



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

CARLOS ÂNGELO BATISTA CAMPOS

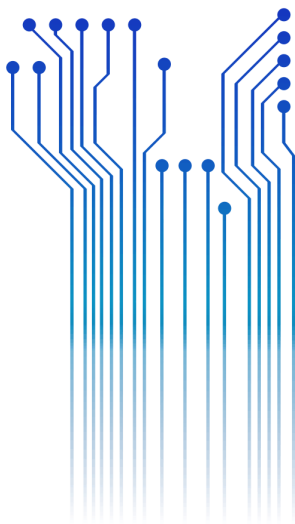


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
Abril de 2017



CARLOS ÂNGELO BATISTA CAMPOS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado 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: Processamento de Energia

Professor Jalberth Fernandes, D.Sc.

Orientador

Campina Grande

Abril de 2017

CARLOS ÂNGELO BATISTA CAMPOS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado 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: Processamento de Energia

Aprovado em        /        /

Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador, UFCG

**Professor Jalberth Fernandes de Araújo , D.Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha família e amigos.

# AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela minha vida e assim me encantar com as belezas da natureza e pelo dom da perseverança, que me permitiu concluir este trabalho.

Agradeço também a minha família, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para eu chegar a esta etapa da minha vida.

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

*“La liberté est l'obéissance  
aux lois que la personne  
elle-même a mis en”*

Rousseau.

## RESUMO

Neste trabalho são descritas as atividades vivenciadas durante o período de estágio integrado realizado na FAAB Engenharia Ltda, a qual fornece serviços de elaboração e execução de projetos, montagem e manutenção de subestações, usinas de geração de energia e linhas de transmissão. O estágio foi realizado no período de 13 de Junho de 2016 a 12 de Janeiro de 2017, sob supervisão do Engenheiro Eletricista Rodrigo Nicodemos. Durante o estágio, foram realizadas atividades de planejamento, coordenação e execução dos projetos e serviços da obra, em escavação, montagens eletromecânicas, lançamentos de cabos, gerenciamento e controle do efetivo da obra.

**Palavras-chave:** Estágio, FAAB Engenharia Ltda, Construção, Montagem.



## ABSTRACT

This work describes the activities carried out during the period of integrated training at FAAB Engenharia Ltda, which provides services for the design and execution of projects, assembly and maintenance in substations, power generation plants and transmission lines. The internship was held in the period from June 13, 2016 to January 12, 2017, under the supervision of the Electrical Engineer Rodrigo Nicodemos. Activities of planning, coordination and execution of the projects and services of the work were carried out, in excavation, electromechanical assemblies, cable launches, management and control of the workforce.

**Keywords:** Internship, FAAB Engenharia Ltda, Construction, Assembly.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Sede da FAAB Engenharia LTDA.....	15
Figura 2.1 – Montagem de BAY na SE Pau Amarelo .....	22
Figura 2.2 – Conectorização BAY da SE Botafogo.....	23
Figura 2.3 – Lançamento de cabo dos religadores na SE Gasometro .....	23
Figura 2.4 – Construção da casa de comando e escavação da nova canaleta SE Ibura .....	24
Figura 2.5 – Construção casa de comando na SE São Benedito .....	24
Figura 2.6 – Construção do muro de arrimo na SE Cupira .....	25
Figura 2.7 – Construção da base do transformador, casa de comando e muro divisório.....	26
Figura 2.8 – Instalação estruturas de concreto setor de 13,8 e 69 kV .....	26
Figura 2.9 – Montagem eletromecânica.....	27
Figura 2.10 – Lançamentos de cabo de controle e comunicação.....	27
Figura 2.11 – Escavação nos setores 13.8 e 69 kV .....	33
Figura 2.12 – Identificação de solda exotérmica na malha de aterramento.....	33
Figura 2.13 – Terrômetro Digital .....	34
Figura 2.14 – Disposição e conexão das hastes na medição de resistividade do solo .....	34
Figura 2.15 – Disposição e conexão das hastes na medição da resistência de aterramento.....	35
Figura 2.16 – Representação da malha de terra existente na SE José Mariano .....	36
Figura 2.17 – Potencial de toque e passo na SE Jose Mariano .....	36
Figura 2.18 – Potencial de toque SE Jose Mariano.....	37
Figura 2.19 – Nova Malha de Aterramento SE Jose Mariano .....	38
Figura 2.20 – Potencial de toque da nova trama SE Jose Mariano .....	38
Figura 2.21 – Escavações no setor de 13,8 kV .....	39
Figura 2.22 – Escavação setor 13,8 kV .....	39
Figura 2.23 – Escavações com auxílio de mini retroescavadeira próximo ao setor 69 kV.....	40
Figura 2.24 – Escavações com auxílio de mini retroescavadeira próximo ao setor 13,8 kV .....	40
Figura 2.25 – Lançamento de cabos para formação de novo reticulado .....	41
Figura 2.26 – Aplicação de solda exotérmica.....	41
Figura 2.27 – Conexão do neutro do transformador com a nova malha de aterramento .....	42

# LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Levantamento do material empregado na casa de comando SE Botafogo .....	17
Tabela 2.2 – Serviços e materiais medidos na digitalização da SE Botafogo.....	20
Tabela 2.3 – Lista de materiais para montagem eletromecânica SE Cupira.....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
SE	Subestação.
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco.

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	14
1.1	Apresentação da Empresa .....	14
2	O Estágio.....	16
2.1	Atividades Realizadas .....	16
2.1.1	Digitalização de Subestações .....	16
2.1.2	Construção SE Cupira.....	25
2.1.3	Melhoramento e Adequação da Malha de Aterramento .....	32
3	Conclusão.....	43
4	Referências.....	44
	Apêndice A – Relatório Estratificação do Solo SE Jose Mariano .....	45

# 1 INTRODUÇÃO

O Estágio Integrado é uma disciplina obrigatória da grade curricular do curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande que tem como objetivo aproximar o aluno de uma realidade envolvida no ambiente de trabalho de uma empresa. O estágio possibilita que o aluno aplique na prática a teoria adquirida na sala de aula, motivando-o a trabalhar em equipe. Dessa maneira, melhorando sua integração com o local e com os colaboradores, facilitando o entendimento de projetos como um todo e o familiarizando com rotinas burocráticas.

Neste relatório são apresentadas as atividades vivenciadas durante a realização do estágio na FAAB Engenharia LTDA, sob a supervisão do Engenheiro Eletricista Rodrigo Nicodemos, no período de 13 de Junho de 2016 a 12 de janeiro de 2017.

Dentre as atividades desenvolvidas pelo estagiário, podem ser destacadas:

- i. Organização dos diários de obra e relatórios fotográficos;
- ii. Mapeamento do quadro de funcionários e suas respectivas funções;
- iii. Levantamento da lista de material necessário em projeto;
- iv. Elaboração e execução de projetos;
- v. Revisão e análise de projetos elétricos.

## 1.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A FAAB Engenharia LTDA, fundada em 1979 na cidade de Recife, é uma empresa que atua no ramo de energia, mais especificamente em atividades de execução de projetos elétricos de Linhas de Transmissão e Subestações. Na matriz da empresa está concentrado todo o capital humano para suporte administrativo e financeiro, como também um almoxarifado responsável pelo fornecimento parcial ou total de materiais e equipamentos para as obras, já que a empresa possui um significativo aparato de máquinas e de ferramentas. Na figura 1.1 é apresentada uma fotografia da sede da FAAB Engenharia LTDA.

Figura 1.1 – Sede da FAAB Engenharia LTDA.



Fonte: Próprio Autor.

## 2 O ESTÁGIO

O Estágio Integrado foi realizado no setor de engenharia da FAAB Engenharia LTDA de 13 de Junho de 2016 a 12 de Janeiro de 2017, sendo totalizada uma carga horária de 960 horas. As atividades desempenhadas foram supervisionadas pelos engenheiros eletricitas Rodrigo Nicodemos e Richard Freitas e do técnico em instalações elétricas Diêgo Oliveira.

### 2.1 ATIVIDADES REALIZADAS

Durante o estágio foram realizadas várias atividades, indo desde o atendimento das solicitações de demanda da CELPE, ao desenvolvimento, execução e supervisão de projetos. Na fase inicial, acompanhou-se a digitalização de algumas subestações e construção das respectivas casas de comando, além participar da elaboração da planilha de serviços realizados e material utilizado, na construção da SE Cupira. Outro serviço bastante importante foi a de melhoramento e adequação da malha de aterramento, que consiste na redução da resistência de aterramento e por consequência dos potenciais de toque e passo, através de um diagnóstico da condição atual da malha, após a validação da análise, iniciou-se a elaboração e execução do projeto para reforma do sistema de aterramento.

