

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

DURVAL MATHIAS CORREIA TENÓRIO RIBEIRO

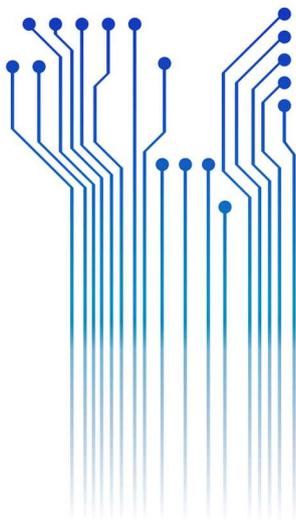


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
BM ENGENHARIA



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
Fevereiro de 2020

DURVAL MATHIAS CORREIA TENÓRIO RIBEIRO

BM ENGENHARIA

*Relatório de estágio integrado submetido à
Coordenação do Curso de 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: Operação e manutenção

Orientador:

Professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra

Campina Grande
Fevereiro de 2020

DURVAL MATHIAS CORREIA TENÓRIO RIBEIRO

BM ENGENHARIA

*Relatório de estágio integrado submetido à
Coordenação do Curso de 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: Operação e manutenção

Aprovado em 20 / 02 / 2020

Professor Luis Reyes Rosales Montero
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais, Carlos e Fátima, ao meu irmão, Davi, e à minha namorada Mikaella, também aos meus amigos que sempre me apoiaram de várias formas nesta longa e difícil caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida, pela minha família que sempre esteve presente nos momentos bons e ruins, e que permitiu que esse momento se realizasse depois de tanto esforço.

Agradeço à minha mãe, Fátima, juntamente com meu pai, Carlos, por terem se empenhado com todas as forças para me proporcionar uma boa educação, sabedoria, sempre com conselhos e advertências sobre o que acontece afora desde a infância, agradeço imensamente também ao meu irmão Davi, que apesar da distância, sempre se preocupou comigo e me deu conselhos que aprendi para a vida, sempre me motivando e me levantando ao sucesso, e no final das contas minha família que nunca me deixou faltar nada, sempre dando todo o suporte necessário, que foram essenciais para superação de todas as adversidades ao longo desta caminhada.

Agradeço também a minha namorada Mikaella, que com todo carinho e apoio, sempre estava pronta para me ouvir, me colocar para frente, sempre dando conselhos positivos e me animando para concluir esta difícil caminhada e me ajudar de alguma forma, e também por ter me acolhido na sua casa com sua família quando precisei ir para Campina Grande nesta etapa final.

Agradeço aos meus amigos, que de forma fundamental me ajudaram neste curso, seja com estudos, várias madrugadas, mas também com bons momentos de descontração, festas, sem eles seria muito mais difícil essa caminhada para concluir o curso.

Agradeço ao meu professor e orientador Francisco das Chagas por ter aceitado meu convite e me orientado da melhor forma possível.

Enfim, agradeço a todos meus familiares e as pessoas que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou atualmente, e para a realização deste trabalho.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo.”

Winston Churchill.

RESUMO

Neste presente trabalho são descritas as atividades vivenciadas durante o período de estágio integrado realizado na BM Engenharia, em consórcio com a Enel X, promovendo serviços de execução de projetos, desde a manutenção até a construção e montagem de subestações de alta tensão no estado do Ceará. As atividades realizadas tiveram como objetivo o aprendizado do estagiário e o suporte aos engenheiros, técnicos e demais funcionários responsáveis em algumas atribuições, atuando tanto em campo, quanto no escritório, com o objetivo de facilitar o trabalho de toda a equipe. O foco foi na parte de compras e cotações para aquisição dos materiais necessários para o andamento das obras, relações com fornecedores, negociações, análise de projetos e gerência das obras, além do acompanhamento das atividades praticadas desde os serventes de pedreiros até os técnicos e engenheiros nas obras. Ao final do estágio, quatro projetos foram executados e o estagiário desenvolveu atividades de pesquisa de materiais, aprendendo novas funcionalidades e analisou os projetos, que promoveram seu crescimento acadêmico na área objeto deste relatório, bem como evolução do conhecimento prático em subestações.

Palavras-chave: BM Engenharia, estágio, subestação, obras, projetos.

ABSTRACT

This report presents the experiences the intern has had during the period of internship at BM Engenharia together with Enel X, providing services of project execution, starting with maintenance up to the construction and assembly of high voltage substations in the state of Ceará. The activities developed had the objective of stimulating the intern's learning as well as giving support to the engineers, technicians and other employees responsible for some attributions, acting both at the constructions and the central office with the objective of facilitating the work of the whole team. The work was directed to purchases and price quotation involving not only the materials necessary to feed the constructions, the relationship with providers, negotiations, project analysis, construction management, but also the visits to the building substations to monitor the activities developed by since the bricklayer's helpers until the technicians and engineers. By the end of the internship, four projects have been developed and the intern has executed activities related to materials research, learning new functionalities and project analysis, that have caused academic growth in the area of the report, as well as practical knowledge construction in substations.

Keywords: BM Engenharia, intern, substation, constructions, projects.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Levantamento de material para equipe de eletromecânica.....	20
Tabela 2: Cotação do levantamento de materiais para civil.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fachada da empresa BM Engenharia.....	15
Figura 2: Logomarca da BM Engenharia.....	15
Figura 3: Retroescavadeira escavando as sapatas da sala de comando.....	22
Figura 4: Sapatas prontas para concretagem.....	22
Figura 5: Projeto eletromecânico Paracuru.....	23
Figura 6: Confecção das bases dos transformadores e parede corta fogo.....	24
Figura 7: Marcação de dias sem acidente.....	24
Figura 8: Cronograma estipulado da obra de Jaguaruana através do MS Project.....	25
Figura 9: Transformador 2 inserido para complementar potência.....	26
Figura 10: Chegada da subestação móvel.....	27
Figura 11: Diagrama de operação da subestação de Granja.....	28
Figura 12: Projeto da reforma da subestação de Granja.....	29
Figura 13: Visão frontal da subestação de Granja.....	30
Figura 14: Equipe de eletromecânica realizando a solda exotérmica.....	31
Figura 15: Base do transformador, canaleta e base do disjuntor.....	32
Figura 16: Projeto elétrico da casa de comando.....	33
Figura 17: Legenda do projeto elétrico da casa de comando.....	34
Figura 18: Diagrama unifilar da casa de comando.....	35
Figura 19: Quadro de cargas da casa de comando.....	35
Figura 20: Retificador da casa de comando antiga.....	36
Figura 21: Quadro de comando CA.....	37
Figura 22: Religador.....	38
Figura 23: Aparelho "mega" para medição da resistência de isolamento.....	39
Figura 24: Aparelho "ponte" para medição da resistência de contato.....	40
Figura 25: Eletricista realizando a mudança do <i>tap</i> para medição da resistência de isolamento.....	41
Figura 26: Equipe realizando a medição no banco de capacitores.....	42
Figura 27: Equipe atuando na medição no religador.....	43
Figura 28: Dados colhidos da resistência de isolamento do disjuntor.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampere
APR	Análise Preliminar de Risco
EPI	Equipamento de Proteção Individual
KV	KiloVolts
DTM	Disjuntor Termomagnético
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potencial
H	Horas
K	Quilo
m ²	Metro quadrado
DDS	Diálogo Diário de Segurança
SGD	Folha de Trabalho em Proximidade
OT	Ordem de Trabalho
t	Tempo.
V	Volt.
Ω	Ohm, unidade de resistência elétrica
T	Tera
G	Giga
M	Mega
μ	Micro
F	Faraday, unidade de capacitância

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	x
Lista de Abreviaturas e Siglas	xi
Sumário	xii
Capítulo 1: Estrutura do Trabalho	13
Capítulo 2: Introdução	14
2.1 A Empresa	15
Capítulo 3: Fundamentação teórica	17
Capítulo 4: Atividades Realizadas	20
4.1 Subestação de Paracuru-CE:	22
4.2 Subestação de Jaguaruana-CE:	24
4.3 Subestação de Cruz-CE:	26
4.4 Subestação de Granja	28
4.4.1 Nomenclatura dos Equipamentos da Subestação	38
4.4.2 Procedimentos de Rotina da Enel (anuais)	39
4.4.2.1 Medição das resistências de isolamento e de contato do regulador de tensão	41
4.4.2.2 Medição da resistência de isolamento, capacitância do banco de capacitores, limpeza e pintura	42
4.4.2.3 Medição das resistências de isolamento e de contato do religador	43
4.4.2.4 Medição das resistências de isolamento do disjuntor de média tensão	44
Capítulo 5: Conclusão	45
Referências	46

CAPÍTULO 1: ESTRUTURA DO TRABALHO

O relatório está dividido em cinco capítulos:

- O presente capítulo (capítulo 1) mostra a estrutura do trabalho, baseado no que cada capítulo irá abordar;
- O capítulo 2 tem caráter introdutório, contextualizando o trabalho, descrevendo a apresentação da empresa, os objetivos do estágio e atribuições do estagiário;
- O capítulo 3 aborda uma breve fundamentação teórica para contextualizar trabalho;
- O capítulo 4 aborda o contexto do estágio, as obras acompanhadas e as atividades executadas pelo estagiário, juntamente com suas funções e atribuições na empresa;
- O capítulo 5 conclui e aborda as principais impressões e conclusões acerca das experiências obtidas na disciplina obrigatória Estágio Integrado.

