



Universidade Federal de Campina Grande – UFCG  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI  
Departamento de Engenharia Elétrica – DEE

DANIEL FERREIRA FERNANDES DE ALBUQUERQUE  
MATRÍCULA: 110210240

## *RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO*

Campina Grande, Paraíba

Setembro de 2012

Daniel Ferreira Fernandes de Albuquerque

## Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à  
Unidade Acadêmica 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.

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba

Setembro de 2012

## **Agradecimentos**

A Deus, que nunca me deixou só nesta jornada.

A meus pais, Ana Cláudia e Paulo Roberto, que lutam sempre para me oferecer o melhor e nunca faltaram com o carinho, atenção e amor.

A minha querida irmã Ana Paula, que sempre esteve disposta a me ajudar.

A minha namorada Bruna Denise, pela paciência, pela força e pelo carinho durante todo o período do curso.

A meus amigos César, Jailson, Roana, Karenine, Pollyana, Camila e os amigos da Turma que estiveram ao meu lado, todas as horas que precisei.

Aos filhos Viverdes que me deram força e apoio no final desta caminhada.

Aos engenheiros João Eugênio e Antônio José pela oportunidade, pela paciência e atenção concedidas durante o estágio.

Por fim, agradeço a todos os professores e funcionários que contribuíram em minha formação, em especial, o professor George Rossany pelos ensinamentos e orientação neste trabalho.

## Lista de Ilustração

Figura 1 - Localização da cidade de Campina Grande.....	4
Figura 2 – Localização de SE Aeroclube .....	5
Figura 3 – Diagrama unifilar da SE Aeroclube .....	6
Figura 4- Base do trafo e caixa coletora .....	7
Figura 5 – Caixa separadora de óleo .....	7
Figura 6 – Malha de terra .....	9
Figura 7 – Solda exotérmica .....	9
Figura 8 – Quadro de Distribuição de Corrente Alternada (QDCA) .....	11
Figura 9 – Página do projeto de interligação .....	13
Figura 10 – Diagrama do Sistema SCADA utilizado pela Energisa/PB.....	15
Figura 11 – Diagrama casa de comando de SE Aeroclube.....	16
Figura 12 – Retificador .....	17
Figura 13 - Bancada de comunicação e inversor.....	18
Figura 14 - Pannel de medição.....	19
Figura 15 - Método de Werner .....	20
Figura 16 – Pontos onde foram realizadas as medições .....	21
Figura 17: Exemplos da sinalização e codificação dos equipamentos .....	26
Figura 18 – Projeto Arranjo físico 69kV/13,8kV .....	28
Figura 19 – Arranjo físico 69kV/13,8kV – Conforme Construído .....	29

## **Lista de Abreviações**

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CONCENGE – Construções Vivis Elet. e Eng. LTDA

SE – Subestação

EPI – Equipamento de Proteção Individual

CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba

QDCA – Quadro de Distribuição de Corrente Alternada

QDCC - Quadro de Distribuição de Corrente Contínua

DEC – Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor

FEC – Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor

TC – Transformador de Corrente

TP – Transformador de Potencial

NBI – Nível Básico de Isolamento

# Sumário

<b>1.Introdução</b> .....	1
<b>2. A empresa</b> .....	2
<b>3. O Estágio</b> .....	3
3.1 A cidade de Campina Grande .....	4
3.2 Subestação Aero clube .....	5
3.2.1 Instalações Cíveis .....	6
3.2.2 Instalações Eletromecânicas .....	8
3.2.3 Instalações Elétricas .....	10
3.3 Automação e Proteção de SE Aero clube .....	14
<b>4. Atividades Realizadas</b> .....	20
4.1 Medição da resistividade do solo .....	20
4.2 Acompanhamento das obras .....	22
4.3 Codificação dos equipamentos .....	23
4.4 As built .....	25
<b>5. Conclusões</b> .....	29
<b>6. Referência Bibliográfica</b> .....	30
<b>7. Anexo</b> .....	31

# 1. Introdução

O Estágio Supervisionado foi realizado na empresa CONCENGE (Construções Cíveis Elétricas e Engenharia LTDA), especializada no projeto, automação e construção de subestações (SEs) de distribuição.

Durante o período de estágio (15/02/2012 a 15/08/2012), o estagiário participou de diversos trabalhos, onde foi dado destaque às seguintes atividades envolvendo projeto e construção de subestações:

- Medições de resistividade do solo do terreno da subestação (SE) SE Aero clube.
- Medição de resistência da malha de aterramento da SE Aero clube.
- Acompanhamento e fiscalização da execução das obras civis, eletromecânicas e elétricas da SE Aero clube.
- Suporte as obras de ampliação da SE Catolé e SE Riachão.
- Atendimento e diálogo diário com fiscais da obra contratados à Energisa Paraíba.
- Atualização de todos projetos conforme construído (*As Built*) no AutoCAD.

Este relatório descreve, de uma maneira sucinta e ilustrativa (com figuras no Anexo 1), as atividades realizadas na disciplina do Estágio Supervisionado sob supervisão do engenheiro eletricista João Eugênio Vinagre Neiva.

## **2. A empresa**

A CONCENGE (Construções Cíveis Elétrica e Engenharia LTDA) é uma empresa de pequeno porte, com cerca de 50 funcionários, sediada na Rua Dom Moisés Coelho, 192, bairro da Torre, na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Os engenheiros eletrotécnicos João Eugênio Vinagre Neiva e Antônio José de Oliveira Neto fundaram a CONCENGE, em 1993, visando prestar serviços relacionados a projetos e execução de instalações elétricas prediais e industriais, redes de alta e baixa tensão, linhas de transmissão e subestações de distribuição.

Atualmente, a CONCENGE presta serviços a várias empresas da região Nordeste, sendo seu principal cliente a Energisa/PB. Nos últimos anos realizou reformas, ampliações, construções e automações de subestações no estado da Paraíba e Bahia.

### 3. O estágio

Com o processo de privatização das empresas de distribuição de energia elétrica no Brasil, grandes investimentos foram feitos na melhoria e expansão do sistema de distribuição, visando otimizar os lucros dos grupos privados e atender as novas exigências do setor elétrico feitas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Dentre os principais investimentos do grupo Energisa Borborema na cidade de Campina Grande, destacam-se a construção e a automação de subestações.

A construção de uma subestação é uma tarefa que envolve muitas disciplinas, pois se faz necessário conhecimentos, principalmente de engenharia elétrica e civil. Por isso a execução da obra de uma SE é dividida entre três grupos de trabalho:

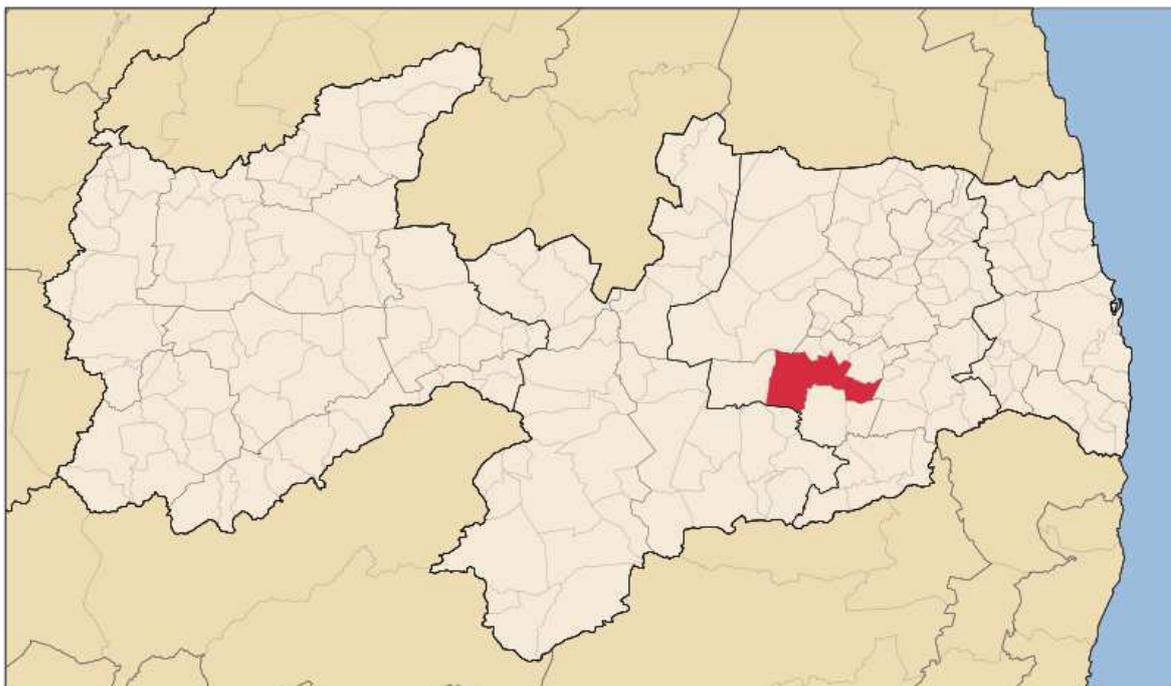
- O grupo responsável pela parte civil, isto é, a construção da infraestrutura física que adequará o meio para o funcionamento da SE e proporcionará segurança aos operadores e ao sistema elétrico, com a construção das bases para os equipamentos, muros, casa de comando, cercas e calçamento;
- O grupo responsável pela parte de eletromecânica, encarregados da construção da malha de aterramento, fixação das estruturas de postes e barramentos, montagem e instalação de equipamentos;
- A equipe da eletricidade, que realiza toda interligação elétrica dos equipamentos, quadros de energia, iluminação e painéis da SE, além de fazer o anilhamento de todos os cabos utilizados para essa interligação.

É bastante importante que essas três equipes trabalhem em sinergia, para uma maior eficiência nos serviços realizados e maior aproveitamento de seus trabalhadores.

A CONCENGE é responsável pelos serviços da topografia, obras civis, montagem eletromecânica, interligação dos equipamentos, suporte ao pessoal de comissionamento, supervisão de montagem de equipamentos e fornecimento de *As Built* de todos projetos, ao final da obra, com fornecimento de desenho em *AutoCad*.

### 3.1 A cidade de Campina Grande

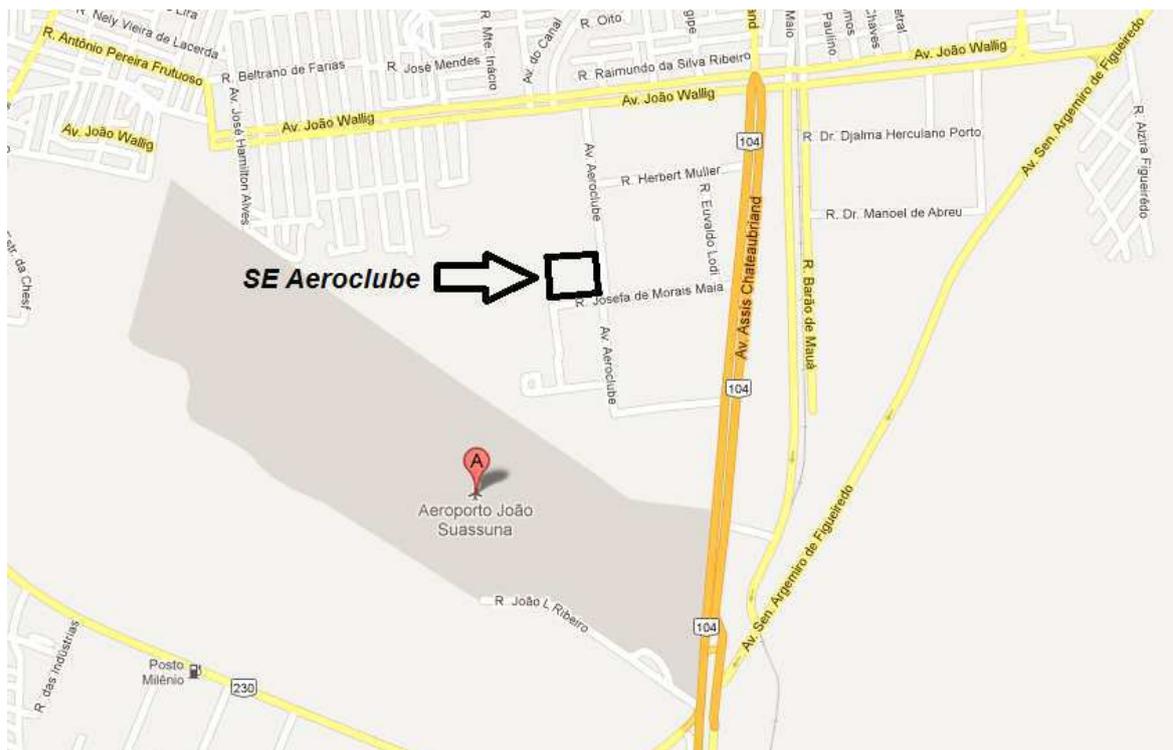
Campina Grande é um município do estado da Paraíba, localizada (Figura 1) em uma posição geograficamente estratégica na Serra da Borborema, a uma altitude de 551 metros e a uma distância de 125 km da capital João Pessoa. A cidade é considerada um dos principais pólos industriais do Nordeste e um dos maiores pólos tecnológicos da América Latina.



**Figura 1: Localização da cidade de Campina Grande [1].**

Devido ao seu crescimento econômico e de sua produção industrial, se faz necessário grandes investimentos da concessionária de energia elétrica para atender essa demanda requerida e conseguir o aprimoramento dos serviços prestados. Com o intuito de minimizar os problemas de energia no distrito industrial da cidade, a concessionária optou pela construção de uma subestação com capacidade de transformação final de 25MVA, para atender principalmente a indústria da Alpargatas e no futuro, quaisquer novas fábricas que venham a surgir na área.

A SE Aeroclube fica localizada no bairro do Distrito Industrial da cidade de Campina Grande (Figura 2), o local é bastante centralizado, com previsão de construção de fábricas ao seu redor. Por isso, a SE Aeroclube prevê ampliação para atender o crescimento das cargas futuras por um longo prazo, trazendo qualidade e confiabilidade à energia distribuída para os grandes consumidores da região.



**Figura 2 – Localização da SE Aeroclube.**

### **3.2 Subestação Aeroclube**

Os projetos eletromecânicos e civis da SE Aeroclube, foram realizados pela empresa Petra Engenharia. O objetivo com a construção da subestação será atender a demanda atual e receber no futuro, uma nova ampliação devido o aumento crescente da carga na região.

A SE Aeroclube será construída em terreno medindo 58 m x 52 m, terá os níveis de tensão 69/13,8 kV e terá inicialmente capacidade de transformação instalada de 12,5MVA. É possível verificar no diagrama unifilar mostrado na Figura 3, que a SE possui um barramento principal e um de transferência, três alimentadores de 13,8kV, quatro religadores e um banco de capacitores de 3,6Mvar. SE Aeroclube será conectada à subestação SE Catolé (ENERGISA), através da linha de distribuição 69 kV CATOLÉ/AEROCLUBE, construída de forma simultânea à subestação.