#### 2.1.1 DIGITALIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES

Este serviço engloba o melhoramento de sete subestações abaixadoras, todas localizadas na grande Recife, é constituído pelo desmonte dos quadros de automação (QAD, QDCC, QDCA, QDTP) situados no pátio e construção de uma nova casa de comando, onde serão implantados painéis de automação, que estarão conectados aos novos equipamentos (TC, TP, disjuntores, religadores) através dos cabos de controle e de comunicação (fibra óptica). A atividade inclui também serviços de fundação, escavação, construção de canaletas, lançamento de cabos, aterramento e instalações de estruturas, conforme o projeto estabelecido pela CELPE.



Como o material para realização do serviço de digitalização é de fornecimento da contratada, houve um levantamento de todos os utensílios utilizados na adequação das subestações. A seguir a Tabela 2.1 apresenta o material utilizado na construção da casa de comando.

Tabela 2.1 – Levantamento do material empregado na casa de comando SE Botafogo.

MATERIAL	Unidade	Quantidade
TIJOLO DE 08 FUROS	MIL	4,00
LAJE TRELIÇADA B12	M <sup>2</sup>	65,14
CIMENTO	SACO	100,00
AREIA GROSSA	CARR	1,00
AREIA FINA	CARR	1,00
BRITA Nº1	M <sup>3</sup>	11,00
TÁBUA DE 1X12"	M	180,00
ESTRONCAS DE 4,00M	UD	40,00
MADEIRIT RESINADO DE 12MM	FL	3,00
PREGO DE 2 1/2X10	KG	15,00
PREGO DE 1 1/2X13	KG	3,00
ARAME 18	KG	13,00
TIJOLO DE VIDRO DE 20X20CM	UD	30,00
COBOGÓ DE VIDRO COM 02 PEÇAS DE 10X20CM	CJ	10,00
PORTA DE FERRO DE 1,49X2,49M	UD	1,00
PORTA DE FERRO DE 1,30X2,10M	UD	1,00
CANTONEIRA L DE 1 1/2X3/16"	UD	7,00
CANTONEIRA L DE 5/8"X1/8"	UD	7,00
CHAPA XADREZ DE 1,2X2,00M POR 1/4"	UD	5,00
TELA SOLDADA COM FERRO 3.4 E ABERTURA DE 15CM	M <sup>2</sup>	65,00
FERRO 10.0	KG	260,00
FERRO 8.0	KG	130,00
FERRO 5.0	KG	110,00
FORRO DE GESSO ANTI-CHAMA	M <sup>2</sup>	39,00
CX DE CONCRETO PARA AR DE 22.000BTU'S	UD	2,00
AR CONDICIONADO DE 22.000 BTU'S	UD	2,00
EXTINTOR CO2 DE 6KG	UD	1,00
EXTINTOR CARRETA DE 50KG	UD	1,00
CERAMICA ELIZABETE DE 34X34 BRANCO GELO	M <sup>2</sup>	28,00
GRANILITE	SC	13,00
SAIBRO	M3	4,00
<b>MATEIRAL HIDRÁULICO</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
BACIA SANITÁRIA BRANCA COM CX ACOPLADA	UD	1,00
TAMPA ALMOFADADA PARA A BACIA	UD	1,00
PARAFUSO PARA BUCHA S12 PARA FIXAÇÃO BACIA E LAVATÓRIO	UD	4,00
CONJUNTO DE VEDAÇÃO PARA BACIA SANITÁRIA	UD	1,00
LAVATÓRIO DE PAREDE TAMANHO MÉDIO (APROX 40CM)	UD	1,00

SIFÃO DE COPO DE METAL P/LAVATÓRIO	UD	1,00
VÁLVULA DE METAL PARA LAVATÓRIO	UD	1,00
TORNEIRA DE PRESSÃO CELITE PARA LAVATÓRIO	UD	1,00
REGISTRO DE GAVETA CELITE COM CANOPLA DE 3/4"	UD	1,00
REGISTRO DE PASSAGEM DE 25MM DE PVC	UD	2,00
PORTA PAPEL HIGIENICO DE SOBREPOR-SIMPLES	UD	1,00
PORTA TOALHA DE PAPEL DE PVC-SIMPLES	UD	1,00
CABIDE COM 02 GANCHOS DE METAL	UD	1,00
PORTA SABONETE LÍQUIDO	UD	1,00
CAIXA D'AGUA DE PVC DE 500L	UD	1,00
TUBO DE 25 MARRON PARA ÁGUA	UD	3,00
TUBO DE ESGOTO DE 100MM	UD	4,00
TUBO DE ESGOTO DE 40MM	UD	0,50
TUBO DE ESGOTO DE 50MM	UD	1,00
RALO SINFONADO DE 100X40	UD	1,00
JOELHO DE 40-90º	UD	4,00
JOELHO DE 40 45º	UD	2,00
JOELHO DE 100-90º COM VISITA	UD	1,00
JOELHO DE 100-90º COM VISITA	UD	2,00
JOELHO 90º DE 25 PARA ÁGUA	UD	10,00
JOELHO LR AZUL DE 25X1/2"	UD	3,00
LUVA LR AZUL DE 25X1/2"	UD	3,00
BOIA DE PVC DE 3/4"	UD	2,00
TE DE 25-ÁGUA	UD	6,00
BISNAGA DE COLA TAMANHO MÉDIO	UD	1,00
FITA VEDA ROSCA	UD	1,00
REDUÇÃO DE 50X40 ESGOTO	UD	1,00
T DE 100MM COM VISITA PARA 50	UD	1,00
ADAPTADOR DE 25MM	UD	4,00
REGISTRO DE PASSAGEM 3/4	UD	1,00
<b>MATERIAL ELÉTRICO</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
LUMINÁRIO DE SOBREPOR PARA 02 FLUORESCENTES DE 32MM-COMPLETA	UD	4,00
CONDULETE TIPO E DE 1" COM TAMPA PARA TOMADA	UD	6,00
CONDULETE TIPO E DE 1" COM TAMPA PARA INTERRUPTOR DE 2 SEÇÕES	UD	1,00
CONDULETE DE 3/4" TIPO X COM TAMPA CEGA	UD	1,00
INTERRUPTOR DE EMBUTIR DE 1 SEÇÃO	UD	1,00
INTERRUPTOR DE EMBUTIR DE 2 SEÇÕES	UD	1,00
TOMADA 2P +T DE 10A	UD	4,00
TOMADA PARA AR CONDICIONADO 2P +T DE 20A P/CONDULETE	UD	2,00
TOMADA 2P +T DE 10A P/CONDULETE	UD	4,00
CAIXA 4X2 DE PVC	UD	2,00
SPOT PARA LAMPADA PL-O MAIS SIMPLES	UD	1,00
LAMPADA PL DE 10W	UD	1,00
LUMINÁRIA DE EMERGENCIA	UD	1,00
CABO DE 3X2,5	M	50,00

CABO DE 3X4,5	M	25,00
CABO DE 2,5MM VERDE	M	100,00
IDEM PRETO	M	50,00
IDEM AMARELO	M	50,00
IDEM BRANCO	M	50,00
FITA ISOLANTE COM 10M DE ALTA FUSÃO	UD	1,00
FITA ISOLANTE COM 20M DE BAIXA FUSÃO	UD	1,00
PARAFUSO SESTAVADO M8X50 C/BUCHA S12	UD	12,00
SISTEMA DE ALARME COM SIRENE 01 SENSORE DE PRESENÇA E 02 SENSORES DE FUMAÇA	UD	1,00
IDEM COM APENAS 01 SENSOR DE FUMAÇA	UD	1,00
CANALETA PERFURADA DE 38X38MM	UD	6,00
SAPATA DE FIXAR A CANALETA NA PAREDE	UD	9,00
SUPORTE CURTO	UD	18,00
VARÃO ROSCÁVEL DE 3/8"	UD	6,00
IDEM DE 1/4X3/4" COM ARRUELA	UD	100,00
X PARA CANALETA	UD	6,00
ABRAÇADEIRA TIPO CUNHA DE 3/4"	UD	10,00
ELETRODUTO TIGRE DE 3/4"	M	15,00
CURVA DE PVC DE 3/4" TIGRE	UD	3,00
CURVA DE PVC DE 1" TIGRE	UD	10,00
LUVA DE PVC DE 1" TIGRE	UD	30,00
LUVA DE 3/4" DE PVC TIGRE	UD	10,00
BUCHA DE ACABAMENTO DE 1"	UD	10,00
IDEM DE 3/4"	UD	10,00
ARRUELA DE 1"	UD	5,00
IDEM DE 3/4"	UD	5,00
CONDULETE TIPO C DE 1" COM TAMPA PARA TOMADA	UD	1,00
CABO DE 2 PARES PARA CENTRAL DE ALARME(VER COM TIAGO)	M	50,00
<b>MATERIAL PARA PINTURA</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
MASSA CORRIDA PVA	LT	7,00
SELADOR ACRILICO	LT	2,00
TINTA ACRILICA BRACO GELO PARA EXTERIOR	LT	2,00
ROLO LÃ DE CARNEIRO DE 30CM	UD	2,00
TRINCHA DE 2"	UD	2,00
TRINCHA DE 1"	UD	2,00
ROLO DE LÃ SINTÉTICA DE 10CM	UD	2,00
LIXA DE PAREDE DE Nº 120	UD	30,00
SOLVENTE	GL	1,00
ESMALTE SINTÉTICO AZUL FRANÇA	GL	1,00

Fonte: Próprio Autor.

