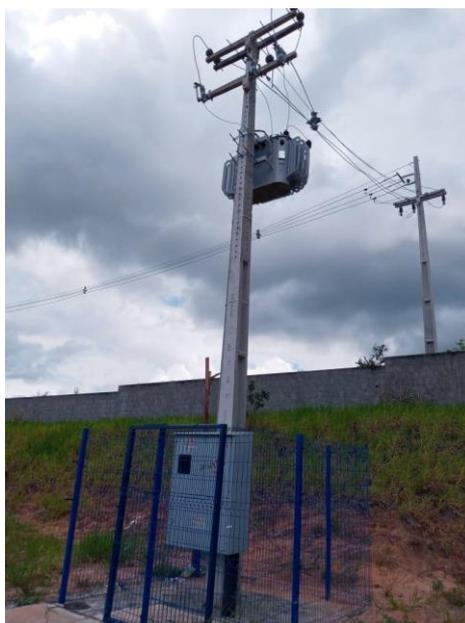
Na figura 4 tem-se a subestação abrigada do tipo blindada com tensão de operação em 13.8 kV, já na figura 5, tem-se a subestação do tipo simplificada aérea tensão de operação de 13.8 kV, em poste, conforme figuras apresentadas na sequência:

Figura 04: Subestação blindada



Fonte: autor.

Figura 05: Subestação simplificada aérea



Fonte: autor.

2.2 Riscos elétricos em uma subestação

Conforme apresentado por El-Harbawi1 e Al-Mubaddel (2020), nas subestações elétricas, os acidentes que ocorrem são frequentemente causados por mais de um fator contribuinte. Dentre esses fatores, defeitos de projeto, picos de energia repentinos, falhas no enrolamento de transformadores, vazamentos de óleo de isolamento e formação de misturas inflamáveis, que são originadas a partir da contaminação do óleo isolante de transformadores de potência, são comuns. Estabelece a NR-10 (BRASIL, 2019) que, 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. Brenner (2013) diz que identificar e realizar gestão dos riscos envolvidos no processo de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica tornou-se cada vez mais necessário por parte das empresas que atuam neste segmento. A ocorrência de acidentes de origem elétrica, normalmente, provoca danos pessoais aos trabalhadores, incluindo lesões graves e fatalidades. Pelo lado das empresas, acumulam-se perdas produtivas, gastos com processos judiciais e com multas aplicadas por órgãos fiscalizadores, que refletem negativamente na saúde financeira dessas empresas.

Segundo Viana e Ferreira (2021), os principais riscos de acidentes, elétricos ou não, encontrados em uma subestação elétrica são choque elétrico, arco elétrico, acidentes com elementos perfurocortantes, partículas sólidas em movimento e impactos na cabeça. Os

riscos elétricos advêm da exposição, neste caso, dos trabalhadores aos equipamentos elétricos por contato direto, por contato indireto ou por outro tipo de exposição, aos efeitos térmicos perigosos resultantes do funcionamento dos equipamentos elétricos e aos efeitos das radiações térmicas (CARIDADE, 2012).

De acordo com Rocha (2021), as principais atividades relacionadas à energia ocorrem dentro de salas elétricas de baixa tensão ou em subestações elétricas de média tensão, que possuem equipamentos para distribuição e consumo de energia elétrica, além de equipamentos de proteção e controle operacional de circuitos elétricos.

Silva (2017) ressalta que somente pessoas instruídas e com conhecimento técnico podem adentrar as áreas das subestações, ficando vedado o acesso a pessoas inadvertidas. Destaca ainda que a norma NBR 14039, no item 9.1.9, orienta a importância da sinalização para segurança dos trabalhadores, indicando que devem ser fixadas placas avisando do perigo existente. De acordo com a NBR 14039, em seu item 9.1.6, “O acesso a subestações somente é permitido a pessoas BA4 e BA5, sendo proibido o acesso a pessoas BA1”, conforme se observa na Tabela 03, extraída da NBR 14039, abaixo:

Tabela 03: Competência do pessoal envolvido com serviços em alta tensão

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA1	Comuns	Pessoas inadvertidas	-
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas de modo a lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar	Pessoal de manutenção e /ou operação trabalhando em locais de serviço elétrico
BA5	Qualificadas	Pessoas que têm conhecimentos técnicos ou experiência suficiente para lhes permitir evitar os perigos que a eletricidade pode apresentar	Engenheiros e/ou técnicos trabalhando em locais de serviço elétrico fechados

Fonte: NBR 14039, 2004, p.12.

De acordo com a NR-10 (BRASIL, 2019), “Em todos os serviços executados em instalações elétricas devem ser previstas e adotadas, prioritariamente, medidas de proteção coletiva aplicáveis, mediante procedimentos, às atividades a serem desenvolvidas, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores”. Segundo Pereira e Souza (2010), “A interferência física do trabalhador em instalações elétricas energizadas com AT que impliquem no ingresso na zona controlada, uma vez que a zona de risco está nela contida, definida e delimitada conforme detalhamento estabelecido no Anexo I da NR-10, que trata da habilitação, qualificação, capacitação e autorização.”. Segundo Lu *et al.* (2020), a falta de habilidades e qualidade profissional do pessoal de manutenção, aliada a um

gerenciamento de segurança imperfeito para manutenção no local, leva a muitos fatores de risco no processo de manutenção, facilmente causando acidentes por falta de segurança no trabalho.

Em seu artigo intitulado “Precarização e acidentes de trabalho: os riscos da terceirização no setor elétrico”, Lima e Oliveira (2021) apresentam o relato de um acidente do trabalho em uma rede aérea de AT, em que o laudo do Ministério do Trabalho e Emprego, relacionado ao acidente, perfaz a lavratura de dezoito autos de infração, constatando irregularidades concernentes às Normas Regulamentadoras. Na conclusão do laudo, o perito elencou as seguintes causas para a ocorrência do acidente: 1) iluminação insuficiente; 2) circuito desprotegido, pois a chave que poderia interromper a energia no poste estava a quilômetros de distância; 3) modo operatório inadequado à segurança, já que o acidentado não realizou a medição da tensão; 4) falha na antecipação, detecção do risco ou perigo, pelo mesmo motivo alegado anteriormente; 5) falta de planejamento e de preparação do trabalho; 6) ausência ou insuficiência de supervisão; 7) equipe numericamente insuficiente para a execução da atividade; 8) meio de comunicação ineficiente, pois não foram informados acerca da localização da chave interruptora do poste onde ocorreu o acidente; 9) tolerância da empresa ao descumprimento de normas de segurança; 10) falta de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e não prescrição desses equipamentos para a atividade, pois não houve fornecimento de vestimentas que contemplassem a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas, que poderiam ter evitado a morte.

Devido à possibilidade de acidentes com trabalhadores, a NR-10 (BRASIL, 2019) define o SEP como um conjunto de instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até a medição, inclusive. De acordo com Pereira e Souza (2010), de forma similar às empresas que desenvolvem trabalhos no SEP, as prestadoras de serviços contratadas pelas concessionárias de energia elétrica e outras empresas que compartilham o mesmo posto de trabalho, próximas às rede de distribuição secundária de energia, em especial às estruturas das redes de distribuição e transmissão de energia elétrica, tais como as empresas de telefonia, de TV a cabo, iluminação pública e suas contratadas, estão obrigadas a seguir os mesmos procedimentos que as empresas concessionárias de energia elétrica. Dessa forma, alguns trabalhadores, em específico, e as pessoas em geral convivem com o SEP e não sabem o problema que possuem por perto.

Em seu item 10.5 Segurança em instalações elétricas desenergizadas, especificamente em seu parágrafo 10.5.1, a NR-10 (BRASIL, 2019) considera que somente

serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecendo a sequência abaixo:

- a) seccionamento;
- b) impedimento de reenergização;
- c) constatação da ausência de tensão;
- d) instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- e) proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada (Anexo II);
- f) instalação da sinalização de impedimento de reenergização.

Associado a esses procedimentos, a NR-10 (BRASIL, 2019) obriga as empresas e os trabalhadores que interagem em instalações elétricas e serviços com eletricidade para que adotem as medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco; implementem as medidas de proteção individual e coletiva aplicáveis, mediante procedimentos de trabalho; os serviços sejam realizados em duplas de trabalhadores; disponha de equipamento que permita a comunicação permanente com os demais membros da equipe ou com o centro de operação durante a realização do serviço; as vestimentas de trabalho sejam adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas, de forma a garantir a segurança e saúde no trabalho na execução dos serviços em AT (BRASIL, 2019).

Segundo Guardia e Lima (2019), considerando o trabalho em dupla de trabalhadores, a norma para as duplas também considera a complexidade da tarefa a ser executada. Porém, ela é definida, *a priori*, para serviços considerados menos complexos, no quais serão designadas as duplas, e em serviços considerados complexos, nos quais uma ou duas duplas se unem, recompondo equipes de quatro ou seis integrantes.

2.3 Componentes de uma subestação elétrica abrigada

Conforme já mencionado neste trabalho, de acordo com a Norma de Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual (CELPE, 2020), subestação é parte do sistema de potência que compreende os dispositivos de manobra, controle, proteção, transformação e demais equipamentos, condutores e acessórios, abrangendo as obras civis e estruturas de montagem. Zorzal (2008) diz que uma subestação funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão

elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando como pontos de entrega para consumidores industriais.

Mamede (2017) descreve que a subestação elétrica abrigada em alvenaria é o tipo mais comum de subestação industrial, requerendo uma área construída exclusiva para este fim, e que os seus equipamentos e aparelhos são instalados em seu interior, devidamente protegidos de intempéries. Ainda segundo o autor, as instalações abrigadas são divididas em compartimentos, que são o posto de medição primária, o posto de proteção primária e o posto de transformação.

Em seguida, apresentam-se esses compartimentos:

Figura 06: Posto de medição, proteção e transformação de uma subestação



Fonte: Rodrigues *et al.* (2017).

As subestações em função de sua complexidade possuem diversos tipos de equipamentos, dos quais podem ser destacados (GOMES; LAMANA, 2017):

- Chaves seccionadoras;
- Para-raios;
- Disjuntor de AT;
- Relé de proteção;
- Transformadores de potência;
- Banco de capacitores;
- Transformadores de serviços auxiliares;
- Transformadores de potencial;
- Transformadores de corrente;
- Sistema de medição;
- Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT).

Na Tabela 04 a seguir, destaca-se cada equipamento citado, associado à sua função na subestação elétrica abrigada (MAMEDE, 2005):

Tabela 04: Identificação dos principais equipamentos de uma subestação

Equipamento	Descrição	Função
	Chave Seccionadora Primária 400A, classe 15kV.	Isolar equipamentos ou trecho de barramento em uma subestação, para execução de serviços de manutenção ou operação da subestação (MAMEDE, 2005).
	Para-raios classe 15kV, 10kA, 60 Hz, série A.	Proteger os equipamentos de uma subestação elétrica, limitando as sobretensões provenientes de surtos de tensões ocasionados por descargas atmosféricas, manobras e surtos de tensão na rede de distribuição elétrica (MAMEDE, 2005).
	Disjuntor de alta tensão, Classe 17.5kV, 630A, 350 MVA, 16kA, 50/60 Hz.	Interromper as correntes de defeito ou correntes operacionais de um determinado circuito, durante um menor espaço de tempo possível, inclusive circuitos operando a plena carga e em vazio e a energizar os circuitos em processos operacionais e em manutenção (MAMEDE, 2005).

Equipamento	Descrição	Função
	Relé de Proteção.	Proteção das redes elétricas energizadas contra a ocorrência de defeitos transitórios ou permanentes e perturbações como: curto-circuito, sobrecargas, variações do nível de tensão e variações do nível de frequência elétrica (MAMEDE, 2005).
	Transformador de potência 13.8 kV / 380/220V, 60 Hz.	Rebaixar o nível de tensão primária de distribuição, para um nível de subtransmissão e de distribuição em baixa tensão, tensão essa reduzida para ser utilizada com segurança pelos usuários do sistema elétrico (MAMEDE, 2005).
	Banco de capacitores	Correção do fator de potência (MAMEDE, 2005).

Equipamento	Descrição	Função
	Sistema de medição	Caixa destinada à instalação dos equipamentos de medição de energia elétrica da distribuidora (CELPE, 2020).
	Quadro Geral de Baixa Tensão - QGBT	Acomodar e estabelecer a derivação e proteção dos circuitos elétricos trifásicos em baixa tensão, que saem da subestação em direção aos quadros terminais de força atendidos pela subestação elétrica. (MAMEDE, 2005).

Fonte: Autor.

Amplamente empregadas nas redes elétricas de AT, e utilizadas também para controle, proteção de condutores, transformação e demais equipamentos e acessórios, tem-se a subestação simplificada, também conhecida como subestação aérea em poste, destinada ao atendimento de unidades consumidoras com potência de até 300 kVA (CELPE, 2020).

2.4 Normas técnicas aplicadas em subestações elétricas

Segundo Guardia e Lima (2019), as exigências de alta qualidade na prestação de serviços impõem padrões normativos ao setor elétrico e impelem as concessionárias de energia elétrica a se enquadrarem nos limites fixados por órgãos reguladores, sob pena de sofrerem multas.

Objetivando o embasamento normativo referente ao tema deste trabalho, foram objeto de pesquisa as diversas normas técnicas, Normas Regulamentadoras e publicações que tratem do tema relacionado a subestações elétricas de média tensão, entre as principais referências normativas encontradas, apresentado na Tabela 05:

Tabela 05: Normativos aplicados no estudo

Norma	Título	Objetivo	Status
ABNT NBR 14039:2021	Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV.	Esta Norma estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço.	Em vigor
NR-10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.	Estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.	Em vigor
ABNT NBR 16747:2020	Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento	Esta Norma fornece diretrizes, conceitos, terminologia e procedimentos relativos à inspeção predial, visando uniformizar metodologia, estabelecendo métodos e etapas mínimas da atividade. Esta Norma se aplica às edificações de qualquer tipologia, públicas ou privadas, para avaliação global da edificação, fundamentalmente através de exames sensoriais por profissional habilitado.	Em vigor
ABNT NBR 5410:2008	Instalações elétricas de baixa tensão	Esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.	Em vigor

Norma	Título	Objetivo	Status
DIS-NOR-036:2020	Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual	Padronizar as entradas de serviço, medição e proteção geral e estabelecer as condições para o fornecimento de energia elétrica para as unidades consumidoras individuais ou unidades consumidoras do grupo A que compartilhem a mesma subestação, nas tensões de 11,95 kV; 13,8 kV e 34,5 kV.	Em vigor
ABNT NBR 15751:2013	Sistemas de Aterramento de Subestações - Requisitos	Esta Norma especifica os requisitos para dimensionamento do sistema de aterramento de subestações de energia elétrica, acima de 1 kV, quando sujeitos a solicitações em frequência industrial.	
ABNT NBR 5460:1992	Sistemas elétricos de potência	Esta Norma define termos relacionados com sistemas elétricos de potência, explorados por concessionários de serviços públicos de energia elétrica.	em vigor

Fonte: Autor.

2.5 Controle do risco elétrico em subestações elétricas

Para o bom funcionamento de uma subestação, torna-se imprescindível que técnicas adequadas de manutenção dos equipamentos elétricos sejam adotadas, de modo a garantir a segurança das pessoas e do SEP (GOMES; LAMANA 2017). De acordo com a NBR 14039 (2003), o projeto, a execução, a verificação e a manutenção das instalações elétricas só devem ser confiados a pessoas qualificadas a conceber e executar os trabalhos em conformidade com esta norma. A não observância de requisitos rígidos de controle do risco elétrico nesses ambientes poderia levar os acidentes fatais entre trabalhadores do setor elétrico a níveis mais elevados, como se observa nos acidentes em redes aéreas de distribuição (ABRACOPEL, 2021).

No item 4.4 da NBR 14039 (2003), que trata da manutenção de subestações e se insere nos princípios de uma subestação elétrica de média tensão, são estabelecidas premissas fundamentais para intervenções de manutenções preventivas em subestações como: deve-se garantir proteção contra choques elétricos; proteção contra efeitos térmicos; proteção contra sobrecorrentes; proteção contra sobretensões; proteção contra mínima e

máxima tensão e falta de fase; proteção contra inversão de fase; proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas de média tensão; proteção contra fuga de líquido isolante; e proteção contra perigos resultantes de faltas por arco. Ainda é orientado pela NBR 14039 (2003) que:

- a) toda verificação periódica, ensaio, manutenção e reparo necessário possa ser realizada de maneira fácil e segura;
- b) a eficácia das medidas de proteção para segurança esteja garantida;
- c) a confiabilidade dos componentes seja apropriada à durabilidade prevista.

De acordo com a NR-10 (BRASIL, 2019), no seu item 10.4 - Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção, especificamente no subitem 10.4.4, estabelece que “As instalações elétricas devem ser mantidas em condições seguras de funcionamento e seus sistemas de proteção devem ser inspecionados e controlados periodicamente, de acordo com as regulamentações existentes e definições de projetos”. Os sistemas de proteção que integram as instalações elétricas devem ser submetidos a inspeções e controles regulares e periódicos, em conformidade e atendimento às regulamentações, quando houver, ou às recomendações determinadas em projeto, ou, ainda, às boas técnicas de segurança, o que inclui a auditoria prevista no prontuário das instalações (PEREIRA; SOUZA, 2010).

De acordo com a NR-06 (BRASIL, 2018), considera-se EPI todo dispositivo ou produto de uso individual, utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e saúde no trabalho, e que se constituem da última barreira da proteção do trabalhador. Seguindo orientação da NR-10 (BRASIL, 2019), os EPI do trabalhador envolvido com serviços com eletricidade são obrigatórios. Consultando a Recomendação Técnica de Procedimentos RTP-05, (VIANA; FERREIRA, 2021), os principais EPI para trabalhos com eletricidade são:

- Botina de couro com solado isolante: para proteger os pés contra agentes agressivos e choques elétricos. Não deve possuir componentes metálicos;
- Luvas isolantes para eletricitistas: para o uso em serviços com risco de choque elétrico em equipamentos energizados e passíveis de energização.
- Obs.: as luvas isolantes só devem ser utilizadas com as luvas de cobertura. Luvas de cobertura em vaqueta: utilizadas para proteção das luvas isolantes.

- Óculos de segurança: destinam-se à proteção dos olhos contra impactos mecânicos e efeitos decorrentes da irradiação solar ou do arco elétrico.
- Vestimenta de segurança que contemplem proteção retardante à chama ou antichama: jaqueta, macacão, calça, balaclava.
- Capacete de segurança: destina-se a proteger a cabeça contra impactos, quedas de objetos, contato acidental com circuitos elétricos energizados, constituído de material isolante.
- Utilizados como um complemento da proteção do trabalhador contra os riscos elétricos, temos os Equipamentos de Proteção Coletiva, que são (VIANA; FERREIRA, 2021):
- Detector de AT: equipamento empregado para confirmar a presença ou ausência de AT em um circuito ou parte dele.
- Detector de baixa tensão: equipamento empregado para confirmar a presença ou ausência de baixa tensão em um circuito ou parte dele.
- Barreiras / invólucros / grades articuladas / bandeirolas / fitas / placas de sinalização / cones de sinalização: usados para delimitar as áreas de trabalho ou de perigo, sinalizar e informar riscos existentes e impedir o contato com partes vivas das instalações elétricas.

Conforme apresentado na Tabela 06, têm-se as premissas fundamentais para intervenções de manutenções preventivas em subestações, para garantir a segurança dos trabalhadores e as medidas de controle necessárias para serem adotadas no desenvolvimento dos serviços de manutenção:

Tabela 06: Requisitos de segurança para manutenção de subestações segundo a NBR 14039

Item da NBR 14039	Proteção para garantir a segurança NBR 14039	Medidas de Controle NBR 14039
5.1	Proteção contra choques elétricos.	Proteção contra contatos diretos. Proteção contra contatos indiretos.
5.2	Proteção contra efeitos térmicos.	Proteção contra incêndio. Proteção contra queimaduras.
5.3	Proteção contra sobrecorrentes.	Disjuntor de média tensão. Relé de proteção.