CAPÍTULO 2: INTRODUÇÃO

O estágio integrado é uma disciplina obrigatória da grade curricular do curso de Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande que tem como objetivo aproximar o aluno da realidade do mercado de trabalho em uma empresa. No estágio o aluno tem a possibilidade de aplicar parte da teoria aprendida em sala de aula na prática, visando a boa execução das atribuições necessárias e, principalmente, o trabalho em equipe, pois sem uma equipe unida é muito difícil que qualquer trabalho dê certo.

Neste relatório são apresentadas as atividades realizadas durante a realização do estágio na empresa BM Engenharia (Bandeira Montagens), sob a supervisão do Engenheiro Eletricista João Marcelo Leal, no período de 23 de setembro de 2019 até 19 de fevereiro de 2020. O estágio foi baseado no contrato SOT (Serviços Operacionais Técnicos), na situação de consórcio entre a empresa responsável pelo estágio (BM Engenharia) a serviço da concessionária Enel X no Ceará.

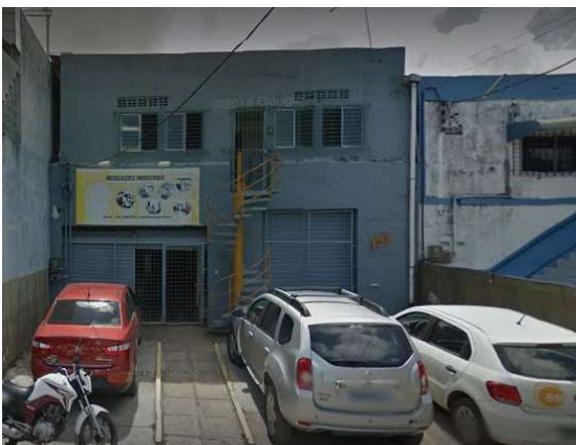
Dentre as atividades desenvolvidas pelo estagiário estão listadas:

- Fazer cotações dos materiais necessários para o andamento das obras, relacionando-se diretamente com fornecedores;
- Analisar os projetos das obras;
- Fazer levantamento de material necessário para determinada situação da obra;
- Esclarecer dúvidas pontuais com o engenheiro supervisor, técnicos responsáveis pelas obras, encarregados e o operador da subestação;
- Acompanhar e ajudar os técnicos durante as execuções de suas atividades nas obras;
- Monitorar as situações das obras;
- Acompanhar os responsáveis pelas medições e auxiliá-los para cobrança à Enel.

2.1 A EMPRESA

Localizada em Recife-PE, a BM Engenharia iniciou suas atividades no ano de 2007, com razão social Ivson de Araújo Bandeira Eireli, voltada, especificamente, para o ramo de instalações industriais, subestações em baixa, média e alta tensão e quadros elétricos. As Figuras 1 e 2 ilustram a fachada e logomarca da empresa.

Figura 1: Fachada da empresa BM Engenharia



Fonte: Google Maps

Figura 2: Logomarca da BM Engenharia



Fonte: BM Engenharia

A sede da BM Engenharia está localizada na Rua Avertano Rocha, 198, Torrões, Recife-PE, porém, o estagiário não atuou na sede da empresa, mas sim, na maioria do tempo, atuando em Fortaleza-CE, em obras para o cliente Enel. Atualmente, estão em vigor cerca de dez obras no Brasil, dentre elas, destacam-se quatro subestações de 69 kV no Ceará (Paracuru, Jaguaruana, Cruz, Granja), além do Moinho Isabela, em Bento Gonçalves-RS, dentre outras, como obras para execução de instalação de filtros harmônicos, subestações de 138kV no Sudeste e obras de parques solares nas localidades de Sergipe e Alagoas.

Do ano de 2007 até os dias atuais, com a intensificação dos trabalhos por consequência do aumento de demanda, ocorreu o crescimento da empresa e a ampliação no quadro de funcionários, formando uma equipe de profissionais treinados e qualificados para a execução dos serviços em questão, com grande reconhecimento nas áreas de montagem civil e eletromecânica das subestações de média e alta tensão, instalações industriais e instrumentação de processos, com experiência comprovada em montagem de quadros elétricos de baixa e média tensão.

O corpo técnico da empresa é formado pelo diretor, gestor técnico, engenheiros civis e eletricitas, técnicos de civil, elétrica e de segurança, os encarregados com experiência de campo, há também os outros setores dos funcionários da empresa, como os setores financeiro, administrativo e os demais funcionários que executam as obras, como pedreiros, eletricitas, serventes, carpinteiros e ferreiros. A direção técnica e administrativa é parte ativa na gestão de obras, mantendo um canal de comunicação constante com os engenheiros, e também com o estagiário, para facilitar o trabalho de todos e agilizar as soluções necessárias, cumprindo, as metas e prazos traçados.

CAPÍTULO 3: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A área de análise deste trabalho é a de subestações elétricas, portanto, serão explicados alguns conceitos, tais como: definição de subestação, tipos de subestações, equipamentos de uma subestação e alguns procedimentos que são utilizados em obras, que foram aprendidos pelo estagiário e que estão explanados no presente trabalho, tais como: solda exotérmica, implantação das sapatas, bases de transformadores, canaletas, paredes corta fogo, aparelhos para medições de rotina.

Subestação elétrica

Segundo “Muzy, Gustavo. Subestações Elétricas. 2012” [5], Subestação é um conjunto de equipamentos industriais interligados entre si com os objetivos de controlar o fluxo de potência, modificar tensões e alterar a natureza da corrente elétrica assim como garantir a proteção do sistema elétrico.

Classificação de subestações elétricas quanto ao objetivo e tensão

- Subestação Abaixadora – Quando o objetivo é baixar o valor da tensão que entra;
- Subestação Elevadora – Quando o objetivo é aumentar o valor da tensão que entra;
- Subestação de manobra – Realizam o chaveamento de linhas de transmissão
- Tensão até 1 kV – Baixa tensão;
- Tensão entre 1 kV e 34,5 kV – Média tensão;
- Tensão entre 34,5 kV e 230 kV – Alta tensão;
- Valores de tensão acima de 230 kV – Extra alta tensão.

Classificação de subestações quanto ao tipo

- *Switchyard* – Conectam geradores à rede elétrica;
- Subestação do cliente – Utilizadas para clientes particulares com cargas específicas, obedecendo os valores limites de potência nas normas;
- Estação de comutação – Geralmente são muito caras, servem como pontos finais de linhas de transmissão. Fornecem a energia para os circuitos que alimentam as estações de distribuição e são essenciais para a integridade do sistema elétrico;
- Subestação de distribuição – São os tipos mais comuns de subestação, sempre estão em regiões próximas para o abastecimento dos clientes convencionais.