Conforme se citou anteriormente, a atividade de digitalização das subestações envolve serviços eletromecânicos, alguns estão listados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Serviços e materiais medidos na digitalização da SE Botafogo.

Descrição Resumida	Descrição Detalhada	Unidade	Quantidade
BASE DISJ/RELIG ATÉ 34,5 KV	Executar base para disjuntor ou religador até 34,5 kv, incluindo serviços de escavação, reaterro compactado, fôrma, armadura, concreto da estrutura e chumbadores conforme projeto e especificação, em obras de subestação. Conforme projeto.	CDA	2,00
APLICAÇÃO POSTE VIGA TIS-3TIS	Instalar poste e viga para tis (conjunto de 3 tis) com fornecimento de material para estrutura suporte de equipamentos	CDA	4,00
INSTALAÇÃO TUBO PVC D150MM	Instalar tubo de PVC de 150 mm, com fornecimento do tubo e conexões incluindo os serviços de escavação e reaterro compactado, para sistema de abastecimento de agua e/ou drenagem, para obras de subestação.	M	8,00
CONSTRUÇÃO MEIO-FIO	Construir meio-fio, conforme projeto e especificação.	M	11,00
CONSTRUCAO CAIXA DE PASSAGEM 100X50X50	Construção de caixa de passagem para cabos de controle para obras de automação. Deverá ser construída conforme especificação.	CDA	3,00
DESMOBILIZAÇÃO DA OBRA	Desmobilizar espaço para armazenamento de insumos, vias de circulação de materiais e pessoas e instalação de apoio técnico e administrativo das obras de linha de distribuição em alta tensão, incluindo transporte.	KM	1,00
TRANSPORTE E DESCARGA DE MATERIAL	Material para transporte (descarga). Não se inclui neste item transporte de materiais para construção civil.	KM	333,00
DESATIVAR BANCO DE BATERIAS SELADAS	Desmontar de banco de baterias Seladas	CDA	1,00
INSTALAR RETIFICADOR TIRISTORIZADO	Instalar Retificador Tiristorizado, inclui anilhas, terminais, conexões, etc.	CDA	1,00
INSTALAR BANCO DE BATERIAS SELADA	Instalar de Banco de Baterias Seladas. Incluindo os Terminais de pressão, as anilhas, conexões, etc. Em obras de subestações, repetidoras e salas de comando em geral.	CDA	1,00
DESATIVAR RETIFICADOR	Desativar de retificador.	CDA	1,00
DESATIVAR QAD/QDCC/QDCA/QDTP	Desativar de quadro de automação QAD, QDCC, QDCA, QDTP. Estão inclusos nesse item a desconexão e retirada de todos os cabos, retirada ou demolição das bases de concreto caso exista e remoção do equipamento da SE.	CDA	4,00
DESATIVAR PAINEL ABRIGADO	Desativar Painel de Serviço Auxiliar, Painel de proteção, painel de UCS. Estão inclusos nesse item a desconexão e retirada de todos os cabos e remoção do equipamento da SE.	CDA	1,00
INSTALAR RELIGADOR 15KV	Instalação do novo religador de 13,8kv (com uso de guindauto), inclui conexões e pulos com as devidas proteções isolantes. Incluindo a conexões dos cabos de controle, Instalar toda a tubulação, de sealtubo.	CDA	7,00
RETIRAR RELIGADOR ATÉ 34,5 KV	Retirar religador, 13,8 kv ou 34,5 kv, incluindo todas as suas interligações, em obras de subestação.	CDA	6,00
INSTALAR RELE PAINEL 69	Instalar Relé de proteção em painel de Automação. Está incluso cabeamento, anilhas, terminais, aterramento de blindagens e ligação dos TC's.	CDA	1,00

INSTALAR RELE PAINEL 13.8	Instalar Relé de proteção em painel de Automação. Este item se refere a Instalar cada Relé. Está incluso cabeamento, anilhas, terminais, aterramento de blindagens e ligação dos TC's.	CDA	8,00
INSTALAR PAINEL ABRIGADO	Instalar painel de Proteção e Controle fixação no piso e aterramento na casa de comando da subestação.	CDA	5,00
LANÇAMENTO DE CABO DE FIBRA ÓTICA	Lançamento de cabo de fibra ótica para automação da subestação, repetidoras ou casa de comando. Para instalação entre equipamentos de Automação, proteção e telecomunicações.	M	20,00
INST ESTRUT SUP TC/TP ATÉ 34,5 KV	Instalar estrutura de suporte para TC ou TP até 34,5 kv, incluindo serviços de escavação, reaterro compactado, fôrma, armadura, concreto da estrutura e chumbadores, conforme projeto e especificação.	CDA	1,00
DESATIVAR TP-15KV(POR TI)	Desativar o conjunto de medição, removendo-o da base. Inclui a disponibilização de guindauto para içamento do equipamento	CDA	5,00
DESATIVAR TC-15KV (POR TI)	Desativar o conjunto de medição, removendo-o da base. Inclui a disponibilização de guindauto para içamento do equipamento	CDA	3,00
DESATIVAR CONJUNTO MEDICAO 15KV	Desativar o conjunto de medição, removendo-o da base. Inclui a disponibilização de guindauto para içamento do equipamento	CDA	1,00
INSTALAR TC-15KV	Instalar TC 15kv por TI (Transformador de indução). Incluindo o lançamento do cabo de controle, Instalar régua de bornie, anilhas, terminal, conexões. Conforme especificação.	CDA	3,00
INSTALAR TP-15KV	Instalar TP 15kv por TI (Transformador de indução). Incluindo o lançamento do cabo de controle, Instalar régua de bornie, anilhas, terminal, conexões. Conforme especificação.	CDA	3,00
INSTALAR PAINEL ABRIGADO	Instalar painel de Proteção e Controle fixação no piso e aterramento na casa de comando da subestação.	CDA	1,00
APLICAÇÃO KANAFLEX 2"	Instalar KANALEX de 2" para automação de equipamentos em subestações	M	74,00
APLICAÇÃO KANAFLEX 4"	Instalar KANALEX de 4" para automação de equipamentos em subestações	M	15,00
APLICAÇÃO TECNOFLEX 2"	Instalar Tecnoflex 2" para automação de equipamentos em subestações	M	73,00
APLICAÇÃO MACHO GIRATORIO 2"	Instalar Box Reto (Macho Giratório) 2" para automação de equipamentos em subestações	CDA	40,00
APLICAÇÃO MACHO RETO 2"	Instalar Box Reto (Macho Fixo) 2" para automação de equipamentos em subestações	CDA	4,00
APLICAÇÃO TUBO RIGIDO AÇO 2"	Instalar tubulação rígido tipo pesado em aço 2" para automação de equipamentos em subestações	M	18,00
APLICAÇÃO CONDULETE 2"	Instalar Condulete LB/LL/LR WETZEL 2" para automação de equipamentos em subestações	CDA	28,00
INSTALAR DISJUNTOR ATÉ 34,5 KV	Instalar disjuntor, 13,8 kv ou 34,5 kv, incluindo todas as suas interligações.	CDA	2,00
RETIRAR DISJUNTOR ATÉ 34,5 KV	Retirar disjuntor, 13,8 kv ou 34,5 kv, incluindo todas as suas interligações.	CDA	3,00
CANALETA CABOS CONTROLE	Executar canaleta para cabos de controle, incluindo serviços de escavação, reaterro e expurgo com tampas de concreto, conforme projeto e especificação, para obras de subestações.	M	51,03

CASA DE COMANDO	Construir casa de comando ou galpão dos cubículos, incluindo os serviços de fundação, estrutura, cobertura, pintura, canaleta, instalações elétricas, instalações hidro sanitárias, aterramento e todos os elementos contidos nos projetos e especificações.	M <sup>2</sup>	23,11
CONST MEIO-FIO	Construir meio-fio, conforme projeto e especificação.	M	28,00
MALHA DE TERRA	Executar serviços de instalação da malha de aterramento compreende a locação da malha, escavações, lançamento dos cabos, cravação das hastes, execução das conexões com solda exotérmica ou de oxiacetilênica e reaterro compactado manualmente, a fim de evitar a quebra das soldas, conforme projeto e especificação, para obras de subestações.	M	100,00

Fonte: Próprio Autor.