Item da NBR 14039	Proteção para garantir a segurança NBR 14039	Medidas de Controle NBR 14039
5.4	Proteção contra sobretensões.	Disjuntor de média tensão. Relé de proteção. Para-raios proteção contra sobretensões de origem atmosféricas.
5.5	Proteção contra mínima e máxima tensão e falta de fase.	Disjuntor de média tensão. Relé de proteção.
5.6	Proteção contra inversão de fase.	Disjuntor de média tensão. Relé de proteção.
5.7	Proteção das pessoas que trabalham nas instalações elétricas de média tensão.	Proteção através do uso de: capacetes, óculos de segurança, luvas, botas. Vestimenta de segurança. Estrado ou tapete isolante. Detectores de tensão. Dispositivos de travamento mecânico. Dispositivos que permitam o aterramento de partes provisoriamente desenergizadas.
5.8	Proteção contra fuga de líquido isolante.	Existência de tanque de contenção de óleo mineral isolante.
5.9	Proteção contra perigos resultantes de faltas por arco.	Acionamentos sob carga através de disjuntor de média tensão. Operação da instalação a uma distância segura.

Fonte: NBR 14039.

Em seu item 10.2, a NR-10 ((BRASIL, 2019) estabelece as premissas para as medidas de controle do risco elétrico, que diz:

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.

10.2.2 As medidas de controle adotadas devem integrar-se às demais iniciativas da empresa, no âmbito da preservação da segurança, da saúde e do meio ambiente do trabalho.

10.2.3 As empresas estão obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção.

10.2.4 Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo:

- a) conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes;
- b) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;
- c) especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR;
- d) documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados;
- e) resultados dos testes de isolamento elétrica realizados em EPI e coletiva.

Pereira e Souza (2010) comenta que o que se pretende com essa exigência é a criação de uma memória dinâmica da instalação elétrica, dos procedimentos de trabalho, dos sistemas e medidas de proteção, das realizações de treinamentos, das capacitações, das contratações, das certificações, das especificações, dos testes de rigidez dielétrica, enfim, da organização das instalações elétricas. Ao regulamentar essa obrigatoriedade de documentar, promove-se a oportunidade de gestão responsável e avaliações a qualquer tempo, tendo as suas características atestadas mediante a documentação que facilitará informações, estudo e

pesquisas aos trabalhadores e demais interessados e a promoção de ações de segurança e de auditoria fiscalizadora.

De acordo com a NR-10 (BRASIL, 2019), em seu subitem 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”. Zorzal (2008) afirma que a manutenção ou reparo em instalações que não estejam sob tensão só pode ser feito quando elas estiverem bloqueadas e, posteriormente, liberadas. Entende-se por instalação liberada aquela cuja ausência de tensão pode ser constatada com dispositivo para esta finalidade.

A NR-10 (BRASIL, 2019), em seu item 10.5.1, considera que somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecida a sequência abaixo:

- a) seccionamento;
- b) impedimento de reenergização;
- c) constatação da ausência de tensão;
- d) instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- e) proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada (Anexo II);
- f) instalação da sinalização de impedimento de reenergização.

Consta na ABNT NBR 5674:2012 (BRASIL, 2012) que as edificações são suporte físico para a realização direta ou indireta de todas as atividades produtivas e possuem, portanto, um valor social fundamental. As edificações, ao longo do seu tempo de serviço, devem apresentar condições adequadas ao uso a que se destinam, resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais. De acordo com a ABNT NBR 16280:2020 (BRASIL, 2020), o envelhecimento das obras construídas impõe determinados processos, por segurança, devido à perda de função ou qualidade, que devem ser conduzidos com base em requisitos bem definidos. Mudanças econômicas e culturais trazem necessidades que podem levar a processos de alteração das construções. Contudo, essas transformações devem preservar a segurança das edificações, seus usuários e o entorno por ela impactados.

2.6 Análise de desempenho de edificações

Conforme apresentado na Tabela 07, em Pernambuco, a norma DIS-NOR-036 (CELPE, 2020) estabelece diretrizes para a construção da edificação da subestação elétrica abrigada, e as principais são:

Tabela 07: Diretrizes para a construção do abrigo da subestação

7.14.1 O dimensionamento da subestação do consumidor é competência do responsável técnico pelo projeto da obra.
7.14.2 As subestações devem ser projetadas conforme as normas NBR 14039 Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV e NBR 5410 Instalações Elétricas em Baixa Tensão da ABNT, em suas últimas revisões, quanto aos seus aspectos técnicos e de segurança.
7.14.3 Pode ser utilizado subestação abrigada, pré-moldada ou pré-fabricada com consulta prévia à Distribuidora, quanto às características do acesso à área destinada à medição.
7.14.4 Os corredores e os locais de acesso da subestação abrigada devem ter dimensões de, no mínimo, 0,70 m, com todas as portas abertas e na pior condição com os equipamentos extraídos em manutenção, para livre circulação de pessoas e equipamentos.
7.14.5 As portas das subestações abrigadas devem ser metálicas, abrir para fora, com dimensões mínimas de 0,80 x 2,10 m para acesso de pessoas e de 1,60 x 2,10 m quando para acesso comum a pessoas e equipamentos.
7.14.6 Devem possuir iluminação interna artificial obedecendo aos níveis de iluminamento fixados pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, e natural sempre que possível.
7.14.7 Em subestações construídas em alvenaria, as partes energizadas da instalação devem ser protegidas por anteparos rígidos constituídos de telas metálicas resistentes, de arame galvanizado nº12 BWG, com malha mínima de 5 mm e máxima de 13 mm. A tela metálica deve ser instalada até uma altura mínima de 1,70 m do solo, podendo ter uma abertura de até 0,30 m na parte inferior.
7.14.8 Deve ser provido de extintor de incêndio (CO ₂ ou pó químico seco) e atender as normas de segurança específica do Corpo de Bombeiros. Recomenda-se que o mesmo seja instalado do lado de fora da subestação abrigada, próximo à porta de entrada, devidamente protegido contra intempéries.

Fonte: DIS-NOR-036 (CELPE, 2020).

Visando à conservação predial e manutenção de edificações, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) editou normas técnicas que estabelecem os requisitos para essas atividades. Dentre as normas pesquisadas, encontram-se: ABNT NBR 16280:2014 -

Reforma em edificações - Sistema de gestão de reformas - Requisitos; ABNT NBR 5674:2012 - Manutenção de Edificações: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção; ABNT NBR 15575:2012 - Edificações Habitacionais: Desempenho; ABNT NBR 16747:2020 - Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Desta forma, essas normas foram aplicadas para as análises de desempenho desenvolvidas neste estudo.

2.7 Ferramentas para leitura de código de barras

De acordo com a GS1 Brasil (2016), os números de identificação de um produto podem ser representados por meio de símbolos do código de barras, para possibilitar a leitura eletrônica (óptica) em qualquer etapa de um processo de controle, que seja necessária a captura de dados. O código de barras pode ser encontrado em praticamente qualquer produto e embalagem que consumimos. Por meio dele, é possível identificar a mercadoria de forma muito mais prática e ágil, além de ser responsável por padronizar produtos diferentes da mesma cadeia produtiva. O código de barras tradicional (*barcode*, em inglês) é uma representação gráfica de dados numéricos ou alfanuméricos. A descodificação (leitura) desses mesmos dados é realizada por intermédio de um *scanner* (conhecido como leitor de código de barras), que emite um raio (geralmente de cor vermelha) que percorre todas as barras. Onde a barra for escura, a luz é absorvida, e onde a barra for clara (espaços em branco), a luz é refletida novamente para o leitor (MANETTI, 2021). De acordo com Eckschmidt e Morita (2014), a maior diferença entre um *QR Code* e o código de barras tradicional está no fato de que o código de barras comum, somente carrega informações na horizontal, enquanto o *QR Code* lê informações tanto na horizontal quanto na vertical, permitindo uma maior quantidade de dados em um espaço menor.

A criação e desenvolvimento dos códigos *QR* emerge da necessidade de expandir a capacidade dos códigos de barras convencionais, pois o mercado consumidor precisava que mais informações fossem mediadas por uma solução mais prática e ágil. Para suprir a demanda, o *QR Code* possui a capacidade de armazenar 354 vezes mais informações que o código de barras, além de aceitar todos os tipos de caracteres. Sua velocidade de leitura é 10 vezes mais rápida devido a utilização de marcações delimitadas pelos quadrados em suas extremidades (SILVA, 2013).

O *QR Code* (*Quick Response Code*) é um código de 2 dimensões (2D) composto por vários módulos de cor preta, dispostos em diferentes lugares sobre um fundo branco. O *QR Code* é considerado, por muitos, como uma outra versão do comum código de barras (1D).

Entre as duas tipologias, a diferença mais evidente está na representação gráfica de ambos (MARQUES, 2017).

Em 1994, o *QR Code* foi desenvolvido por Masahiro Hara e lançado pela empresa japonesa *Denso Wave* (ECKSCHMIDT; MORITA, 2014), uma subsidiária Toyota, para catalogar as peças das linhas de produção automobilísticas (Denso Wave, 2022). Masahiro Hara e a *Denso Wave* disponibilizaram de forma livre e gratuita as especificações e licenciamento do *QR code*, o que tornou possível a popularização dessa tecnologia, ficando popular em todos os continentes (PLAZA, 2019).

O *QR Code* não apenas possui capacidade de armazenamento de informações superior ao código de barras comum, mas é também mais resistente a danos e sujeiras e por carregar informações em ambas as direções, inclusive com duplicação de informações. O *QR Code* pode representar até várias centenas de vezes a quantidade de dados carregados por um código de barras comum (Denso Wave, 2022).

De acordo com Plaza (2019), o *QR Code*, ou as siglas de “*Quick Response*” que, em tradução para a língua portuguesa, significa “resposta rápida”, é, de fato, tal como o próprio nome indica: um código de leitura rápida superior ao código de barras, em grande parte devido à sua leitura em qualquer ângulo (ECKSCHMIDT; MORITA, 2014). O *QR Code* é um símbolo de duas dimensões (2D) com elevada capacidade de armazenamento de dados, permitindo codificar muito mais informação do que o código de barras unidimensional tradicional.

O barramento *QR code*, se caracteriza por um quadrado branco e preto com uma série de sequências de pontos impressos que implica em um direcionamento seja para uma página na web ou ainda agilizar processos de *download*, ou conceder um acesso a pessoa a determinado local e outras inúmeras atividades (PLAZA, 2019).

O sistema de codificação e leitura de *QR code* (bidimensional), tem como preceito de armazenagem as informações verticais e horizontais, de diferentes naturezas como a numérica, a simbólica, a binária e a alfanumérica, podendo exibir dados de até 7089 caracteres numéricos ou 4296 caracteres alfanuméricos, proporcionando uma enorme potencialidade de armazenamento de dados (SANTOS; MONTEIRO, 2012).

Na Figura 07, apresenta-se um exemplo de código bidimensional tipo *QR Code*:

Figura 07: Exemplo de *QR Code*

Fonte: Xavier (2011).

Segundo a Denso Wave (2022), as vantagens do uso do *QR Code* são:

1. Representam uma grande quantidade de informações com um pequeno código: o *QR Code* pode representar vários caracteres, incluindo números, letras, Kanji, Kana, símbolos binários e códigos de controle.
2. Tomam apenas um pequeno espaço físico: como o *QR Code* representa dados em ambas as direções, vertical e horizontal, a quantidade de informações mantidas por um único código de barras pode ser representada com um tamanho físico aproximadamente um décimo menor.
3. Pode ser lido de qualquer direção (360°): o *QR Code* pode ser lido em alta velocidade a partir de qualquer direção. Os três quadrados, em três cantos de um *QR Code*, permitem uma leitura estável e rápida sem os efeitos dos padrões de fundo.
4. Resistente a manchas e danos: como o *QR Code* tem uma função de correção de erros, os dados podem ser recuperados mesmo em partes do código que estejam manchadas ou danificadas.

De acordo com Cunha (2023) a capacidade de armazenamento de dados de um *QR Code* permitiu a criação e aprimoramento de ferramentas para tornar as rotinas de coleta de dados mais simples. Com a modernização e disseminação da tecnologia, outros tipos de empreendimentos também aderiram a esse recurso de conexão direta que encurta endereços, traz atalhos e permite ao usuário acessar informações com mais dinamismo. Atualmente, saber o que é *QR Code* permite que os usuários utilizem um código para criação de *links*, direcionamento de pagamento e realização de orientações na *internet*, o usuário não precisa digitar manualmente a informação antes de efetivar a ação. A leitura da imagem identifica o texto, verifica do que se trata e completa as informações necessárias. Conforme explica Eckschmidt e Morita (2014) o *QR Code* pode trazer também uma instrução, que pode ser desde acessar uma página da *internet*, disponibilizar um endereço ou dados de contato para

serem carregados na agenda do celular, até detalhar características técnicas do produto, acessar os últimos desenvolvimentos de uma notícia publicada, entre outras aplicações. O uso dessa tecnologia é livre, portanto, qualquer pessoa pode gerar um *QR Code*, utilizando um aplicativo gerador de *QR Code*, é possível criar o código disponibilizando diversas informações como imagens e outros arquivos, bastando apenas digitar o texto, link, número telefônico ou SMS desejado (XAVIER, 2011).

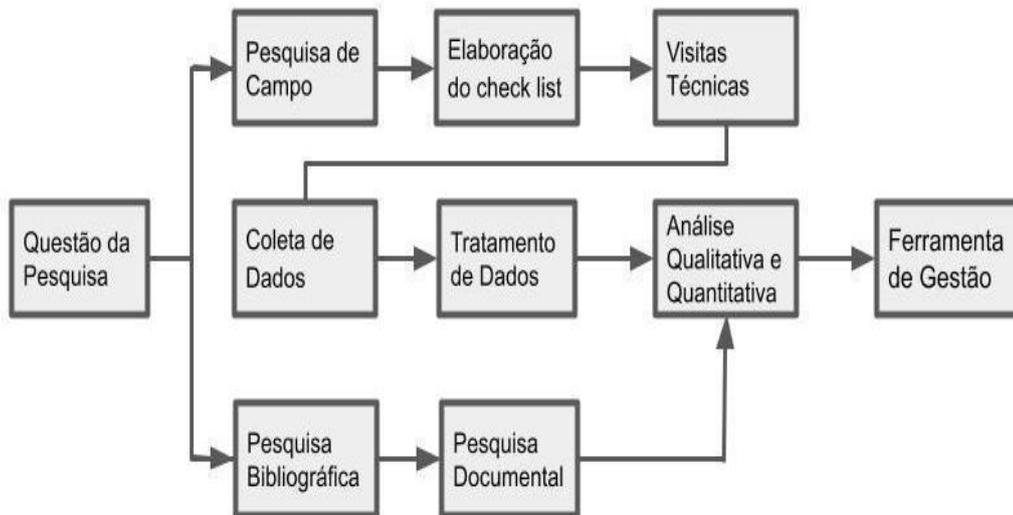
3 METODOLOGIA

A abordagem do tema proposto é fundamentada em uma pesquisa bibliográfica e na realização de uma pesquisa de campo. Nesta pesquisa de campo, foi realizado um roteiro de atividades que culminou com a análise qualitativa e quantitativa dos dados coletados durante as visitas técnicas desenvolvidas.

A pesquisa bibliográfica desenvolvida estabeleceu uma fundamentação teórica que desencadeou a necessidade de se verificar, na prática, o que está de fato ocorrendo nas subestações elétricas após o uso contínuo, ao longo dos anos, dos equipamentos que compõem as subestações. Desta forma, a pesquisa de campo complementa o estudo desenvolvido, por apresentar a real situação operacional das subestações elétricas.

A pesquisa de campo foi constituída através de visitas técnicas em subestações localizadas nas diversas regiões geográficas do estado de Pernambuco. Com os dados obtidos nessas visitas técnicas, houve o tratamento dos dados e, em seguida, foi realizada a análise qualitativa e quantitativa das condições internas das subestações. Essa análise culminou em um diagnóstico que fundamentou o desenvolvimento de uma ferramenta de gestão para o controle operacional das subestações, imprescindível para a tomada de decisão relacionada aos procedimentos de segurança do trabalho, manutenção dos equipamentos e conservação da edificação e de elementos estruturais das subestações elétricas em análise. Na Figura 8, apresenta-se o fluxograma da metodologia adotada:

Figura 8: Fluxograma da metodologia de pesquisa



Fonte: autor.

3.1 Pesquisa bibliográfica

Na fase inicial do levantamento do material para a elaboração desta dissertação, foi adotada a pesquisa bibliográfica livre nas plataformas e base de dados das bases de dados Scopus, *Web of Science*, *Engineering Village*, *Science Direct* e Periódicos CAPES, escolhidas por sua amplitude, relevância e especificidade de dados referentes ao tema em questão. Foram também pesquisados artigos obtidos em sites especializados em tecnologia, normas técnicas nacionais, assim como consultados livros que abordam os assuntos relacionados a esta pesquisa.

As palavras-chave utilizadas para a coleta desses dados, objetivando obter artigos, periódicos e livros relacionados ao tema em questão, por motivos de abrangência, foram em inglês: “*Electrical substation*”; “*monitoring*”; “*maintenance*”. A seleção dos artigos e periódicos foi feita através de critérios de exclusão e inclusão.

Para exclusão, primeiramente foi utilizado os filtros de seleção para separar os possíveis artigos que não seriam relevantes ao estudo, eles são: data de publicação (a partir de 2016 até 2021); área de atuação (engenharia). Posteriormente à utilização dos filtros, excluíram-se os artigos que não discorriam sobre subestações elétricas, monitoramento e manutenção e os que não relataram acidentes em manutenção predial nesses ambientes.

Os artigos incluídos, nos casos estudados, identificam fatores como monitoramento de subestações, monitoramento remoto, segurança em serviços com eletricidade e manutenção de subestações elétricas classe 15 kV.

Na Tabela 08, a seguir, apresenta-se o resumo das pesquisas realizadas nas diversas base de dados e os respectivos quantitativos de exclusões e inclusão dos artigos, de acordo com os critérios apresentados:

Tabela 08: Resumo da pesquisa de artigos 01

Base de Dados	Artigos Retornados	Artigos Excluídos	Artigos Considerados
Scopus	19	16	03
Web of Science	04	03	01
Engineering Village	03	01	02
Science Direct	23	17	06
Periódicos CAPES	86	81	05
Total	135	118	17

Fonte: Autor.

Inicialmente, foi realizada a pesquisa bibliográfica livre nas plataformas das bases de dados Scopus, *Web of Science*, *Engineering Village*, *Science Direct* e Periódicos CAPES, sendo encontrados 135 artigos. Depois da aplicação dos critérios de exclusão por área de atuação, data de publicação, leitura de título e resumo e leitura integral, foram excluídos 118 artigos. Ao final, o número de artigos se restringiu a 17.

No decorrer da pesquisa bibliográfica, foi necessária a realização de uma segunda pesquisa nas bases de dados, em que, novamente, foram selecionadas as bases de dados Scopus, *Web of Science*, *Engineering Village*, *Science Direct* e Periódicos CAPES. Nessa nova pesquisa, as palavras-chave utilizadas para a coleta desses dados foram “*electrical substation*” e “*safety*”. Consideraram-se como critério de exclusão a data de publicação (a partir de 2016 até 2021) e a área de atuação (engenharia). Na Tabela 09, a seguir, apresenta-se o resumo das pesquisas realizadas.

Tabela 09: Resumo da pesquisa de artigos 02.