Equipamentos de subestações

- TC – Reduz a corrente do circuito para a medição, com a finalidade de que não sejam danificados os aparelhos que vão realizar a medição da corrente elétrica;
- TP – Reduz a tensão do circuito para a medição, com a finalidade de que não sejam danificados os aparelhos que vão realizar a medição da tensão elétrica;
- Retificador CC – Alimentação CC dos serviços auxiliares, como relés e iluminação de emergência. São ligados em paralelo com o banco de baterias;
- Quadro de comando CA – Realiza os seccionamentos dos equipamentos CA direto da casa de comando;
- Regulador de tensão – Manutenção, adaptação e regulação da tensão de saída;
- Disjuntor – Proteção do circuito contra sobrecorrentes e correntes de curto-circuito, interruptor automático;
- Religador – Fornece as saídas da subestação para os alimentadores, formando “n” rotas de transmissão;
- Banco de capacitores – Controla o fator de potência da subestação;
- Relés – Dispositivos digitais de proteção e controle de equipamentos;
- Transformador – Fazem a manutenção da tensão (recebendo a tensão de entrada e aumentando ou diminuindo-a de acordo com a necessidade);

- Transformador de Serviços Auxiliares (TSA) – Diminui a tensão de 13.8 kV da subestação para adaptar aos valores padrão utilizados (normalmente 220 V ou 127 V) para utilizar nos aparelhos de serviços auxiliares, como relés, iluminação de emergência, dentre outros

Procedimentos de obras de subestações (partes de civil e elétrica)

- Solda exotérmica – Procedimento que tem como finalidade unir através de soldas os cabos rígidos de cobre e (ou) hastes de aterramento para a realização dos projetos de malhas de terra;
- Sapatas – Estruturas iniciais para sustentação da casa de comando, as sapatas são feitas após as escavações, com a concretagem unida às ferragens (vergalhões de ferro de diversas medidas);
- Base do transformador – Estrutura de concreto e ferragens com a finalidade de sustentar o transformador da subestação, junto dos trilhos de ferro, onde vai haver o contato direto com as rodas (ou não, caso não tenha) do transformador;
- Canaletas – Estrutura subterrânea para passagens dos cabos da subestação;
- Parede corta fogo – Parede que é utilizada quando na subestação há mais de um transformador e se estiverem juntos, com a finalidade de evitar a propagação de um possível incêndio e um enorme prejuízo, visto o preço de um transformador desta magnitude.

Aparelhos para medições de rotina

- “Mega” – Instrumento que possui a finalidade de medir as resistências de isolamento dos equipamentos, onde são conectados cabos no próprio aparelho e as “garras” para contato conectadas aos terminais das buchas do equipamento desejado, e será mostrado no visor os valores de interesse.
- “Ponte” – Instrumento que possui a finalidade de medir as resistências de contato dos equipamentos num processo semelhante ao utilizado no aparelho “mega”.

CAPÍTULO 4: ATIVIDADES REALIZADAS

As atividades do estagiário foram centradas em Fortaleza-CE, no escritório anexo ao galpão da Enel X (Rua Marinho Silva, 55, Passaré). Quando necessário, o estagiário se deslocava para as obras para realizar suas atividades externas.

O estagiário teve como objetivo monitorar quatro obras, sendo elas Paracuru-CE, Jaguaruana-CE, Cruz-CE e Granja-CE. O foco foi analisar as obras, os projetos e fazer cotações de materiais para pedidos pelos técnicos e engenheiros, como o exemplo mostrado na Tabela 1. Neste caso, houve a necessidade de comprar materiais para a etapa da solda exotérmica e finalidades que atendessem as necessidades da equipe de eletromecânica.

Tabela 1: Levantamento de material para equipe de eletromecânica

 Pedido de Compras			
Data Pedido	14/01/2020	Numero Pedido	01/2020
Equipe	Eletromecânica	Contrato	Sot
Solicitante	Adiel Ribeiro	Site Manager	João Marcelo
Item	Descrição	Quantidade	Observações
1	Fio 2,5 TIPO Brasileiro	1 peça	
2	Fio 4,0 TIPO Brasileiro	1 peça	
3	Porta Terminal	2 UND	Tipo caqueira
4	Alicate Para Molde de Solda exotérmica	4UND	
5	Ingnitor para solda exotérmica	10 Caixas	
6	Disco de retenção para solda exotérmica	1000 UND	
7	Dutos de 2"	10 UND	
8	Luvas de 2"	20 UND	
9	Curvas 2"	10 UND	
10	Boxe reto de 2" com bucha de acabamento	20 UND	
11	Chave Combinada catraca 17	2 UND	
12	Chave Combinada catraca 19	2 UND	
13	Martelo Bola	2 UND	
14	Capangas em Lona	4 UND	

Fonte: BM Engenharia

Houve também cotações relativas à aquisição de materiais para as equipes de civil, como mostrada na Tabela 2:

Tabela 2: Cotação do levantamento de materiais para civil

COTAÇÃO DE MATERIAL CIVIL PARACURU / GRANJA / CRUZ / JAGUARUANA					
REFERÊNCIA	QTDE	PRODUTOS	PREÇO UNIT.	TOTAL	STATUS
M ³	60,00	AREIA GROSSA			OK
M ³	48,00	BRITA 3/4			OK
SACO	430,00	CIMENTO			OK
18 L	2,00	DESMOL CD VEDACIT			OK
UNID	28,00	MADEIRITE PLASTIFICADO			OK
UNID	45,00	TABUAS 0,02X0,30X3,0MT			OK
KG	100,00	ARAME 18 RECOZIDO			OK
UNID	600,00	TIJOLO CERAMICO FURADO 9X19X19			OK
M ³	6,00	ARISCO			OK
KG	50,00	PREGO 16 X 21 (2 X 12)			OK
KG	50,00	PREGO 18 X 27 (2 1/2 X 10)			OK
UNID	10,00	RODA COMPLETA CARRO DE MAO			OK
UNID	2,00	DISCO SERRA CIRCULAR 24 DENTES			OK
UNID	15,00	DISCO DE CORTE PARA LIXADEIRA 7"			OK
UNID	20,00	DISCO DE CORTE PARA LIXADEIRA 4"			OK
M	50,00	MANGUEIRA FLEXÍVEL 3/4			OK
UNID	5,00	SERRA STARRET			OK
UNID	2,00	ENXADA			OK
M	50,00	EXTENSÃO CABO PP 3X2,5 MM			OK
UNID	165,00	BARROTE 0,03X0,03X5 M			OK
UNID	2,00	IMPERMEABILIZANTE ASFALTICO NEUTROL			OK
UNID	2,00	ADITIVO PLASTIFICANTE VEDACIT			OK
M ³	50,00	BRITA 2 OU 3			OK
M ³	190,00	PO DE BRITA			OK
M ³	12,00	PEDRA RACHÃO OU DE MÃO			OK
KG	200,00	VERGALHÃO DE FERRO 5.0 MM			OK
KG	200,00	VERGALHÃO DE FERRO 6.3 MM			OK
KG	200,00	VERGALHÃO DE FERRO 8.0 MM			OK
KG	200,00	VERGALHÃO DE FERRO 10.0 MM			OK
KG	200,00	VERGALHÃO DE FERRO 12.5 MM			OK
KG	200,00	VERGALHÃO DE FERRO 16.0 MM			OK
TOTAL					

Fonte: Próprio autor

Onde o estagiário teve a oportunidade de aprender as funções de diversos materiais necessários para o andamento da área de civil nas obras, como os itens que foram mostrados na Tabela 2. A partir de então, o estagiário fez visitas esporádicas ou, dependendo da necessidade, passou semanas nas obras, que serão mostradas a seguir, onde serão os subtópicos do capítulo 4:

4.1 SUBESTAÇÃO DE PARACURU-CE:

Obra integral de uma subestação de 69 kV. Durante o período de estágio, a obra estava em fase inicial, com terraplanagem, mobilização da mão de obra, escavação e a fase intermediária, levantando a alvenaria da casa de comando e confeccionando as bases dos transformadores e parede corta fogo. O estagiário visitou esta obra algumas vezes.