Abaixo seguem algumas fotos, do serviço realizado nas subestações contempladas no contrato de digitalização. Na Figura 2.1 temos a instalação de um BAY, configuração usualmente composta por disjuntores, chaves seccionadoras e transformadores de corrente que tem como objetivo, combinar todas estas funções individuais em um único equipamento, assim existe a possibilidade de verticalização da subestação afetando diretamente no custo e prazo da obra.

Figura 2.1 – Montagem de BAY na SE Pau Amarelo.



Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 2.2 e Figura 2.3 estão representadas as conexões dos equipamentos, cabos de controle e comunicação, com os novos painéis situados na casa de comando

através do lançamento de cabos pela canaleta construída, já que os quadros de automação presentes no pátio das subestações foram desativados.

Figura 2.2 – Conectorização BAY da SE Botafogo.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 2.3 – Lançamento de cabo dos religadores na SE Gasometro.



Fonte: Próprio Autor.

No trabalho de digitalização, antes de iniciar as atividades realmente relacionadas ao curso de engenharia elétrica como as montagens eletromecânicas e conectorização de cabos, é necessário acompanhar todo o serviço de construção e locação da casa de comando e canaletas. As Figuras 2.3 e 2.4 exibem esses serviços.

Figura 2.4 – Construção da casa de comando e escavação da nova canaleta SE Ibura.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 2.5 – Construção casa de comando na SE São Benedito.



Fonte: Próprio Autor.



### 2.1.2 CONSTRUÇÃO SE CUPIRA

O projeto de construção da SE Cupira, situada a 140 km de Recife, já tinha sido iniciado quando ingressei na FAAB Engenharia LTDA, logo somente as atividades de montagem eletromecânica e construção civil serão apresentadas.

Devido ao terreno da subestação possuir declive, um corte no solo se fez necessário para torna-lo plano, proporcionando o surgimento das áreas de acomodação, espaço entre o perfil original do lote e a área que se tornou plana. A solução para “segurar” a terra da parte mais alta entre os dois lados da acomodação é construir um muro de arrimo que irá estabilizar a pressão evitando o risco de desmoronamento, conforme mostra a Figura 2.6.

Figura 2.6 – Construção do muro de arrimo.



Fonte: Próprio Autor.

Como a locação da obra estava completa, incluindo toda a subestação com todas as bases e edificações, em paralelo a construção do muro de arrimo iniciou-se a execução da casa de comando, do muro divisório e da base para transformador de força (69/13.8 kV). A seguir a Figura 2.7 apresenta atividades realizadas.

Figura 2.7 – Construção da base do transformador, casa de comando e muro divisório.



Fonte: Próprio Autor

Com a elevação da alvenaria da casa de comando, as escavações para instalação das estruturas de concreto e construção das canaletas foram iniciadas. Na Figura 2.8 pode-se verificar o resultado da implantação de postes e bases dos religadores, no setor de 13,8 kV como também o término da bacia coletora de óleo do transformador.

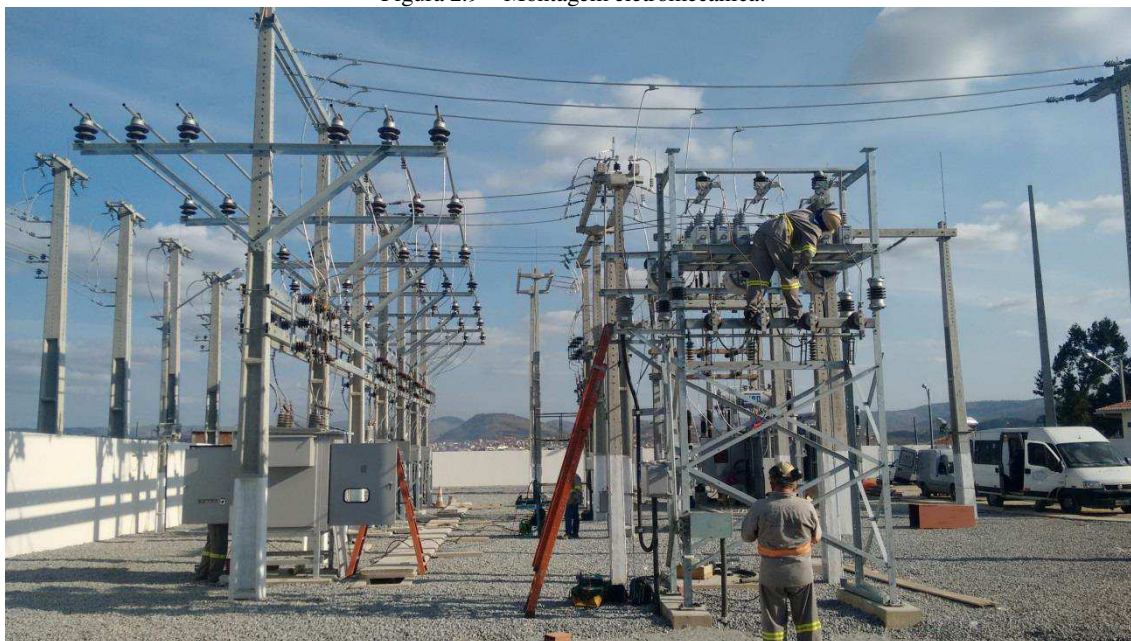
Figura 2.8 – Instalação estruturas de concreto setor de 13,8 e 69 kV.



Fonte: Próprio Autor.

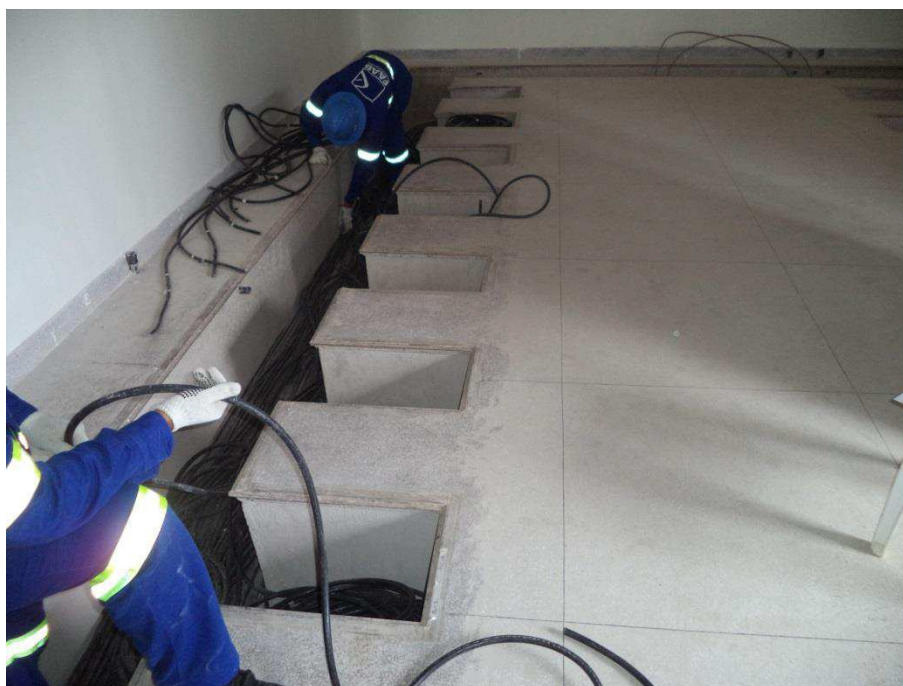
Ao término da implantação de todas as estruturas de concreto e armação de todos os pórticos, se começa a montagem dos equipamentos com suas respectivas interligações de controle e comunicação. No momento a casa de comando já está finalizada e pronta para receber os cabos provenientes dos equipamentos do pátio e os painéis. Abaixo as Figuras 2.9 e 2.10 apresentam as atividades citadas.

Figura 2.9 – Montagem eletromecânica.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 2.10 – Lançamentos de cabo de controle e comunicação.



Fonte: Próprio Autor.