Base de Dados	Artigos Retornados	Artigos Excluídos	Artigos Considerados
Scopus	08	07	01
Web of Science	08	06	02
Engineering Village	09	07	02
Science Direct	07	06	01
Periódicos CAPES	06	05	01
Total	38	31	07

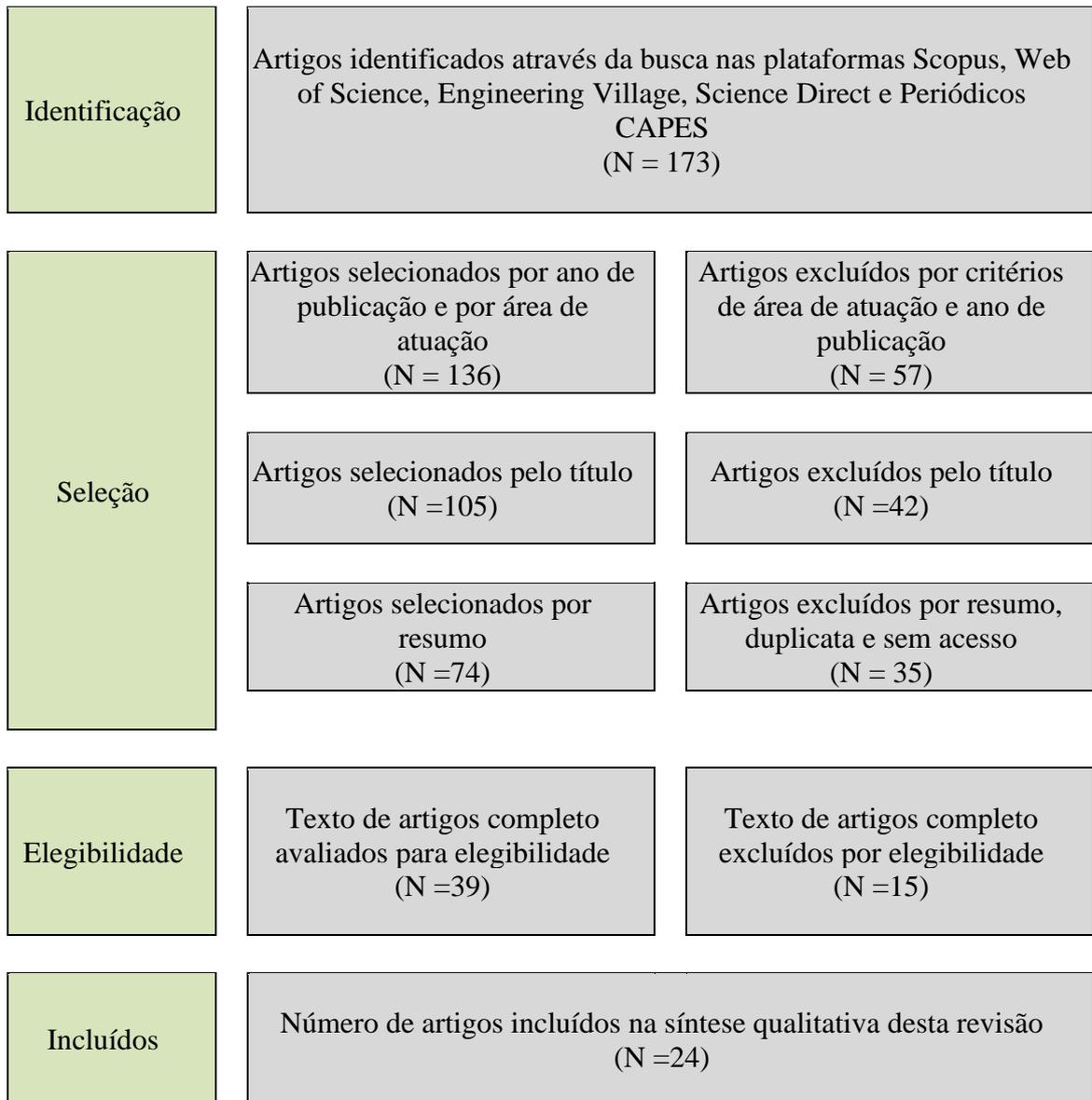
Fonte: Autor.

Após a realização da pesquisa, foram encontrados mais 38 artigos. Depois da aplicação dos critérios de exclusão por área de atuação, data de publicação, leitura de título e resumo e leitura integral, foram excluídos 31 artigos. Finalmente, o número de artigos se restringiu a 07.

Considerando as duas pesquisas realizadas, foram selecionados 173 artigos, em que foram excluídos primeiro por ano de publicação e área de atuação (excluídos 149 artigos). Dessa exclusão, o refinamento ocorreu por título (excluídos 42). Restaram, para leitura do resumo, 74 artigos, sendo excluídos mais 35 artigos, devido ao resumo não se aderir ao objeto de estudo. Desses 39 artigos, na fase da avaliação por elegibilidade, foram excluídos

15 artigos (sendo 9 por duplicata e 6 deles excluídos por falta de acesso). Por fim, restaram 24 artigos, que foram incluídos nesta pesquisa. A Figura 9, ilustra o fluxograma do processo de seleção dos artigos da pesquisa, bem como as características dos estudos considerados para a elaboração desta dissertação:

Figura 9: Processo de Seleção dos Artigos



Fonte: Adaptação do Método de (LIBERATI, A. *et al.*, 2009).

Além da pesquisa de artigos anteriormente detalhada, foi objeto de leitura uma considerável bibliografia composta de livros, normas técnicas, consulta a *sites* especializados na *internet*, publicações de associações profissionais, anais de congressos e guias de referências de equipamentos eletrônicos, que estão disponíveis na referência bibliográfica desta dissertação.

3.2 Pesquisa de campo

Como objeto de estudo deste trabalho, foi adotado o ambiente especial denominado de subestação elétrica abrigada de média tensão de 13,8 kV. Conforme já definido, a subestação elétrica é um ambiente constituído por um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos destinados a modificar as características da energia elétrica, em que a principal função é o rebaixamento da tensão primária de AT de 13,8 kV para a tensão secundária operacional industrial de 380/220V, também chamada de baixa tensão.

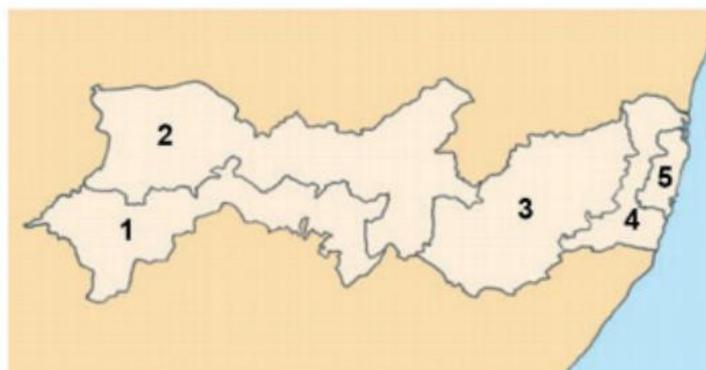
Para melhor estruturar a pesquisa de campo, foi estabelecida a divisão desta atividade em três momentos distintos, que foi a definição da escolha da amostra, a elaboração do instrumento de pesquisa e de coleta de dados e a realização das inspeções técnicas de campo.

3.2.1 Definição da amostra

Para levantar as informações necessárias para o desenvolvimento deste estudo, em que deverão ser identificadas as condições operacionais dos equipamentos internos de uma subestação elétrica, bem como constatar o estado de conservação e o funcionamento da edificação, foi realizada uma pesquisa de campo em 12 (doze) subestações elétricas, sendo 11 (onze) do tipo abrigada, com 01 (uma) sendo instalada ao tempo em postes, também chamadas de subestações aéreas, escolhidas para a aplicação deste trabalho.

A determinação da amostra dessas 12 (doze) subestações elétricas abrigadas e instaladas em postes (aéreas) foi para levar em conta pelo menos uma representante das diversas regiões geográficas do Estado de Pernambuco, que abrangem as Regiões Metropolitana do Recife, Zona da Mata, Agreste e Sertão, conforme indicado na Figura 10:

Figura 10: Mesorregiões de Pernambuco.



Legenda: (1) e (2) - Sertão; (3) - Agreste; (4) - Zona da Mata; (5) - Região Metropolitana do Recife.
Fonte: TRIGUEIRO, (2023).

Desta forma, a distribuição geográfica da escolha das subestações, ao longo do estado de Pernambuco, objetiva a ramificação do estudo em várias regiões, buscando, com isso, verificar se aspectos geográficos, climatológicos, técnicos e logísticos podem trazer impactos nas condições operacionais e de desempenho das subestações elétricas.

As subestações inseridas como amostra perfazem um conjunto de 12 (doze) subestações particulares de consumidor de tensão primária de fornecimento em 13,8 kV, inseridas em unidades do segmento educacional. O consumidor particular é a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representada, que solicita o fornecimento de energia elétrica ou o uso do sistema elétrico à distribuidora, assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento à(s) sua(s) unidade(s) consumidora(s), segundo disposto nas normas e nos contratos da concessionária de energia elétrica.

Importante ressaltar que não foi identificado nenhum registro de acidente de trabalho envolvendo riscos elétricos aos trabalhadores que atuam nas dependências internas dessas subestações elétricas abrigadas e aéreas.

A Tabela 10 apresenta a localização geográfica, bem como as principais características técnicas das subestações a serem inspecionadas.

Tabela 10: Identificação das Subestações Elétricas

Subestação	Tipo	Potência	Início Operação	Localização
#01	Abrigada	500 kVA	1982	RMR
#02	Abrigada	2000 kVA	2017	RMR
#03	Abrigada	600 kVA	2010	RMR
#04	Abrigada	300 kVA	1980	RMR
#05	Abrigada	1000 kVA	2016	AGRESTE
#06	Abrigada	600 kVA	2009	MATA NORTE
#07	Abrigada	300 kVA	1982	MATA NORTE
#08	Abrigada	1225 kVA	2007	MATA SUL
#09	Abrigada	1000 kVA	2016	MATA SUL
#10	Abrigada	1000 kVA	2015	RMR
#11	Abrigada	725 kVA	2005	SERTÃO
#12	Aérea	225 kVA	2010	SERTÃO

Fonte: Autor.

Para preservar a identidade da instituição cedente das informações, as subestações foram identificadas apenas por números. Informa-se, ainda, que o autor foi autorizado formalmente para ter acesso, vistoriar e analisar os dados obtidos nas inspeções técnicas. Na amostra escolhida, constata-se a existência de subestações em diferentes estágios construtivos, onde existem subestações recém-construídas e subestações com até 40 (quarenta) anos de operação contínua.

3.2.2 Elaboração do instrumento de pesquisa e coleta de dados

Para realizar a coleta de dados nas subestações elétricas abrigadas e aéreas no momento das inspeções técnicas, foi criado o *checklist* de inspeção técnica, estabelecido através da consulta das legislações vigentes: ABNT NBR 14039:2021 - Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV; NR-10:2019 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade; e ABNT NBR 16747:2020 - Inspeção Predial — Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimento. Este *checklist* busca trazer à tona o cenário atual das condições básicas de operação das subestações nos quesitos de: proteção para a garantia da segurança do trabalho dos operadores; das medidas de controle do risco elétrico nas operações normais dos equipamentos; das condições de perda de desempenho da edificação, quando se avalia o estado de conservação e funcionamento da edificação, seus sistemas e subsistemas.

Também chamado de lista de verificação, o *checklist* foi aplicado em todas as visitas de inspeção das subestações abrigadas e aéreas. Elaborado em linguagem simples e objetiva, o *checklist* teve uso constante durante as visitas das instalações, sendo estruturado através de perguntas. As respostas se enquadram em três categorias, devendo ser respondidas na coluna de avaliação, assumindo a condição de SIM, NÃO e NA, respectivamente: SIM - relacionada à situação de conformidade com a norma; NÃO - em desconformidade com a norma; NA - não se aplica. Foram disponibilizadas, ainda, duas colunas subsequentes complementares, que possibilitam ao vistoriador registrar informações de recomendação e observação, visando, com isso, criar uma memória para as futuras análises a serem desenvolvidas no estudo. Desta forma, o *checklist* proposto está organizado em forma de questionário, onde o vistoriador fará as considerações necessárias em função do atendimento ou não atendimento do item da norma. O resultado dessas verificações servirá de base para a elaboração do diagnóstico do controle operacional das subestações avaliadas. O *checklist* completo está disponibilizado no apêndice deste trabalho.

3.2.3 Inspeções técnicas de campo

Para se atingir o objetivo do desenvolvimento de ferramentas de gestão para o controle operacional de subestações, foi imprescindível obter informações técnicas que mostraram as condições operacionais desses equipamentos. Essas informações técnicas foram obtidas através das inspeções realizadas nas etapas anteriores deste estudo, conforme já apresentado.

Dentro da atividade de inspeção técnica, o vistoriador procedeu à avaliação das instalações com a aplicação do *checklist*. Ele efetuou o registro fotográfico das instalações e equipamentos, e procedeu à identificação de situações de não conformidades com as normas técnicas vigentes, estabelecendo o mapeamento de condições que possam trazer grave e iminente risco, caso estejam evidentes situações desta natureza. Os registros de informações obtidos nessas inspeções foram organizados em uma análise de dados de forma qualitativa e quantitativa. Na forma qualitativa, foram coletadas informações obtidas através da observação visual dos ambientes visitados. Já na forma quantitativa, que reúne dados que podem ser levantados de forma numérica, foram observadas situações pontuais de não conformidades, possibilitando, mais adiante, uma análise estatística das informações coletadas.

Considera-se o momento da aplicação do roteiro de inspeção técnica, designado de *checklist*, elaborado a partir dos requisitos de segurança estabelecidos pelas ABNT NBR 14039:2021, ABNT NBR 16747:2020 e NR-10:2019. O ponto de partida para o início da implantação da gestão do controle operacional das subestações elétricas, aliado ao plano de manutenção da subestação, terá o seu desfecho na materialização do Relatório Técnico de Inspeção. Esse documento deverá ser formulado a partir da avaliação do estado operacional dos equipamentos de alta tensão instalados na subestação; da conservação e do funcionamento da edificação; da observância das medidas de controle de segurança do trabalho, determinadas pelas normas citadas, resultando em um mapeamento destas condições, a partir das inspeções realizadas nas subestações.

Constituindo a etapa prática da pesquisa, as inspeções técnicas de campo foram realizadas nas seguintes localidades: 05 unidades na RMR, 02 unidades na Mata Norte, 02 unidades na Mata Sul, 01 unidade no Agreste e 02 unidades no Sertão.

Conforme apresentado na Tabela 10, essas 12 (doze) subestações foram inspecionadas para avaliar as condições operacionais em função dos aspectos indicados no *checklist*, em que foi estabelecida a análise qualitativa e quantitativa das condições operacionais das subestações.

Na ocasião da inspeção técnica, os procedimentos de segurança do trabalho para o acesso ao ambiente controlado da subestação elétrica foram seguidos de forma criteriosa, destacando-se o procedimento de trabalho, a autorização prévia para o acesso ao ambiente controlado e a análise de risco, bem como a integração dos EPI necessários para este acesso, como capacete de segurança, óculos de proteção e calçado de segurança.

Dentre os principais itens a serem verificados, referentes à ABNT NBR 14039:2021, destacam-se os requisitos para a garantia da segurança das pessoas autorizadas que necessitem adentrar o ambiente controlado da subestação elétrica, como requisitos de aterramento, proteção contra anomalias proveniente de falhas elétricas e garantia do isolamento das partes energizadas da subestação. Quanto aos requisitos estabelecidos pela NR-10:2019, destacam-se, para instalações com potência mínima de 75 kW: a necessidade de elaborar e de manter atualizado o Prontuário de Instalações Elétricas (PIE), que deverá conter todo o conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas para a manutenção da segurança e saúde dos trabalhadores que adentrem o interior de uma subestação, incluindo os esquemas unifilares das instalações elétricas; as especificações do sistema de aterramento; e as condições operacionais dos componentes, equipamentos e circuitos elétricos existentes no interior da subestação. No que se refere aos requisitos relacionados à ABNT NBR 16747:2020, deverão ser observadas as condições estruturais da edificação ou de sua estrutura de apoio, para o caso de uma subestação aérea, onde aspectos de desempenho da edificação, como elementos de vedação, estrutura, cobertura, iluminação, segurança contra incêndio, grades de proteção, ventilação e acessibilidade, impactam diretamente no estado de conservação e funcionamento da edificação, seus sistemas e subsistemas.

3.3 Tratamento dos dados

A partir da coleta das informações operacionais, realizadas durante as visitas técnicas, a avaliação dos dados permitiu o levantamento das análises qualitativas e quantitativas das instalações nas subestações elétricas vistoriadas neste trabalho.

Incluído no planejamento das atividades desenvolvidas durante a inspeção, foi de fundamental importância o registro das condições de conformidade e não conformidade dos componentes das subestações que estão sendo vistoriadas, o que deverá ser registrado para posterior análise, controle operacional e criação de medidas corretivas, bem como para se levantar os dados qualitativos e quantitativos das condições operacionais das subestações elétricas. O objetivo do Relatório Técnico de Inspeção, a ser apresentado na forma de um

diagnóstico das instalações, foi estabelecer um conjunto de informações técnicas que apresentará as condições operacionais dos equipamentos existentes nos locais inspecionados, subsidiando a elaboração da ferramenta de gestão da subestação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetivando uma maior quantidade de amostras dos resultados da pesquisa de campo, foram realizadas mais 06 (seis) visitas de inspeções de campo para a aplicação do *checklist*, totalizando então 18 (dezoito) amostras de visitas técnicas em subestações elétricas, onde 17 (dezessete) foram em subestações abrigadas e 01 (uma) subestação aérea, conforme apresentado na tabela 11:

Tabela 11: Identificação das Subestações Elétricas visitadas

Tipo	Quantidade	Segmento	Localização
Abrigada	04 und	Serviço Público	RMR
Abrigada	01 und	Hospital Municipal	AGRESTE
Abrigada	01 und	Edifício Empresarial	RMR
Abrigada	01 und	Escolar	SERTÃO
Aérea	01 und	Escolar	SERTÃO
Abrigada	01 und	Escolar	AGRESTE
Abrigada	04 und	Escolar	ZONA MATA
Abrigada	05 und	Escolar	RMR
TOTAL	18 und		

Fonte: autor.

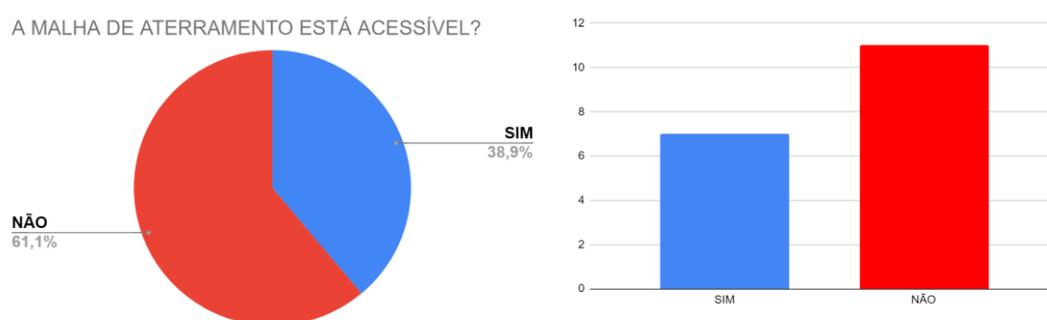
Para a avaliação qualitativa e quantitativa proposta, foi aplicada a parte do *checklist* de inspeção técnica que trata da garantia de segurança e proteção dos trabalhadores e dos equipamentos existentes nas subestações, que foi estabelecida através da consulta da ABNT NBR 14039:2021 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV, e, para a parte que trata das condições estruturais da edificação, foram lastreadas no que se refere aos requisitos relacionados à ABNT NBR 16747:2020 - Inspeção Predial - Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimento. No caso de uma subestação aérea, foram observados aspectos de sua estrutura de apoio. Em uma subestação abrigada, foram observados também aspectos de desempenho da edificação, tais como elementos de vedação, estrutura, coberta, iluminação, segurança contra incêndio, grades de proteção, ventilação e acessibilidade, que

impactam diretamente no estado de conservação e funcionamento da edificação, de seus sistemas e subsistemas.