Figura 3: Retroescavadeira escavando as sapatas da sala de comando



Fonte: Próprio autor

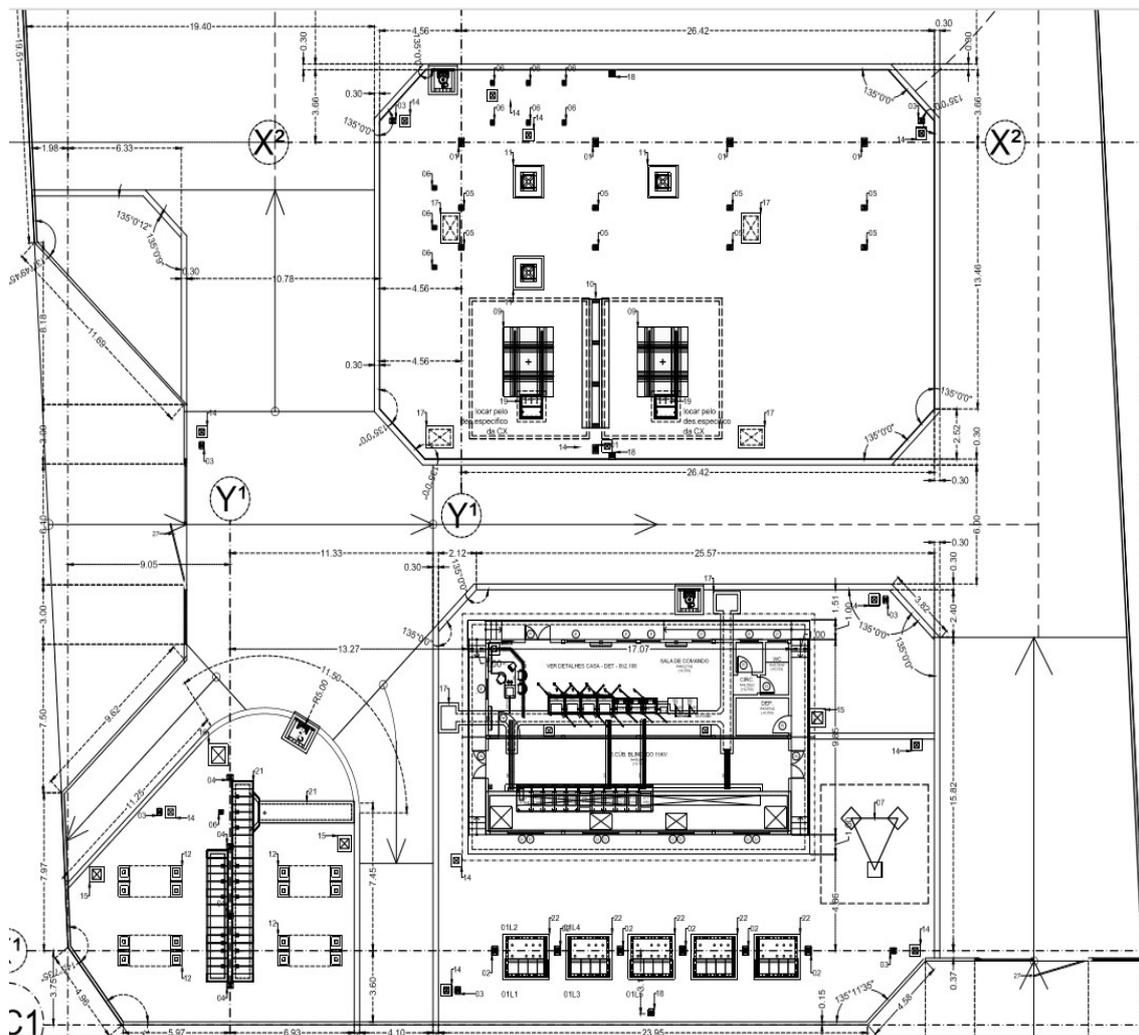
Figura 4: Sapatas prontas para concretagem



Fonte: Próprio autor

Na obra de Paracuru, o estagiário acompanhou e conheceu as etapas iniciais de uma obra, compreendendo as escavações para as sapatas, como no exemplo visto, para a construção da casa de comando, marcações de gabarito para ter a referência dos eixos X e Y, onde são passadas literalmente as medidas do projeto no papel para o campo na prática, onde são sinalizados com madeiras e marcações com as medidas em geral e a concretagem das sapatas, além do projeto eletromecânico geral da obra, apresentado na Figura 5.

Figura 5: Projeto eletromecânico Paracuru



Fonte: Enel

A Figura 5 mostra o portão da entrada (que tem, também, seu projeto específico), logo ao seu lado à esquerda, temos a torre de telecomunicações, junto das saídas dos alimentadores, casa de comando e a parte de média tensão da subestação. Dedutivamente percebemos a parte de 69kV logo acima no desenho, com os dois transformadores juntos, com a parede corta-fogo entre eles, para fins de proteção contra um possível incêndio provocado pelo transformador vizinho, minimizando os prejuízos e diminuindo uma propagação do fogo em caso de uma hipotética situação de incêndio generalizada.

Na etapa intermediária, acompanhamos a confecção da parede corta-fogo e bases dos transformadores (Figura 6), além da observação a ser destacada como um mural de aviso na entrada da obra, contando os dias sem acidente (Figura 7), comprovando a preocupação da Enel e da BM Engenharia com a segurança da obra, seja ela a integridade física dos colaboradores e também cumprir todas as normas exigidas pela Enel, sob pena de multas.

Figura 6: Confecção das bases dos transformadores e parede corta fogo



Fonte: Próprio autor

Figura 7: Marcação de dias sem acidente

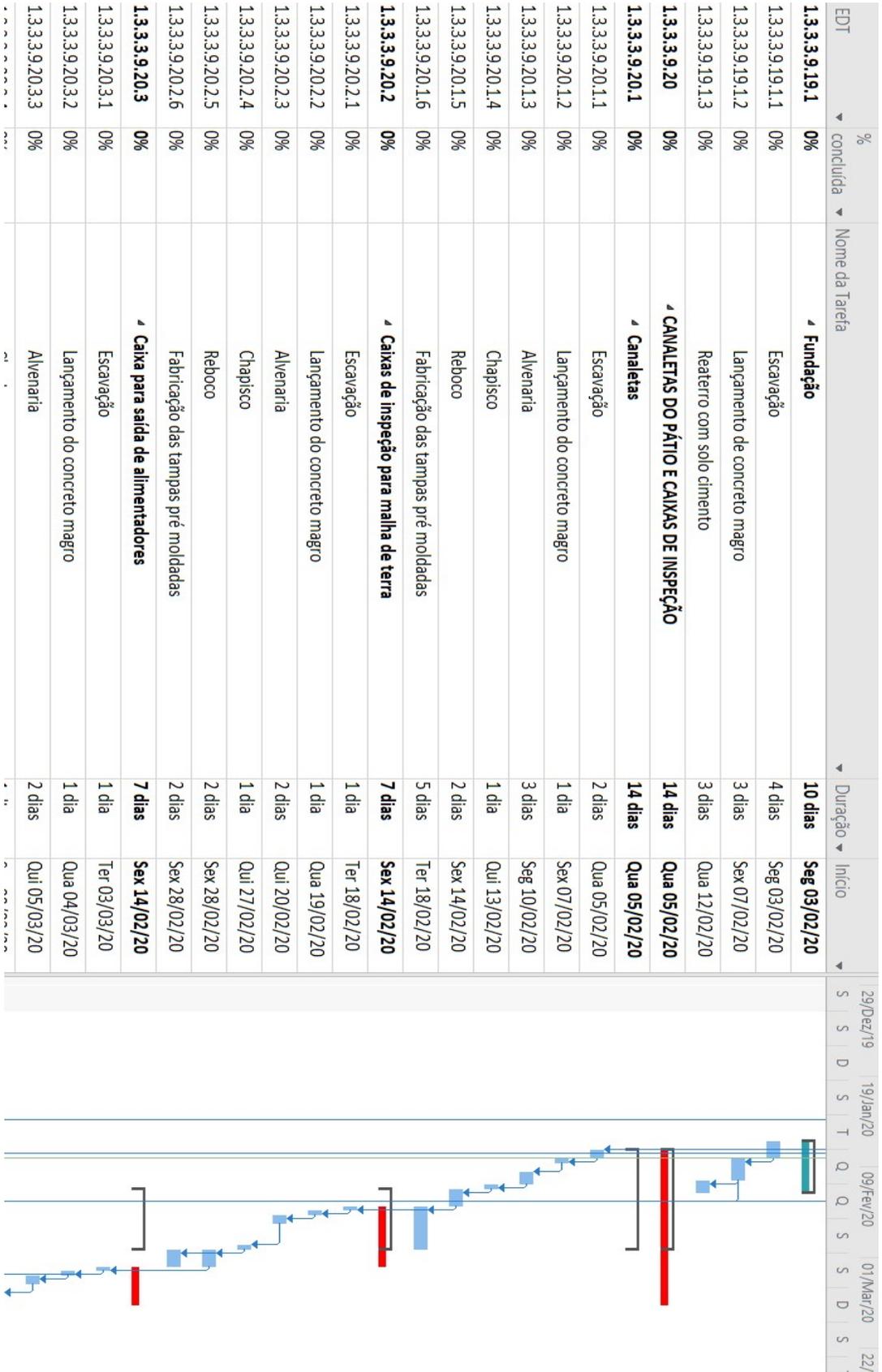


Fonte: Próprio autor

4.2 SUBESTAÇÃO DE JAGUARUANA-CE:

Obra integral de uma subestação de 69 kV. Durante o estágio, a obra se apresentou apenas na sua etapa inicial, com a terraplanagem, marcação de locações e levantamento dos muros. O estagiário visitou a obra uma vez. A Figura 8 ilustra outro aprendizado do estagiário referente ao planejamento de obras, através do programa do Microsoft Office MS Project, que apresenta o gráfico esquematizando a passagem do tempo e relacionando-a para cada meta e etapa da obra através do Gráfico de Gantt.