Após a montagem eletromecânica e as interligações terem sido executadas, realizou-se um levantamento de todo material utilizado e juntamente com o engenheiro responsável pela obra, Rodrigo Nicodemos, se elaborou uma medição final da obra de SE Cupira. A Tabela 2.3 apresenta o documento final elaborado.

Tabela 2.3 – Lista de materiais para montagem eletromecânica SE Cupira.

DESCRIÇÃO	Quantidade	Unidade
<b>PARAFUSOS GALVANIZADOS (em aço carbono)</b>		
PARAFUSO OLHAL AÇO 20X200 C/ PORCAS E ARRUELAS	36,00	ud
PARAFUSO OLHAL AÇO 16X200 C/ PORCAS E ARRUELAS	21,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 16X 250 C/ PORCAS E ARRUELAS	48,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 16X 300 C/ PORCAS E ARRUELAS	110,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 16X 350 C/ PORCAS E ARRUELAS	36,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 16X 400 C/ PORCAS E ARRUELAS	20,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 16X 650 C/ PORCAS E ARRUELAS	6,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 250 C/ PORCAS E ARRUELAS	38,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 300 C/ PORCAS E ARRUELAS	12,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 350 C/ PORCAS E ARRUELAS	38,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 400 C/ PORCAS E ARRUELAS	24,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 450 C/ PORCAS E ARRUELAS	32,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 500 C/ PORCAS E ARRUELAS	24,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 600 C/ PORCAS E ARRUELAS	24,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 650 C/ PORCAS E ARRUELAS	12,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 700 C/ PORCAS E ARRUELAS	20,00	ud
PARAFUSO CAB QUAD AÇO 20X 750 C/ PORCAS E ARRUELAS	8,00	ud
PARAFUSO CAB SEXT INOX 12X 50 C/ PORCAS E ARRUELAS LISAS E PRESSÃO	80,00	ud
PARAFUSO CAB SEXT INOX 12X 40 C/ PORCAS E ARRUELAS LISAS E PRESSÃO	556,00	ud
PARAFUSO CAB SEXT GALV. M16 X 100 C/ PORCAS E ARRUELAS LISAS E PRESSÃO	268,00	ud
PARAFUSO CAB SEXT GALV. M16 X 50 C/ PORCAS E ARRUELAS LISAS E PRESSÃO	50,00	ud
PARAFUSO CAB SEXT GALV. M20 X 60 C/ PORCAS E ARRUELAS LISAS E PRESSÃO	216,00	ud

<b>PERFIL DE FERRO "U" GALVANIZADO 152.4 x 51.7 x 51.7 x 7.98mm (em aço carbono laminado)</b>		
PERFIL FE U 540X152,4X51,7X7,98MM	2,00	ud
PERFIL FE U 610X141,8X41,8X6,27MM	4,00	ud
PERFIL FE U 3500X152,4X51,7X7,98MM	2,00	ud
PERFIL TIPO U3 - 325mm	42,00	ud
PERFIL TIPO U2 - 4195mm	12,00	ud
PERFIL TIPO U1 - 4000mm	24,00	ud
<b>CANTONEIRAS FERRO "L" GALVANIZADO 76.2 x 76.2 x 7.94mm ( em aço carbono laminado)</b>		
CANTONEIRA FE "L" 460X76,2X76,2X7,94MM (C0)	14,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 535X76,2X76,2X7,94MM (C1)	4,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 570X76,2X76,2X7,94MM (C2)	6,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 610X76,2X76,2X7,94MM (C3)	8,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 650X76,2X76,2X7,94MM (C4)	4,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 685X76,2X76,2X7,94MM (C5)	4,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 335X76,2X76,2X7,94MM (C6 e C6A)	4,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 385X76,2X76,2X7,94MM (C7 e C7A)	4,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 420X76,2X76,2X7,94MM (C8 e C8A)	2,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 430X76,2X76,2X7,94MM (C9 e C9A)	4,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 480X76,2X76,2X7,94MM (C10)	4,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 580X76,2X76,2X7,94MM (C11)	2,00	ud
CANTONEIRA TIPO C12 - 5000mm	4,00	ud
CANTONEIRA TIPO C13A - 2642mm	14,00	ud
CANTONEIRA TIPO C13B - 2642mm	14,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 250x38x38x3,16mm	12,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 400x38x38x3,16mm	12,00	ud
CANTONEIRA FE "L" 800x38x38x3,16mm	6,00	ud
<b>CHAPA DE FERRO GALVANIZADA</b>		
EMENDA 250x114x7.98mm (barra de ferro chata)	30,00	ud
<b>TERMINAIS LUGS FABRICANTE: TAYCO - JOARP</b>		

CONETOR TRM AMPACT AL CABO/BARRA 4N 336,4MCM	70,00	ud
CONETOR TRM AMPACT AL CABO/BARRA 2N 336,4MCM	130,00	ud
CONETOR TRM AMPACT AL CABO/BARRA 4N 795AWG / MCM	24,00	ud
<b>CONECTOR TIPO CUNHA FABRICANTE: CONARC - JOARP</b>		
CONETOR AMPACT AL 4/OCAA / 4/OCAA	24,00	ud
CONETOR AMPACT AL 336,4CAA / 336,4CAA	160,00	ud
CONETOR AMPACT AL 636,4CAA / 636,4CAA	24,00	ud
CONETOR AMPACT AL 636,4CAA / 336,4CAA	30,00	ud
<b>CARTUCHOS AMPACT FABRICANTE – TYCO</b>		
CARTUCHO AMARELO (FERRAMENTA AMPACT)	40,00	ud
CARTUCHO BRANCO (FERRAMENTA AMPACT)	220,00	ud
CARTUCHO AZUL (FERRAMENTA AMPACT)	50,00	ud
<b>ELETRODUTO METÁLICO FABRICANTE - TECNOFLEX</b>		
ELETRODUTO METÁLICO FLEXÍVEL 2"	30,00	m
<b>CONDULETES DE ALUMÍNIO FABRICANTE - WETZEL</b>		
CONDULETES DE AL "LL" 50m - 2"	6,00	ud
CONDULETES DE AL "LR" 50m - 2"	6,00	ud
CONDULETES DE AL "T" 50m - 2"	10,00	ud
CONDULETES DE AL "LB" 50m - 2"	16,00	ud
<b>TERMINAIS – TIPO Sealtube FABRICANTE - TECNO-FLEX</b>		
TERMINAL MACHO FIXO 2"	14,00	ud
TERMINAL MACHO GIRATÓRIO 2"	14,00	ud
TERMINAL MACHO FIXO 1 1/2"	8,00	ud
TERMINAL MACHO GIRATÓRIO 1 1/2"	8,00	ud
<b>MATERIAIS DIVERSOS</b>		
ARRUELA AL 2"	30,00	ud
BUCHA DE ACABAMENTO AL 2"	30,00	ud
BUCHA REDUÇÃO AL 2 X 1.1/2"	30,00	ud
CADEADO PADO E-40 COMPRIDO	6,00	ud
CAIXA DE LIGAÇÃO AL 30 x 40	1,00	ud
CAIXA DE LIGAÇÃO AL 400 x 350	4,00	ud
CAIXA DE LIGAÇÃO AL 685 x 350	1,00	ud
CHUMBADOR TIPO LUVA 3/4" x 7"	12,00	ud

CHUMBADOR TIPO LUVA 5/16" x 2"	12,00	ud
CHUMBADOR TIPO LUVA 5/8" x 5"	20,00	ud
CONECTOR ATR AL 150	20,00	ud
CONECTOR ATR AL 2x70	25,00	ud
CONETOR EMENDA R AL TB 48/TB 48	20,00	ud
ELO BOLA 8000DAN	54,00	m
ENGATE CONCHA OLHAL 8000DAN	54,00	m
GRAMPO ANC. PASSANTE AL 336,4MCM CAA até 636 MCM CAA	54,00	ud
MANILHA 8000DAN	63,00	ud
OLHAL P/ PARAFUSO 16 MM	10,00	ud
ISOLADOR SUSPENSÃO POLIM. 72,5KV CB	21,00	ud
ISOLADOR SUSPENSÃO POLIM. GARFO OLHAL 15KV CB	42,00	ud
CABO DE COBRE 70.00 MM <sup>2</sup> 3A MD	1.493,58	kg
HASTE TERRA COBRE 16X2400MM	22,00	ud
CABO NU ACO/AL 3/0AWG	445,50	kg
CONECTOR IMPACT BR 95/70MM <sup>2</sup>	111,00	ud
POSTE CONCRETO ARMADO DT, TIPO B-1, 800 DAN, 10M	11,00	ud
POSTE CONCRETO ARMADO DT, TIPO B-3, 1500 DAN, 12M	5,00	ud
POSTE CONCRETO ARMADO DT, TIPO B-3, 1500 DAN, 10M	3,00	ud
POSTE CONCRETO ARMADO DT, TIPO B-3, 1500 DAN, 14M	4,00	ud
POSTE CONCRETO ARMADO DR 100 DAN 8M	12,00	ud
POSTE CONCRETO ARMADO DT, TIPO B-2, 600 DAN, 4M	2,00	ud
POSTE CONCRETO ARMADO TIPO VSV 5500MM	19,00	ud
POSTE CONCRETO ARMADO TIPO VSV 3500MM	9,00	ud
ANEL DE CONCRETO ARMADO TIPO CAPITEL	2,00	ud
SUPORTE JABAQUARA TIPO SSI-1.910MM	8,00	ud
SUPORTE JABAQUARA TIPO SSI-1.100MM	2,00	ud
CRUZETA CDN 1900MM	2,00	ud