As análises realizadas a partir das informações coletadas nas inspeções técnicas serão apresentadas a seguir, e o *checklist* de inspeção completo, criado para o levantamento das informações, está apresentado no apêndice deste trabalho.

Foi constatado que, nas subestações visitadas, a isolação das partes energizadas em AT está sendo efetivada pela constatação *in loco* da integridade dos elementos isolantes dos equipamentos e materiais elétricos da subestação, bem como garantida pelo aterramento das partes metálicas não energizadas destes e dos elementos protetores das partes vivas das instalações, como grades, portas de acesso metálicas, quadros de distribuição, carcaça de equipamentos e elementos metálicos desenergizados. A malha de aterramento está presente em todas as subestações, entretanto está acessível, por meio de caixas de inspeção de aterramento, em somente 38,9% das subestações visitadas. Vale ressaltar que são mostradas evidências da existência da malha de aterramento, devido aos diversos pontos de conexão à malha, dos elementos não energizados da subestação nos locais onde não foram localizadas as caixas de inspeção do aterramento. Na Figura 11, observam-se as condições das malhas de aterramento.

Figura 11: Condição da malha de aterramento

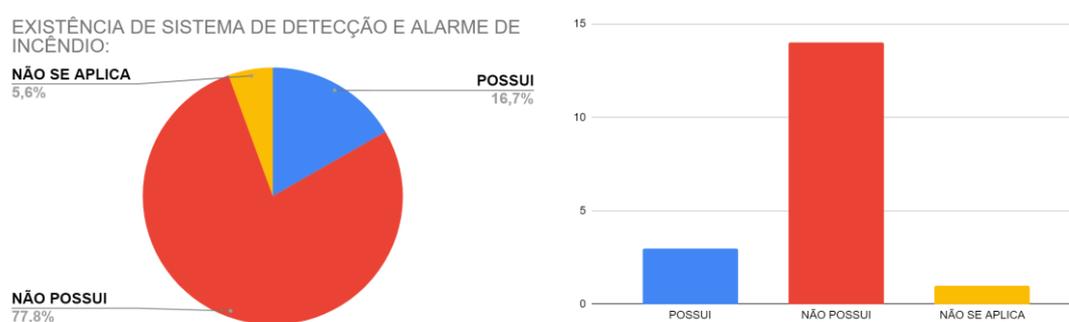


Fonte: autor.

Segundo Caridade (2012) a escolha e seleção adequadas das medidas de proteção de segurança de uma instalação elétrica estão dependentes das características da fonte de energia. As medidas de proteção contra o choque elétrico estão grandemente dependentes do sistema de terra implementado e do tipo de caminho pretendido para a corrente de defeito de terra.

Apesar de não trazer sérios riscos, foi identificada, em uma das subestações vistoriadas, a presença de material de fácil combustão depositado no interior da subestação, que, segundo a ABNT NBR 14039:2021, não deverá constar nenhum elemento combustível nas partes internas das subestações, para evitar a combustão ou deterioração de materiais no interior da subestação. A constatação mais preocupante, no que diz respeito à proteção contra incêndio, foi a baixa existência de sistemas de detecção e alarme de incêndio nas subestações vistoriadas. De acordo com o Art. 134, Título II, Capítulo I do Código de Segurança contra Incêndio e Pânico para o Estado de Pernambuco (COSCIPI) (1997), um sistema de detecção e alarme de incêndio, automático e sob comando, possibilita uma identificação e localização rápida do incêndio ainda em sua fase inicial. Por este normativo, não existe a obrigatoriedade de se instalar dispositivos de detecção e alarme de incêndio em uma subestação, entretanto, na existência deste sistema de proteção na unidade comercial como um todo, o emprego de dispositivos de detecção e alarme de incêndio, em uma subestação, proporciona um maior requisito de segurança para a edificação como um todo. Somente 16,7% das subestações possuem o dispositivo de segurança supracitado, conforme observa-se na Figura 12. A parcela de 5,6% relacionada à situação de “não se aplica” se refere à subestação aérea considerada no universo pesquisado e que não necessita de sistemas desta natureza.

Figura 12: Existência do sistema de alarme de incêndio

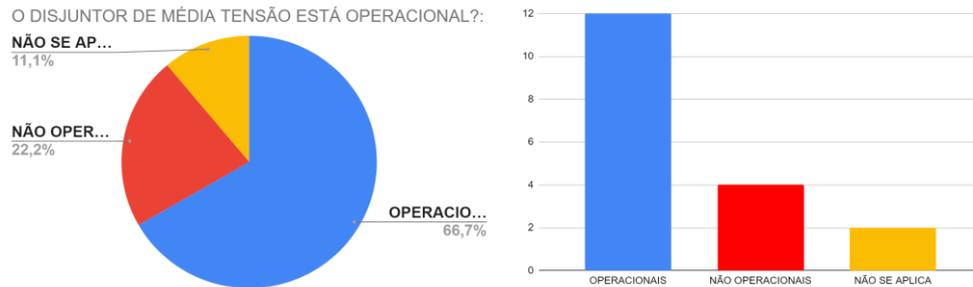


Fonte: autor.

No requisito de proteção elétrica, conforme é observado na Figura 13, um número de 16 (dezesesseis) subestações possuem o disjuntor de média tensão, sendo que, em 12 (doze) subestações, esse equipamento está operacional; em 04 (quatro) subestações, o disjuntor de média tensão está com problemas; e nas 02 (duas) restantes, não se aplica o equipamento. A atividade de operação de subestações consiste em efetuar manobras em equipamentos eletromecânicos, seccionadores e demais dispositivos a fim de controlar o fluxo de potência

no sistema elétrico, mantendo as instalações elétricas em condições operacionais (GOMES; LAMANA, 2017).

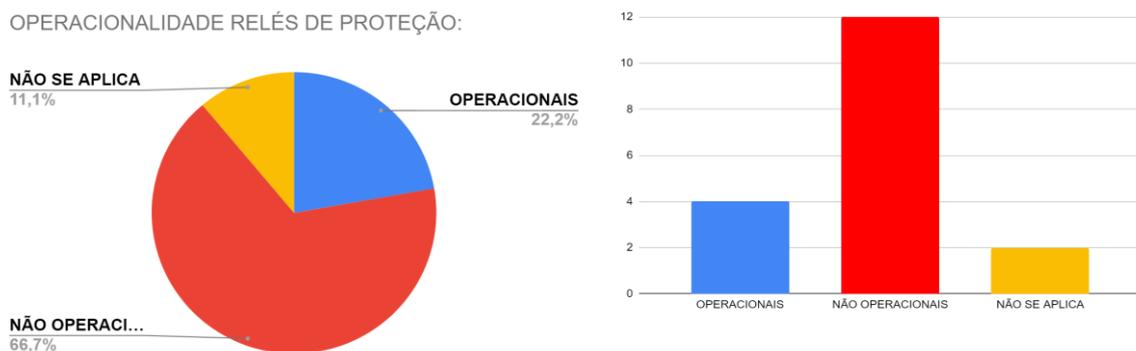
Figura 13: Operação dos disjuntores de média tensão



Fonte: autor.

De acordo com a Figura 14, em 66,7% das subestações, o relé de proteção contra sobretensões e sobrecorrentes não está operacional. Isso implica a falta de proteção contra essas anomalias da rede elétrica e a iminência de sua ocorrência, podendo causar sérios danos aos equipamentos instalados na subestação. Segundo Cipriani *et al.* (2014) o conhecimento do estado das proteções na subestação elétrica, através da análise de mudança de estado das grandezas monitoradas, facilita a atuação do operador, tanto na fase de análise quanto na fase de intervenção de manutenção de uma subestação. A parcela de 11,1%, relacionada à situação de “não se aplica”, refere-se à subestação aérea considerada no universo pesquisado e que não necessita de sistemas desta natureza e de uma segunda subestação elétrica abrigada que não possui disjuntor de média tensão. Outro fator preocupante é a ausência de proteção contra inversão de fase da rede elétrica, situação essa que, se ocorrer, poderá trazer danos a equipamentos instalados na baixa tensão, como motores, compressores, máquinas industriais, condicionadores de ar e elevadores.

Figura 14: Operação dos relés de proteção



Fonte: autor.

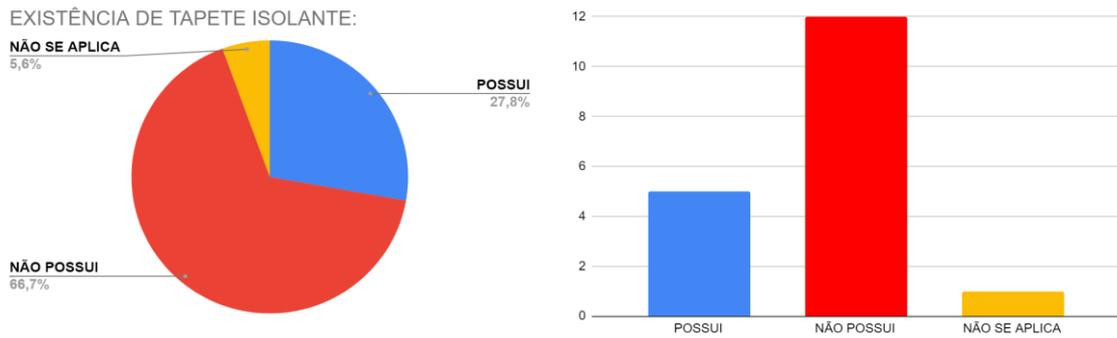
Os sinais de tensão e corrente dos equipamentos denominados de transformador de potencial (TP) e transformador de corrente (TC), devem ser comparados com variáveis calculadas nos projetos e apresentadas junto com o projeto de proteção disponibilizado pela concessionária de energia e nele inseridas. Estes sinais são responsáveis pela atuação ou não do disjuntor de média tensão (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Quanto à proteção contra descargas atmosféricas, foi verificado que, em 02 (duas) das subestações vistoriadas, não foi exigida, pela concessionária local de energia elétrica, a instalação de para-raios contra surtos de tensão provenientes de distúrbios na rede elétrica, mais conhecido como para-raios tipo válvula. Sem essa proteção, todas as anomalias que ocorrem externamente passam para as instalações internas das subestações, podendo trazer danos tanto para os equipamentos de AT quanto para os de baixa tensão.

Quanto ao requisito de proteção contra o acesso de pessoas não autorizadas no interior das subestações, foi identificado que todas as subestações vistoriadas estão devidamente lacradas, com as suas chaves em poder da segurança patrimonial de cada unidade visitada. A liberação da chave de acesso se dá através da autorização expressa da gestão administrativa da unidade, sendo proibida a liberação das chaves para pessoas não autorizadas pela empresa.

De acordo com Al-Bayati *et al.* (2021) o risco de choque coexiste com o risco de arco elétrico, uma vez que existe arco elétrico quando alguém trabalha em condutores elétricos energizados ou peças de circuito, desta forma os empregadores devem disponibilizar equipamentos de segurança para a proximidade com elementos energizados, o que foi observado é a falta do tapete isolante ou da plataforma isolada para a manobra dos equipamentos elétricos, cujo gráfico é apresentado na Figura 15, em que somente 05 (cinco) das subestações inspecionadas, que representa 27,8% das amostras, possuem esse item de segurança, contra 66,7%, que não possuem esse equipamento de proteção coletiva. A parcela de 5,6% relacionada à situação de “não se aplica” se refere à subestação aérea considerada no universo pesquisado e que não necessita de sistemas dessa natureza. Com relação ao tanque de contenção de óleo mineral proveniente de extravasamentos de óleo mineral de transformadores, foi identificado que uma das subestações não possui esse requisito, provavelmente por ser uma subestação antiga e que não está adequada às normas novas de segurança em instalações.

Figura 15: Condições do tapete isolante



Fonte: autor.

Com relação à estrutura de vedação (paredes e divisórias), às portas de acesso, às grades de proteção e à estrutura de concreto armado (pilares, vigas e lajes), foi verificado que se encontram em bom estado de conservação na grande maioria das subestações. Entretanto, em 04 (quatro) das subestações vistoriadas, foi identificada a existência de falhas no reboco, fissuras superficiais, bolor em paredes, manchas de umidade, infiltrações em esquadrias de janelas e destacamento de pintura. Conforme citado por Gomes e Lamana (2017) os serviços mais comuns relacionados a obras em subestações são: Britagem, construção de canaletas, base de concreto para equipamentos novos, implantação de novos equipamentos, implantação de postes de concreto, pequenas edificações, instalações elétricas de baixa tensão e instalações hidráulicas sanitárias. Esses danos nos revestimentos de paredes e estruturas das subestações denunciam uma deficiência na manutenção desses ambientes, conforme pode-se observar nas imagens da Figura 16, a seguir:

Figura 16: Danos internos nas subestações



Fonte: autor.

A falta de manutenção dos revestimentos internos das subestações colabora para o aspecto de abandono das edificações abrigadas, na figura 17, tem-se o destacamento da pintura do teto da subestação, conforme apresentado abaixo:

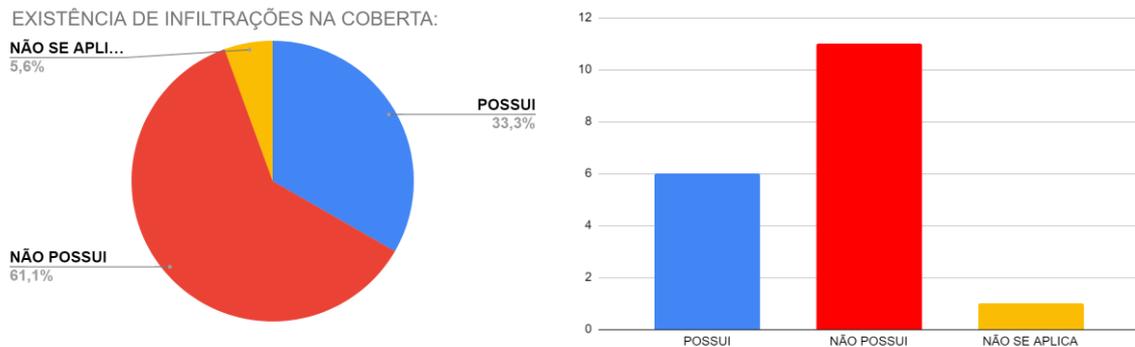
Figura 17: Destacamento da pintura do teto da subestação



Fonte: autor.

Ainda relacionado às condições estruturais da edificação das subestações, foi identificado e apresentado na Figura 18 que 33,3% dos ambientes vistoriados possuem infiltrações em sua estrutura de cobertura, permitindo, com isso, a penetração de goteiras e umidade no interior da subestação. Essa situação se configura um grande potencial de acidentes do trabalho e danos nos equipamentos, devido à incompatibilidade da presença de água em um ambiente energizado com AT, uma vez que, dependendo do local onde a umidade irá se alojar, pode-se ter o rompimento da rigidez dielétrica dos isolamentos elétricos entre as partes energizadas e aterradas, produzindo desligamentos, choques elétricos de alta intensidade e o surgimento de arcos elétricos de grande voltagem.

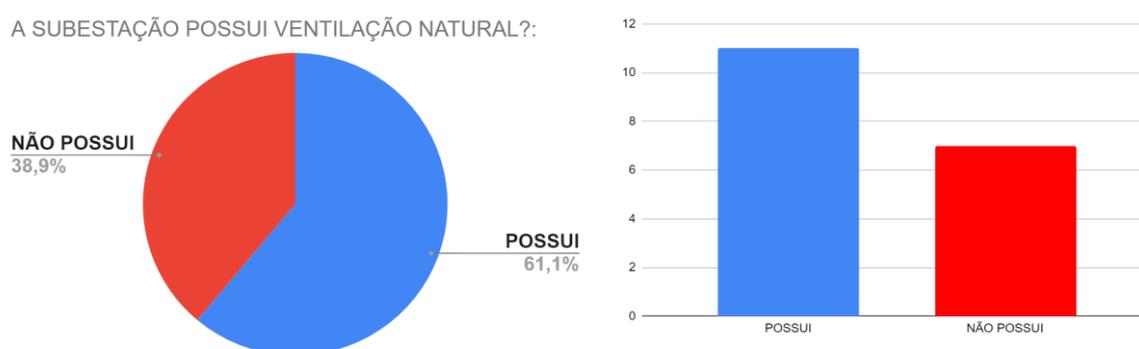
Figura 18: Infiltrações na cobertura



Fonte: autor.

Outro aspecto identificado, conforme apresentado na Figura 19, foi a deficiência de ventilação natural. Onde 38,9% das subestações apresentam baixa circulação de ventilação natural em seu interior, cuja origem para, principalmente, por deficiências em projetos arquitetônicos, nos quais não foi observada a necessidade de circulação de ventilação natural nesses ambientes. Ressalta-se que a subestação aérea é considerada como naturalmente ventilada, no universo pesquisado, e que não necessita de sistemas específicos de janelas, portões e venezianas para a sua troca de calor com o meio ambiente.

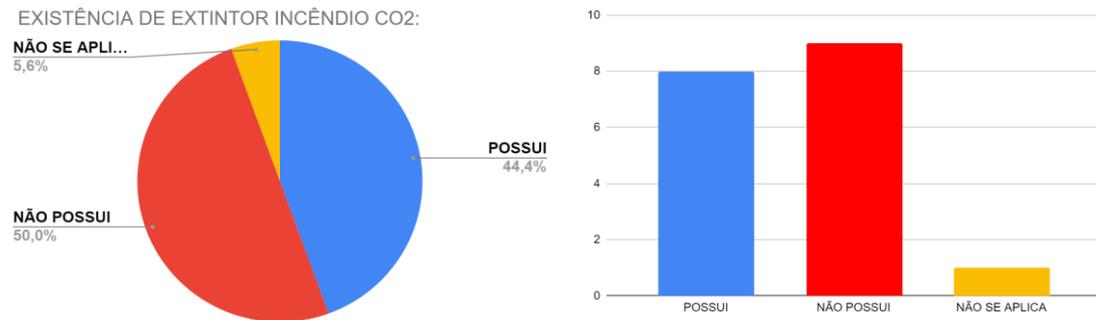
Figura 19: Sistema de ventilação natural



Fonte: autor.

Outro requisito de segurança que não está sendo atendido plenamente é a necessidade de se equipar a subestação com unidade autônoma de extintor tipo CO₂ em seu interior. Foi verificado e apresentado na Figura 20 que somente 44,4% das subestações possuem esta proteção contra o princípio de incêndio. Foi identificada a existência de outros tipos de extintores dentro das subestações, como de pó químico convencional e do tipo pó químico ABC. A DIS-NOR-036:2020, da CELPE, estabelece que o extintor de incêndio a ser instalado no interior das subestações deverá ser do tipo CO₂ ou de pó químico, entretanto o composto utilizado no extintor de pó químico possui a propriedade de danificar equipamentos elétricos, sendo a melhor aplicação o extintor do tipo CO₂. A parcela de 5,6% relacionado à situação de “não se aplica” se refere à subestação aérea considerada no universo pesquisado, que não necessita de sistemas desta natureza.

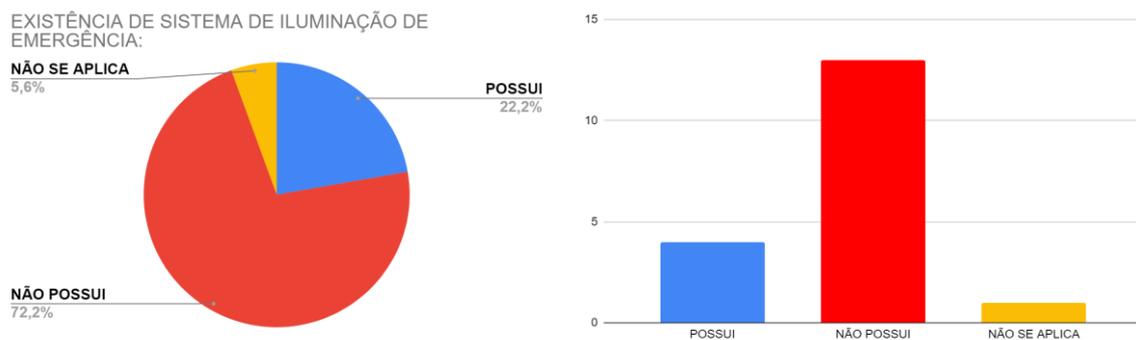
Figura 20: Presença de extintores de incêndio nas subestações



Fonte: autor.

