



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

MATHEUS PEREIRA GUEDES



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
PB ELÉTRICA COMÉRCIO, SERVIÇOS E REPRESENTAÇÃO DE ELETROELETRÔNICOS
LTDA



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2023

MATHEUS PEREIRA GUEDES

PB ELÉTRICA COMÉRCIO, SERVIÇOS E REPRESENTAÇÃO DE ELETROELETRÔNICOS LTDA

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrotécnica

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.
Orientador

Campina Grande
2023

MATHEUS PEREIRA GUEDES

PB ELÉTRICA

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em 03/11/2023

Professor Jalberth Fernandes de Araújo
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha mãe e à memória do meu pai, que formam o alicerce sobre o qual eu construí minha jornada acadêmica. Ao apoio inabalável que me deram, e às lições que me ensinaram.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de conclusão, é com profunda gratidão que expresso meu agradecimento primeiramente a Deus, fonte de toda a sabedoria e inspiração.

Agradeço também à minha mãe Itamiran, que sempre esteve ao meu lado, com amor, apoio e compreensão. Sua dedicação inabalável e amor infinito foram o farol que me guiou ao longo desta jornada acadêmica. Desde o primeiro dia, acreditou em mim, incentivou meus sonhos e me deu forças para continuar.

Com bastante emoção, meu mais sincero agradecimento ao meu amado pai, Manoel, que embora não esteja mais entre nós fisicamente, sempre permanecerá vivo em minha memória e coração. Sua presença, sabedoria e apoio moldaram profundamente a pessoa que sou hoje. Seu exemplo de dedicação, resiliência e amor incondicional continua a inspirar-me a cada dia. Embora não esteja aqui para testemunhar esta conquista, tenho a certeza de que, de alguma forma, sabe o quanto significou para mim e o quanto sinto a sua falta. Este trabalho é uma pequena homenagem ao homem extraordinário que você foi e à influência eterna que exerce sobre minha vida.

Ao meu supervisor de estágio, o engenheiro Pedro Henrique Fernandes Monteiro, pelos ensinamentos durante o período de estágio. Sua orientação, apoio e experiência foram inestimáveis para o meu crescimento profissional e pessoal.

Ao meu orientador de estágio, o professor Celio Anésio da Silva, que demonstrou uma dedicação excepcional em me guiar nas tarefas diárias. Não apenas aprendi muito sob sua orientação, mas também me inspirou a buscar excelência em minha carreira futura.

Agradeço também a PB Elétrica, em especial a Erivando e Aleksandro, pela oportunidade dada e por todo conhecimento repassado durante o período do estágio.

Agradeço também a toda minha família e amigos, que estiveram ao meu lado durante toda a minha jornada acadêmica.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

*“Arrisque-se: se você
vencer será feliz;
se perder será sábio”*

Peter Kreeft.

RESUMO

Nesse relatório são descritas as atividades realizadas pelo estagiário, Matheus Pereira Guedes, durante o estágio supervisionado na empresa PB Elétrica Comércio, Serviços e Representação de Eletroeletrônicos LTDA, localizada em Campina Grande-PB, ao longo do período de 15 de agosto de 2023 à 30 de outubro de 2023. O estágio, com orientação do professor Celio Anésio da Silva e supervisão do Engenheiro Eletricista Pedro Henrique Fernandes Monteiro, foi realizado no setor de projetos da empresa, bem como trabalhos em campo, sendo realizadas atividades como projetos de subestações aéreas e também com a realização de visitas técnicas a subestações e indústrias, com a realização de manutenção de subestações e levantamentos de campo que contribuíram para um melhor entendimento das atividades.

Palavras-chave: Estágio, Manutenção de subestações, PB Elétrica, Projeto de subestação.

ABSTRACT

This report describes the activities carried out by intern, Matheus Pereira Guedes, during his supervised internship at the company PB Elétrica Comércio, Serviços e Representação de Eletroeletrônicos LTDA, located in Campina Grande-PB, throughout the period from August 15, 2023 to October 30, 2023. The internship, with guidance from professor Celio Anésio da Silva and supervision by Electrical Engineer Pedro Henrique Fernandes Monteiro, was carried out in the company's project sector, as well as field work, with activities such as aerial substation projects being carried out and also by carrying out technical visits to substations and industries, carrying out substation maintenance and field surveys that contributed to a better understanding of the activities.

Keywords: Internship, Substation maintenance, PB Elétrica, Substation project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Logomarca da PB Elétrica.	16
Figura 2 – Subestação aérea.	18
Figura 3 – Subestação aérea.	18
Figura 4 – Subestação abrigada.	19
Figura 5 – Relé digital Pextron 7104.	21
Figura 6 – Inversor fotovoltaico.	22
Figura 7 – Tapete isolante de 17kV.	27
Figura 8 – Microhmímetro digital HIGHMED.	28
Figura 9 – Inspeção termográfica em transformador de 300kVA.	30
Figura 10 – Manutenção em subestação abrigada realizada pelo estagiário e a equipe da empresa.	31
Figura 11 – Manutenção em subestação abrigada realizada pelo estagiário e a equipe da empresa.	31
Figura 12 – Fotografias realizadas durante manutenções em subestações.	33
Figura 13 – Inspeção termográfica realizada pelo estagiário.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medição da resistência de contato da seccionadora [$\mu\Omega$] – Cubículo de proteção.	28
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
kV	Quilovolt
kVA	Quilovolt-ampère
kW	Quilowatt
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TC	Transformador de corrente
TP	Transformador de potencial
$\mu\Omega$	Microohm

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	A Empresa.....	15
1.2	Objetivos.....	16
1.2.1	Objetivos Específicos.....	16
1.3	Organização do Relatório	16
2	Embasamento Teórico	17
2.1	Subestações.....	17
2.1.1	Subestações Aéreas	17
2.1.2	Subestações Abridadas.....	19
2.2	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas	20
2.3	Dispositivos de Proteção.....	20
2.4	Inversores Fotovoltaicos	21
2.5	Normas Aplicáveis ao Cotidiano de Atuação da Empresa	22
2.5.1	NDU 002 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária	22
2.5.2	NR 10	23
2.5.3	ABNT NBR 5419.....	23
2.6	Instalações Elétricas.....	24
3	Atividades Desenvolvidas.....	25
3.1	Relatórios de Levantamento de Campo Sobre Condições Operativas em Subestações Abridadas.....	25
3.1.1	Equipamentos e Condições de Proteção Individual e Coletiva.....	26
3.1.2	Supressores de Surto (Para-raios de Entrada da Subestação)	27
3.1.3	Chaves Seccionadoras	27
3.1.4	Relé de Proteção, Transformadores para Instrumentos, Disjuntor de Média Tensão.....	29
3.1.5	Transformadores de Potência	29
3.1.6	Condições das Instalações Elétrica e Civil da Subestação	30
3.2	Manutenção em Subestações Abridadas.....	30
3.3	Laudo e Inspeção em Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas ..	34
3.4	Projetos de Subestações Aéreas	34
4	Conclusão.....	35
	Referências	37