### 2.1.3 MELHORAMENTO E ADEQUAÇÃO DA MALHA DE ATERRAMENTO

Como última atividade do período de estágio, foi realizado um melhoramento e adequação da malha de aterramento da SE José Mariano, situada na cidade de Ribeirão. Este serviço foi dividido em etapas:

1. Levantamento do tipo de cabo utilizado na malha de aterramento;
2. Verificação do reticulado;
3. Medição da resistência do sistema de aterramento;
4. Medição da resistividade do solo da SE José Mariano;
5. Análise das tensões de passo e toque do solo ;
6. Validação da malha de aterramento existente na subestação;
7. Adequação da malha de aterramento da subestação.

O levantamento do cabo utilizado na malha de aterramento e a verificação do reticulado foram realizados com escavações próximas as caixas de inspeção ou rabichos de equipamentos. Primeiramente segue-se o eletrodo até encontrar sua conexão exotérmica com a trama, após identificar a junção, continua-se a escavação no sentido do cabo da malha de aterramento com finalidade de se encontrar outra conexão, assim ao se deparar com as duas interligações, pode-se efetuar a medição do reticulado da trama e com auxílio de um paquímetro se obtém o tamanho da seção do condutor.

A seguir nas Figuras 2.11 e 2.12 mostram as escavações realizadas para verificação da malha de aterramento na SE José Mariano, onde se encontrou um reticulado de 6 m x 6 m no setor de 69 kV e no pátio de 13.8 kV condutores espaçados de 4 m envolvendo o setor, com o eletrodo horizontal possuindo uma seção de 95 mm<sup>2</sup>.



Figura 2.11 – Escavação nos setores 13.8 e 69 kV.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 2.12 – Identificação de solda exotérmica na malha de aterramento.



Fonte: Próprio Autor

Com as instruções da NBR 7117 “Medição da resistividade do solo pelo método dos quatro pontos”, da NBR 15749 “Medição de resistência de aterramento e de

potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento” e auxílio do Terrômetro digital modelo MTD20 KWe da Megabras, coletou-se os parâmetros de resistividade do solo, através do Método de Wenner, para análise das tensões de passo e toque do sistema de aterramento . Abaixo, na Figura 2.13, uma ilustração do terrômetro utilizado.

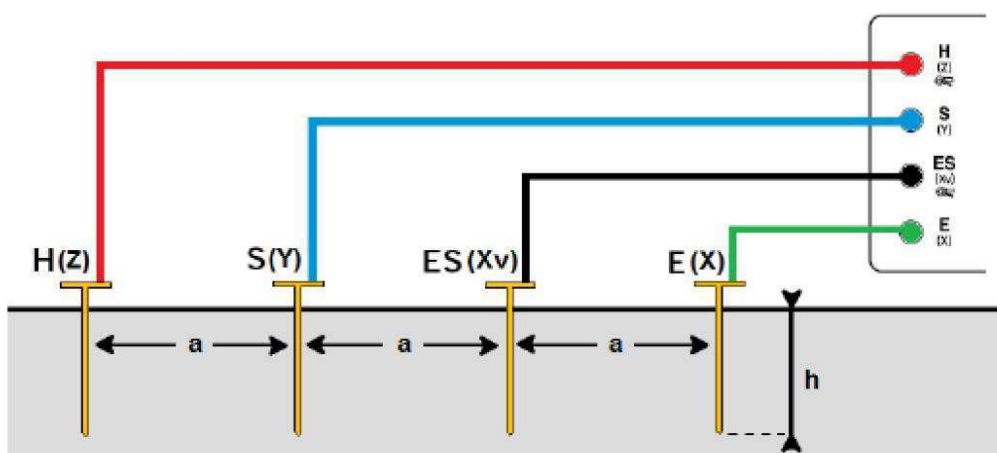
Figura 2.13 – Terrômetro Digital.



Fonte: Megabras.

Na figura 2.14 um ilustrativo de como foram realizadas as medições e a disposição das hastes no Método de Wenner.

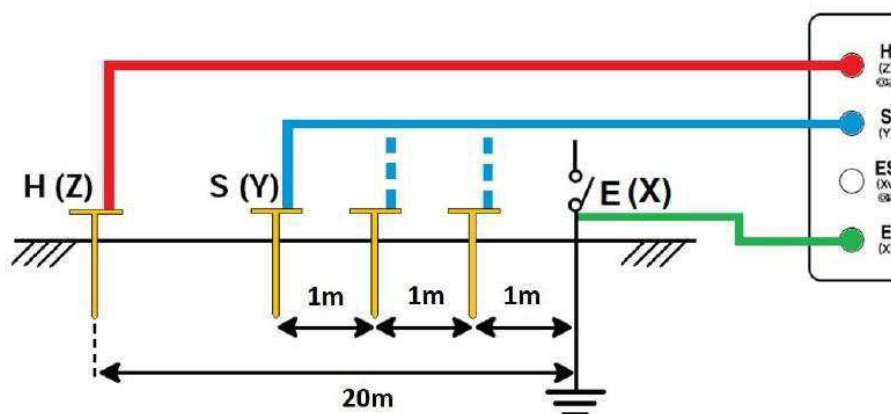
Figura 2.14 - Disposição e conexão das hastes na medição de resistividade do solo.



Fonte: DIAS, 2011, p.42.

Na medição da resistência de aterramento se utilizou o Método da Queda de Potencial, a seguir na figura 2.15 um ilustrativo da configuração das hastes, no método citado.

Figura 2.15 - Disposição e conexão das hastes na medição da resistência de aterramento.



Fonte: Fonte: DIAS, 2011, p.48.

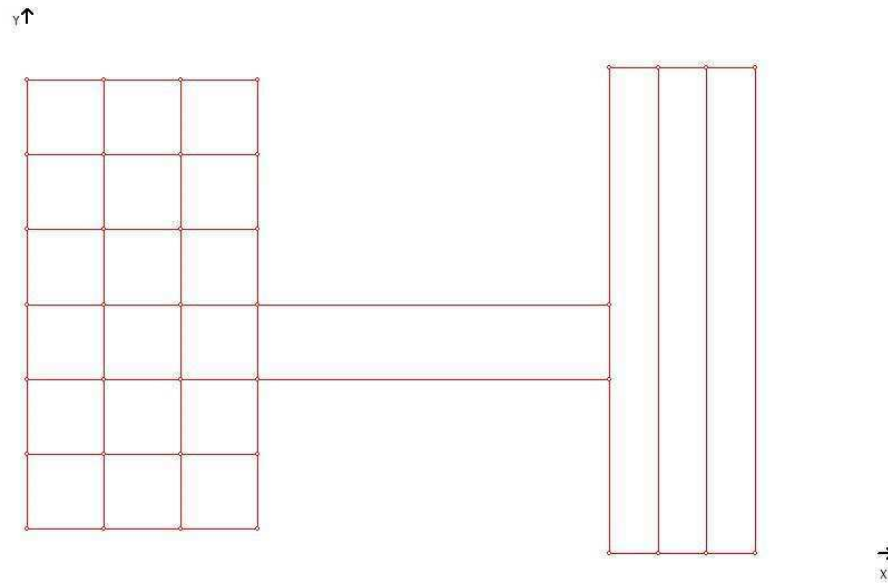
Os dados da resistividade do solo medidos, foram incrementados no *software* especialista, TecAt Plus 6.2, com a finalidade de validar a eficiência do sistema de aterramento. Com a simulação dos parâmetros, obteve-se uma estratificação do solo em duas camadas, a primeira possui um resistividade de  $367,45 \Omega \cdot m$  e uma profundidade de  $2,20 m$ , a segunda faixa de solo tem uma resistividade de  $100,29 \Omega \cdot m$ . O relatório gerado encontra-se em anexo no apêndice A.