Foi verificado que, nos ambientes internos vistoriados, apesar da iluminação artificial estar operacional em todas as subestações, identificou-se que uma das lâmpadas da luminária interna estava queimada, necessitando de manutenção. Uma luminária, de um total de duas luminárias, estava sem funcionar, em contrapartida, na Figura 21, observa-se que 72,2% das subestações não possuem sistema de iluminação de emergência instalado, comprometendo a segurança dos trabalhadores na ocorrência de uma falta de energia externa. A parcela de 5,6% relacionada à situação de “não se aplica” se refere à subestação aérea considerada no universo pesquisado, que não necessita de sistemas desta natureza.

Figura 21: Sistema de iluminação de emergência

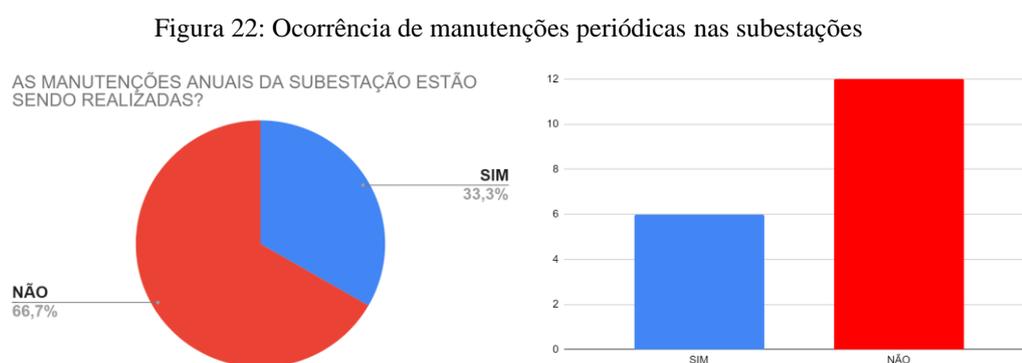


Fonte: autor.

No quesito acessibilidade, identificou-se que todas as subestações visitadas não possuem a garantia da acessibilidade para portadores de necessidades especiais (PNE), restringindo o acesso aos ambientes internos da subestação aos profissionais que se enquadram nessa categoria, situação essa que destoia da ABNT NBR 16747:2020, em seu capítulo 5 - Procedimento de Inspeção Predial, que prevê como requisito avaliação de desempenho na inspeção predial, que deve considerar a habitabilidade, a funcionalidade e a

acessibilidade de uma edificação. Apesar da falta de ventilação interna nas subestações, foi verificada a presença de muita poeira em um ambiente com deficiência de varrições periódicas, pelo menos nos locais fora dos ambientes internos dos equipamentos da subestação, que poderiam ser realizadas pelo próprio eletricitista autorizado para adentrar os espaços restritos de uma subestação, evitando, assim, a aparência de abandono da subestação.

Foi avaliado o histórico das manutenções periódicas anuais da subestação, requisito que é pontuado na ABNT NBR 16747:2020 - Inspeção Predial - Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimento. De acordo com o levantamento efetuado, não foi localizado registro da ocorrência de manutenções preventivas nos últimos 4 (quatro) anos das subestações analisadas, revelando com isso uma deficiência neste quesito. Lu *et al.* (2020) cita que somente quando o trabalho de segurança da subestação transformadora é bem feito, pode-se garantir o transporte normal de energia elétrica, a vida normal das pessoas e o funcionamento normal da sociedade, e a ocorrência de acidentes de segurança pode ser efetivamente evitada. Vale ressaltar que, nas subestações N° 07, 08 e 09, citadas na tabela 10, foram realizadas manutenções preventivas no ano de 2022, entretanto, antes do ano atual (2023), não se tem registro de manutenções realizadas. Na Figura 22, apresenta-se o levantamento das manutenções realizadas nas subestações nos últimos 04 (quatro) anos.



Fonte: autor.

Por último, foi aplicada a parte do *checklist* de inspeção técnica que trata das medidas de controle e do risco elétrico, que é estabelecido através da NR-10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade. O *checklist* de inspeção completo desta parte está apresentado no apêndice deste trabalho.

Apesar de todo o arcabouço legal e tempo de homologação desta Norma Regulamentadora, segundo Pereira e Souza (2010), o texto de atualização da NR-10 –

Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, estabelecido pela Portaria do Ministério do Trabalho e Emprego nº 598, de 07/12/2004, foi publicado no Diário Oficial da União de 08/12/2004, sendo alterada a redação anterior da NR-10, aprovada pela Portaria nº 3.214, de 1978. Logo, de dezembro de 2004 a agosto 2022, tem-se 17 (dezesete) anos e 9 (nove) meses da sua publicação, porém a dificuldade encontrada em sua implementação prática no dia a dia das empresas é tão grande que surgem situações de total desalinhamento da norma com a realidade encontrada nos ambientes de trabalho regidos pela NR-10.

Ainda segundo Pereira e Souza (2010), a NR-10 dispõe 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 e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades. No seu item 10.2.4, a NR-10 determina que os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas - PIE, que deve ser organizado e mantido atualizado pelo empregador ou pessoa formalmente designada pela empresa, devendo permanecer à disposição dos trabalhadores envolvidos nas instalações e serviços em eletricidade (BRASIL, 2019). Dentro destas documentações incluem-se os esquemas unifilares das instalações, as especificações do sistema de aterramento, as especificações do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, as documentações relativas aos equipamentos de proteção individual e coletiva dos trabalhadores, a documentação referente ao projeto das instalações elétricas e o plano de ação emergencial com a descrição dos procedimentos para emergências que ocorram durante os serviços com eletricidade (BRASIL, 2019).

De acordo com Costela *et al.* (2020) tanto a manutenção quanto a saúde e segurança do trabalho são atividades secundárias das empresas, e ambas são vistas como um custo necessário para uma operação adequada. A gestão de ativos, por outro lado, está focada em práticas de gestão voltadas aos ativos, e sua relação com a manutenção é, portanto, muito mais forte do que a segurança, que tende a proporcionar uma sistematização das atividades e a busca de soluções.

Partindo do pressuposto dos pontos apresentados anteriormente, foi realizada a vistoria desses requisitos norteados pela NR-10, inseridos no *checklist* de inspeção técnica, causando surpresa e perplexidade. Foi constatado que nenhuma das 18 (dezoito) subestações elétricas vistoriadas atendem aos requisitos do item 10.2 da NR-10 relacionado às medidas de controle e do risco elétrico em instalações elétricas.

Considerando as 18 (dezoito) subestações visitadas neste estudo, foi construída a Tabela 12, que apresenta um ranqueamento dos problemas identificados nas subestações a partir das análises realizadas nos dados obtidos através do *checklist*.

Tabela 12: Resumo dos problemas identificados nas subestações

Prioridade	Problema identificado	%
1	Descumprimento aos requisitos da NR-10.	100,00%
2	Inexistência de sistema de detecção e alarme de incêndio.	77,78%
3	Inexistência de iluminação de emergência.	72,22%
4	Relé de proteção fora de operação.	66,67%
5	Subestação desprovida de tapete isolante classe 15kV.	66,67%
6	Falta de manutenções periódicas nas subestações.	66,67%
7	Inexistência de acesso à malha de aterramento.	61,11%
8	Falta de extintores de incêndio nas subestações.	50,00%
9	Inexistência de ventilação natural.	38,89%
10	Infiltrações na cobertura da subestação.	33,33%
11	Disjuntor de AT fora de operação.	22,22%
12	Danos estruturais na subestação.	11,11%

Fonte: Autor.

Conforme observado, o item que mais se destaca refere-se ao descumprimento das diretrizes estabelecidas pela NR-10, entre outros pontos citam-se: inexistência de sistema de detecção e alarme de incêndio; falta de luminárias de emergência nas subestações abrigadas; inoperabilidade de equipamentos de proteção elétrica das instalações de média tensão; falta do tapete isolante classe 15 kV para a proteção do eletricitista operador da subestação; falta de manutenções preventivas nas subestações; e problemas de conservação predial da edificação da subestação. Dentre os problemas encontrados, especial atenção se deve dar à

falta de manutenções periódicas das subestações, haja vista que diversos pontos de não conformidades, elencados na Tabela 12, poderiam ser evitados caso as manutenções corretivas fossem implementadas de forma como estabelecem as boas práticas de instalações elétricas.

Um outro fator que pode contribuir para a redução dos problemas identificados nas visitas técnicas e apresentados na Tabela 12 é o cumprimento aos requisitos da NR-10, que forçaria ao mantenedor das subestações elétricas uma maior responsabilidade com os preceitos das normas técnicas vigentes, em especial: a ABNT NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão; a ABNT NBR 16747:2020 - Inspeção Predial; o Código de Segurança contra Incêndio e Pânico para o Estado de Pernambuco; e a DIS-NOR-035/2020- Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual.

Rodrigues *et al.* (2017) destacam a importância de se implementar a NR-10 na construção civil, abrangendo a NR10 com a sua importância dentro da área elétrica, uma vez que esta norma regulamentadora determina os requisitos e condições mínimas visando a prática de que direta ou indiretamente exercer interação em instalações elétricas e serviços com eletricidade se empregando em etapas de geração transmissão, distribuição e consumo, atuando também nos estágios de projeto como construção, montagem, operação, manutenções elétricas e quaisquer atividades efetuados em suas proximidades.

As medidas preventivas relativas à segurança, perante a exposição aos riscos elétricos são aquelas que apresentam um maior rigor técnico por obedecerem essencialmente a normas técnicas, no entanto, perante a permanência num local com equipamentos elétricos quase não existe informação técnica e objetiva que permita uma rápida identificação dos potenciais riscos da instalação (CARIDADE, 2012).

A integração da abordagem do sistema de gestão e dos princípios de gestão de risco na segurança elétrica é idealmente alcançável. isso permitir melhoria sistemática, eficaz e sustentável no desempenho da segurança elétrica. aderir aos princípios de gestão de risco garante que os métodos de controle de risco sejam sistematicamente identificados e aplicados em uma abordagem hierárquica. O mais importante é que essa abordagem beneficiará todos os eletricitistas, direcionando-os de uma resposta experimental para uma resposta analítica estruturada a riscos elétricos (ROBERTS, 2018).

A partir dos dados coletados e da consulta à bibliografia pesquisada, evidencia-se a importância da gestão de riscos e gestão dos ativos dos componentes de uma subestação elétrica para se ter a implementação dos preceitos da segurança do trabalho nestes ambientes controlados.

5 FERRAMENTAS DE GESTÃO

No Brasil, a legislação pertinente aos aspectos do sistema de gestão da segurança e da saúde no trabalho (SST) é de responsabilidade do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), tendo por base a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e as ações preventivistas constantes no Plano Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho (BRASIL, 2012). Por meio das Normas Regulamentadoras (NR), previstas pela Portaria 3.214/78 MTE, são estabelecidos os diversos ritos técnicos e administrativos que as empresas devem cumprir com o intuito de manter seus ambientes seguros e saudáveis.

Assim, em observância à NR 1, denominada Disposições Gerais, é possível identificar as diretrizes administrativas acerca da segurança e saúde no trabalho nas organizações e, por meio das demais NR's, são normatizadas as questões técnicas acerca da aplicabilidade do arcabouço legal nas diversas temáticas específicas quanto à SST (BRASIL, 2020). Alinhados a esse arcabouço legal, muitos gestores buscam um sistema de gestão para além do normativo de maneira que lhes auxiliem no gerenciamento empresarial consorciado de qualidade e de segurança da organização.

No modelo de abordagem proposto, a análise qualitativa e quantitativa das condições operacionais dos equipamentos e do desempenho da edificação e sua estrutura irá proporcionar, através da apresentação de gráficos, o mapeamento das condições dos equipamentos, onde foi possível avaliar a real situação operacional das subestações. Para a melhor compreensão das não conformidades verificadas, deverão estar contidos no diagnóstico das instalações os registros fotográficos das situações que não se adequem aos requisitos normativos da NBR 14039:2021, da NBR 16747:2020 e da NR-10:2019.

A NBR 16747 (ABNT, 2020) estabelece em sua abrangência de avaliação os sistemas de segurança, habitabilidade e sustentabilidade, englobando os seus subsistemas estruturais, de combate a incêndio, hidráulicos, elétricos, de climatização de ar e acessibilidade. A referida norma traz em seu bojo, um roteiro para que o profissional engenheiro ou arquiteto faça a análise, partindo dos dados e documentação da edificação, passando por uma anamnese em que são identificadas as principais características, tais como idade, histórico de manutenções realizadas, reformas, alterações e intervenções significativas. Após a análise, o inspetor deve fazer uma vistoria minuciosa de toda a estrutura, classificar as irregularidades encontradas de acordo com a urgência e fazer recomendações ao proprietário ou gestor a fim de saná-las. Como instrumento complementar, a norma recomenda avaliar a manutenção e o uso da edificação conforme a

NBR 5674 (ABNT, 2012) para posterior elaboração de um laudo técnico (KAISER; SOUZA, 2022).

De acordo com Vieira e França (2021) a certificação integrada do Sistema de Qualidade, Saúde, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho (QSMS) nas normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018 é um diferencial no mercado, pois contribui com as questões de sustentabilidade e auxilia no atendimento às necessidades das partes interessadas, com a evolução tecnológica tornou-se evidente a pertinência de desenvolver ferramentas para ajudar a estabelecer e melhorar o ambiente de trabalho no âmbito da SST, fortalecendo as medidas de controle para a prevenção de acidentes.

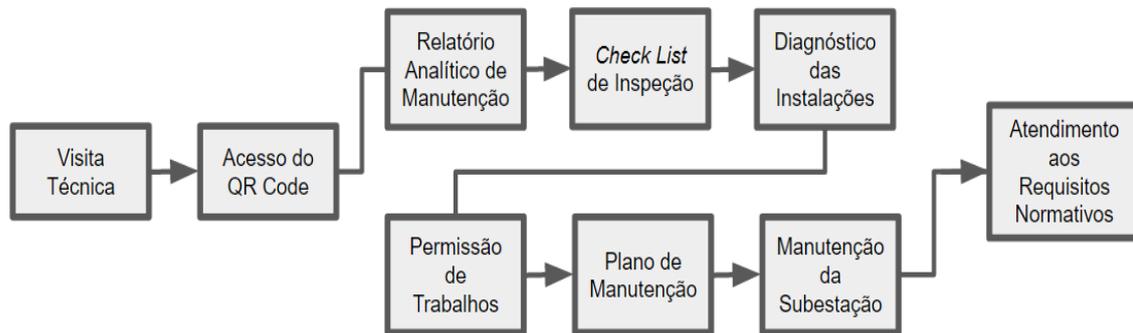
Seguindo os estudos encontrados a respeito dos métodos de gestão, Maciel e Neto (2022) apresentam como as principais ferramentas de gestão mais empregadas na área da construção civil: Ciclo PDCA, 5S, Sistema de Custeio ABC, ERP, PBQP-H, Kaizen, EAP, Gráfico de Gant, PPC, Benchmarking e Rede Pert/CPM.

Segundo Assunção *et al.* (2021) as ferramentas de gestão podem ser utilizadas como meio de integrar os gerenciamentos de produção e de prevenção de acidentes. A participação ativa de todos os envolvidos: empresa e operários; são necessários para que os objetivos almejados nesse tipo de gerenciamento sejam alcançados. Conseguir visualizar o processo construtivo como uma etapa de fluxo de pessoas e material também é essencial, pois, pode-se observar todas as etapas envolvidas no processo, adotando medidas que melhorem o desempenho e a redução de tempo, assim como verificar todos os riscos a que os trabalhadores estão submetidos. A adoção de treinamento técnico e da utilização de EPI's e EPC's, bem como o planejamento das atividades, dos fluxos, e do arranjo físico devidamente sinalizado, são fundamentais para que o sistema seja eficiente.

Embasando-se no que foi exposto e identificado nas análises das informações colhidas na aplicação do *checklist*, foram desenvolvidas 04 (quatro) ferramentas de gestão de segurança que visam auxiliar a equipe gestora na tomada de decisões e ações imprescindíveis no controle operacional das subestações elétricas, as ferramentas propostas foram: o relatório analítico de manutenção, o *checklist* de inspeção, a permissão de trabalho e o plano de manutenção de subestação.

Através da aplicação do diagrama da Figura 23, pode-se estabelecer o seguinte fluxo de atividades pela equipe técnica de campo:

Figura 23: Diagrama de fluxo de atividades nas subestações



Fonte: autor.

Seguindo o passo a passo pela sequência do diagrama de fluxo de atividades proposto, apresentado na Figura 23, inicia-se a visita técnica consultando o *QR Code* colocado no acesso principal da subestação. A partir deste momento o vistoriador pode acessar o Relatório Analítico de Manutenção, que desenvolve a avaliação da análise do risco oferecido aos trabalhadores de manutenção, as condições atuais operacionais da subestação, bem como as condições de contorno ao meio ambiente e ao patrimônio imobilizado no local, inclusive das condições técnicas, de uso, de operação, de manutenção da edificação e da natureza da exposição ambiental. O *checklist* de inspeção das instalações apresenta um roteiro para identificar as principais patologias e irregularidades encontradas durante a inspeção técnica de campo. A autorização para trabalhos em subestações, que traz o documento denominado Permissão de Trabalho em instalações elétricas, que deverá ser preenchida pela equipe gestora de manutenção, designando os detalhes da intervenção, os procedimentos de trabalho e a descrição do serviço a ser executado. Por fim, o plano de manutenção em subestações identifica os principais serviços de engenharia de manutenção de subestações, elencando as tarefas a serem desenvolvidas durante as manutenções elétricas, a periodicidade da atividade e o responsável pela execução dos serviços. Desta forma, ao se percorrer o fluxo de atividades, a equipe de manutenção estará apta para desenvolver a manutenção da subestação, identificando e corrigindo os pontos críticos das instalações, colaborando com o atendimento dos requisitos normativos vigentes, implementando os procedimentos de segurança do trabalho, realizando a manutenção dos equipamentos e a conservação das subestações elétricas em operação.

A figura 24 apresenta as ferramentas de gestão desenvolvidas para este estudo, são elas: o relatório analítico de manutenção, o *checklist* de inspeção, a permissão de trabalho e o plano de manutenção de subestação.

Figura 24: Ferramentas de Gestão desenvolvidas



Fonte: autor.

Com o objetivo de implementar uma identificação rápida das condições operacionais das subestações elétricas visitadas, foi estabelecida a criação de um código bidimensional do tipo *QR Code* que, instalado nos acessos principais das subestações elétricas, possibilitará a visualização dos registros fotográficos das instalações, do diagnóstico das instalações, com os resultados das análises qualitativas e quantitativas das inspeções realizadas; do mapeamento das condições de desempenho das edificações e das estruturas vistoriadas; da aplicação do roteiro de inspeção técnica (*checklist*); da permissão para o trabalho; e do plano de manutenção da subestação. Essa tecnologia poderá ser disponibilizada para as equipes de manutenção das subestações que, com o uso de um *tablet* ou celular, poderá ter em mãos o diagnóstico da subestação, ou seja, à medida que as informações operacionais dos equipamentos são atualizadas, consegue-se mapear possíveis falhas, evitando, com isso, o manuseio de equipamentos problemáticos, trazendo ganhos nos requisitos de segurança do trabalho das instalações elétricas, com as informações armazenadas nos *QR Code*.