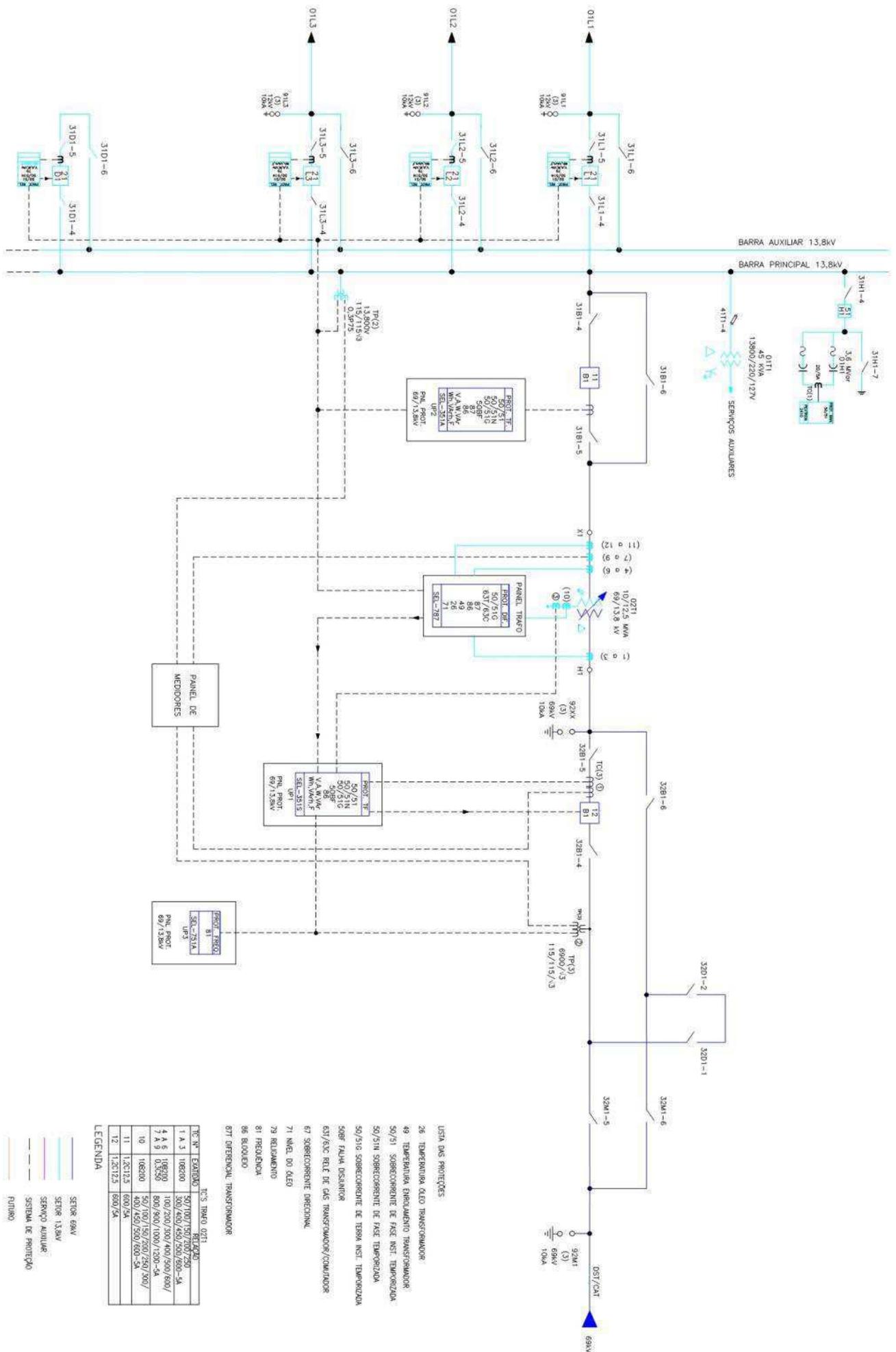


Figura 3 – Diagrama unifilar da SE Aeroclube [2].

### **3.2.1 Instalações civis**

A subestação foi construída numa área de 4000 m<sup>2</sup>, com um pátio operacional de 3016m<sup>2</sup> e para toda essa área foi necessária a supressão da vegetação e sujeira (pois o terreno era um local de despejo de lixo). Em seguida, com o reaterro, o terreno foi elevado 70 cm para deixá-lo acima do nível da calçada para não tornar o pátio um local de acúmulo de água das chuvas e por fim foi feita a terraplanagem do terreno.

Começou então a grande parte dos trabalhos da equipe de civil, que contou com um maior efetivo de 6 pedreiros, 11 ajudantes e um encarregado e eles foram responsáveis inicialmente pela construção da mureta de contenção de brita do pátio, das instalações sanitárias do canteiro de obra, além do depósito de ferramentas e materiais, e do escritório utilizado pela fiscalização.

No setor de 69 kV, foram confeccionadas as bases em concreto armado para um disjuntor atual e uma para disjuntor futuro, com seis bases para os transformadores de corrente (TC). Foram feitas sete caixas de passagem dos cabos de controle e comunicação dos equipamentos, três valetas de concreto para drenagem do pátio, além das bases dos holofotes para iluminação da SE.

No lado de 13,8kV, foi feita a base de um disjuntor, a base de um banco de capacitores, três bases dos TCs, duas bases em concreto (usinado) dos transformadores de força (atual e futuro), mais sete caixas de passagem dos cabos, as bases para antena VSAT e para antena de comunicação, duas canaletas de concreto para drenagem, quatro bases dos holofotes de iluminação e os dois abrigos para carreta extintora.

A casa de comando foi feita em alvenaria e coberta por laje pré-moldada impermeabilizada com uma área aproximada de 20 m<sup>2</sup>, sendo composta de sala de comando, sala de baterias e banheiro.

Para a proteção contra incêndios e prevenção de danos ao meio ambiente, devido o vazamento de óleo isolante dos transformadores de potência, foi construída uma bacia coletora abaixo e ao redor do equipamento (exposta na Figura 4), sendo canalizado o escoamento do óleo para caixa separadora (mostrada na Figura 5) que irá reter o óleo e permitirá a passagem da água para uma “boca de lobo” interligada a rede da Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Para o trato dos fluidos também foi construída

uma fossa séptica, um filtro anaeróbico e um sumidouro, todas interligadas ao banheiro e entre si.



**Figura 4- Base do trafo e caixa coletora.**



**Figura 5 – Caixa separadora de óleo.**

As obras civis apresentaram muitas alterações em relação aos projetos disponibilizados, pois a concessionária local de energia contratou uma empresa de outro estado que não criou os projetos seguindo os padrões utilizados pela Energisa, com muitos excessos, que causariam grandes aditivos para empresa. Os trabalhos e obras seguiram, em sua maioria, conforme cronograma inicial, com exceção da casa de comando que necessitou de mais de vinte dias para sua conclusão, devido a falta de mão de obra qualificada. Porém, todas as obras da equipe de construção civil, foram entregues dentro do prazo inicialmente estipulado.

### **3.2.2 Instalações Eletromecânicas**

As equipes de eletromecânica são responsáveis pela montagem de estruturas e equipamentos, pela montagem dos barramentos e pelo aterramento da SE. A equipe de eletromecânica contava com um encarregado, um motorista/operador do caminhão tipo Munck, dois montadores e três ajudantes práticos.

Primeiramente, foi feito o aterramento da SE, com a execução de valetas para malha de terra, o lançamento do cabo (Figura 06) de cobre nú (95mm<sup>2</sup>) e, em seguida, a soldagem dos pontos de intercessão dos cabos (um exemplo da soldagem realizada é exposta na Figura 7), sendo por fim recoberta por uma camada de 60cm de terra. Foi dado então início a montagem das estruturas de concreto (postes, vigas, anéis, cruzetas). Nessa etapa, o pessoal de eletromecânica recebeu suporte de outra equipe da empresa (com o

mesmo efetivo) e cada uma delas ficou responsável pela montagem das gaiolas de 69kV e 13,8kV. É importante ressaltar que foram observadas as questões de segurança dos trabalhadores observando as normas no Programa de Condições e meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção (PCMAT) e no Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), sobre o devido uso dos equipamentos de proteção individual (EPIs), pois existem muitos trabalhos que são feitos em altura (mais de 2 metros) ou que utilizam ferramentas perigosas para o manuseio, que necessitam de luvas, e quanto a sinalização do local, pois existem muitos buracos profundos que devem ser cercados e sinalizados para impedir acidentes com os trabalhadores.