O resultado obtido pelo *software* ratifica as experiências ocorridas durante a medição, pois em algumas faixas de terra da subestação, teve-se que serrar a haste já que a mesma ficou “presa” no solo devido a sua composição rochosa e compactação.

Em razão da segunda camada de solo da subestação de José Mariano apresentar uma resistividade menor, uma solução viável para o melhoramento da resistência da malha de aterramento, é o aprofundamento dos condutores verticais, pois assim consegue-se atingir as faixas mais profundas, que irão conduzir melhor a corrente dissipada pelo sistema de aterramento.

Para análise dos potenciais de toque e passo no solo, o usuário define cada eletrodo da malha individualmente, por suas dimensões e coordenadas, incluindo os condutores verticais, horizontais e inclinados. Os conectores (compressão ou solda) são adicionados automaticamente. A Figura 2.16 ilustra a malha de aterramento existente:

Figura 2.16 – Representação da malha de terra existente na SE José Mariano.



Fonte: Próprio Autor.

Com a simulação da malha feita, adiciona-se a corrente de curto-circuito imposta pela contratante (12,5 kA) com duração de 0,5 s o revestimento de brita é padronizada pela CELPE atingindo a espessura de 10 à 15 cm. Logo incrementando todos esses dados no TecAt Plus 6.2, o potencial de toque admissível é de 703,1 V e o limite do potencial de passo é 2319,91 V.

A Figura 2.17, a seguir ilustra a adição dos dados citados e o resultado obtido.

Figura 2.17 – Potencial de toque e passo na SE Jose Mariano.

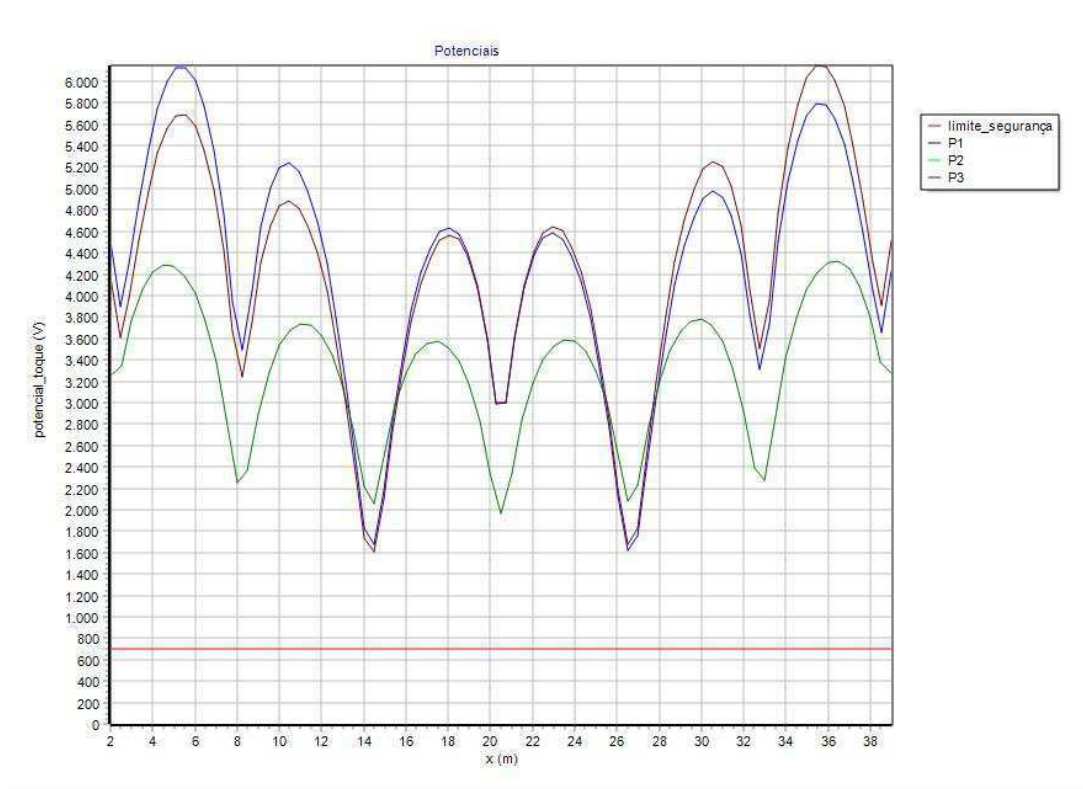
**Potenciais Admissíveis**

Revestimento de brita	Peso do operador	Proteção
<input checked="" type="checkbox"/> usar brita -> Resistividade da brita [Ohm.m] <input type="text" value="3000,00"/> <input type="button" value="Selecionar"/>	<input checked="" type="radio"/> 50 kgf <input type="radio"/> 70 kgf	Duração da falta <input type="text" value="0,5"/> s Corrente da falta <input type="text" value="12,5"/> kA
Espessura da camada [m] <input type="text" value="0,1"/>	<input type="button" value="Atualizar"/>	<input type="button" value="Calcular:"/>
Potencial de Toque admissível [V]: <input type="text" value="703,01"/>		Potencial de Passo admissível [V]: <input type="text" value="2319,91"/>

Fonte: Próprio Autor.

Através do próprio *software* gerou-se um gráfico em duas dimensões para análise do potencial de toque na subestação de José Mariano, ver na Figura 2.18. Em razão de as curvas extrapolarem o limite de segurança, ultrapassando os 6000 V de tensão, se faz necessário um melhoramento no sistema de aterramento da SE.

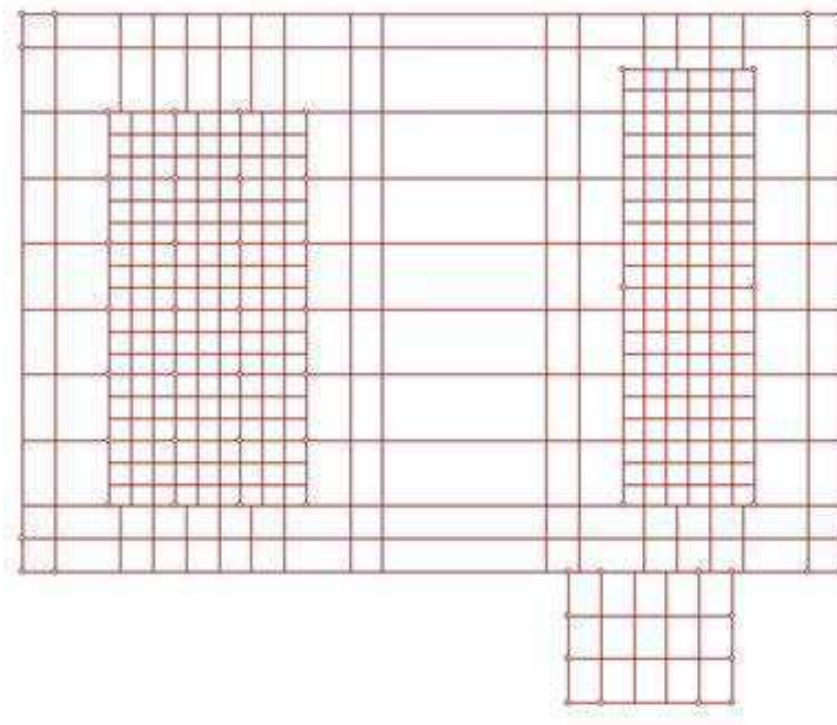
Figura 2.18 – Potencial de toque SE Jose Mariano.



Fonte: Próprio Autor.

Utilizando-se do método de redução do reticulado e aprofundamento dos eletrodos, citado anteriormente, obteve-se uma configuração com o reticulado de 2 m x 2 m em ambos os setores além da inserção de novos eletrodos verticais na trama. Assim usou-se 2100 m de cabo de cobre nú 70 mm<sup>2</sup> e 25 hastes de aço cobreado 5/8" x 2,4 m totalizando uma quantidade de 325 conexões exotérmicas. Dessa maneira a disposição dos novos condutores está representada na Figura 2.19.