APÊNDICE A – Projeto elétrico de subestação aérea.	38
APÊNDICE B – Projeto elétrico de subestação aérea.....	39
ANEXO A– “Check-list” utilizado durante levantamentos de campo em subestações abrigadas.....	40
ANEXO B – Análise físico-química de óleo isolante de um transformador de 1500 kVA.	41
ANEXO C – Análise de gases dissolvidos em óleo isolante de um transformador de 1500 kVA.	42

1 INTRODUÇÃO

Neste relatório são descritas as atividades do estágio supervisionado realizado pelo estagiário Matheus Pereira Guedes, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, na empresa PB Elétrica Comércio, Serviços e Representação de Eletroeletrônicos LTDA localizada em Campina Grande-PB, durante o período de 15 de agosto de 2023 a 30 de outubro de 2023, com carga horária semanal de 30 horas, totalizando assim 330 horas. As atividades realizadas durante o estágio tiveram supervisão do Engenheiro Eletricista Pedro Henrique Fernandes Monteiro.

Durante o estágio foram realizadas as seguintes atividades:

- Elaboração e desenvolvimento de projetos de subestação;
- Configuração de inversores de frequência;
- Visitas técnicas;
- Elaboração de relatórios técnicos sobre condições operativas em subestações da companhia de água do estado;
- Acompanhamento de obras e execuções de instalações elétricas de forma supervisionada;
- Estudos de proteção e seletividade em sistemas de distribuição;
- Laudo e inspeção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).

Dentre estas, nos capítulos a seguir, serão detalhadas as atividades mais significativas: Elaboração de relatórios técnicos sobre condições operativas em subestações da companhia de água do estado, elaboração e desenvolvimento de projetos de subestação, manutenção de subestações abrigadas, acompanhamento de obras e execuções de instalações elétricas de forma supervisionada.

O estágio tem caráter obrigatório e o cumprimento de sua carga horária é requisito para aprovação e obtenção do diploma de bacharel em engenharia elétrica. A finalidade do estágio é integrar o saber acadêmico à prática profissional, incentivando o reconhecimento de habilidades e competências adquiridas dentro e fora do ambiente escolar, permitindo ao aluno adquirir consciência do seu perfil e que possa reconhecer

necessidade da retificação de aprendizagem dos conteúdos dos componentes curriculares cursados.

As atividades desenvolvidas proporcionaram o crescimento de conhecimento técnico e interpessoal para realização das mesmas, visto que em muitas atividades é necessário dialogar com funcionários e clientes, demonstrando assim que o engenheiro no cotidiano precisa buscar soluções eficientes que se adaptem à realidade do cliente.

1.1 A EMPRESA

A empresa PB Elétrica Comércio, Serviços e Representação de Eletroeletrônicos LTDA tem sede na cidade de Campina Grande, Paraíba. Tem por especialidade a elaboração de projetos e gerenciamento de obras de engenharia, montagem, instalação e manutenção elétrica em baixa e média tensão, como também montagem de subestação aérea e abrigada.

A empresa surgiu da união de outras empresas e agora é administrada pelos sócios Alexandro Nascimento (Diretor Técnico) e José Erivando Guedes Monteiro (Diretor Administrativo). A empresa foi fundada há três anos e atualmente conta com 12 funcionários divididos em Campina Grande e João Pessoa.

A PB Elétrica é uma empresa nacional com competência tecnológica, desenvolvendo soluções para a Geração Distribuída como um todo. A engenharia da PB Elétrica oferece respostas rápidas, buscando sempre o melhor para seus clientes. Sendo uma empresa comprometida na geração de energia elétrica através de fontes renováveis. Os valores da empresa são seriedade, ética, preço justo e o melhor atendimento do mercado. A empresa atende toda a região da Paraíba. Na Figura 1, é ilustrada a logomarca da empresa.

Figura 1 – Logomarca da PB Elétrica.



Fonte: (PB Elétrica,2023).

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é apresentar uma descrição das atividades desenvolvidas durante a realização do estágio supervisionado na empresa PB Elétrica Comércio, Serviços e Representação de Eletroeletrônicos LTDA.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Esse trabalho tem como objetivos específicos:

- Abordar os principais conceitos relativos a subestações aéreas e abrigadas, sistema de proteção contra descargas atmosféricas e instalações elétricas;
- Detalhar as atividades realizadas durante o estágio supervisionado;
- Destacar os principais resultados obtidos durante o estágio.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Este relatório está dividido em quatro capítulos. O primeiro dedicado à introdução e apresentação dos objetivos do trabalho. No capítulo 2, a fundamentação teórica referente a subestações aéreas e abrigadas, também sobre sistema de proteção contra descargas atmosféricas, dispositivos de proteção, inversores fotovoltaicos, normas

aplicáveis ao cotidiano de atuação da empresa e que dão sustentação às atividades desenvolvidas ao longo do estágio e por fim, sobre instalações elétricas. No capítulo 3, são apresentadas algumas das atividades desenvolvidas ao longo do estágio, tais como elaboração de relatórios técnicos sobre condições operativas em subestações da companhia de água do estado, manutenção de subestações abrigadas, verificação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas e elaboração de projetos de subestações aéreas. E por fim, no capítulo 4, são apresentadas as conclusões obtidas a partir da experiência no Estágio Supervisionado.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo, serão expostas as principais teorias utilizadas durante o período do estágio.

2.1 SUBESTAÇÕES

Subestação pode ser definida, de acordo com a ABNT NBR 14039, como o local onde são feitos controle, manobra, transformação e distribuição de energia elétrica. Nos itens seguintes, serão abordadas subestações aéreas e abrigadas, onde a tensão pode variar de 1,0 a 36,2 kV. A norma que explicita os requisitos mínimos que devem ser seguidos nesses tipos de instalações é a ABNT NBR 14039 (Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV) (Engenharia, 2022).