A partir da síntese das informações colhidas no Relatório Técnico de Inspeção, será possível o desenvolvimento do diagnóstico das instalações, possibilitando, aos responsáveis pelo gerenciamento da infraestrutura das subestações elétricas, propor as recomendações necessárias de melhorias, agregando os requisitos de segurança trazidos pelos normativos

citados neste estudo. Após a conclusão do diagnóstico das instalações, esse poderá ser disponibilizado para as equipes de manutenção das subestações, através de códigos bidimensionais do tipo *QR Code*, nos acessos principais das subestações elétricas. Através desse controle, cria-se um sistema de armazenamento de dados baseado na tecnologia de identificação de código bidimensional *QR Code*, a partir da consolidação das informações obtidas após a realização das inspeções nas subestações, ou seja, à medida que informações operacionais dos equipamentos são atualizadas, consegue-se mapear possíveis falhas, evitando, com isso, o manuseio de equipamentos problemáticos e trazendo ganhos nos requisitos de segurança do trabalho das instalações elétricas.

De acordo com Eckschmidt e Morita (2014), uma das táticas mais populares é conectar as mídias tradicionais com a interação móvel através dos *QR Codes*. O *QR Code* nada mais é do que a conexão direta entre a mídia impressa (analógica) das empresas e suas iniciativas digitais, mais elaboradas, com vídeos e animações, que a forma impressa não permite – levar uma instrução de direcionamento da conexão mobile para uma determinada página na *internet*. Isso só é possível porque o *QR Code*, sendo um código bidimensional, permite carregar 200 vezes mais informação para o mesmo espaço utilizado por um código de barras convencional. Essa informação pode ser capturada e interpretada por aplicativos chamados de leitores de *QR Code*, disponíveis gratuitamente para a maioria dos sistemas operacionais dos celulares.

Nesta etapa do desenvolvimento do trabalho foi a criação do protótipo de um sistema de consulta à informações operacionais de subestações, acessado via *QR Code* a ser disponibilizado próximo da edificação. Por meio dele, será possível acessar uma base de dados na nuvem, contendo informações necessárias para a execução de manutenções nos equipamentos, documentos de segurança do trabalho, inclusive, em uma aplicação futura, códigos de falhas, manuais de equipamentos e diagramas elétricos. O uso de *smartphones* ou *tablets*, através de suas câmeras fotográficas do aparelho, faz com que o acesso a essas informações seja simples e ágil, diminuindo a utilização de papel, espaços para armazenagem de documentação técnica e fazendo o agrupamento de informações do equipamento em um só local.

De acordo com Mizutani (2021) é notório o crescimento da utilização do *QR Code* no cotidiano contemporâneo e, conseqüentemente, é mais fácil o usuário experimentar as potencialidades desta tecnologia, passando ser de apenas uma ferramenta de armazenamento de imagens, marketing e ou vendas, e tornando-se uma ferramenta de gestão organizacional,

em que a agilidade nos processos envolvidos e a confiabilidade na segurança da informação passam a ser possível.

Através da análise do *checklist*, foi possível a criação do *QR Code*, que disponibilizado, para a gestão de manutenção, o diagnóstico das instalações elétricas e a ferramenta de gestão, conforme apresentado na Figura 25 a seguir:

Figura 25: Metodologia do *QR Code*



Fonte: autor.

Acessando o *QR Code* da Figura 25, através de um *smartphone* ou *tablet* possuidor de um aplicativo de leitura de códigos bidimensionais *QR Code*, será possível ter acesso aos seguintes documentos de gestão operacional da subestação: relatório analítico da última inspeção da subestação; formulário tipo *checklist* para inspeção da subestação; formulário de permissão para trabalhos em subestação; e o plano de manutenção de subestações.

Dessa forma, a ferramenta de gestão para o controle operacional da subestação foi constituída através do Relatório Técnico de Inspeção, criado a partir das inspeções técnicas de campo, dos registros fotográficos das instalações, da aplicação do *checklist*, dos resultados das análises qualitativas e quantitativas das inspeções realizadas e do mapeamento das condições de desempenho das edificações e estruturas vistoriadas, possibilitando o levantamento das informações necessárias para a realização da inspeção técnica na subestação.

De posse das informações obtidas através do relatório analítico da manutenção, estabelece-se o *link* entre o diagnóstico e o *QR Code*, que trazem os benefícios proporcionados pelas informações colhidas através da leitura do *QR Code* e que apresenta as falhas na gestão, cuja finalidade, quando da aplicação das ferramentas de gestão por completo, será o controle dos riscos elétricos e a garantia da segurança dos trabalhadores de manutenção elétrica nas subestações. Os benefícios trazidos pelo *QR Code* são:

- O Relatório Técnico de Inspeção;
- O resultado das análises qualitativas e quantitativas das instalações;
- O registro fotográfico das instalações;
- A identificação das não conformidades;
- As recomendações de melhorias;
- A autorização para trabalhos em subestações;
- O roteiro de serviços de manutenção em subestações;
- O diagnóstico em código bidimensional *QR Code*.

Pode-se ainda citar como benefícios da implantação de *QR Code* o auxílio, na prática, o controle dos riscos de acidentes com os operadores da subestação, a resolução de falhas em equipamentos, o fácil acesso ao sistema por meio de *smartphones* ou *tablets*, o baixo custo mantenedor do sistema, haja visto que existem diversas aplicações gratuitas de geradores de *QR Code*, otimização na interação com o ambiente digital devido à praticidade do processo. a junção de várias informações relativas aos equipamentos das subestações em um só local e a economia de tempo de execução de tarefas.

Após a conclusão do diagnóstico das instalações, que é o instrumento norteador das ações da ferramenta de gestão para o controle operacional da subestação, a gestão das instalações das subestações poderá, inclusive, em um cenário futuro, realizar o controle operacional dos equipamentos da subestação de forma sistemática, permitindo que as equipes de manutenção que venham *a posteriori* da implantação da ferramenta iniciem os trabalhos conscientes das condições operacionais dos equipamentos da subestação.

6 CONCLUSÃO

A partir da pesquisa bibliográfica e da pesquisa de campo realizada, efetivadas através da elaboração do *checklist*, das visitas técnicas nas subestações e dos resultados obtidos pelo preenchimento do roteiro de inspeção técnica, chega-se, após o tratamento de dados, ao desenvolvimento do diagnóstico técnico das condições operacionais das subestações, que, após as análises qualitativas e quantitativas, subsidia o desenvolvimento da ferramenta de gestão, que é o objetivo deste trabalho. O *checklist* foi aplicado em uma primeira etapa em 12 (doze) subestações distintas. Foi desenvolvida uma análise qualitativa e quantitativa dos principais requisitos operacionais, de segurança, de desempenho da edificação e estrutura dos ambientes vistoriados e analisados. Para obter uma extrapolação das amostras obtidas, foram acrescentadas, de forma complementar, mais 06 (seis) visitas técnicas em subestações projetadas, para atender a outros consumidores, diferentes do segmento educacional, com amostras de subestações da administração pública federal e estadual, hospital particular e edifício empresarial.

Conforme apresentado, observa-se que, apesar das subestações elétricas estarem em pleno funcionamento, diversos pontos de divergência das normas pesquisadas estão sendo identificados nas instalações e que afetam a segurança dos que adentram o seu espaço controlado. Por exemplo, tem-se evidências da existência do aterramento, haja vista as estruturas metálicas não energizadas estarem visivelmente aterradas e, quando se realiza a medição de tensão do ponto de aterramento, constata-se o potencial elétrico característico desse condutor. Observa-se, em muitos casos, que não se tem acesso à malha de aterramento da subestação para a realização de medições, manutenção e melhoramentos desta.

No quesito de proteção elétrica, observa-se a falta de dispositivos e acessórios do disjuntor de média tensão, como a inexistência de proteção por relé de sobretensão, de sobrecorrente, de proteção contra inversão de fase da rede elétrica e de tapetes isolantes nos pontos de operação dos equipamentos de manobra da subestação. Foi identificada, inclusive, a existência de elementos combustíveis no interior de uma das subestações, que podem contribuir para o aumento dos danos materiais na ocorrência de algum princípio de incêndio na subestação. Foi verificado o fato de que somente uma subestação vistoriada possui sistema de detecção e alarme de incêndio, contrariando a ABNT NBR 14039:2021 - Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV e os procedimentos de segurança vigentes no estado de Pernambuco, contidos no COSCIP.

Em todas as subestações vistoriadas até o momento, foi verificado que o acesso às partes internas da subestação está devidamente protegido por meio de barreiras e bloqueios, através de portões, grades e lacres tipo fechaduras e cadeados, onde o acesso se dá somente por pessoas autorizadas e liberadas pela empresa. Ainda no quesito proteção elétrica, foi identificado que, em 22,22% das subestações elétricas vistoriadas, o disjuntor de média tensão está inoperante, sem a sua função de abertura instantânea estar operacional.

Quanto aos requisitos de desempenho da edificação, foi identificada a necessidade de manutenções pontuais nos ambientes internos das subestações, haja vista que nenhuma das subestações apresenta danos nas suas vedações e nas estruturas de sustentação. Pelo que foi levantado, essas correções deverão estar associadas juntamente com as manutenções de ordem elétrica, normalmente estabelecidas através de paradas programadas para manutenção, momento este que poderá ser realizada a retirada de superfícies impregnadas de umidade, recuperação de emboços, emassamentos, pinturas, limpeza de telhados, recuperação de coberta, impermeabilizações de lajes e conserto de tubulações de drenagem pluvial. Em situações extremas de falta de manutenção de telhados de subestações, podem ocorrer graves problemas elétricos, se o gotejamento de águas provenientes de chuvas adentrar a subestação e atingir equipamentos energizados em AT, provocando, com isso, curtos-circuitos, falhas na isolação elétrica de isoladores, descargas elétricas indesejadas e desligamentos não programados de equipamentos elétricos. Na ocorrência de princípio de incêndio na subestação, tem-se outro agravante, haja vista que 60% das subestações vistoriadas possuem unidade autônoma de extinção de incêndio do tipo pó químico, que não deve ser aplicado em materiais e equipamentos elétricos, em virtude do seu alto teor de substâncias agressivas aos componentes elétricos, que impregnam suas partes internas, trazendo dificuldade na limpeza e danos operacionais do equipamento, sendo indicado o emprego de extintores de incêndio do tipo gás carbônico ou CO₂. A DIS-NOR-036:2020, da CELPE, estabelece que o extintor de incêndio a ser instalado no interior das subestações deverá ser do tipo CO₂ ou de pó químico seco (PQS).

Com relação à iluminação interna das subestações, observa-se a necessidade de se instalar luminárias de emergência, haja vista que 80% das unidades vistoriadas não possuem este item de segurança, imprescindível na ocorrência de desligamentos indesejáveis de origem externa, para que o ambiente interno da subestação fique iluminado, possibilitando uma inspeção das suas partes internas em um período de falta de energia durante o período noturno. Foi observado que as portas, grades e telas de proteção estão em bom estado de conservação. O ponto negativo foi a ausência de acessibilidade em todas as subestações

vistoriadas, que, devido à existência de dificuldades de acesso para pessoas portadoras de necessidades especiais, como desníveis acentuados, escadas de acesso a pavimento superior e meio fio de sarjetas, traz obstáculos para o acesso aos locais onde se encontram os equipamentos para pessoas com dificuldade de locomoção.

No quesito manutenção periódica de subestações, foi identificada a inexistência de um plano de manutenção preventiva para as 18 (dezoito) subestações estudadas e que as manutenções anuais programadas não ocorrem em 66,67% das subestações. Nessas condições, existem situações pontuais de até 5 (cinco) anos sem ocorrer manutenções preventivas e de se ter subestações que foram colocadas em operação no ano de 2017, e até o momento, não foi realizada a sua manutenção periódica. Dessa forma, agrava-se a condição operacional dos equipamentos, pois, sem a devida inspeção e manutenção, tem-se a redução da sua vida útil e agravamento de falhas no momento da entrada em operação, quando solicitado. As boas práticas de manutenção indicam que as manutenções preventivas sejam realizadas em um período de 1 (um) ano.

Finalmente, no que tange às medidas de controle e do risco elétrico, estabelecidos através da NR-10, tem-se a situação mais crítica observada até o momento, haja vista que o disposto no item 10.2.4, da referida norma, em que estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, não está sendo aplicado, consistindo uma obrigação para as empresas que tenham trabalhadores que interajam, direta ou indiretamente, em instalações elétricas e serviços com eletricidade. A não observância dos preceitos norteadores da NR-10 acarretará o enquadramento da empresa nas sanções estabelecidas na NR-03 - Embargo e Interdição, em que, a partir da constatação de condição ou situação de trabalho que caracterize grave e iminente risco ao trabalhador, o Auditor Fiscal do Trabalho poderá lavrar a interdição do local, que implica a paralisação parcial ou total da atividade, da máquina ou equipamento, do setor de serviço ou do estabelecimento, conforme o item 3.2.2.2 da NR-03 (BRASIL, 2019).

A partir do que foi exposto, a pesquisa apresentada neste trabalho revela um problema que está ocorrendo de forma silenciosa, haja vista que, após a homologação de uma subestação elétrica por parte do concessionário local de energia elétrica, não estão ocorrendo inspeções técnicas periódicas por parte desses concessionários de serviços de fornecimento de energia em AT nas subestações elétricas em operação que apontem a falha no procedimento ou a desregulamentação dos preceitos das normas técnicas em vigor. Na prática, esses preceitos regulatórios e normativos recaem sobre o consumidor final, que, pelo que se observa, não estão sendo realizados com a efetiva eficiência, haja vista a queda do

padrão das instalações que foram, na época da sua implantação, montadas, comissionadas e aprovadas, mas que, no momento, passam por um processo de sucateamento de seus equipamentos e procedimentos de manutenção.

Com a proposta de implantação das ferramentas de gestão, em específico a adoção do sistema de diagnóstico operacional de identificação através do *QR Code*, vislumbra-se um cenário que poderá alcançar uma melhoria no que foi identificado através do checklist e através de um olhar mais cuidadoso aos aspectos da conservação dos equipamentos e da edificação, bem como com a implantação dos aspectos de SST levantados neste estudo.

Dessa forma, permanecendo nas condições operacionais identificadas no levantamento realizado, constata-se um cenário preocupante relacionado à operação normal desses equipamentos, em que, se nada for feito para a melhoria das condições atuais, vislumbra-se um agravamento da situação atual, comprometendo a operação desses equipamentos que são tão importantes para o perfeito funcionamento das subestações elétricas.

Como estudo futuro complementar a este estudo, propõe-se em primeiro plano a validação das ferramentas de gestão apresentadas nesta dissertação, principalmente a validação da metodologia do diagnóstico através do *QR Code*, haja vista que a ferramenta de gestão proposta é um método experimental e que necessita da sua comprovação científica para a sua implementação e verificação dos resultados. Como segundo plano realizar o controle operacional dos equipamentos da subestação de forma sistemática, permitindo que as equipes de manutenção que venham *a posteriori* da implantação da ferramenta iniciem os trabalhos conscientes das condições operacionais dos equipamentos da subestação.

REFERÊNCIAS

ABRACOPEL. Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2021 - ano base 2020. **Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade - ABRACOPEL**. São Paulo, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16747 – **Inspeção predial - Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674 – **Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão da manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1 – **Edificações Habitacionais — Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14039 - **Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV**. Rio de Janeiro, 2003.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa ANEEL Nº 1.000, de 07 de dezembro de 2021. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica; revoga as Resoluções Normativas ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010; nº 470, de 13 de dezembro de 2011; nº 901, de 8 de dezembro de 2020 e dá outras providências. 2021. Disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>. Acesso em: 07 ago. 2022.

AL-BAYATI, A. J., BILAL, G. A., ESMAEILI, B., KARAKHAN, A., YORK, D. Evaluating OSHA's fatality and catastrophe investigation summaries: Arc flash focus. **Safety Science**. EUA. 2021.

ALTUNKAINAK, B. A statistical study of occupational accidents in the manufacturing industry in Turkey. **International Journal of Industrial Ergonomics**. Turquia, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-01 - Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais**. Brasília, DF: Ministério do Trabalho. Última atualização portaria SEPRT n.º 6.730, de 09 de março de 2020. Disponível em:

<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-01-atualizada-2020.pdf>

Acesso em: 01 mai. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-03 - Embargo e Interdição**. Brasília, DF: Ministério do Trabalho. Última atualização portaria SEPRT n.º 1.068, de 23 de setembro de 2019. 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-3-nr-3](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-3-nr-3) Acesso em: 21 ago. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-06 - Equipamentos de Proteção Individual**. Brasília, DF: Ministério do Trabalho. Última atualização portaria n.º 877, de 24 de outubro de 2018 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-6-nr-6>. Acesso em: 15 mai. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. Brasília, DF: Ministério do Trabalho, 2019. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-10.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.

BRASIL. **Plano Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2012.

BRENNER, B. C. "Improving workplace Electrical Safety through Self-Assessment," 2013 **IEEE IAS Electrical Safety Workshop**, pp. 163-166, doi: 10.1109/ESW.2013.6509017. 2013.

BZ TECH. **O que é um Código de Barras e sua importância**. 2020. Blog BZ Tech. Disponível em:

<<https://www.bztech.com.br/blog/o-que-e-um-codigo-de-barras-e-sua-importancia>>. Acesso em 01 ago. 2022.

CAMACHO, A. **QR Code: O que é, Como ler e Como criar (2017)**. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/produto/211715-qr-code-ler-criar-tutorial-completo.htm>. Acesso em 01 ago. 2022.

CARIDADE, G. S. **Manual de Riscos Elétricos Introdução às Redes de Proteção**. Dissertação Mestrado Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2012.

CIPRIANI, G., LA CASCIA, D., DI DIO, V., LIPARI, A., MICELI, R. **Electrical distribution substation remote diagnosis and control system**. 16th International Conference and Exhibition of Power Electronics and Motion Control. Antália, Turquia, set. 2014.

CELPE. **Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual - Norma DIS-NOR-036**. Companhia Energética de Pernambuco. 2020.

CHOI, S. D., GUO, L., KIN, J., XIONG, S. Comparison of fatal occupational injuries in construction industry in the United States, South Korea, and China. **International Journal of Industrial Ergonomics**. EUA, 2019.

COSTELLA, M. F., DALCANTON, F., CARDINAL, S. M., VILBERT, S. S., PELEGRINI, G. A. Maintenance, occupational health and safety: a systematic review of the literature. **Gestão & Produção**, 27(2), e3922. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3922-20>. RS, Brasil, 2020.

CUNHA, T. **O que é QR Code, como funciona e como fazer**. disponível em:

<<https://www.idinheiro.com.br/negocios/qr-code-como-receber-pelo-celular/>> Acesso em: 19 abr. 2023.

DENSO-WAVE. **QR Code development story**. Disponível em:

<<https://www.denso-wave.com/en/technology/vol1.html>> Acesso em: 20 nov. 2022.

ECKSCHMIDT, T., MORITA, S. S. **QR CODE – Comunicação e engajamento na era digital**. Moderattus Publicações, EUA, 2014

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional - BEN, Relatório Síntese 2022, Ano Base 2021**. Empresa de Pesquisa Energética. 2022.

Disponível em:

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf

Acesso em: 07 ago. 2022.

EL-HARBAWI, M., AL-MUBADDEL, F. Risk of Fire and Explosion in Electrical Substations Due to the Formation of Flammable Mixtures. **Nature Scientific Reports**. 10:6295. 2020.

GOMES, M. C., LAMANA, S. **Análise Preventiva de Riscos de Acidente do Trabalho em Subestações Elétricas**. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR, Brasil. 2017.

GS1 BRASIL. **Saiba a importância do código de barras. (2016)**. Blog da Associação Brasileira de Automação. Disponível em:

<<https://blog.gs1br.org/saiba-importancia-do-codigo-de-barras/>>. Acesso em 01 ago. 2022.

GUARDIA, M. L., LIMA, F. Cooperação e relações de confiança : a construção da segurança e da saúde no trabalho de alto risco. **Laboreal**, vol. 15 No. 1 | Universidade do Porto, Portugal 2019, URL : <http://journals.openedition.org/laboreal/1331>;

DOI : <https://doi.org/10.4000/laboreal.1331>

HUANG, C. T., HSU, J. W., WANG, B. Y., CHEN, W. P. Development of Detection Equipment with AC and DC Sources for Increasing Inspection Safety of Industrial Transformer. **International Conference on Computation, Big-Data and Engineering**. IEEE 2022.