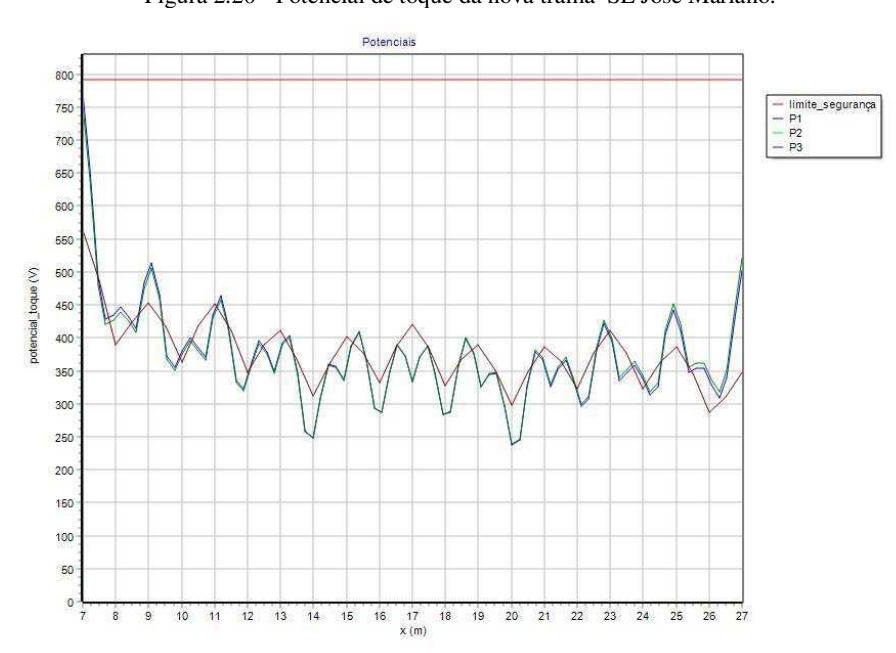
Figura 2.19 - Nova Malha de Aterramento SE Jose Mariano.



Fonte: Próprio Autor.

Empregando-se os mesmos parâmetros utilizados anteriormente de resistividade do solo, corrente de curto-circuito, espessura da camada de brita e duração da falta na simulação do novo projeto da malha de aterramento, se gerou o gráfico de potencial de toque, ver Figura 2.20.

Figura 2.20 - Potencial de toque da nova trama SE Jose Mariano.



Fonte: Próprio Autor.

Com a nova trama percebe-se uma redução drástica, cerca de 90% de queda no potencial de toque da SE, ratificando os métodos empregados no melhoramento, logo com a validação da malha de aterramento e sabendo da quantidade de material que seria utilizada no serviço, deslocou-se uma equipe com oito ajudantes e dois encarregados para iniciar o mapeamento da localização de cada condutor.

Iniciou-se o trabalho com a retirada da brita e escavações no pátio de 13,8 kV, cada vala está a uma distância de 2m da outra, conforme foi estabelecido na simulação. Segue abaixo, nas Figuras 2.21 e 2.22, ilustração da escavação.

Figura 2.21 – Escavações no setor de 13,8 kV.



Fonte: Próprio Autor

Figura 2.22 – Escavação setor 13,8 kV.



Fonte: Próprio Autor.

A abertura de valas no setor de 13,8 e 69 kV foram feitas manualmente, devido a falta de projetos da malha de aterramento existente e do sistema de drenagem além da subestação está energizada, por isso o uso de maquinário no auxílio das escavações só foi liberado nos setores fora da área britada. Abaixo seguem as Figuras 2.23 e 2.24 representando a utilização da mini retroescavadeira.

Figura 2.23 – Escavações com auxílio de mini retroescavadeira próximo ao setor 69 kV.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 2.24 - Escavações com auxílio de mini retroescavadeira próximo ao setor 13,8 kV.



Fonte: Próprio Autor.



Com a finalização das escavações, iniciaram-se as atividades de lançamento do cabo de cobre, aplicação de soldas exotérmicas e aplicação de hastes de aterramento.

A Figura 2.25 ilustra o lançamento do condutor nas novas valas.

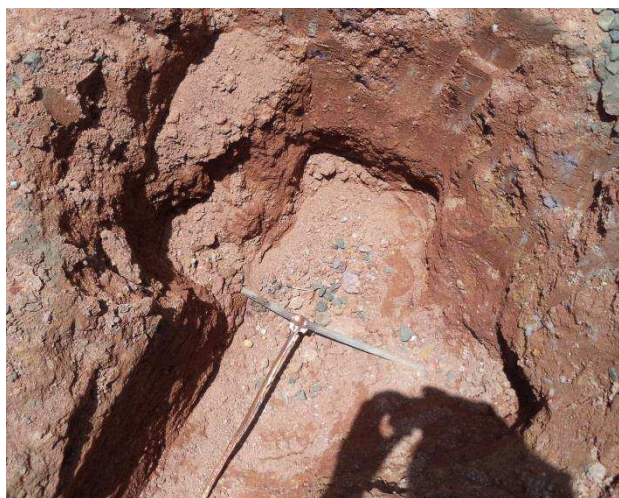
Figura 2.25 – Lançamento de cabos para formação de novo reticulado.



Fonte: Próprio Autor.

A Figura 2.26 ilustra a aplicação de solda exotérmica tipo “T” cabo passante 95 mm<sup>2</sup> derivação 70 mm<sup>2</sup>, para execução da atividade necessita-se da máscara de proteção devido a fumaça tóxica liberada durante o processo.

Figura 2.26 – Aplicação de solda exotérmica.



Fonte: Próprio Autor.

Devido às escavações, verificou-se que a conexão do neutro do transformador de força estava bastante danificada, logo se fez necessária uma interligação com o novo sistema de aterramento. Como o novo eletrodo já estava conectado com antiga malha de aterramento utilizou-se um conector Ampact 636/336, para realizar a ligação do neutro do transformador em dois pontos distintos da trama.

Segue abaixo, a Figura 2.27 que representa a interligação em dois pontos distintos.

Figura 2.27 – Conexão do neutro do transformador com a nova malha de aterramento.



Fonte: Próprio Autor.

### 3 CONCLUSÃO

Através das experiências adquiridas no estágio desenvolvido na FAAB Engenharia LTDA pode-se verificar o quanto é importante a oportunidade de aprender aplicações práticas da engenharia, pois muitas vezes os alunos que estão na universidade não sabem o que acontece no ambiente e trabalho.

Durante esse período, o estudante tem uma excelente oportunidade para assimilar e desenvolver novas habilidades, ou seja, é um momento propício para refinar características pessoais que irão moldar a sua personalidade à medida que proporciona o convívio com profissionais mais experientes e de áreas distintas.

Nota-se que a qualificação de um profissional no mercado de trabalho, não se limita ao seu domínio de conhecimento teórico, mas como se dá sua resolução para problemas de todo tipo, qualidades que muitas vezes só são aproveitadas na prática.

Durante a experiência percebeu-se que no curso de Engenharia Elétrica poderia ser mais enfatizada a realidade do mercado de trabalho, através de estudos de casos e maior número de visitas técnicas.

## 4 REFERÊNCIAS

NBR 15751. **Sistemas de Aterramento de Subestações**. ABNT, 2009.

NBR 15749. **Medição de Resistência de Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento**. ABNT, 2009.

NBR 7117. **Medição da Resistividade e Determinação da Estratificação do Solo**. ABNT, 2012.

MEGABRAS. **Megabras**, 27 Abril 2016. Disponível em: <<http://ww.megabras.com.br/pt-br/produtos/terrometro/terrometro-digital-MTD20KWe.php>>.

# APÊNDICE A – RELATÓRIO ESTRATIFICAÇÃO DO

## SOLO SE JOSE MARIANO

A seguir o relatório gerado pelo TecAt Plus 6.2, apresentando o espaçamento das linhas de medições da resistividade do solo e determinando a estratificação do solo no local da medição.

Projeto:	SE José Mariano					
Cliente:	Celpe					
Data:	14/10/2016					
Local:	SE José Mariano					
Modelo:	Wenner					
Fórmula:	Completa					
Prof. med.:	0,5					
Aparelho:	Terrômetro digital MTD-20Kwe					
Medições:						
espaçamento	Tinhas de medição:					
[m]	[Ohm]					
a	A	B	C	D	E	F
2,00	48,30	15,10	22,90	18,20	21,80	2,04
4,00	9,45	5,72	16,28	8,85	11,34	1,16
8,00	0,70	1,71	5,19	2,46	0,55	0,00
16,00	2,14	0,40	1,87	0,22	0,00	0,00
Resultado:						
N° de camadas:	2					
camada #1:	367,45 [Ohm.m] x 2,2 [m]					
camada #2:	100,29 [Ohm.m] x					
Ajuste da Estratificação da Resistividade do Solo:						
espaçamento	medida	calculada	desvio			
[m]	[Ohm.m]	[Ohm.m]	%			
2,00	295,59	308,57	-4,39			
4,00	227,07	201,20	11,39			
8,00	107,39	121,82	-13,44			
16,00	116,56	103,83	10,92			
erro RMS =	11 %					
Diagrama:						
R1=	367.45	H1=	2.20			
R2=	100.29	H2=	Inf.			