As subestações de média tensão, podem ser utilizadas para:

- Consumidores do grupo A (Possuem potência maior que 75 kW);
- Sistema de distribuição de energia;
- Acessantes de Minigeração Distribuída;
- Clientes livres ou especiais.

2.1.1 SUBESTAÇÕES AÉREAS

Nesse tipo de instalação, as estruturas são montadas em poste, onde fica alocado o transformador responsável por fazer a transformação do nível de tensão. Este tipo de

combinação é utilizado para potências instaladas de transformação de 75 até 300 kVA, e em casos especiais, pode possuir potência de até 500 kVA (Engenharia, 2022).

Na Figura 2, é representado um exemplo de uma subestação aérea, com um transformador alocado em postes:

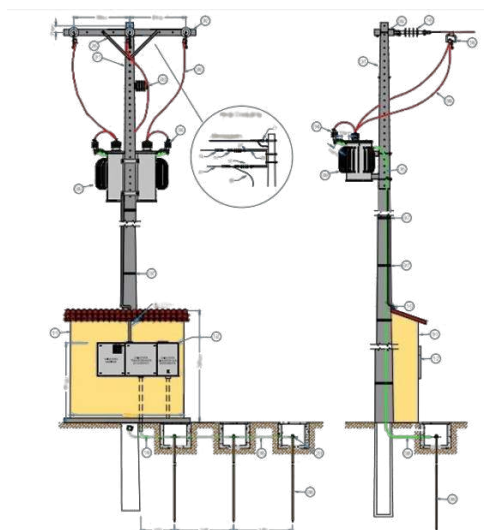
Figura 2 – Subestação aérea.



Fonte: (Engenharia, 2022).

Para esse tipo de subestação, no que diz respeito à média tensão, para a proteção contra sobretensões utilizam-se para-raios (supressores de surto) e a proteção contra curto-circuito é feita a partir de chave fusível com elo do tipo K ou H. Com relação a baixa tensão, a proteção é feita a partir de disjuntor de baixa tensão (Engenharia, 2022). A Figura 3, apresenta um exemplo da disposição de uma subestação aérea:

Figura 3 – Diagrama que representa uma subestação aérea.



Fonte: (Engenharia, 2022).

2.1.2 SUBESTAÇÕES ABRIGADAS

Subestações abrigadas podem ser definidas, de acordo com o item 9.2 da ABNT NBR 14039 (ABNT, 2005), como um sistema onde os componentes estão protegidos do tempo, abrigadas geralmente em alvenaria. Logo, todos os equipamentos da subestação estão instalados dentro de uma construção, livres de intempéries. Nessa estrutura, existem divisões, chamadas de cubículos, cada um deles determinado a uma função, sendo as principais medição, seccionamento, transformação e proteção (Energia, 2023).

A Figura 4, ilustra um exemplo de subestação abrigada:

Figura 4 – Subestação abrigada.



Fonte: (Engenharia, 2022).

De acordo com a norma ABNT NBR 14039 (ABNT, 2005), essas subestações devem possuir extintores de incêndio dentro da validade, tapetes isolantes, iluminação de emergência e telas de arame galvanizado em todos os cubículos da subestação. Além disso também necessita de luvas adequadas em instalações elétricas de média tensão, e também de tapetes isolantes de 17 kV.

Com relação à proteção, devem possuir relé de proteção que incorpore pelo menos as funções de sobrecorrente instantânea e temporizada (50 e 51/50N e 51N), disjuntor de média tensão e para-raios na entrada. No que diz respeito à medição, as subestações

abrigadas possuem transformadores de potencial e transformadores de corrente, que auxiliam na transformação dos valores de corrente e tensão, a fins de medição e também de proteção, pois fazem com que os valores sejam processados e enviados ao relé de proteção, e o mesmo promove a abertura do disjuntor de modo a isolar uma condição de defeito (ABNT, 2005).

2.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS

ATMOSFÉRICAS

A proteção contra descargas atmosféricas, de acordo com a ABNT NBR 5419, é definida como sendo toda a estrutura e os estudos realizados para a confecção de um projeto, ou seja, o gerenciamento de risco, avaliação da quantidade de pessoas por recinto, a forma do sistema de captação e de descida. O sistema de proteção contra descargas atmosféricas, também chamado de SPDA, é um dos itens da proteção contra descargas atmosféricas. Regido pela norma ABNT NBR 5419 (ABNT, 2018), pode ser definido como um conjunto de estruturas e soluções que possuem a função de proteger construções e pessoas das ações dos raios. O projeto é realizado para que haja a captação e dissipação das descargas atmosféricas em um caminho seguro até a terra (Ipog blog, 2023).

Em resumo, o SPDA pode ser dividido em três partes:

- Um subsistema de captação da descarga atmosférica;
- Um subsistema de descidas, que conduz a corrente da descarga de forma segura;
- Um subsistema de aterramento, que recebe o raio e o dissipa na terra.

Executar um projeto de SPDA é importante pois, mesmo não sendo capazes de controlar a ocorrência de raios, que são capazes de afetar e destruir instalações elétricas e aparelhos conectados a ela, a partir de um projeto bem elaborado, é possível evitar esses danos (Ipog blog, 2023).

2.3 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Como já foi citado no item 2.1.1, a proteção em subestações aéreas é formada por chave fusível e para-raios no lado de média tensão e no lado de baixa tensão essa proteção

é feita por disjuntor de baixa tensão. E de acordo com o item 2.1.2, a proteção em subestações abrigadas é realizada a partir de relé digital, disjuntor de média tensão e para-raios na entrada.

Neste capítulo, serão abordados com mais ênfase, os relés de proteção que são utilizados em subestações abrigadas.

Relés de proteção podem ser definidos como dispositivos responsáveis pelo monitoramento e gerenciamento de grandezas elétricas em um circuito. São feitos para observar perturbações no sistema elétrico e instantaneamente executar ações de controle sobre os dispositivos de disjunção, de modo que sejam protegidos pessoas e equipamentos. Os mesmos atuam a partir da comparação de dados pré-ajustados no relé e valores medidos no sistema. Recebem sinais a partir dos transformadores de potencial (TP) e dos transformadores de corrente (TC), compara com valores pré-definidos e na existência de alguma anormalidade, enviam comandos de abertura para os disjuntores, e estes isolam a parte defeituosa do sistema (Guimarães, 2023).

A Figura 5, apresenta um relé digital do fabricante Pextron e modelo 7104:

Figura 5 – Relé digital Pextron 7104.



Fonte: (Guimarães, 2023).