**Figura 6 – Malha de terra.**



**Figura 7 – Solda exotérmica**

Deve haver rigor quanto aos procedimentos de alinhamento dos postes, pois o alinhamento é fundamental para a instalação das vigas, anéis e equipamentos, por isso é importante antes de haver o concretamento das bases, uma minuciosa verificação quanto a altura e o alinhamento dos postes.

Observações devem ser feitas quanto ao fechamento das chaves seccionadoras, verificando a facilidade da manobra e o perfeito encaixe dos seus contatos, a disposição dos isoladores dos equipamentos para o não acúmulo de água nos mesmos, o aterramento e a correta instalação dos equipamentos conforme os projetos disponibilizados.

Feita a montagem das gaiolas, foi dado início a montagem dos equipamentos da subestação, são eles:

- Setor de 69 kV:
  - ✓ Três transformadores de potencial indutivo (AREVA), tipo OTEF -72;

- ✓ Três transformadores de corrente (ARTECHE), tipo CRH-72, utilizado para proteção, com características de medição 0,5N1-1,2N2, fator térmico 1,2, 60Hz, relações 200/300/400 X 400/600/800 - 5A;
  - ✓ Seis pára-raios tipo estação 72kV, Nível Básico de Isolamento (NBI) 350kV de óxido de zinco, polimérico;
  - ✓ Um disjuntor SF6 (ALSTOM), uso externo, 72,5kV, 2000A, NBI 350KV 60Hz, Icc 20kA;
  - ✓ Duas chaves seccionadoras, trip 72,5kV, 800A, montagem horizontal abertura vertical.
  - ✓ Cinco chaves seccionadoras, trip 72,5kV, 800A, montagem vertical abertura lateral.
- Setor de 13,8 kV:
    - ✓ Dois transformadores de potencial (BALTEAU), tipo VFE-15, uso externo 13,8kV/115V;
    - ✓ Três transformadores de corrente monofásico (BALTEAU), tipo SEC-15, uso externo, tensão máxima 15kV, 60HZ, isolação sólida selado, NBI 110 V. Relação de transformação 100/200/300/ x 300/400/600 – 5A, classe de exatidão 10B200 para proteção e 0,3C50 para medição, fator térmico 1,2, corrente de curto circuito simétrico 15kA/1s;
    - ✓ Um transformador de distribuição 13,8kV/220-127V, 45kVA;
    - ✓ Um transformador de potência trifásico (WEG), 12,5MVA 69/13,8 kV;
    - ✓ Quatro religadores automáticos trifásicos SF6 (SCHNEIDER), tipo N38-ACR-SF6-38-16-170, 38kV, 800A;
    - ✓ Um banco de capacitores 3,6 Mvar, com 18 células de 200 kvar, equipado com chave de comando a vácuo;
    - ✓ Nove chaves sec. trip 15kV 1200A, montagem horizontal abertura vertical;
    - ✓ Seis chaves faca unipolar de 15kV, 1200A, NBI 110kV;
    - ✓ Trinta e seis chaves faca unipolar de 15kV, 630A, NBI 110kV;
    - ✓ Três chaves fusível unipolar de 15kV, 100A, NBI 110kV;
    - ✓ Quinze para-raios 12/15kV-10kA, NBI 110kV de oxido zinco, polimérico.

Os trabalhos da parte eletromecânica foram finalizados com mais de 60 dias de atraso, devido o grande retardamento causado pela não disponibilização dos equipamentos e materiais (vigas, anéis, parafusos, porcas, conectores, etc) pela contratante.

### 3.2.3 Instalações Elétricas

Com uma equipe de três eletricitas e um encarregado, o pessoal de elétrica é responsável pelas instalações elétricas da casa de comando, dos sensores de segurança, da iluminação externa e todas suas tomadas. Eles também fazem a passagem dos cabos de comunicação e alimentação dos equipamentos, a interligação desses equipamentos aos painéis de comando/monitoramento (Figura 8) e a devida marcação (anilhas e *tags*) dos cabos, de acordo com o diagrama de interligação.

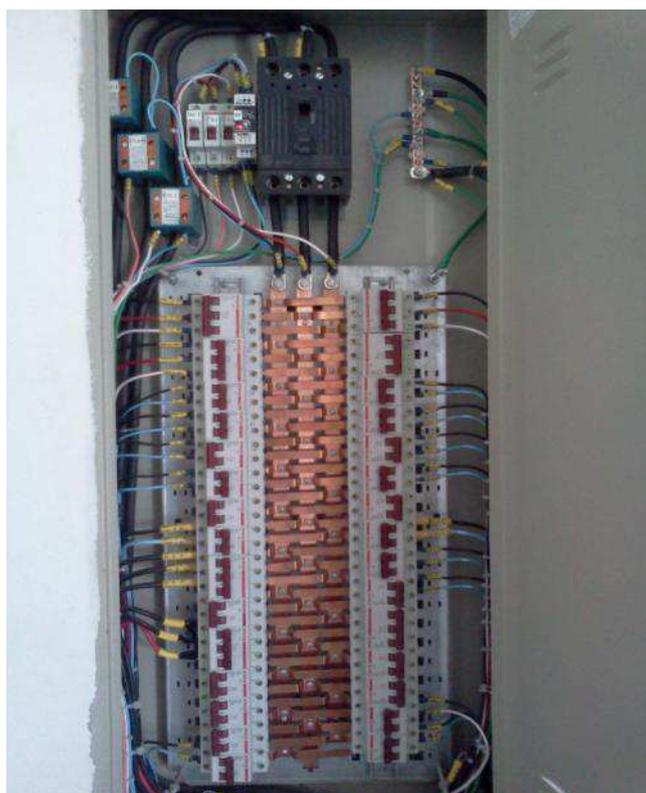


Figura 8 – Quadro de Distribuição de Corrente Alternada (QDCA).

A seguir é dada a explicação de como realizar a ligação e marcação dos cabos, com um exemplo ilustrando essa atividade.

Para distinguir os diferentes cabos que conectam todos os equipamentos, é preciso classificá-los, especificando o tipo de condutor utilizado, a sua origem, o destino das conexões e a explicação da função do cabo.

O projeto de interligação é o local onde se encontra essa classificação, podendo diferenciar todos os cabos e suas “veias”. Ele é um documento (em forma de caderno) criado apenas para facilitar a montagem da SE, uma vez que quem realiza a montagem não tem tempo para examinar e entender o projeto.

Existe uma sequência padronizada para fazer a classificação dos cabos. A sequência é a seguinte:

### **A B C – D / E x F**

Sendo:

**A** – Nível de tensão de isolamento do equipamento, onde:

1 – 69 kV

2 – 13,8 kV

3 – 220/127 Vca

4 – 125 Vcc

**B – Utilização da conexão:**

A – Serviços Auxiliares

C – Comando

M – Medição

P – Proteção

S – Supervisão

W – Comando de Automação

X – Sinalização e Automação

Y - Sinal Analógico (0 a 20 mA)

Z – Cabo de Comunicação

**C- Equipamento**

1 – Transformador de potencial

2 – Transformador de corrente

3 - Disjuntor e/ou religador

4 – Transformador de força ou regulador de tensão

5 – Chave seccionadora

6 – Interligação entre painéis

7 – Serviços auxiliares CA

8 - Serviços auxiliares CC

9 – Retificador

10 – Inversor

**D - Numeração do cabo**

**E – Quantidade de cabos**

**F – Seção transversal do condutor (mm<sup>2</sup>)**

Utilizando o exemplo do primeiro cabo, da página do projeto de interligação (Figura 9) para demonstrar a sequência do código: **3M6 -30 / 4 x 2.5**. O número **3** indica nível de tensão de isolamento 220 V, o **M** significa que o cabo tem função de medição, **6** significa a interligação entre painéis (no caso, o painel de medição com o QDCA), **30** número da conexão, **4 x 2.5** quatro cabos de 2,5mm<sup>2</sup>.