Figura 8: Cronograma estipulado da obra de Jaguaruana através do MS Project



Fonte: BM Engenharia

4.3 SUBESTAÇÃO DE CRUZ-CE:

A obra de Cruz se resume a uma expansão de potência da subestação de 69 kV. Durante o período de estágio, a obra foi finalizada e visitada duas vezes pelo estagiário. A expansão se deu do acréscimo da potência anterior de 10 MVA para 15 MVA com a inserção de um segundo transformador e parede corta fogo, como mostra a Figura 9, alcançando ainda, um acréscimo de cerca de 30% na potência no modo ONAF – óleo natural ventilação forçada.

Figura 9: Transformador 2 inserido para complementar potência



Fonte: Próprio autor

A Figura 9, ilustrada anteriormente, mostra o segundo transformador de 5 MVA inserido ao lado do outro transformador com a finalidade de complementar a potência da subestação. Durante a obra, foi necessária a utilização de uma subestação móvel, mostrada na Figura 10.

Figura 10: Chegada da subestação móvel



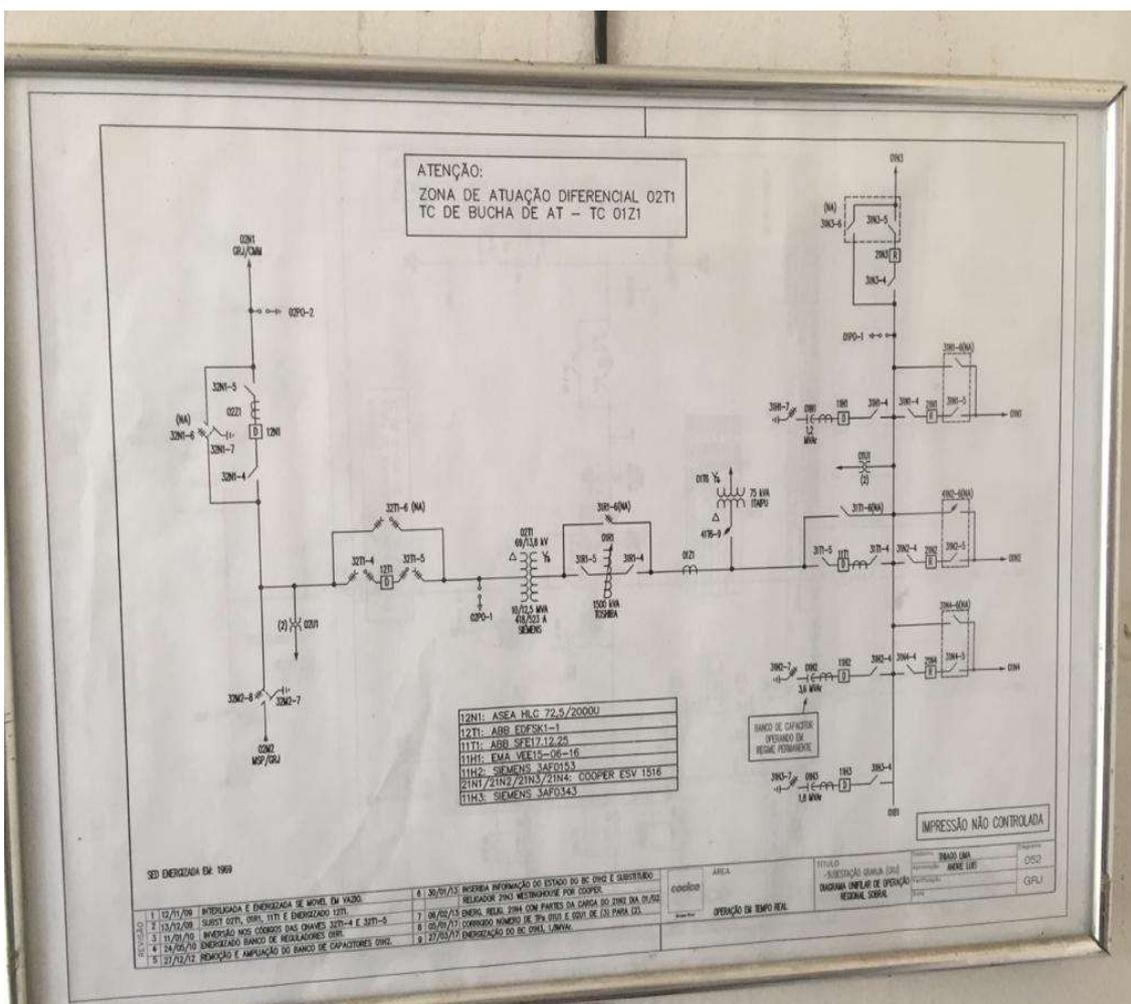
Fonte: Próprio autor

A subestação móvel foi necessária para ser uma solução temporária para que os clientes não sofram com uma interrupção no fornecimento de energia, no caso ocorrido da manutenção e energização da citada subestação. Na Figura 10 também percebe-se a presença do funcionário a serviço da Enel realizando os ajustes da parte de comando da proteção e ventilação do transformador. O estagiário também presenciou a manutenção em linha viva e energização da subestação reformada.

4.4 SUBESTAÇÃO DE GRANJA

Na fase final do estágio, o trabalho do estagiário se centrou dentro da obra de Granja-CE, ainda acompanhando o monitoramento das outras obras, em fase inicial – intermediária, passando 3 semanas consecutivas acompanhando o dia-a-dia da obra. A obra da subestação de Granja é de ampliação de potência de 10 MVA para cerca de 20 MVA, com acréscimo de cerca de 30% no modo ONAF, reforma e digitalização, pois se trata de uma subestação com alguns equipamentos defasados, visto que o ano do início das suas atividades é de 1969. A seguir, na Figura 11, mostra-se o diagrama de operação da subestação.