2.4 INVERSORES FOTOVOLTAICOS

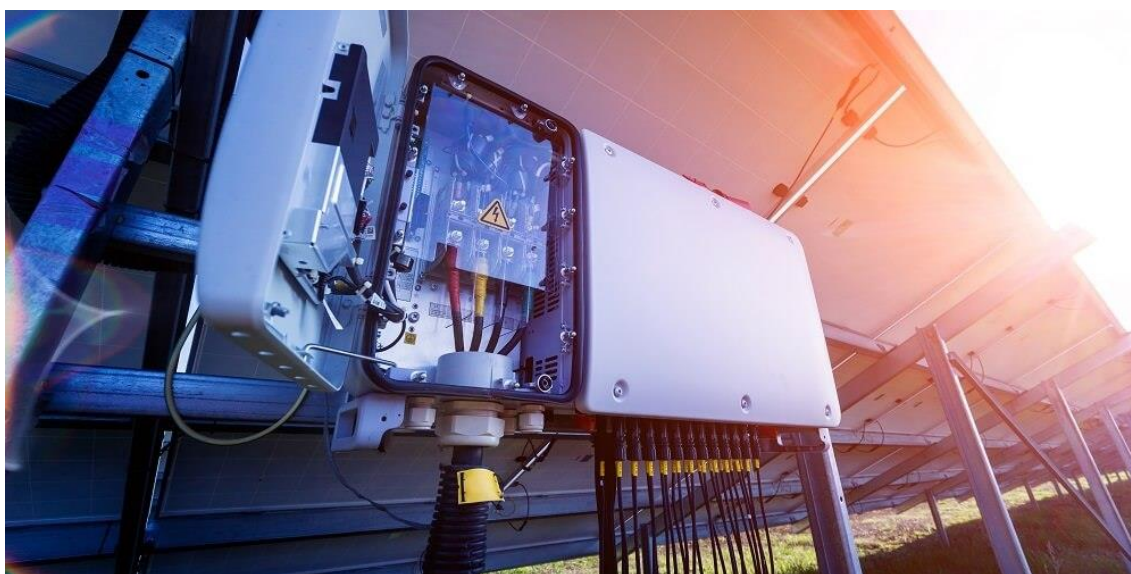
O inversor fotovoltaico é capaz de converter a corrente contínua (CC) gerada pelos painéis solares em corrente alternada (CA). A partir disso é possível fazer o uso da energia

solar gerada, em equipamentos que possuem corrente alternada como entrada. Também é capaz de medir a energia produzida pelos painéis e garantir a segurança do sistema (Solar, 2023).

O tipo de inversor solar mais utilizado no mundo é o *grid tie*. São utilizados para conectar o sistema fotovoltaico que é capaz de gerar a energia solar, até a rede elétrica. Seu papel secundário é garantir a segurança do sistema e também gerar dados da geração a fins de monitoramento a respeito do desempenho do sistema (Solar, 2023).

Na Figura 6, é representado um exemplo de um inversor fotovoltaico:

Figura 6 – Inversor fotovoltaico.



Fonte: (Solar, 2023).

2.5 NORMAS APLICÁVEIS AO COTIDIANO DE ATUAÇÃO DA EMPRESA

2.5.1 NDU 002 – FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO PRIMÁRIA

Sendo bastante utilizada durante o período do estágio, no que diz respeito a confecção de projetos e também de manutenção de subestações, este item será dedicado a Norma de Distribuição Unificada NDU002, que tem como principal princípio o fornecimento de energia elétrica em tensão primária.

Esta norma apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para projetos e execução das instalações de entrada de serviço das unidades consumidoras que possuam média tensão, nas concessionárias do grupo Energisa, distribuidora de energia do estado, quando a carga instalada na Unidade Consumidora (UC), for superior a 75 kW e a sua demanda até 2500 kW. A mesma estabelece padrões e procedimentos, critérios técnicos e operacionais, no que diz respeito a redes de distribuição, e também observa as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, de acordo com as Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (NDU002, 2019).

2.5.2 NR 10

A NR 10 se refere especificamente à Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. É uma norma regulamentadora do Brasil que estabelece diretrizes e requisitos para a segurança do trabalho em instalações elétricas. A norma é voltada para a prevenção de acidentes relacionados à eletricidade e é de extrema importância para garantir a segurança dos trabalhadores que lidam com eletricidade, reduzindo os riscos de choques elétricos, incêndios, explosões e outros perigos elétricos. Portanto, é fundamental que empregadores e trabalhadores sigam rigorosamente as diretrizes da norma ao realizar atividades em instalações elétricas (NR 10, 2019).

2.5.3 ABNT NBR 5419

A NBR 5419 é uma norma técnica brasileira que trata de proteção contra descargas atmosféricas. Ela estabelece as diretrizes e os requisitos para projetar, instalar e manter sistemas de proteção contra raios, a fim de minimizar os riscos de danos causados por descargas atmosféricas em edificações, estruturas e pessoas (ABNT, 2018).

A norma é importante para garantir a segurança de edifícios, estruturas e equipamentos contra riscos associados a descargas atmosférica e é aplicável a uma gama de edificações, desde residências até instalações industriais, comerciais e públicas. Engloba diversos aspectos relacionados à proteção contra raios, incluindo:

- Classificação dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, que considera as características da edificação e a área em que ela está localizada;
- Dimensionamento de condutores, captosres, sistemas de aterramento e dispositivos de proteção;
- Critérios para a instalação de captosres, condutores de descida, dispositivos de proteção contra sobretensões, entre outros;
- Medidas de proteção em instalações elétricas, sistemas de comunicação e sistemas de proteção contra incêndio;
- Manutenção e inspeção dos sistemas de proteção contra raios.

2.6 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Instalações elétricas podem ser definidas como sistemas que geram, conduzem e utilizam eletricidade. Está associado ao conjunto de componentes responsáveis pela iluminação e alimentação de equipamentos. A execução de um projeto elétrico deve ser feita por um profissional habilitado, de maneira que a instalação atenda às necessidades dos usuários, que devem ser verificadas antes do início da execução do projeto, e que o risco de acidentes como incêndios ou até mesmo choques elétricos, sejam diminuídos ao máximo (Magalhães, 2022).

De maneira resumida, uma instalação elétrica é composta por:

- Condutores elétricos;
- Eletrodutos;
- Equipamentos de proteção;
- Equipamentos de comando;
- Fonte alimentadora;
- Fonte consumidora;
- Projeto elétrico;
- Memorial de cálculo.