Sequência		Cores ou veias		Origem			Destino		FUNÇÕES	OBSERVAÇÕES	
IDENTIF	CABO	ANILHA	PAINEL MEDIÇÃO			PARA					
	BITOLA (mm <sup>2</sup> )	Nº	LIG. INTERNA	BORNE	REGUA	BORNE	REGUA	MÓDULO / EQUIPAMENTO			
3M6 30	4x2,5 0	PT	TC-R-S1	1	X3	S1	TC-R	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE CORRENTE (FASE A)		
		VM	TC-S-S1	3	X3	S1	TC-S	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE CORRENTE (FASE B)		
		BR	TC-T-S1	5	X3	S1	TC-T	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE CORRENTE (FASE C)		
		AZ	TC-T-S2	6	X3	S2	TC-T	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE CORRENTE (COMUM)		
					4	X3					
3M6 43	4x2,5 0			2	X3						
4M6- 25	2x2,5 0	PT	DJ1-2	8	X3	2	DJ1	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE TENSÃO (FASE A)		
		VM	DJ2-2	9	X3	2	DJ2	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE TENSÃO (FASE B)		
		BR	DJ3-2	10	X3	2	DJ3	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE TENSÃO (FASE C)		
		VR	TERRA	7	X3		TERRA	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	TERRA		
4M6- 25	2x2,5 0	PT	D28-4	1	XCC	4	D28	QUADRO SERV. AUX. 125Vcc	ALIMENTAÇÃO (+) 125Vcc		
		AZ	D28-2	2	XCC	2	D28	QUADRO SERV. AUX. 125Vcc	ALIMENTAÇÃO (-) 125Vcc		
		PT	D29-2	1	XCA	2	D29	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	ALIMENTAÇÃO 220Vca		
		AZ	D29-4	2	XCA	4	D29	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	ALIMENTAÇÃO 220Vca		
1M2- 45	4x4,0 0	PT	X2-1	1	X2	1	X1	CAIXA SECUNDARIO TC'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE CORRENTE 69kV (FASE A)		
		VM	X2-3	3	X2	3	X1	CAIXA SECUNDARIO TC'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE CORRENTE 69kV (FASE B)		
		BR	X2-5	5	X2	5	X1	CAIXA SECUNDARIO TC'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE CORRENTE 69kV (FASE C)		
		VD	X2-6	6	X2	6	X1	CAIXA SECUNDARIO TC'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE CORRENTE 69kV (COMUM)		
2M1- 47	4x2,5 0	PT	X1-4	8	X2	4	X1	CAIXA SECUNDARIO TP'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 13,8kV (FASE A)		
		VM	X1-5	9	X2	5	X1	CAIXA SECUNDARIO TP'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 13,8kV (FASE B)		
		BR	X1-6	10	X2	6	X1	CAIXA SECUNDARIO TP'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 13,8kV (FASE C)		
1M1- 46	4x2,5 0	PT	X2-1	8	X1	1	X2	CAIXA SECUNDARIO TP'S 69kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 69kV (FASE A)		
		VM	X2-3	9	X1	3	X2	CAIXA SECUNDARIO TP'S 69kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 69kV (FASE B)		
		BR	X2-5	10	X1	5	X2	CAIXA SECUNDARIO TP'S 69kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 69kV (FASE C)		
		AZ	X2-2	7	X1	2	X2	CAIXA SECUNDARIO TP'S 69kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 13,8kV (COMUM)		

Figura 9 – Página do projeto de interligação.

Durante o estágio, foi dada atenção à interligação dos equipamentos, onde foram corrigidos alguns erros de ligação e de escrita nas anilhas. As anilhas possuem três camadas para se escrever os dados das ligações, o padrão utilizado para se escrever nas

anilhas foi de na camada frontal anota-se a informação do equipamento para onde o cabo está indo, na camada de cima escreve-se o equipamento em que esta anilha está ligada (ou origem do cabo) e abaixo é descrita a função do condutor.

### **3.3 Automação e proteção da SE Aero clube**

A automação de subestações tem sido uma área de grande investimento das concessionárias, pois ela atende a crescente necessidade de energia elétrica de qualidade, reduzindo a quantidade e o tempo de interrupções (DEC e FEC) através da monitoração do sistema elétrico em tempo real, trazendo melhorias na proteção dos equipamentos, nas manobras, na visualização dos eventos e na redução dos custos operacionais.

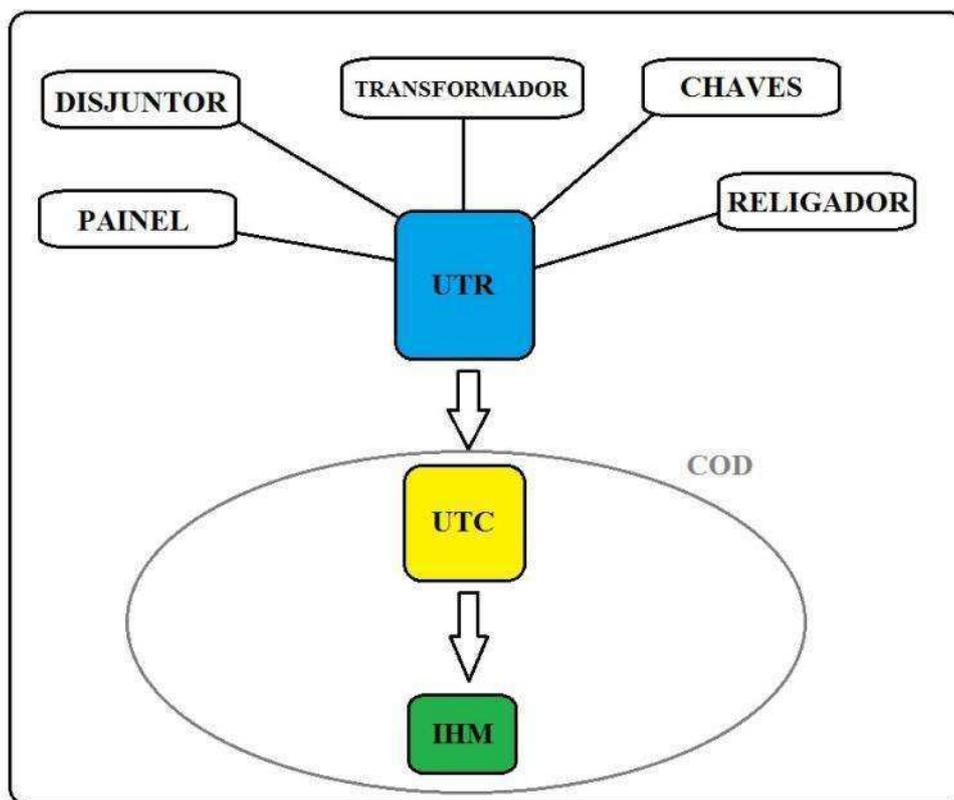
Vantagens da automação de uma subestação[3]:

- Maior precisão nas medidas, com grande quantidade de informações adquiridas;
- Maior rapidez de operação;
- Maior número de funções de proteção integradas;
- Maior flexibilidade de faixas de ajuste de proteção;
- Menor custo e necessidade de manutenção, graças a função de autodiagnóstico interno dos equipamentos;
- Maior confiabilidade, devido ao avanço na tecnologia de semicondutores (admitindo maiores temperaturas de operação);
- Maior capacidade de comunicação (inclusive entre os equipamentos da SE, chamada interoperabilidade).
- Maior operabilidade, podendo ter em tempo real o status de cada equipamento sem estar necessariamente em campo,

O sistema de automação utilizado nas SEs da Energisa, é um sistema de supervisão e aquisição de dados, ou abreviadamente SCADA (originário do seu nome em inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*), que atua no envio de comandos, no recebimento de informações do sistema e junto de um sistema de aquisição de dados, ele recebe as informações remotas, transfere-as para uma central, onde é executada a avaliação dos dados e realizado o controle do sistema.