Figura 11: Diagrama de operação da subestação de Granja



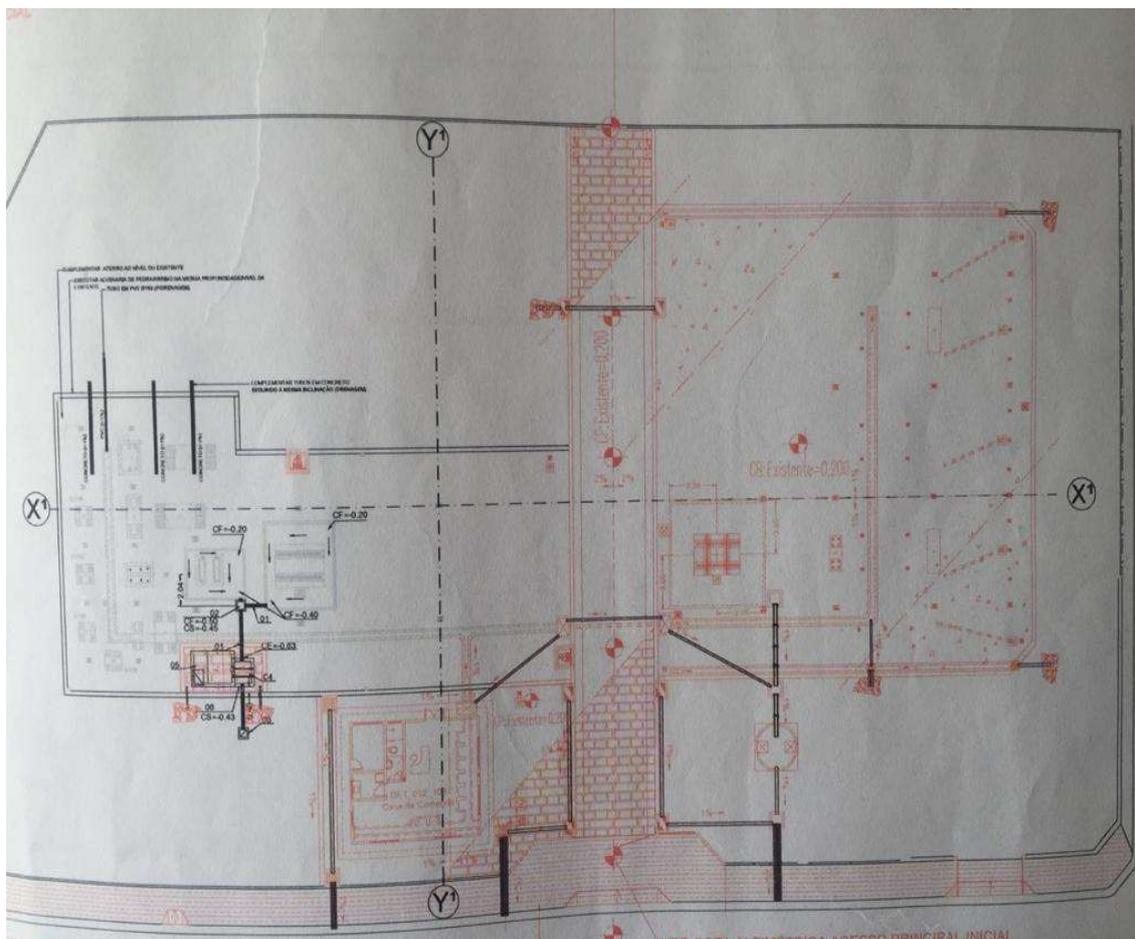
Fonte: Enel

A seguir, serão listados os itens que serão mudados no projeto:

- A casa de comando será demolida e refeita em outro local;
- Será feito um arruamento na subestação, com o objetivo de ampliar e criar um espaço novo para a parte de 69 kV, dividindo-a em duas partes;
- Haverá mudança de posicionamento dos postes e disjuntor de 69 kV da derivação de saída da linha de 69 kV, justamente porque estão ocupando o espaço onde será feito o arruamento, além da antiga casa de comando;
- No lado novo será inserido o novo transformador, posicionado distante do transformador antigo e não haverá parede corta fogo;
- Será feita uma expansão e novos direcionamentos das canaletas.

A Figura 12 abaixo ilustra as mudanças descritas:

Figura 12: Projeto da reforma da subestação de Granja



Fonte: Enel

Onde as partes vermelhas são os itens que serão implantados na obra, identificados no projeto. Na Figura 13 temos uma visão geral da subestação (visão real da parte que está no desenho da Figura 12 na cor preta, mostrando a estrutura já existente).

Figura 13: Visão frontal da subestação de Granja



Fonte: Próprio autor

Percebemos que o disjuntor de 69 kV está com as chaves seccionadoras abertas (desconectados) e com a chave “by-pass” (curto-circuito) acionada devido a um identificado vazamento de óleo, aguardando a devida manutenção acontecer.

Solda Exotérmica

O estagiário acompanhou também o trabalho da equipe de eletromecânica, para a realização da solda exotérmica, conforme a Figura 14.

Figura 14: Equipe de eletromecânica realizando a solda exotérmica



Fonte: Próprio autor

Foi utilizado o molde para solda exotérmica para cabos de 95 mm², o pó para a solda exotérmica, o disco de retenção de 25 mm e o ignitor (onde será transmitido o fogo). A partir daí, há uma pequena explosão e os contatos entre os cabos e (ou) hastes são soldados. Assim, deve-se aguardar visita e o “ok” da equipe da Enel para a conferência das soldas antes de enterrá-las e prosseguir com a construção.

Trabalho da equipe de civil

Mostra-se na Figura 15 a preparação da parte de civil para o recebimento dos equipamentos elétricos que serão colocados na expansão da subestação.

Figura 15: Base do transformador, canaleta e base dos disjuntores



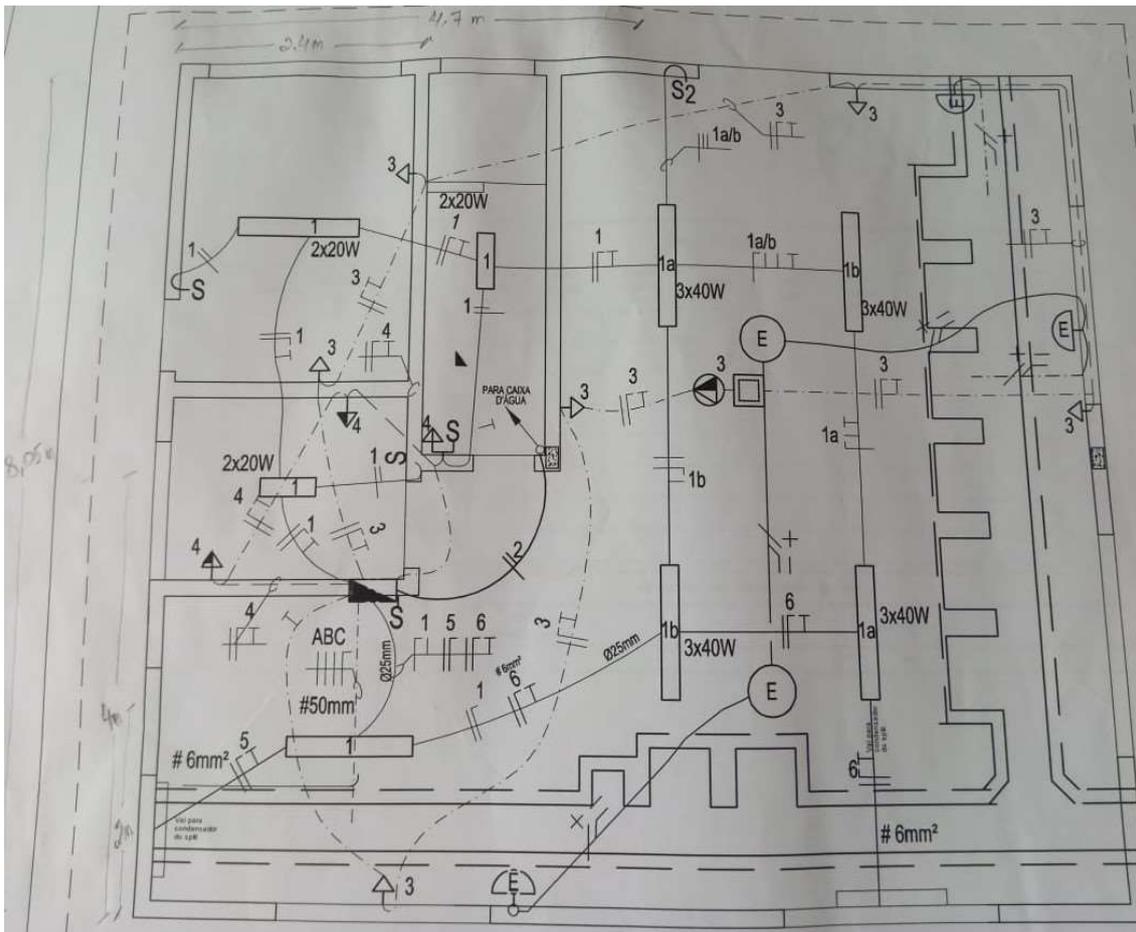
Fonte: Próprio autor

Na Figura 15, ilustrada anteriormente, temos a confecção feita pela equipe de civil da canaleta, e a base do transformador já com a fôrma de madeira e ferragens, pronta para receber o concreto, além da base do disjuntor já pronta com os moldes e concretada e escavações para o recebimento dos postes.

Casa de comando

A nova casa de comando será automatizada e terá como projeto elétrico seguindo a Figura 16, diagrama unifilar da Figura 18 e quadro de cargas da Figura 19.