Para o caso de residências, a implantação das instalações elétricas é fundamental por causa da alimentação dos pontos de iluminação e tomadas, sendo assim, seu projeto precisa garantir um funcionamento seguro. Existem, além da energia fornecida através pela concessionária, outras opções, como a utilização de energia solar ou até mesmo

energia eólica, as mesmas são utilizadas em conjunto ao sistema padrão. A instalação elétrica residencial normalmente é realizada a partir de três condutores, sendo fase, neutro e terra para tomadas, e fase, neutro e retorno para iluminação (Magalhães, 2022).

Para instalações elétricas residenciais, a norma que fornece as diretrizes necessárias para a confecção de projetos e execução das instalações é a ABNT NBR 5410. Nela encontram-se informações como distância mínima exigida entre tomadas, a recomendação de não utilizar circuitos de força juntamente com circuitos de comunicação, como dimensionar os componentes da instalação, entre outros (Magalhães, 2022).

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Neste capítulo serão relatadas as atividades desenvolvidas ao longo do período do estágio supervisionado na PB Elétrica Comércio, Serviços e Representação de Eletroeletrônicos LTDA.

3.1 RELATÓRIOS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO SOBRE CONDIÇÕES OPERATIVAS EM SUBESTAÇÕES ABRIGADAS

Durante o período do estágio, foram confeccionados vários relatórios baseados em levantamentos de campo, realizados em subestações abrigadas da Companhia de Água e Esgotos do estado da Paraíba. A partir disso, foi possível realizar um diagnóstico das condições operativas das subestações abrigadas situadas em várias cidades do estado.

Durante o levantamento de campo, foram realizados vários registros fotográficos e também a verificação de “*check-lists*” presente no ANEXO A, além disso foram realizadas:

- Medições das resistências de contato nas chaves seccionadoras dos cubículos de: proteção, medição e transformação;
- Medições das resistências de isolamento: nas chaves seccionadoras, nos transformadores de potência, nos transformadores de potencial e nos transformadores de corrente;

- Medição da resistência de aterramento na malha de terra.

As condições observadas durante o levantamento, servem de base para que sejam realizadas alterações por parte do cliente, de modo que as instalações fiquem de acordo com as normas tomadas como referência durante a elaboração do relatório. Dentre essas normas, é possível citar como mais relevantes:

- NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade;
- NDU 002 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária – Revisão 5.2 junho/2019 – ENERGISA;
- ABNT NBR 14039 – Instalações Elétricas de média tensão de 1 kV a 36,2 kV;
- ABNT NBR 5419 – Proteção contra descargas atmosféricas parte 4: Sistemas Elétricos e eletrônicos internos na estrutura;
- ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de baixa tensão.

De acordo com essas normas, todos os equipamentos da subestação foram verificados, inclusive os itens de proteção, e por fim elaborada uma tabela com todos os itens que precisavam de correção. Os equipamentos verificados, serão detalhados nos subíndices a seguir:

3.1.1 EQUIPAMENTOS E CONDIÇÕES DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL E COLETIVA

De acordo com a norma (NDU002, 2019), as subestações abrigadas devem conter tapetes isolantes de 17 kV, iluminação de emergência, telas de arame galvanizado em todos os cubículos, além de extintores de incêndio e luvas adequadas em instalações de média tensão. Além disso, de acordo com a (NR 10, 2019), os equipamentos, ferramentas e dispositivos isolantes ou equipados com materiais isolantes, destinados ao trabalho em alta tensão, devem ser submetidos a testes elétricos ou ensaios de laboratório periódicos, obedecendo-se as especificações do fabricante, os procedimentos da empresa e na ausência desses, anualmente.

A Figura 7, contém uma fotografia realizada durante visita, que verifica a presença do tapete isolante de 17 kV, exigido em subestações desse tipo, de acordo com a norma:

Figura 7 – Tapete isolante de 17kV.



Fonte: PB Elétrica (2023).

3.1.2 SUPRESSORES DE SURTO (PARA-RAIOS DE ENTRADA DA SUBESTAÇÃO)

Também foram realizadas fotografias e a análise dos para-raios e também das muflas na entrada da subestação, a fim de avaliar suas condições operativas, ou seja, se apresenta boas condições de funcionamento. Caso exista alguma inconformidade, o documento aconselha que o cliente faça uma intervenção que possibilite corrigir tal defeito.

3.1.3 CHAVES SECCIONADORAS

Nas chaves seccionadoras da subestação, além de análise das suas condições de funcionamento, foram realizadas medições da resistência de contato, que pode ser definida como a resistência à circulação de corrente através da interface de contato entre dois materiais condutores (UFMG, 2023). As medições foram realizadas utilizando um microhmímetro digital, fabricante HIGHMED, modelo HMMD-10 e a Figura 8 mostra o equipamento utilizado para fazer as medições tanto das resistências de contato como das resistências de isolamento dos equipamentos.

Figura 8 – Microhmímetro digital HIGHMED.



Fonte: Próprio autor.

Os valores coletados são comparados com os valores usados como referência a partir de dados do fabricante (entre $100 \mu\Omega$ e $200 \mu\Omega$), e se não estiverem em conformidade, indica-se a manutenção na chave. A Tabela 1 apresenta medições da resistência de contato de uma chave seccionadora realizada durante levantamento de campo, onde é possível observar que os polos B e C apresentam um desvio considerável com relação aos valores de referência, sendo assim, indica-se a manutenção da chave ou até mesmo a substituição da mesma.

Tabela 1 – Medição da resistência de contato da seccionadora [$\mu\Omega$] – Cubículo de proteção.

POLO	1	2	3	4	5
A	125	127	126	126	124
B	397	395	400	402	396
C	412	415	413	415	411

Fonte: PB Elétrica (2023).

3.1.4 RELÉ DE PROTEÇÃO, TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS, DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO

Durante a visita, foi observado se a subestação possuía relé de proteção digital que incorpore pelo menos as funções de sobrecorrente instantânea e temporizada de fase e de neutro (50 e 51 / 50N e 51N), tal requisito pode ser encontrado na (NDU002, 2019). Também foi observado a existência de transformadores para instrumentos (TP e TC) que possuem a função de transformar em valores menores, os valores de tensão e corrente, para que estes possam ser processados pelo relé de proteção. Além disso, foi verificado a existência do disjuntor de média tensão, que recebe informações do relé e realiza a abertura do sistema, de forma que seja isolada uma condição de defeito.