O sistema SCADA de uma SE, é composto da Unidade Terminal Remota (UTR) que recebe os dados dos equipamentos de campo e repassa (por meio de sistema de

comunicação) essas informações para uma Unidade Terminal Central (UTC) situada no Centro de Operações de Distribuição (COD) localizada no escritório da Energisa em João Pessoa, onde é possível realizar o controle da SE remotamente através de um microcomputador. Na Figura 10, é possível observar o diagrama lógico do sistema de controle e automação de subestações de energia elétrica da Energisa Paraíba.



**Figura 10 – Diagrama do Sistema SCADA utilizado pela Energisa/PB.**

A SE Aeroclubes será totalmente monitorada remotamente pelo COD, porém no painel da casa de comando da SE existe uma Interface Homem Máquina (IHM), sendo possível realizar localmente, as atividades de monitoração realizadas no escritório, facilitando as atividades de inspeção e manobra.

A UTR foi instalada em um painel dentro da casa de comando e foi conectada aos equipamentos que serão monitorados, ao módulo de comunicação, aos painéis dos relés e nos quadros de alimentação CA e CC. Na casa de comando existe um banco de baterias para alimentação de emergência, no caso da falta de alimentação por parte do transformador auxiliar. Na Figura 11, é mostrado um esquema simplificado da alimentação e comunicação na casa de comando. As conexões em vermelho indicam alimentação CA;

em preto indica alimentação CC, e em azul, fluxo de comunicação entre os equipamentos [4].

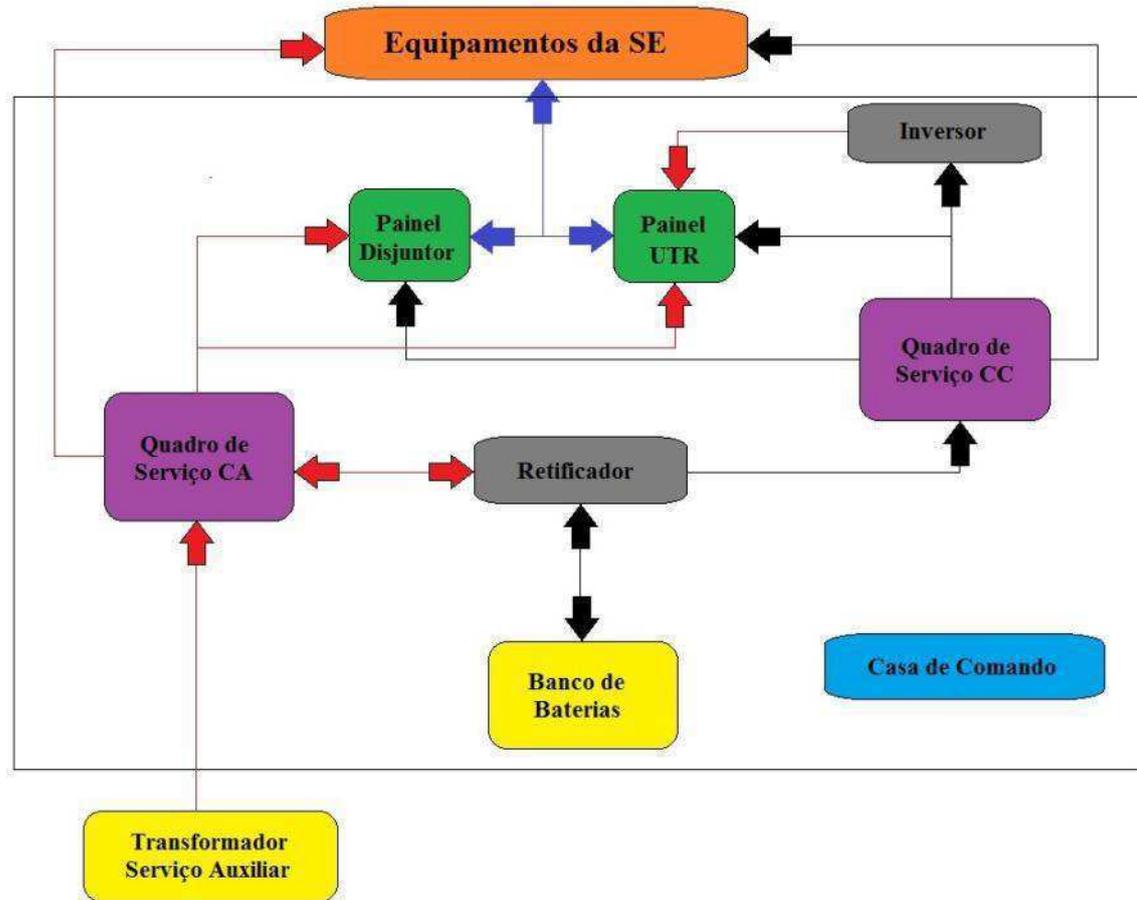


Figura 11 – Diagrama casa de comando de SE Aeroclube.

A casa de comando é o local onde alguns equipamentos são mantidos, protegidos contra intempéries do tempo, contra furtos e vandalismo. São esses, os equipamentos da casa de comando:

- **Retificador:** o modelo utilizado na SE Aeroclube foi o PROTECO, SR 50A/125V/1.3.3, exposto na Figura 12, e esse equipamento é essencial para sistema de *back up* de energia, alimentando o centro de processamento de dados, redes de telecomunicações e aplicações de missão crítica. Os retificadores unidos a um banco de baterias garantem o funcionamento constante dos equipamentos, independente de eventuais falhas da rede elétrica.



**Figura 12 – Retificador.**

Em regime normal, com a presença da rede comercial, as baterias são mantidas em flutuação pelo sistema de retificadores, com a tensão nominal de 132,0 Vcc (2,2 Vcc por elemento) para bateria do tipo chumbo-ácido.

No caso de indisponibilidade do fornecimento da energia pela rede comercial, ou quaisquer anormalidades que impliquem no desligamento do sistema, as baterias passam a alimentar os consumidores até uma tensão final de descarga prevista de 105 Vcc. Após a restauração da corrente alternada, este volta a alimentar os equipamentos e recarregar as baterias.

**-Inversor:** é alimentado pelo Quadro de Distribuição de Corrente Contínua (QDCC) e tem a função de alimentar a tomada da UTR utilizada pelos serviços de comunicação. Caso ocorra interrupção no fornecimento de energia CA, o inversor sinaliza para a UTR, caso as baterias da casa de comando fiquem descarregadas.

**-Bancada de comunicação:** em todas as subestações da Energisa existe uma bancada de comunicação similar a bancada da SE Aeroclube, mostrada na Figura 13. Utiliza-se o rádio para se comunicar com a central de operação e manutenção.



**Figura 13: Bancada de comunicação e inversor.**

**-Relés:** são essenciais para o sistema de proteção, existem na SE Aeroclube três tipos de relés, o SEL-751A, o SEL-351S e o SEL-787 da *Schweitzer Engineering Laboratories*, que fornecem uma excelente combinação de funções de proteção, monitoramento, controle e comunicação incluídas num pacote industrial.

Existem dois relés SEL-351S, onde cada um está ligado a um disjuntor da SE (de 13,8kV e 69kV) e desempenham as seguintes funções de proteção:

- 50/51: sobrecorrente de fase instantânea e temporizada;
- 50/51N: sobrecorrente de fase temporizada;
- 50/51G: sobrecorrente de terra instantânea e temporizada;
- 50BF: falha do disjuntor;
- 86: bloqueio.