IEC EN 61936-1 Power installations exceeding 1 kV a.c. - Part 1: Common rules. 2013.

JABBARI, M., GHORBANI, R. Developing techniques for cause-responsibility analysis of occupational accidents. **Accident Analysis and Prevention Journal**. Irã, 2016.

KAISER, S. W. M. C., SOUZA, D. F. Interfaces entre inspeção predial e segurança do trabalho: aplicação a um prédio público federal em Cuiabá/MT. **E&S - Engineering and Science**. Volume 11, Edição 11:3. 2022.

LIBERATI, A.; ALTMAN D.G.; TETZLAFF J.; MULROW C.; GOT ZSCHE P.C.; IOANNIDIS J.P.A.; CLARKE M.; DEVEREAUX P.J.; KLEIJNEN J.; MOHER D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Annals Of Internal Medicine**, v.151, n.4, p.w-65-w-94, 2009.

LIMA, M. E. A., OLIVEIRA, R. C. Precarização e acidentes de trabalho: os riscos da terceirização no setor elétrico. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. Nº 46:e6. 2021.

LU, Z., WANG, T., ZHANG, J., JIN, T., LU, S. Research and Application of Substation Site Maintenance Assistant Safety Management System Based on Computer Control System. **Journal of Physics: Conference Series**. China, 2020.

MACIEL, A. P., NETO, A. I. Análise da utilização das ferramentas gerenciais na construção civil entre MPES e MGES. **Revista Gestão Organizacional**, Chapecó, v. 15, n. 1, p. 132-149, jan./abr., 2022.

MAIA, W. F. S, EKEL, P. I., COSTA Jr, P. P. Avaliação de riscos de subestações para a prevenção de acidentes: análise de fatores contribuintes. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO - Anais do XLVIII SBPO**. Vitória, Espírito Santo, 2016.

MAMEDE, F João. **Instalações Elétricas Industriais**. São Paulo, 9ª Edição. Editora LTC, 2017.

MAMEDE, F João. **Manual de Equipamentos Elétricos**. São Paulo, 3ª Edição. Editora LTC, 2005.

MANETTI, K., BRUM, L. **Código de Barras: Conheça mais sobre essa ferramenta**. Apis Food Solution. E-Book. Rio Grande do Sul, 2021.

MARQUES, S. **QR Code - Quick Response Code (2017)**. Acesso em 01 ago. 2022. Disponível em: <http://knoow.net/ciencinformtelec/informatica/QR-code/>.

MIZUTANI, M. N. P. A construção enxuta e gestão sustentável de documentos e obras na construção civil com o uso do *QR code*. **Revista de Arquitetura IMED**. Passo Fundo, vol. 10, n. 2, p. 131-145, julho-dezembro, 2021.

PEREIRA, F. S. J., SOARES, W. A., FITTIPALDI, E. H. D., ZLATAR, T., BARKOKEBAS Jr. B. Gerenciamento de riscos durante a construção de subestações de energia elétrica. **Gestão & Produção**, 26(4), e4639. <https://doi.org/10.1590/0104-530X4639-19>. RS, Brasil, 2019.

PEREIRA, J. G., SOUZA, J. J. **Manual de auxílio na interpretação e aplicação da nr10 - nr-10 comentada**. Ministério do Trabalho e Emprego, 2010.

PERNAMBUCO, Lei nº 11.186, **Código de segurança Contra incêndio e pânico para o Estado de Pernambuco - COSCIP**. Governo de Pernambuco. 22 de dezembro de 1994.

PLAZA, W. R. **QR Code: Origem e evolução dessa tecnologia que dominou o mundo. Hardware**, 2019. Disponível em:

<<https://www.hardware.com.br/artigos/qr-code-origem-e-evolucao-dessa-tecnologia-que-dominou-o-mundo/>>. Acesso em 19 abr. 2023.

REIS, J. S., FREITAS, R. **Segurança em Eletricidade**. Ed. Fundacentro. São Paulo, 1982.

ROBERTS, D. T. A. Applying Risk Assessment at the Worker Level. **IEEE Industry Applications Magazine**. páginas 18-24. jan./fev. 2018.

ROCHA, V. M. **Realidade aumentada aplicada à redução de riscos na segurança do trabalho em subestações elétricas**. Dissertação de Mestrado, Pós- Graduação em Instrumentação, Controle e Automação de Processos de Mineração da Universidade Federal de Ouro Preto e do Instituto Tecnológico Vale UFOP/ITV, 2021.

RODRIGUES, E. J., BULLA, G. B., NAGANO, M. F. Avaliação dos riscos elétricos que os trabalhadores estão expostos na construção civil. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 9, Nº 03, Dezembro de 2017.

RODRIGUES, G. S. R. CAMPOS, G. L., FREIRE Jr, L. C., OLIVEIRA, L. A.. **Desenvolvimento de cabine de subestação em média tensão**. ForScience: revista científica do IFMG, Formiga, v. 5, n. 1, e00248, jan./jun. 2017.

SANTOS, N., MONTEIRO, A. **O QR code nas bibliotecas escolares**. Atas do Encontro sobre Jogos e Mobile Learning, 2012.

SILVA, D. C. I. **Impacto e evolução dos códigos de TAG's dos dispositivos móveis na comunicação moderna**. Dissertação de Mestrado em Comunicação. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo. SP. Brasil, 2013.

SILVA Jr, D., SANTOS, R., SANTOS, I. Inovações da Indústria 4.0 na Gestão de Processos na Prestação de Serviços na Construção Civil. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies** [FSRJ], 12(3), Pg. 394-415. 2020.

SILVA, M. H., WEBBER, C. G. Análise Comparativa entre Plataformas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0. **SCIENTIA CUM INDUSTRIA JOURNAL**, V. 8, N. 2, PP. 115-122, Universidade de Caxias do Sul, RS, Brasil, 2020

SILVA, R. G. **Avaliação das instalações elétricas das subestações de média tensão de uma indústria de acordo com as normas NBR 14039 e NR-10**. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, Paraná, 2017.

TRIGUEIRO, I. **Geografia de Pernambuco**. Editora Dince. Disponível em: <https://www.novaconcursos.com.br/blog/pdf/errata-pm-pe-soldado-conhecimentos-geografia.pdf> Acesso em 26 fev. 2023.

VIANA, M. J., FERREIRA, S. S. **Proteção contra choques elétricos em canteiros de obras**. Fundacentro, São Paulo, 2018.

VIANA, M. J., FERREIRA, S. S. **Recomendação técnica de procedimentos N °5: instalações elétricas temporárias em canteiros de obras (RTP-05): NR18 – condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção**. Fundacentro, São Paulo, 2021.

VIEIRA, M. C. D., FRANÇA, S. L. B. Modelo para avaliação do sistema de gestão integrado de Qualidade, Meio Ambiente, Saúde e Segurança do Trabalho em empresa de apoio marítimo. **Revista Navus**. Florianópolis - SC, Brasil. 2021.

XAVIER, F. **Entenda o que é e como funciona o Código**. TECHTUDO (2011). Acesso em: 17 de abril de 2023.

<https://www.techtudo.com.br/noticias/2011/03/um-pequeno-guia-sobre-o-qr-code-uso-e-funcionamento.ghtml>

ZORZAL, L. G. **Aplicação da NR-10 a subestações prediais e estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, Brasil, 2008.

APÊNDICE

ITEM	ITEM DA NORMA	NORMA ABNT NBR 14039 - PROTEÇÃO PARA A GARANTIA DA SEGURANÇA			
		MEIOS	AVALIAÇÃO	RECOMENDAÇÃO	OBSERVAÇÃO
1.1	5.1.1.1	A Isolação das partes energizadas em alta tensão está assegurada?			
1.2	5.1.2.1.1	Existe malha de aterramento na subestação?			
1.3	5.1.2.1.1	A malha de aterramento está acessível?			
1.4	5.1.2.1.2	As partes metálicas não energizadas da subestação estão aterradas?			
1.5	5.2.2.1	A subestação está livre de materiais combustíveis nas suas partes internas?			
1.6	5.2.2.1	A subestação possui sistema de detecção e alarme de Incêndio?			
1.7	5.3.1.1	O Disjuntor de Média Tensão está operacional?			
1.8	5.3.1.1	As chaves seccionadoras de alta tensão, a montante dos equipamentos nos cubículos, estão operacionais?			
1.9	5.4	O para-raio tipo válvula de alta tensão está devidamente instalado?			
1.10	5.5	O Relé de subtensão está operacional?			
1.11	5.6	A proteção contra a inversão de fase está ativada?			
1.12	5.7.1	A subestação está equipada com plataforma ou tapete isolante para manobras na subestação?			
1.13	5.7.2	A subestação se encontra protegida contra o acesso de pessoas não autorizadas em seu interior?			
1.14	5.8.1	O tanque de contenção de óleo mineral está em condições operacionais?			

ITEM	ITEM DA NORMA	NORMA NR-10 - MEDIDAS DE CONTROLE DO RISCO ELÉTRICO			
		MEIOS	AValiação	RECOMENDAÇÃO	OBSERVAÇÃO
2.1	10.2.3	Os esquemas unifilares das instalações elétricas da subestação estão atualizados?			
2.2	10.2.3	As especificações do sistema de aterramento da subestação estão atualizadas?			
2.3	10.2.4	As especificações do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramento estão atualizadas?			
2.4	10.2.4	Está disponível no local o Prontuário das instalações Elétricas da subestação, implantadas com a descrição das medidas de controle necessárias?			
2.5	10.2.4	Está disponível no local a documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos?			
2.6	10.2.4	Está disponível no local equipamentos de proteção coletiva e individual como luva isolante, óculos de proteção, protetor facial, capacete, detector de alta tensão, bloqueio de segurança?			
2.7	10.2.4	Está disponível no local a documentação referente ao projeto das instalações elétricas, com o detalhamento dos alimentadores e cargas atendidas pela subestação?			
2.8	10.2.4	Está disponível o resultados dos testes de isolamento elétrica realizados em equipamentos de proteção individual e coletiva?			
2.9	10.2.4	Está disponível o plano de ação emergencial com a descrição dos procedimentos para emergências e contingência da subestação?			
2.10	10.10.1	Os componentes, equipamentos e circuitos elétricos da subestação possuem identificação adequada?			

ITEM	ITEM DA NORMA	NORMA ABNT NBR 16747 - INSPEÇÃO PREDIAL			
		MEIOS	AVALIAÇÃO	RECOMENDAÇÃO	OBSERVAÇÃO
3.1	5.1	A estrutura de vedação (paredes e divisórias) da subestação está conservada?			
3.2	5.1	A estrutura de concreto armado, (pilares, vigas e lajes) da subestação está conservada?			
3.3	5.1	A estrutura de drenagem de águas pluviais da subestação está conservada?			
3.4	5.1	A subestação está equipada com sistema portátil de combate ao incêndio (Extintor CO2)?			
3.5	5.1	A iluminação artificial da subestação está operacional?			
3.6	5.1	A iluminação de emergência está em condições operacionais?			
3.7	5.1	Existem infiltrações na estrutura de cobertura da subestação?			
3.8	5.1	Existe circulação de ventilação natural na subestação?			
3.9	5.1	A subestação possui acessibilidade?			
3.10	5.1	Existe possibilidade de agentes externos como poeiras, umidade e animais, penetrarem nos compartimentos internos da subestação?			
3.11	5.1	As portas e grades de proteção estão em bom estado de conservação?			
3.12	5.1	As manutenções periódicas anuais da subestação estão sendo realizadas?			

DIAGNÓSTICO DE INSPEÇÃO DE SUBESTAÇÃO ELÉTRICA

Sumário

- 1. Sumário Executivo**
- 2. Lista de Verificação**
- 3. Nível de Inspeção – Rigor do Laudo**
- 4. Classificação das Anomalias, Falhas e Grau de Risco**
- 5. Avaliação do Grau de Risco da Subestação**
- 6. Classificação Individual das Anomalias e Falhas**
- 7. Avaliação da Manutenção e Uso**
 - 7.1. Classificação das Condições de Uso**
 - 7.2. Avaliação para a Manutenção**
- 8. Considerações Finais**

Referências

1. Sumário Executivo:

Leonardo Augusto de Oliveira, Engenheiro Eletricista, aluno do Mestrado de Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco - POLI, da Universidade de Pernambuco - UPE, vem por meio deste instrumento exemplificar a elaboração do laudo de inspeção predial em unidade de transformação de energia elétrica, denominada de Subestação Elétrica de Média Tensão, visando implementar uma ferramenta complementar de gestão, para inspeções em subestações elétricas abrigadas, como instrumento de apoio ao gerenciamento de risco de acidentes de trabalho.

“Inspeção Predial: É a análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação. IBAPE-SP.”

Este Laudo de Avaliação foi elaborado em consonância com as Normas e Resoluções do IBAPE (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – Entidade Nacional), da Norma de Manutenção em Edificações NBR 5674 e da Norma 16747 - Inspeção Predial: Diretrizes, conceito e Terminologia, ambas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), e as regras gerais e específicas a serem obedecidas na manutenção e conservação das edificações.

Este trabalho caracteriza-se pela inspeção predial como um “*Check List*” da edificação, tendo como escopo um diagnóstico geral sobre o edifício comercial, identificando as anomalias construtivas e/ou falhas de manutenção – com a análise do risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio – que interferem e prejudicam a saúde e habitabilidade, frente ao desempenho dos sistemas construtivos e elementos vistoriados da edificação.

Neste contexto, a ANOMALIA representa a irregularidade relativa à construção e suas instalações, enquanto a FALHA diz respeito à manutenção, operação e uso da edificação.

Diagnóstico N° 07/2022 SE #04;

Data Base 03 de dezembro de 2022;

Solicitante Gerência de Manutenção;

Objeto Estabelecimento Educacional;

Tipologia Subestação Abrigada 300 KVA;

Local da Avaliação Av. das Nações, 234, Esperança;

Objetivo Inspeção Predial;

Finalidade Determinação das condições físicas de segurança e salubridade da edificação.

2. Lista de Verificação:

Elencamos que foram vistoriados todos os elementos da unidade, onde foram inspecionados os seguintes itens na edificação:

- Estrutura Externa;
- Estrutura Interna;
- Pilares;
- Vigas;
- Lajes;
- Coberta;
- Equipamentos elétricos;
- Infraestrutura elétrica e drenagem pluvial.

3. Nível de Inspeção – Rigor do Laudo:

Através da análise do Check List foi possível a criação do *QR Code*, que está disponibilizando para a Gestão de Manutenção o diagnóstico das instalações elétricas, contendo: a fotografia das condições operacionais da subestação, o levantamento dos riscos de acidentes, a qualificação do desempenho da edificação e o Plano de Manutenção das Subestações.

De acordo com o IBAPE (2019), a inspeção predial é classificada quanto a sua complexidade e elaboração do Laudo. Consideradas as características técnicas da edificação, manutenção e operação existentes e necessidade de formação de equipe multidisciplinar para execução dos trabalhos. Os níveis de inspeção predial podem ser em Nível I, II e III:

Nível 1: com a identificação e avaliação das anomalias e falhas aparentes.

Nível 2: uma inspeção mais detalhada com o uso de equipamentos e aparelhos, além da análise de documentos técnicos mais específicos em função da complexidade dos casos.

Nível 3: para uma situação mais complexa onde fazemos a inspeção predial de Nível 2 acrescida de uma auditoria técnica conjunta ou isolada, confrontando-se aspectos técnicos, usos, práticas e planos de manutenção em casos muito específicos, corrigindo e ajustando seus procedimentos.

A inspeção aplicada neste relatório foi classificada como **Inspeção Nível I** onde: *“Inspeção Predial realizada em edificações com baixa complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos. Normalmente empregada em edificações com planos de manutenção muito simples ou inexistentes.”* (IBAPE, 2019).

4. Classificação das Anomalias, Falhas e Grau de Risco:

Critério de classificação das anomalias e falhas existente na edificação, e constatada em uma inspeção predial, considerado o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, dentro dos limites da inspeção predial.

A elaboração de inspeção predial baseia-se na análise do risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, diante das condições técnicas, de uso, operação e manutenção da edificação, bem como da natureza da exposição ambiental.

De acordo com o IBAPE (2019), as anomalias e falhas constituem não conformidades que impactam na perda precoce de desempenho real ou futuro dos elementos e sistemas construtivos, e redução de sua vida útil projetada. Podem comprometer, portanto: segurança; funcionalidade; operacionalidade; saúde de usuários; conforto térmico, acústico e lumínico; acessibilidade, durabilidade, vida útil, dentre outros parâmetros de desempenho definidos na ABNT NBR 15575.

As não conformidades podem estar relacionadas a desvios técnicos e de qualidade da construção e/ou manutenção da edificação. Podem, ainda, não atender aos parâmetros de conformidade previstos para os sistemas construtivos e equipamentos instalados, tais como: dados e recomendações dos fabricantes, manuais técnicos em geral, projetos, memoriais descritivos, normas etc.

As anomalias podem ser classificadas em:

1. Endógena: Originária da própria edificação (projeto, materiais e execução).
2. Exógena: Originária de fatores externos a edificação, provocados por terceiros.
3. Natural: Originária de fenômenos da natureza.
4. Funcional: Originária da degradação de sistemas construtivos pelo envelhecimento natural e, conseqüentemente, término da vida útil.
5. Falha: Podendo ser classificadas em falha de planejamento, de execução, operacional e gerencial.

Segue abaixo relatório fotográfico e classificação das anomalias, falhas e grau de risco referente à inspeção realizada nos locais indicados:

Descrição do Problema 01: Infiltração na laje dos postos de equipamentos.

Ambiente: Subestação Elétrica de Média Tensão				
Anomalias Construtivas				
Endógena	Exógena	Natural	Funcional	Falhas
Problemas que tenham relação com a construção, materiais, execução ou projetos.	Causadas por fatores externos a edificações, provocados por terceiros.	Causadas por fenômenos da natureza.	Problema relacionado com envelhecimento natural da estrutura, tendo relação com a perda de funcionalidade por final de vida útil.	De uso e manutenção quando relacionadas a perda precoce de desempenho originada pela deficiência no uso e nas atividades de manutenção periódica.
X	-	-	X	-

Registro Fotográfico:

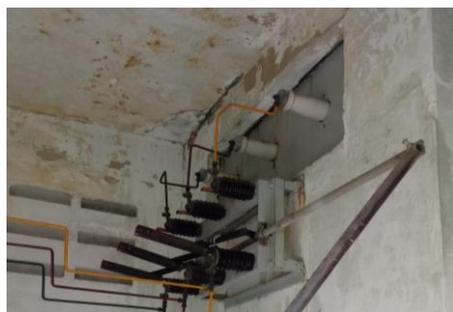


FOTO 01



FOTO 02



FOTO 03

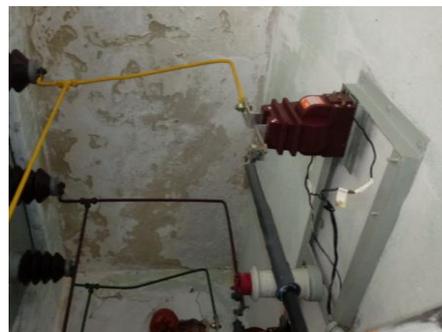


FOTO 04

Grau de Risco:	Crítico	Médio	Mínimo
	-	X	-

Causas: A subestação foi construída em um local de desnível entre o limite do terreno e a parte interna da subestação, gerando uma infiltração nas paredes exatamente no local desnivelado do talude da via superior.

Solução: Impermeabilizar a parede e vedar a tubulação de entrada de condutores elétricos na entrada e saída da tubulação com uso de espuma expansível em poliuretano, impedindo assim a penetração das águas pluviais no interior da tubulação.

Descrição do Problema 02: Vazamento de óleo mineral em transformadores.