3.1.5 TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Com relação a o(s) transformador(es) de potência existente(s) na subestação, foram realizadas as coletas de óleo para análises. O ANEXO B e o ANEXO C deste relatório contém laudos emitidos referentes a um transformador de 1500 kVA, presente em subestação abrigada visitada pela equipe. O primeiro se refere à análise físico-química de óleo isolante, enquanto o segundo diz respeito à análise de gases dissolvidos em óleo isolante. Além disso, verificado o nível do óleo, se existiam vazamentos ou até mesmo desgastes nas conexões. Também foi realizada a inspeção termográfica no transformador, a partir da irradiação de infravermelho, que identifica falhas, infiltrações e colabora com manutenções preventivas, de modo a evitar incêndios, panes ou até mesmo interrupções. A inspeção termográfica também é realizada em todas as conexões e barramentos da subestação. A Figura 9, apresenta um registro de inspeção termográfica em um transformador, realizado durante uma visita, onde as medições apresentaram resultados satisfatórios:

Figura 9 – Inspeção termográfica em transformador de 300kVA.



Fonte: PB Elétrica (2023).

3.1.6 CONDIÇÕES DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICA E CIVIL DA SUBESTAÇÃO

Com base na norma (NDU002, 2019), foram verificadas as condições das subestações. Observado se possuíam boas condições civis e de ventilação, se necessitava de limpeza, se apresentavam pintura, portões e instalações elétricas em boas condições, se as massas das grades de proteção estavam conectadas ao condutor de proteção da instalação, se possuía o pé direito mínimo exigido, bem como o tamanho dos cubículos com relação ao transformador que abrigava por exemplo e também se possuíam placas de identificação nos cubículos com a indicação “PERIGO DE MORTE - ALTA TENSÃO”.

3.2 MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÕES ABRIGADAS

A partir de supervisão do Engenheiro Eletricista Pedro Henrique Fernandes Monteiro, foram realizadas diversas visitas em empresas pelo estagiário, também acompanhados da equipe que conta com outros engenheiros, eletricitas e pessoas que realizam serviços gerais, a fim de realizar manutenções em subestações abrigadas.

A Figura 10 apresenta registro fotográfico realizado durante manutenção realizada pelo estagiário e a equipe da empresa em subestação de uma empresa de minérios localizada em Boa Vista-PB durante o dia 27 de Setembro de 2023. Já a Figura 11, apresenta fotografia realizada durante manutenção em subestação de uma empresa de minérios, localizada na cidade de Campina Grande-PB.

Figura 10 – Manutenção em subestação abrigada realizada pelo estagiário e a equipe da empresa.



Fonte: Próprio autor.

Figura 11 – Manutenção em subestação abrigada realizada pelo estagiário e a equipe da empresa



Fonte: Próprio autor.

Durante as visitas, foram utilizados equipamentos de segurança como capacete, luvas adequadas em instalações de média tensão e bota (até a altura do tornozelo), que tem como principal característica a resistência a objetos perfurocortantes, temperaturas elevadas, presença de produtos químicos e agentes abrasivos, feito de material capaz de isolar o pé do usuário contra choques elétricos e possui solado antiderrapante — de modo a evitar a quedas em piso molhado ou escorregões em cima de escadas.

Com base em todas as premissas citadas no item 3.1, foram realizados ajustes para que as subestações que passaram por manutenção, ficassem dentro dos conformes exigidos pela norma (NDU002, 2019). Foram realizadas atividades pelo estagiário tanto na baixa tensão, como por exemplo, a correção de condutores que apresentavam inconformidades, como também na média tensão, como a limpeza de barramentos, a medição da resistência de contato e isolamento em chaves seccionadoras e também a medição da resistência de isolamento em transformadores de potência. Também foram realizadas inspeções termográficas em disjuntores, transformadores, barramentos, banco de capacitores e conexões, a fim de identificar a existência de pontos quentes e por consequência, a necessidade de manutenção em tais equipamentos.

A Figura 12 contém registros fotográficos realizados pelo estagiário durante manutenções em subestações abrigadas:

Figura 12 – Fotografias realizadas durante manutenções em subestações.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 13 apresenta registro fotográfico realizado durante inspeção termográfica feita pelo estagiário:

Figura 13 – Inspeção termográfica realizada pelo estagiário.



Fonte: Próprio autor.

3.3 LAUDO E INSPEÇÃO EM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Outra atividade realizada pelo estagiário, que será explicitada neste item foram inspeções em sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA). Como já foi abordado no item 2.2, o sistema de proteção contra descargas atmosféricas é composto por um subsistema de captação, um subsistema de aterramento e um subsistema de descidas. O sistema em geral possui a função de proteger construções e pessoas das ações dos raios.

Durante visitas às empresas, o estagiário, acompanhado e sob supervisão do Engenheiro Eletricista Pedro Henrique Fernandes Monteiro e da equipe da empresa, verificou os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, observando a qualidade dos subsistemas, ou seja, verificando os captores (subsistema de captação), condutores de descida e de aterramento, além do gerenciamento de risco feito previamente. Vale salientar, que o sistema estando em perfeitas condições, evita que haja danos às instalações elétricas e os aparelhos conectados a ela, e até mesmo evitando acidentes com pessoas.

3.4 PROJETOS DE SUBESTAÇÕES AÉREAS

Como foi citado no item 2.1.1, em subestações aéreas as estruturas são montadas em poste, onde fica alocado o transformador, que é responsável por fazer a transformação do nível de tensão. Durante o período de estágio, foram realizados diversos projetos de subestações aéreas, onde além de dimensionados de acordo com a (NDU002, 2019) todos os itens utilizados na montagem da subestação aérea, bem como postes, chaves fusíveis, elos fusíveis, transformadores, condutores, para-raios, hastes de aterramento, transformadores de corrente, medidores, eletrodutos, também foram confeccionadas plantas de situação e localização do local que receberia a subestação aérea.

No APÊNDICE A deste relatório, se encontra o projeto realizado para a companhia de água e esgotos da Paraíba, que se trata de uma subestação aérea para uma estação de tratamento de água localizado na cidade de Remígio PB, no qual foi realizada a substituição de um transformador de 30 kVA para um transformador de 112,5 kVA,

pois houve uma ampliação das cargas instaladas, logo, a ampliação foi realizada para que a demanda total da estação fosse atendida com excelência, já que a potência do transformador deve ser maior que a demanda total do sistema.