Já o relé SEL-751 recebe informações dos TPs do barramento principal do setor de 69kV e é responsável por desempenhar a função de proteção de frequência (81).

O SEL-787 é um relé de proteção multifunção, para proteção de transformadores e autotransformadores e ele desempenha as seguintes funções de proteção do transformador de força:

-50/51G: sobrecorrente residual instantânea e temporizada para cada lado do trafo;

-63T/63C: relé de gás transformador/comutador

-87: diferencial;

-86: bloqueio;

-49: temperatura enrolamentos transformador;

-26: temperatura óleo transformador;

-71: nível de óleo

**-Painel de medição:** nesse painel se encontram três multimedidores, que podem ser visualizados na Figura 14, tipo SEL-734B (*Schweitzer Engineering Laboratories*), que tem a função de realizar a medição dos indicadores de qualidade da energia com recursos de oscilografia e armazenamento de eventos, controle da demanda, do fator de potência e dos harmônicos.



**Figura 14: painel de medição.**

## 4. Atividades realizadas

### 4.1 Medição da resistividade do solo

Para dimensionar o projeto da malha de aterramento da subestação, é necessário realizar a medição da resistividade do solo e sua estratificação. Pois a resistividade é a característica do solo que vai determinar a sua resistência em baixas frequências (50 e 60Hz).

No dia 17 de Janeiro de 2012, foram realizadas as medições de resistividade do solo no terreno da SE Aeroclube, sendo utilizado o terrômetro digital da MEGABRÁS, modelo MTD20Kwe, devidamente aferido e carregado. Primeiramente se observou, as condições do ambiente, sendo registrado como tipo de solo argiloso com metralha (lixo), temperatura do local no momento das medições de 29°, foi verificada a ausência de indícios de chuvas recentes e com o estado aparente de umidade seco.

Foi utilizado o método de Werner para as medições, que faz uso do terrômetro com quatro terminais, dois de corrente e dois de potencial, como mostrado na Figura 15. A fonte interna do aparelho, cria uma corrente elétrica que circula entre as duas hastes externas, conectadas aos terminais de corrente C1 e C2, onde:

$a$  = Espaçamento das hastes cravadas no solo.

$p$  = Profundidade da haste cravada no solo.

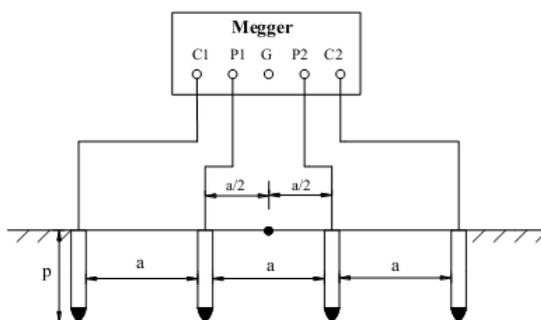


Figura 15: Método de Werner [5].

A corrente que circula pelo terreno entre as hastes, produz potencial nos eletrodos P1 e P2, essa diferença de potencial será interpretada como uma tensão U, dividindo essa tensão pela corrente I que está a ser injetada em C1 (ou C2) , obtém-se uma resistência (Rt). Com o valor dessa resistência, pode-se calcular a resistividade do solo, através da fórmula  $\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R_t$  [8].

É importante ter alguns cuidados nas medições, para evitar erros de medições ou mesmo acidentes, são eles:

-As hastes devem estar posicionadas com um espaçamento igual, alinhadas e enterradas numa mesma profundidade (utilizou-se 30 cm);

-Verificar se o terrômetro está devidamente calibrado e aferido, se sua bateria está carregada e se ele está posicionado simetricamente entre as hastes;

-A utilização de luvas e calçados de isolamento para execução das medições.

As medições foram realizadas com os espaçamentos das hastes de 1m, 2m, 4m, 8m e 16m, em cada um dos seis (A, B, C, D, E, F) pontos expostos na Figura16.

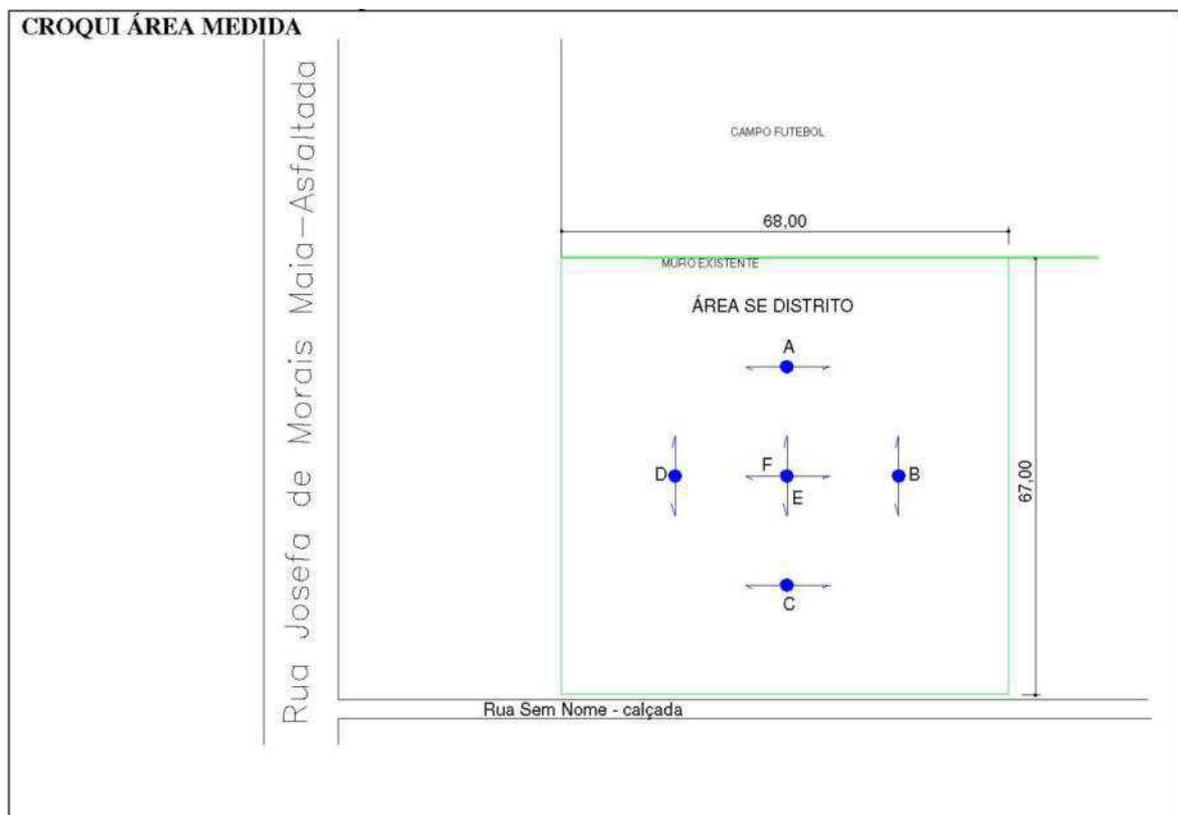


Figura 16 – Pontos onde foram realizadas as medições.