Ambiente: Subestação Elétrica de Média Tensão				
Anomalias Construtivas				
Endógena	Exógena	Natural	Funcional	Falhas
Problemas que tenham relação com a construção, materiais, execução ou projetos.	Causadas por fatores externos a edificações, provocados por terceiros.	Causadas por fenômenos da natureza.	Problema relacionado com envelhecimento natural da estrutura, tendo relação com a perda de funcionalidade por final de vida útil.	De uso e manutenção quando relacionadas a perda precoce de desempenho originada pela deficiência no uso e nas atividades de manutenção periódica.
-	-	-	X	X

Registro Fotográfico:



FOTO 05



FOTO 06



FOTO 07



FOTO 08

Grau de Risco:	Crítico	Médio	Mínimo
	-	X	-

Causas: A ação do tempo trás a oxidação da carenagem e da pintura do transformador, causando danos em sua estanqueidade, permitindo que o óleo líquido isolante, vaze para a região exterior do tanque do transformador.

Solução: Recondicionar por meio de técnica de lanternagem a carenagem externa do transformador e proceder a pintura com tinta apropriada anticorrosiva toda a superfície esterna do transformador.

Descrição do Problema 03: Danos em equipamentos elétricos.

Ambiente: Subestação Elétrica de Média Tensão				
Anomalias Construtivas				
Endógena	Exógena	Natural	Funcional	Falhas
Problemas que tenham relação com a construção, materiais, execução ou projetos.	Causadas por fatores externos a edificações, provocados por terceiros.	Causadas por fenômenos da natureza.	Problema relacionado com envelhecimento natural da estrutura, tendo relação com a perda de funcionalidade por final de vida útil.	De uso e manutenção quando relacionadas a perda precoce de desempenho originada pela deficiência no uso e nas atividades de manutenção periódica.
-	-	-	X	X

Registro Fotográfico:



Grau de Risco:	Crítico	Médio	Mínimo
	X	-	-

Causas: A ação do tempo vem causar pontos de rupturas nos materiais componentes dos equipamentos da subestação, causando fragilização do material e rompimentos indesejados de sua estrutura.

Solução: Substituição completa do equipamento.

Descrição do Problema 04: Danos estruturais em paredes.

Ambiente: Subestação Elétrica de Média Tensão				
Anomalias Construtivas				
Endógena	Exógena	Natural	Funcional	Falhas
Problemas que tenham relação com a construção, materiais, execução ou projetos.	Causadas por fatores externos a edificações, provocados por terceiros.	Causadas por fenômenos da natureza.	Problema relacionado com envelhecimento natural da estrutura, tendo relação com a perda de funcionalidade por final de vida útil.	De uso e manutenção quando relacionadas a perda precoce de desempenho originada pela deficiência no uso e nas atividades de manutenção periódica.
X	-	X	X	-

Registro Fotográfico:



FOTO 13



FOTO 14



FOTO 15



FOTO 16

Grau de Risco:	Crítico	Médio	Mínimo
	-	X	-

Causas: A subestação foi construída em um local de desnível entre o limite do terreno e a parte interna da subestação, gerando uma infiltração nas paredes exatamente no local desnivelado do talude da via superior.

Solução: Impermeabilizar a parede e vedar a tubulação de entrada de condutores elétricos na entrada e saída da tubulação com uso de espuma expansível em poliuretano, impedindo assim a penetração das águas pluviais no interior da tubulação.

5. Avaliação do Grau de Risco da Subestação:

A análise do risco consiste das anomalias e falhas identificadas nos diversos componentes de uma edificação, quanto ao seu grau de risco relacionado com fatores de manutenção, depreciação, saúde, segurança, funcionalidade, comprometimento de vida útil e perda de desempenho.

De acordo com o IBAPE (2019), as anomalias e falhas são classificadas nos seguintes graus de risco:

CRÍTICO

“Risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis

paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível de vida útil. ”

MÉDIO

“Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas, e deterioração precoce. ”

MÍNIMO

“Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário. ”

6. Classificação Individual das Anomalias e Falhas:

Para a classificação individual dos problemas observados na unidade, foi utilizada a Matriz GUT (gravidade, urgência e tendência). Proposta em 1981 por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe, a Matriz GUT é uma ferramenta utilizada para solução de problemas. Também é uma ferramenta de qualidade usada para definir prioridades dadas as diversas alternativas de ação. A matriz GUT, serve para classificar cada problema pela ótica da gravidade (do problema), da urgência (de resolução dele) e pela tendência (dele aumenta com rapidez ou de forma lenta), os pesos atribuídos para cada item estão expostos nas tabelas abaixo (Kepner e Tregoe, 1981):

GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
2 = Sem Gravidade	2 = Não Tem Pressa	2 = Não Vai Aumentar
4 = Pouco Grave	4 = Pode Esperar um Pouco	4 = Vai Aumentar em Longo Prazo
6 = Grave	6 = O Mais Cedo Possível	6 = Vai Aumentar em Médio Prazo
8 = Muito Grave	8 = Com Alguma Urgência	8 = Vai Aumentar em Curto Prazo
10 = Extremamente Grave	10 = Ação Imediata	10 = Vai Aumentar Rapidamente

Classificação dos problemas encontrados na Subestação Elétrica.:

MATRIZ DE RISCO GUT						
Prioridades	Fotos	Problemas	G	U	T	GxUxT
			Gravidade	Urgência	Tendência	Prioridades
1ª	09 a 12	Danos em equipamentos elétricos.	8	10	10	800
2ª	05 a 08	Vazamento de óleo de transformador.	8	8	10	640
3ª	13 a 16	Danos estruturais em paredes.	8	8	8	512
4ª	01 a 04	Infiltrações em lajes e paredes.	6	6	8	288

Diagnóstico: após a avaliação dos principais problemas identificados, a Matriz de Risco GUT aponta que a prioridade maior de se realizar ações corretivas é no quesito de danos de equipamentos, onde o produto da classificação do risco perfaz o número de 800, quase atingindo a máxima gravidade desta metodologia de análise de risco.

7. Avaliação da Manutenção, Uso e Desempenho da Edificação:

7.1 Classificação das Condições de Uso:

A avaliação do estado de manutenção e condições de uso considera os graus de risco e perdas precoces de desempenho dos sistemas, frente às constatações das anomalias e, especialmente das falhas encontradas.

Os prédios comerciais por vezes possuem entradas de energia, em baixa e média tensão. Sendo assim, considerações particulares para instalações elétricas devem ser evidenciadas na lista de itens a serem minimamente vistoriados:

- I. Entrada de Energia;
- II. Distribuição Geral de Energia;
- III. Instalações e Circuitos;
- IV. Condições de Contorno;
- V. Estado da Edificação.

7.2 Avaliação para a Manutenção:

A avaliação do estado de manutenção e condições de uso deve sempre estar fundamentada considerando os graus de risco e perdas precoce de desempenho dos sistemas, frente às constatações das anomalias e, especialmente, das falhas encontradas. Além disso, devem ser analisadas as condições de regularidade do uso bem, como os níveis de aprofundamento da Inspeção Predial realizada.

Nesta avaliação, foi analisado o plano de manutenção para a edificação e as respectivas condições de execução, conforme os seguintes critérios:

Plano de Trabalho:

- Coerência do Plano de Manutenção em relação ao especificado por fabricantes de equipamentos e sistemas inspecionados;
- Coerência do Plano de Manutenção em relação ao preconizado em Normas e / ou Instruções Técnicas de Engenharia específicas;
- A adequação de rotinas e frequências à idade das instalações, ao uso, exposição ambiental, dentre outros aspectos técnicos que permitam ao inspetor classificar a qualidade da manutenção executada;

- Condições de execução das atividades propostas no Plano de Manutenção Considerando que não há para edificação Plano de Trabalho e Manutenção, sendo classificada que:

8. Considerações Finais:

A investigação efetuada nesta ferramenta de gestão, teve por finalidade identificar possíveis problemas existentes na subestação elétrica da referida unidade operacional.

Após a demonstração da inspeção em toda área interna e externa, referente a estrutura solicitada, faz-se necessário comentar alguns os resultados:

- É visível nas paredes internas e externas a presença de infiltrações, mofo e bolor recorrente das chuvas e da infiltração indesejada e da falta de alguns elementos construtivos que poderiam proteger o local.
- A infiltração da cobertura da subestação elétrica, pode afetar os equipamentos e materiais elétricos existentes no local, bem como ocasionar algum curto-circuito ou danos graves nestes equipamentos.
- A condições operacionais dos equipamentos encontrados na subestação aspira cuidados especiais, haja visto, a falta de manutenção e limpeza destes equipamentos, revelando um elevado período de tempo, sem ocorrer manutenções e limpezas na subestação elétrica.
- Em situações extremas de falta de manutenção de telhados de subestações, podem trazer graves problemas elétricos se o gotejamento de águas provenientes de chuvas adentrarem na subestação e atingirem equipamentos energizados em alta tensão, provocando com isso curtos-circuitos, falhas na isolação elétrica de isoladores, descargas elétricas indesejadas e desligamentos não programados de equipamentos elétricos.

Recife/PE, 12 dezembro de 2022.

Referências:

CAMACHO, A. **QR Code: O que é, Como ler e Como criar (2017)**. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/produto/211715-qr-code-ler-criar-tutorial-completo.htm>.

Acesso em 01 ago. 2022.

MAIA, W. F. S, EKEL, P. I., COSTA Jr, P. P. Avaliação de riscos de subestações para a prevenção de acidentes: análise de fatores contribuintes. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO** - Anais do XLVIII SBPO. Vitória, Espírito Santo, 2016.

MARQUES, S. **QR Code - Quick Response Code (2017)**. Acesso em 01 ago. 2022. Disponível em: <http://knoow.net/ciencinformtelec/informatica/QR-code/>.

NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. 2003.

NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. 2003.

NBR ABNT 15575 - Edificações habitacionais — Desempenho. 2012.

PEREIRA, F. S. J., SOARES, W. A., FITTIPALDI, E. H. D., ZLATAR, T., BARKOKEBAS Jr. B. Gerenciamento de riscos durante a construção de subestações de energia elétrica. **Gestão & Produção**, 26(4), e4639. <https://doi.org/10.1590/0104-530X4639-19>. RS, Brasil, 2019.

REIS, J. S., FREITAS, R. **Segurança em Eletricidade**. Ed. Fundacentro. São Paulo, 1982.

ROCHA, V. M. **Realidade aumentada aplicada à redução de riscos na segurança do trabalho em subestações elétricas**. Dissertação de Mestrado, Pós- Graduação em Instrumentação, Controle e Automação de Processos de Mineração da Universidade Federal de Ouro Preto e do Instituto Tecnológico Vale UFOP/ITV, 2021.

RODRIGUES, E. J., BULLA, G. B., NAGANO, M. F. Avaliação dos riscos elétricos que os trabalhadores estão expostos na construção civil. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 9, Nº 03, Dezembro de 2017.

SILVA, R. G. **Avaliação das instalações elétricas das subestações de média tensão de uma indústria de acordo com as normas NBR 14039 e NR-10**. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, Paraná, 2017.

VIANA, M. J., FERREIRA, S. S. **Proteção contra choques elétricos em canteiros de obras**. Fundacentro, São Paulo, 2018.

PLANO DE MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÃO

TIPO	ITEM	CATEGORIA	PERIODICIDADE	RESPONSÁVEL
	1.	SUBESTAÇÃO		
	1.1	Serviços de Engenharia de Manutenção:		
Elétrica	1.1.1.	Termografia em disjuntor de proteção, quadro elétrico e conexões em BT e MT.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.1.2.	Termografia em transformadores de força.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.1.3.	Medição da resistência do isolamento das mufas, cabos de alta tensão de entrada, isoladores, barramentos de alta tensão passa muro e partes metálicas não energizadas.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.1.4.	Limpeza dos barramentos e contatos elétricos das chaves seccionadoras, da caixa de proteção dos relés e dos transformadores trifásicos;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.1.5.	Pintura dos barramentos nas cores padronizadas segundo as normas vigentes da concessionária local de energia, se necessário;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.1.6.	Varição das partes internas da subestação, incluindo os cubículos de medição, disjunção, transformação, distribuição e corredor de acesso interno da Subestação Elétrica.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.1.7.	Verificação do funcionamento de iluminação de emergência.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.1.8.	Verificação de portas, fechaduras, cadeados e trincos de acesso aos ambientes internos e externos da subestação.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.1.9.	Verificação de infiltrações, danos a revestimentos, pisos, paredes, gradis e janelas	ANUAL	Empresa Especializada
	1.2.	Disjuntor de Alta Tensão:		
Elétrica	1.2.1.	Retirar a grade de proteção do disjuntor do cubículo.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.2.	Limpar o cubículo.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.3.	Verificar dispositivo de extração.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.4.	Verificar molas de abertura e fechamento.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.5.	Limpeza do conjunto.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.6.	Lubrificar dispositivo mecânico.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.7.	Teste do mecanismo de abertura e fechamento.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.8.	Reaperto de conexões elétricas.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.9.	Proceder teste de isolamento.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.10.	Ensaio de resistência de isolamento elétrico;	ANUAL	Empresa Especializada

Elétrica	1.2.11.	Ensaios de resistência de contatos.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.12.	Verificar nível de óleo de extinção de arco.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.13.	Teste do disparo de emergência.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.14.	Revisar a calibração do ajuste do relé de proteção (curto-circuito e sobrecarga).	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.15.	Teste de isolação elétrica com megohmmetro.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.16.	Medição de resistência elétrica de contatos.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.17.	Verificar se a manivela de acionamento está junto ao disjuntor.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.2.18.	Testes funcionais e ajustes.	ANUAL	Empresa Especializada
	1.3.	Chave Seccionadora de Alta Tensão:		
Elétrica	1.3.1.	Verificar atuação de relés auxiliares.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.3.2.	Conferir estado dos contatos elétricos.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.3.3.	Reaperto de conexões elétricas.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.3.4.	Conferir estado dos isoladores elétricos.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.3.5.	Lubrificar dispositivo mecânico.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.3.6.	Limpeza de contatos elétricos.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.3.7.	Limpar o cubículo.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.3.8.	Teste de isolação elétrica com megohmmetro.	ANUAL	Empresa Especializada
	1.4.	Transformador de Potência:		
Elétrica	1.4.1.	Análise físico-química do óleo isolante do transformador	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.2.	Análise da cromatografia.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.3.	Verificar ruídos excessivos.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.4.	Verificar vazamento de óleo isolante.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.5.	Verificar o nível do óleo isolante.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.6.	Verificar estado das buchas isolantes.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.7.	Reaperto de conexões elétricas.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.8.	Limpeza geral do transformador.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.9.	Verificar estado da pintura do transformador.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.10.	Verificar a conexão do aterramento do transformador.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.11.	Manutenção nas buchas e tanques, inclusive: verificações de vazamentos, trincas, partes avariadas e limpeza de buchas e tanques.	ANUAL	Empresa Especializada

Elétrica	1.4.12.	Inspeção em tampa de inspeção, nos radiadores, nos comutadores de derivações, nos registros e bujões de drenagem.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.13.	Medição de tensão secundária do transformador com ajuste dos TAP's do enrolamento primário de alta tensão, para ajuste de tensão de saída, se necessário.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.14.	Inspeção visual do núcleo de ferro, com registro fotográfico, caso seja o transformador à seco.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.15.	Ensaio Elétrico: isolamento elétrico; resistência dos enrolamentos; relação de transformação (TTR) em todas as fases.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.16.	Emissão de relatório técnico das atividades realizadas.	ANUAL	Empresa Especializada
	1.5.	Banco de Capacitores:		
Elétrica	1.5.1.	Revisão dos componentes, limpeza e testes de capacitância das células capacitivas do sistema;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.5.2.	Verificação da operacionalidade do sistema automático de chaveamento de células de capacitores;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.5.3.	Inspeção dos contactores de manobra de capacitores, resistores de pré-carga, das células de capacitores, proteção e fiação do sistema de Banco de Capacitores;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.5.4.	Substituição de componentes avançados como controlador de fator de potência, contadoras e capacitores.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.5.5.	Emissão de relatório técnico das atividades realizadas.	ANUAL	Empresa Especializada
	1.6.	Sistema de Aterramento da Subestação:		
Elétrica	1.6.1.	Localização das Caixas de Aterramento da malha de terra da subestação.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.6.2.	Verificação das condições físicas dos elementos constitutivos da caixa de inspeção, como tampa, corpo, encaixe da tampa, haste de aterramento, apontar necessidade de melhorias no relatório técnico, caso necessário.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.6.3.	Limpeza da parte interna das caixas de aterramento, com a retirada de detritos existentes estranhos ao aterramento.	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.6.4.	Limpeza dos terminais de contato dos eletrodos de aterramento (hastes e conector), com o reaperto dos conectores de conexão do cabo da malha com as hastes;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.6.5.	Medição com o uso de um terrômetro, da resistência de terra da malha de aterramento da subestação;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.6.6.	Emissão de laudo, relatório técnico e ART, das condições operacionais do sistema de aterramento;	ANUAL	Empresa Especializada
	1.7.	Manutenção do quadro geral de baixa tensão - QGBT:		

Elétrica	1.7.1.	Inspeção Visual:	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.2.	Identificação de circuitos caso não haja, caso haja, conferir;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.3.	Verificar quanto a aquecimento de cabos, terminais, barramentos, disjuntores, controladores e demais componentes do sistema, adequar caso necessário;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.4.	Verificar quanto à fixação de quadros, isoladores, barramentos, controladores, disjuntores e demais componentes do sistema, adequar caso necessário;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.5.	Inspeccionar funcionamento de voltímetros, amperímetros, controladores, chaves seletoras, relés, sensores e demais componentes do sistema, adequar caso necessário;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.4.6.	Inspeccionar quanto à conservação, arrumação e pinturas dos quadros, adequar caso necessário;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.7.	Verificar condições de funcionamento de barramentos, conexões, terminais e demais componentes do sistema, adequar caso necessário;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.8.	Verificar circuitos desativados e retirá-los, se for o caso;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.9.	Efetuar limpeza geral interna e externa;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.10.	Inspeccionar o aterramento de todo o sistema, realizando medições ôhmicas, aperto e fixação do barramento, adequar caso necessário;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.11.	Inspeccionar o neutro de todo o sistema, aperto e fixação do barramento, adequar caso necessário;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.12.	Termografia final após a finalização da manutenção;	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.13.	Relatório Técnico de Inspeções (RTI);	ANUAL	Empresa Especializada
Elétrica	1.7.14.	Laudo Técnico das Instalações Elétricas.	ANUAL	Empresa Especializada

OS - ORDEM DE SERVIÇO - PERMISSÃO DE TRABALHO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

UNIDADE:	
EMPRESA EXECUTORA:	
EXECUTANTES/FUNÇÕES:	
EMISSOR AUTORIZADO (PLR):	N° OSE _____
FUNÇÃO:	
DATA (DA OU PERÍODO DA OSE):	

DETALHES DA INTERVENÇÃO

Prioridade	Tipo de Serviço
<input type="checkbox"/> Urgente <input type="checkbox"/> Rotineiro <input type="checkbox"/> Programado	<input type="checkbox"/> Preventiva <input type="checkbox"/> Corretiva <input type="checkbox"/> Instalação de Equipamento <input type="checkbox"/> Outros

PROCEDIMENTOS DE TRABALHO

1 - POP 37.001 - Atividade em eletricidade.
2 - APR - Atividade em Eletricidade
3 - LV 37.003.01 - Instalações elétricas
4 -
7 - FOR 37.115.02 - Autorização para intervenção
8 - Projeto das instalações elétricas e diagramas unifilares
9 - FOR 37.115.04 - Mapa de bloqueio

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO A SER EXECUTADO

AUTORIZAÇÃO DO SERVIÇO

DATA DE EMISSÃO:
INDIA:
ASSINATURA DO EMISSOR AUTORIZADO (PLR):

OSE - ORDEM DE SERVIÇO ESPECÍFICA

UNIDADE:
EXECUTANTES:
SETOR / LOCAL:
DATA E HORA DE CONCLUSÃO DOS SERVIÇOS:
ASSINATURA DOS(E) ELETRICISTA(S) RESPONSÁVEL(IS):

N° OSE _____