Já no APÊNDICE B deste documento, encontramos o projeto realizado também para a companhia de água e esgotos da Paraíba, de uma subestação aérea para uma estação de tratamento de água localizado na cidade de Esperança-PB. Foi realizada a substituição de um transformador de 112.5 kVA para um transformador de 150 kVA, pois a partir da ampliação da potência, foi possível haver um acréscimo da vazão na estação elevatória, com o acréscimo de bombas, proporcionando dessa forma o abastecimento próprio da cidade de Esperança-PB, deixando de depender do sistema de rodízio quanto ao abastecimento de água, passando a ter abastecimento pleno.

4 CONCLUSÃO

Neste documento foram descritas as principais atividades realizadas pelo estagiário na empresa PB Elétrica Comércio, Serviços e Representação de Eletroeletrônicos LTDA. A realização do Estágio Supervisionado foi uma ferramenta essencial para a conclusão da formação do estagiário. Foi possível concluir que as atividades realizadas durante o período do estágio tiveram êxito e os objetivos foram atingidos. Também vale ressaltar a importância das disciplinas estudadas durante a graduação, em especial a aprendizagem da elaboração de projetos em instalações elétricas, conhecimentos de dispositivos de proteção na disciplina proteção de sistemas elétricos, conhecimentos sobre subestações aéreas e abrigadas em técnicas de medição e conhecimentos de sistemas elétricos na disciplina operação de sistemas elétricos, que serviram como base para o entendimento e realização das atividades executadas.

O estágio, de um certo modo, ajudou a complementar o conhecimento prático adquiridos em laboratórios e disciplinas durante a graduação, trazendo experiências profissionais com clientes e uma espécie de ligação com o mundo real. As experiências vivenciadas no estágio proporcionaram a aquisição de conhecimentos práticos através da rotina diária de uma empresa, ou seja, o convívio com profissionais com experiência, além da construção de um currículo que futuramente será utilizado para o ingresso no mercado de trabalho.

Também vale salientar a importância de conhecimentos adquiridos durante o estágio sobre como precificar determinados serviços, lidar com fornecedores, adotar comportamentos condizentes com a postura de um engenheiro, tratar com profissionais com nível técnico que encontramos em campo, gerenciar uma equipe de campo, adquirir competências profissionais e a descoberta de novas ferramentas para resolução de problemas específicos, bem como a aprendizagem de como solucionar problemas de forma rápida e eficaz.

REFERÊNCIAS

- ABNT. (2005). *NBR14039*. Fonte: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV.
- ABNT. (2018). NBR 5419, Proteção contra descargas atmosféricas.
- blog, I. (2023). *Projeto de SPDA: conheça os tipos e as diferenças*. Acesso em 04 de Outubro de 2023, disponível em Ipog blog: [https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/projeto-de-spda/#:~:text=O%20SPDA%20\(Sistema%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o,a%20terra%2C%20em%20caminho%20seguro.](https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/projeto-de-spda/#:~:text=O%20SPDA%20(Sistema%20de%20Prote%C3%A7%C3%A3o,a%20terra%2C%20em%20caminho%20seguro.)
- Energia, P. (2023). *Subestações aéreas e abrigadas (13.800V)*. Acesso em 03 de Outubro de 2023, disponível em Praxis Energia: <https://praxisenergia.com.br/servicos/subestacoes-aereas-e-abrigadas-13-800-v/>
- Engenharia, M. (2022). *Tipos de subestação de média tensão*. Acesso em 03 de outubro de 2023, disponível em Mesh Engenharia: <https://meshengenharia.com/2022/11/30/tipos-de-subestacao-de-media-tensao/#:~:text=As%20subesta%C3%A7%C3%B5es%20a%C3%A9reas%20s%C3%A3o%20montadas,alguns%20casos%20particulares%20at%C3%A9%20500kVA.>
- Guimarães, P. (2021 de Fevereiro de 2023). *Relé de proteção de Subestação*. Acesso em 04 de Outubro de 2023, disponível em Professor Pablo Guimarães: <https://www.pabloguimaraes-professor.com.br/post/rele-de-protacao-de-subestacao>
- Magalhães, V. (02 de Novembro de 2022). *Instalação Elétrica Residencial – Componentes e Normas*. Acesso em 06 de Outubro de 2023, disponível em CARLUC: <https://carluc.com.br/instalacoes/instalacao-eletrica-residencial/>
- NDU002. (Junho de 2019). *Norma de distribuição unificada NDU002*. Fonte: Energisa: <https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20t%C3%A9cnicas/NDU%20002%20-%20Fornecimento%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20em%20Tens%C3%A3o%20Prim%C3%A1ria.pdf>
- NR10. (s.d.). *Segurança em instalações e serviços em eletricidade - Portaria SEPRT n.º 915, de 30 de julho de 2019*. Fonte: <https://www.cursonr10.com/norma-nr10-pdf/>
- Solar, P. (Julho de 2023). *Inversor solar: o que é, como funciona e como escolher*. Acesso em 05 de Outubro de 2023, disponível em Portal Solar: <https://www.portalsolar.com.br/inversor-solar-o-que-e>

ANEXO A– “CHECK-LIST” UTILIZADO DURANTE LEVANTAMENTOS DE CAMPO EM SUBESTAÇÕES ABRIGADAS.