Figura 16: Projeto elétrico da casa de comando

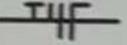
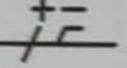


Fonte: Enel

Foi feito o levantamento pelo estagiário da lista de materiais necessários para a aquisição dos itens da elétrica para a instalação a ser realizada pela equipe de elétrica: a aquisição dos disjuntores foi feita de acordo com os parâmetros do diagrama unifilar da Figura 18, lâmpadas 40 W e 20 W, lâmpadas de emergência, cerca de 100 metros de eletrodutos rígidos, cabos, tomadas, tomada de piso, caixas sextavadas, caixas para interruptores e tomadas, quadro de distribuição para 10 ou mais circuitos.

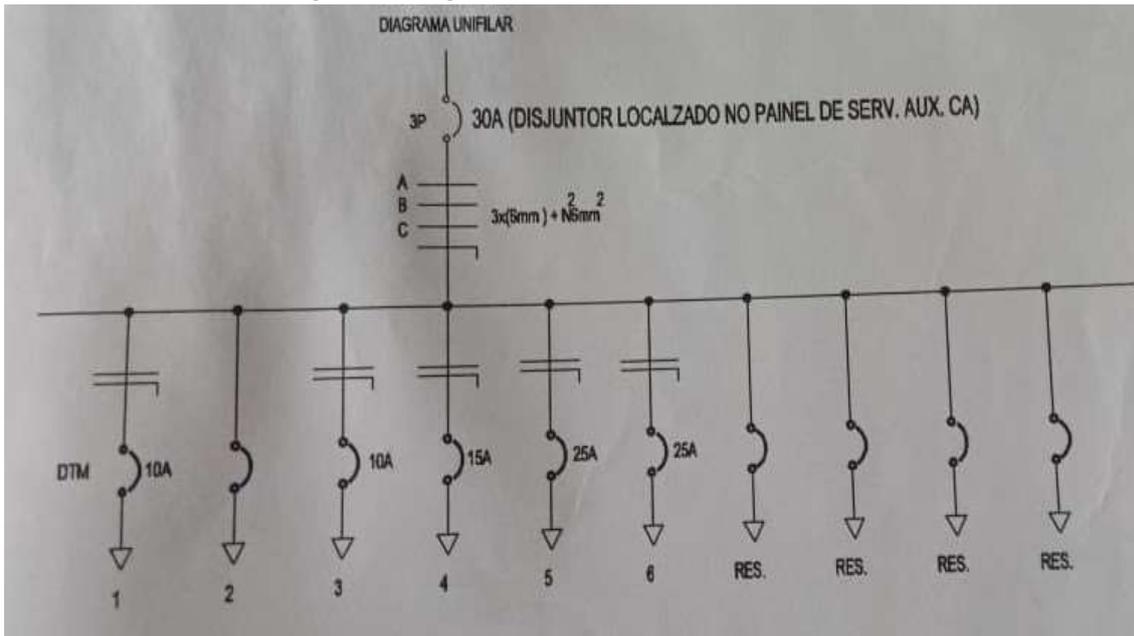
A figura 17 irá mostrar a legenda do projeto elétrico:

Figura 17: Legenda do projeto elétrico da casa de comando

	TOMADA PARA CARGA DE 100W a 0,30m DO PISO
	TOMADA PARA CARGA DE 600W a 1,30m DO PISO
	TOMADA PARA CHUVEIRO ELÉTRICO
	ELETRODUTO EMBUTIDO NA PAREDE
	ELETRODUTO EMBUTIDO NO TETO
	ELETRODUTO EMBUTIDO NO PISO
	ELETRODUTO DE FERRO GALVANIZADO
	UNIDADE SELADORA
	FIOS TERRA (VERDE), RETORNO (VERMELHO), FASE (VERMELHO)
	FIOS POSITIVO (AZUL) E NEGATIVO (BRANCO) (ILUMINAÇÃO DE EI)
S	INTERRUPTOR SIMPLES 10A, 250V
	TOMADA DE PISO PARA CARGA DE 100W
S2	INTERRUPTOR DE DUAS SEÇÕES 10A, 250V
DTM	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO

Fonte: Enel

Figura 18: Diagrama unifilar da casa de comando



Fonte: Enel

A Figura 19 ilustra o quadro de cargas da casa de comando, complementando as informações:

Figura 19: Quadro de cargas da casa de comando

QUADRO DE CARGA(CA)											
CIRCUITO	CORRENTE (AMP)	BITOLA CONDUTOR (mm ²)	LÂMPADA FLUORESC. 20W	LÂMPADA FLUORESC. 40W	LÂMPADA INCANDESC. 100W	TOMADAS 100W	TOMADAS 600W	TOMADA EXAUSTOR 300W	AR COND.	BOMBA 1/4 HP	POTÊNCIA (WATTS)
1	10	2,5	6	15	-	-	-	-	-	-	720
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	10	2,5	-	-	-	7	-	-	-	-	700
4	15	2,5	-	-	-	-	3	-	-	-	1800
5	25	6	-	-	-	-	-	-	1	-	3.700
6	25	6	-	-	-	-	-	-	1	-	3.700
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL DA CARGA											10.820W
QUADRO DE CARGA DA ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA - PAINEL SERV. AUX. CC											
CIRCUITO	LÂMPADAS INCANDESCENTE 60Wx127V					POTÊNCIA TOTAL					
E	5					300W					

Fonte: Enel

Já a Figura 20 mostra o retificador da casa de comando antiga, que alimenta os relés de proteção, circuito de comando e iluminação de emergência.

Figura 20: Retificador da casa de comando antiga



Fonte: Próprio autor

O Retificador, alimentado pelo TSA (Transformador de Serviços Auxiliares) está ligado em paralelo com um banco de baterias, abrigadas do lado da casa de comando, trancadas em um cômodo específico, que se encontram prontas para atuar na alimentação alternativa CC por algumas horas, na maioria das vezes dando conta no tempo que for necessário, em caso de desligamento para alguma manobra específica, algum acidente, fato inesperado ou falta de energia.

A Figura 21 mostra o quadro de comando CA, onde possui os dispositivos de comando para o seccionamento dos equipamentos CA da subestação.

Figura 21: Quadro de comando CA



Fonte: Próprio autor

No caso da Figura 21, o comando mostrado foi especificamente do banco de capacitores número 3, que só é ativado normalmente em horários de pico na subestação, com nomenclatura 11H3, onde será mostrado posteriormente a nomenclatura adequada dos equipamentos da subestação.

4.4.1 NOMENCLATURA DOS EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO

Durante o período de estágio também foi possível o aprendizado a respeito da nomenclatura dos equipamentos da subestação, seguindo as regras (quatro componentes de siglas com letras e números) na subestação de Granja:

- Primeiro dígito (número): natureza do equipamento:
 - 1 – Equipamento de interrupção;
 - 0 – Equipamento não interruptivo;
 - 2 – Religador.
- Segundo dígito (número): nível de tensão:
 - 1 – Equipamento de média tensão: 13,8 kV;
 - 2 – Equipamento de alta tensão: 69 kV.
- Terceiro dígito (letra): equipamento:
 - H – Banco de capacitor;
 - N – Código da subestação (Em Granja é o religador);
 - T – Disjuntor;
 - R – Regulador de Tensão.
- Quarto dígito (número): Numeração do equipamento específico.

Como exemplo, será mostrado o religador da Figura 22:

Figura 22: Religador



Fonte: Próprio autor

4.4.2 PROCEDIMENTOS DE ROTINA DA ENEL (ANUAIS)

São procedimentos anuais obrigatórios que a concessionária Enel deve fazer nos equipamentos das subestações e realizar medições de rotina anuais. Funcionários de outras empresas realizaram as citadas medições. O estagiário presenciou três manobras, seguidas dos procedimentos destacados abaixo, medidos graças aos aparelhos específicos “Mega” e “Ponte”, destacados nas Figuras 23 e 24.

Figura 23: Aparelho "mega" para medição da resistência de isolamento



Fonte: Próprio autor

O aparelho “mega” foi utilizado pelos técnicos para medir a resistência de isolamento nos equipamentos medidos, onde o técnico ligava o aparelho e os eletricitas ligavam-no aos terminais das buchas dos equipamentos em questão e então a cada medição finalizada anotava-se os resultados lidos pelo aparelho, os resultados numéricos e análises serão mostradas nos tópicos seguintes.