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM
1	Verificar o estado dos para-raios de entrada.
2	Realizar teste de isolamento e medição de resistência de contato das chaves seccionadoras.
3	Verificar a existência de dispositivo de travamento de manobra nas chaves seccionadoras.
4	Realizar teste de isolamento e examinar os transformadores para instrumentos (TCs e TPs).
5	Examinar a funcionalidade do disjuntor de média tensão.
6	Realização de inspeção termográfica para detecção de pontos quentes nas conexões dos barramentos.
7	Realizar análise físico-química, cromatográfica e ensaios elétricos nos transformadores.
8	Apresentar laudo do sistema de aterramento
9	Verificar os equipamentos de proteção individual e coletivos (Sinalização, luvas e tapetes de borracha 17 KV).
10	Verificar o carregamento e validade dos extintores.
11	Verificar conexões ao aterramento e condições gerais das telas de proteção e portão de acesso, bem como de todas as demais partes metálicas da subestação.
12	Verificar condições das instalações elétricas do prédio da subestação abrigada.
13	Verificar existência e adequação dos parâmetros de proteção, realizado testes simulados de atuação dos mesmos.
14	Verificar circuito de emergência do No-Break.
15	Verificar condições civis da subestação, tais como pintura, telhado, portão etc.
16	Verificar necessidade de substituição do disjuntor de média tensão.
17	Verificar as mufas de entrada da subestação e cubículo.
18	Registro fotográfico do disjuntor de média tensão
19	Registro fotográfico da chave seccionadora - Cubículo de proteção
20	Registro fotográfico da chave seccionadora - Cubículo de transformação
21	Registro fotográfico da chave seccionadora - Cubículo Central (Onde aplicável)
22	Registro fotográfico com data de fornecimento da luva, tapete e extintor (Dimensões do tapete - 100x50 cm.)
23	Avaliação das dimensões dos compartimentos da subestação em conformidade com a NDU 002 - Registro fotográfico e Croqui. As portas devem ser metálicas, abrir para fora, ser de uma dimensão que permita a passagem folgada do maior equipamento da subestação, sendo que a largura da porta deve ser de no mínimo 1 m maior que este maior equipamento (mínimo de 1,20 m x 2,10 m) e ter afixada placa com a indicação: "PERIGO DE MORTE - ALTA TENSÃO".
24	Avaliação das instalações elétricas (Circuitos de iluminação hermética)
25	Registro fotográfico do fabricante dos equipamentos (Foto da placa)
26	Avaliação do pé direito da subestação (5,5 para entrada aérea e 3 m para entrada subterrânea)
27	Avaliação da edificação (teto deve ser de laje de concreto armado e as paredes, externas e internas de alvenaria com espessura mínima de 15
28	Avaliação do sistema de ventilação da SE (No caso de não ser possível a ventilação natural, a subestação deverá ser equipada com sistema de ventilação forçada de forma a garantir adequada refrigeração dos
29	Avaliação do sistema de captação de óleo (A subestação deve conter em cada módulo de transformação e sob o disjuntor de média tensão, um sistema de captação de óleo, construído com piso liso, com desnível mínimo de 3% em direção ao furo de captação. Deverá ser
30	Avaliação do esquema de medição (Possibilidade de adequação para 3 elementos)
31	Avaliação com registro fotográfico do sistema de aterramento (Medições, seção dos condutores, acesso às hastes de aterramento etc)

ANEXO B – ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÓLEO ISOLANTE DE UM TRANSFORMADOR DE 1500 KVA.

ANÁLISE FÍSICO QUÍMICA DE ÓLEO ISOLANTE TRANSFORMADORES E REATORES EM USO

Relatório: 0460/23
Cliente: PB ELÉTRICA LTDA.

Data: 04/05/2023
Doc. Ref.: Não inf.

Empresa: COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA.
Subestação: REGIONAL ESPINHARAS (EEAB – 2) Equipamento: Transformador
Nº Série: DA7129A002H Fabricante: TRAFOT EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS SA.
Potência: 1500 KVA Tensão: 13,8 KV Volume de óleo: 675 litros
Temperaturas reportadas: Óleo: 45°C Enrolamento: Não informada
Datas: Coleta: 18/04/23 Recebimento: 24/04/23 Análise: 25/04/23

ENSAIO	NORMA	UNIDADE	RESULTADOS	LIM. RECOMENDADOS: CLASSE TENSÃO ≤ 36,2 KV*
Aparência	---	---	Límpido	Límpido
Índice de neutralização	ABNT NBR-14248	mg KOH/g	0,015	Máx. 0,20
Rigidez dielétrica	ABNT NBR IEC 60156	kV	47,8	Mín. 40
Teor de água	ABNT NBR-10710	ppm	30,6	Máx. 40
Tensão interfacial a 25°C	ABNT NBR-6234	mN/m	32,4	Mín. 20
Densidade a 20/4°C	ABNT NBR-7148	---	0,8889	---
Fator de potência a 100°C	ABNT NBR-12133	%	0,688	Máx. 20

* De acordo com a ABNT NBR 10576:2017.

Comentários:

Amostra de óleo nattênico, coletada no dreno inferior de transformador energizado. Temperatura reportada do óleo, em nível satisfatório. Não reportada a temperatura do enrolamento, cujo registro é muito importante. Reportada a existência de Secador de ar contendo Sílica, cuja cor foi reportada "rosa", isto é, insatisfatória, devendo ser submetida a secagem. Os resultados são considerados satisfatórios, atendendo ao recomendado pela ABNT NBR 10576, na Tabela 7 – Valores-limite para óleo em transformadores e reatores em uso.

Recomendações:

Sugere-se a reamostragem dentro de um ano, para a montagem do histórico operacional do transformador.

ANEXO C – ANÁLISE DE GASES DISSOLVIDOS EM ÓLEO ISOLANTE DE UM TRANSFORMADOR DE 1500 KVA.

ANÁLISE DE GASES DISSOLVIDOS EM ÓLEO ISOLANTE

Relatório: 0461/23
Cliente: PB ELÉTRICA LTDA.

Data: 04/05/2023

Empresa: COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA.

Subestação: EEAB – 2 – REGIONAL ESPINHARAS

Nº Série: DA7129A002H

Potência: 1.500 KVA

Temperaturas reportadas:

Datas: Coleta: 18/04/23

Tensão: 13,8 KV

Óleo: 45°C

Recebimento: 24/04/23

Equipamento: Transformador

Fabricante: Trafo T*

Volume de óleo: 675 litros

Enrolamento: Não informada

Análise: 25/04/23

RESULTADOS - GASES (ppm a 25°C)		ASTM D 3612
Hidrogênio (H ₂)	5	TEOR DE ÁGUA
Oxigênio (O ₂)	18882	--- ppm
Nitrogênio (N ₂)	44198	
Metano (CH ₄)	4	
Monóxido de Carbono (CO)	122	
Dióxido de Carbono (CO ₂)	3147	
Etileno (C ₂ H ₄)	31	
Etano (C ₂ H ₆)	2	
Acetileno (C ₂ H ₂)	0	
Concentração Total	66391	
Conc. de Gases Combustíveis	164	

Comentários:

* Equipamentos Elétricos.

Amostra coletada no dreno inferior de transformador energizado.

Temperatura reportada, do óleo em nível satisfatório. Não reportada a temperatura do enrolamento, cujo registro é muito importante. Reportada a cor da Sílica do Secador de ar como "rosa", devendo ser submetida a secagem, ou substituição.

Os gases dissolvidos detectados indicam a ocorrência de falha térmica de alta temperatura (> 700°C) envolvendo o óleo isolante e sobreaquecimento generalizado do isolamento sólido. O nível de gases combustíveis considerado baixo, indica condição aceitável de operação.

Recomendações:

Sugere-se a reamostragem dentro de um ano, para a montagem do histórico operacional do transformador.