Figura 24: Aparelho "ponte" para medição da resistência de contato



Fonte: Próprio autor

O aparelho “ponte” foi utilizado pelos técnicos na medição das resistências de contato nos equipamentos medidos de forma similar à do aparelho dito anteriormente (mega), onde os resultados e análises serão abordados nos tópicos seguintes. Antes de iniciar os procedimentos para as medições, foram realizadas manobras para abertura das chaves seccionadoras, o aterramento no ponto de ligação das buchas com as chaves seccionadoras, e, quando necessário o fechamento da chave “by pass”.

4.4.2.1 MEDIÇÃO DAS RESISTÊNCIAS DE ISOLAMENTO E DE CONTATO DO REGULADOR DE TENSÃO:

Foi medida a resistência de isolamento no regulador com o *tap* zerado (em 17) e foi obtido o valor médio de $R = 1700 \text{ M}\Omega$, valor satisfatório para o que era esperado, uma resistência muito alta. Durante o experimento o colaborador utilizou o procedimento manual na manivela para variar o *tap* do regulador de tensão, como mostrado na figura 25, onde foram obtidos também os valores em todos os *taps* restantes.

Figura 25: Eletricista realizando a mudança do *tap* para medição da resistência de isolamento



Fonte: Próprio autor

4.4.2.2 MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO, CAPACITÂNCIA DO BANCO DE CAPACITORES, LIMPEZA E PINTURA

A capacitância medida se apresentou em cerca de $C = 25,5 \mu\text{F}$ e a média da resistência de isolamento foi de $R = 1100 \text{ M}\Omega$ por fase, onde tais valores se mostraram ser conforme os esperados. A figura 26 ilustra o momento das medições.

Figura 26: Equipe realizando a medição no banco de capacitores



Fonte: Próprio autor

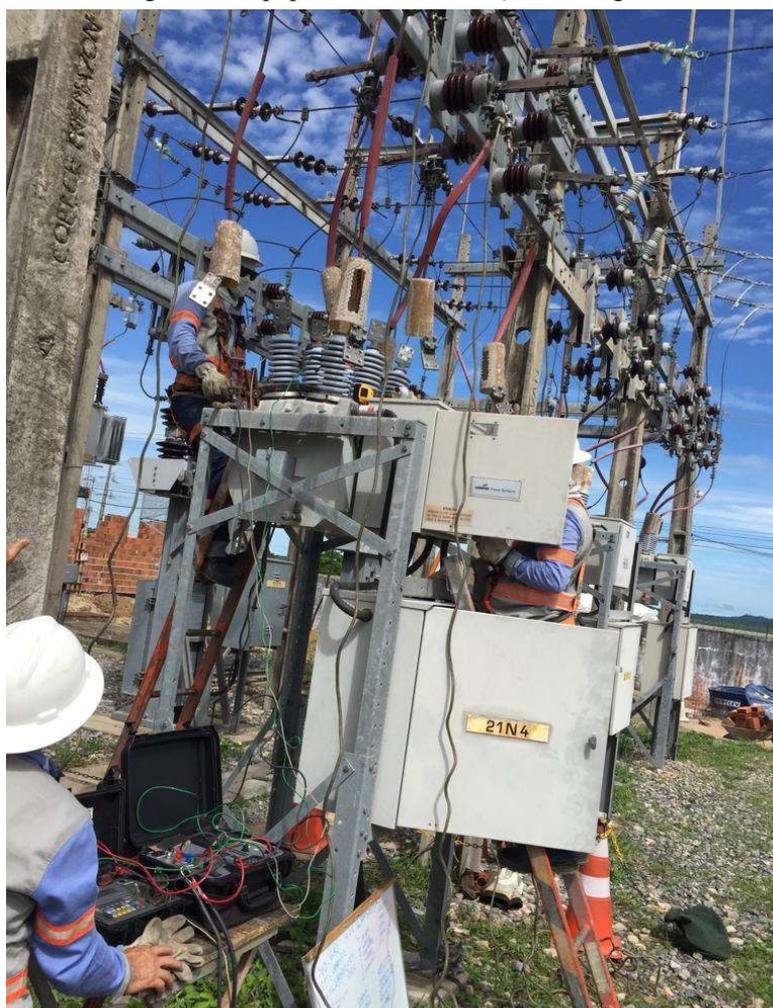
4.4.2.3 MEDIÇÃO DAS RESISTÊNCIAS DE ISOLAMENTO E DE CONTATO DO RELIGADOR

A partir das medições realizadas na Figura 27, foram obtidos os seguintes resultados:

- Resistência de contato – média de $R = 145 \mu\Omega$ por fase;
- Resistência de isolamento:
 - Média de $R = 2 \text{ T}\Omega$ por fase;
 - Média de $R = 300 \text{ G}\Omega$ entre fases (exceto as fases CA com valor de 2,13 $\text{T}\Omega$);
 - Média de $R = 60 \text{ G}\Omega$ por fase (da bucha para a massa ou terra).

Desta forma, os resultados esperados foram atingidos.

Figura 27: Equipe atuando na medição no religador



Fonte: Próprio autor

4.4.2.4 MEDIÇÃO DAS RESISTÊNCIAS DE ISOLAMENTO NO DISJUNTOR DE MÉDIA TENSÃO:

Com procedimentos similares às medições anteriores, foram colhidos os resultados mostrados na Figura 28, preenchidos pelo técnico responsável da Enel e acompanhados pelo estagiário.

Figura 28: Dados colhidos da resistência de isolamento do disjuntor

4. Resistência do Isolamento (Mega Ohms)										
Fase	Fase A		Fase B		Fase C		Entre Fases			
Posição	Aberto	Fechado	Aberto	Fechado	Aberto	Fechado	Fechado	Fechado	Fechado	
Linha	Bucha 1	Bucha1/2	Bucha 3	Buch3/4	Bucha 5	Buch5/6	Fase A	Fase B	Fase C	
Terra	Bucha 2	Massa	Bucha 4	Massa	Bucha 6	Massa	Fase B	Fase C	Fase A	
Guarda	Massa	Saisos B1/B2	Massa	Saisos B3/B4	Massa	Saisos B5/B6	Massa	Massa	Massa	
Tempo	1/2	875,300		936,400		949,300		845,300	903,400	839,400
	1'	875,300		936,400		949,300		845,300	903,400	839,400
	10'	875,300		936,400		949,300		845,300	903,400	839,400
(abs (R1/R1/2)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
(Pol. (R10/R1')	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
5-A Abertura dos Contatos (ms)					5-B Fechamento dos Contatos (ms)			6. Resistência Contatos (micro ohms)		
					Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C

Fonte: Técnico da Enel responsável pela medição

Como ocorreu nos demais experimentos, pode-se concluir que os valores esperados foram atingidos, e, por consequência, as medições e manutenções preventivas foram feitas com sucesso e obedecendo a todas as devidas normas de segurança da empresa.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO

As experiências adquiridas no estágio desenvolvido na BM Engenharia, embora sendo de apenas 5 meses, comprova a importância de ter a oportunidade de desenvolver as habilidades de qualquer pessoa, aprendendo as aplicações na prática sobre engenharia.

Durante o período de estágio entre outubro de 2019 e fevereiro de 2020, o estagiário teve a oportunidade de desenvolver suas habilidades e assimilar os conceitos relativos a um ambiente real de trabalho, com metas, pressões, prazos, dentre outros fatos práticos, em convívio com os demais profissionais mais experientes e de diversas áreas. Na obra de Granja, por exemplo, o estagiário conviveu diariamente, tendo posicionamentos, tirando dúvidas do encarregado da obra, lidando com prazos para cotações e sanando dúvidas próprias com todos os funcionários envolvidos na obra.

A disciplina de Estágio Integrado é de suma importância para a inserção do aluno no mercado de trabalho, representando o momento no qual o aluno pode unir a teoria à prática. Conclui-se que a experiência foi de grande valia para o aluno que, certamente, será um melhor profissional graças a essa oportunidade.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. : NBR-5410. Instalações elétricas, proteção e segurança. 2004.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. : NBR-5460. Sistemas elétricos de potência. 1992.
- [3] Fundamentos de subestações de alta tensão: Transmissão e Distribuição de Energia, Areva, Março de 2005.
- [4] Carleto, Nivaldo. Subestações Elétricas / Nivaldo Carleto - 1 ed. - Brasília, NT editora, 2017.
- [5] Muzy, Gustavo. Subestações Elétricas. 2012. 108. UFRJ, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Elétrica, 2012.