Os valores medidos foram registrados e analisados. Calculou-se a média aritmética dos valores da resistência elétrica para cada espaçamento adotado e em seguida foram observados os valores que apresentavam desvio de cada medida em relação ao valor médio maior que 50%, e essas medidas foram desconsideradas (valores em vermelho da Tabela 1). Com a nova tabela, efetua-se o cálculo das médias aritméticas das resistências remanescentes e esse valor é aplicado na Equação 01 a seguir, para a obtenção da resistividade média:

$$\rho = \frac{4 * \pi * d * R}{1 + \left( 2 * \frac{d}{\sqrt{(d^2 + 4 * p^2)}} \right) - \left( \frac{d}{\sqrt{d^2 + p^2}} \right)} (\Omega m)$$

**Equação 01 [8].**

onde,

d = distância entre eletrodos (m);

R = resistência do solo medida ( $\Omega$ )

p= profundidade da haste (0.3m)

**Tabela 1 – Medições campo e valores calculados.**

MEDIÇÕES DE CAMPO								VALOR MÉDIO ( $\Omega$ )	VALOR RESISTIVIDADE MÉDIA ( $\Omega m$ )
DISTANCIA ENTRE ELETRODOS(m)	Resistência medida ( $\Omega$ )								
	A	B	C	D	E	F			
1	34,90	11,97	3,99	12,56	6,22	4,54	10,25	73,310	
2	14,00	3,69	2,08	3,67	1,53	1,84	3,68	47,996	
4	3,01	2,06	1,70	1,45	1,13	1,25	1,52	38,568	
8	1,03	1,16	1,10	0,99	0,75	1,02	1,01	50,895	
16	0,52	0,53	0,73	0,54	0,47	0,89	0,61	61,379	

Esses dados, foram repassados a Energisa, que realizou o projeto de dimensionamento da malha de aterramento.

## 4.2 Acompanhamento das obras

O estagiário esteve presente durante quatro dias da semana e sempre que houvesse alguma emergência na construção da SE. Nesse período, ele esteve acompanhando os trabalhos das equipes de obra civil, eletromecânica e da fiscalização da Energisa, atendendo suas solicitações e fazendo as devidas anotações no diário de obra, quanto ao andamento das atividades, principalmente as ações na parte de eletromecânica que sofreram grandes atrasos, devido a demora da contratante na disponibilização dos

materiais, impedindo assim que a contratada fosse responsabilizada e punida pelo adiamento na conclusão da obra.

Foi feito o acompanhamento das atividades relacionadas à segurança do trabalho, como a realização e o registro dos Diálogos Diários de Segurança (DDS) que é basicamente a utilização de um pequeno espaço de tempo, antes do início das atividades diárias na empresa e com duração de 5 a 15 minutos, para a discussão e instruções básicas de assuntos ligados à segurança no trabalho que devem ser utilizadas e praticadas por todos os participantes. Outra atividade realizada na área de segurança do trabalho foi o acompanhamento do preenchimento, pelos encarregados, do formulário de Análise Preliminar de Risco (APR) para cada atividade desempenhada por suas equipes visando prever e identificar os perigos envolvidos em determinado empreendimento, tanto na fase de implantação quanto na fase de operação, com o objetivo de eliminar, mitigar ou controlar os riscos antes que estes se materializem.

O estagiário acompanhou junto aos encarregados, a reposição de material para obra (cimento, tintas, areia, EPIs, tubulações, parafusos, aluguel de equipamentos, etc), evitando qualquer tipo de compra emergencial que pudesse trazer maiores gastos.

### **4.3 Codificação dos equipamentos**

O estagiário tratou diretamente da fixação das placas de sinalização de todos equipamentos da SE. Com a ajuda de um montador da eletromecânica para as placas em grande altura, utilizando o diagrama unifilar da SE e a Tabela 2 como referência para interpretação das placas.

**Tabela 2: Codificação operacional [6].**

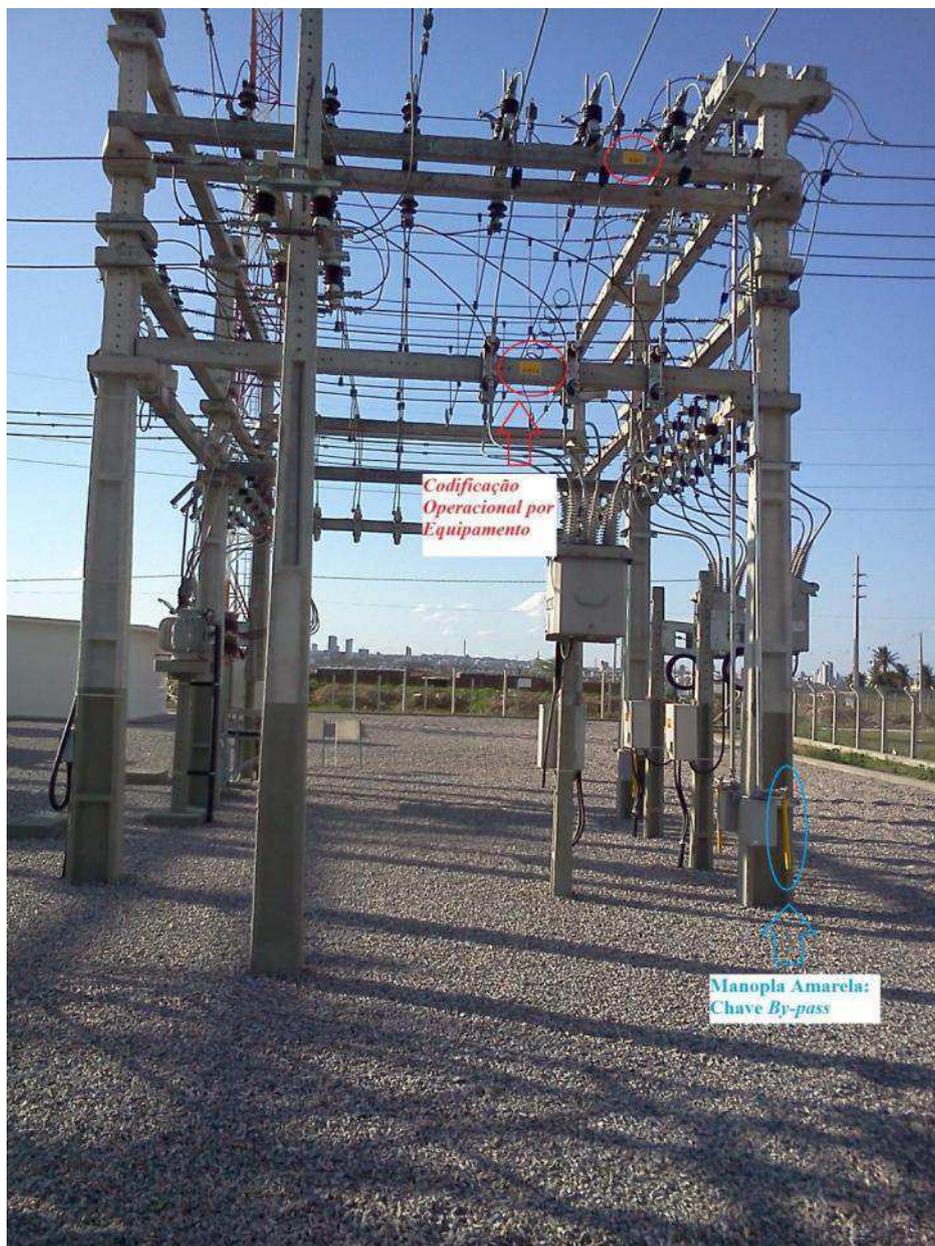
Caracteres	Definição/Aplicação
1ª	Identifica o tipo componente, conforme relação;
	<b>0</b> – Gerador, Transformador de força de aterramento, Reator, Capacitores Síncronos e estáticos, Reguladores de tensão, Linhas de transmissão e linhas de distribuição (componente não interruptor);
	<b>1</b> - Disjuntor
	<b>2</b> – Religador
	<b>3</b> – Chave seccionadora
	<b>4</b> – Chave fusível
	<b>5</b> - Chave seccionadora de abertura em carga
	<b>6</b> - Chave seccionadora de aterramento rápido
	<b>7</b> – Transformador de corrente
	<b>8</b> – Transformador de potencial
	<b>9</b> – Pára-raios
2º	Identifica a tensão de operação do componente, conforme as faixas:
	<b>6</b> – 1 a 9,9 kV
	<b>1</b> – 10 a 25 kV
	<b>9</b> – 26 a 50 kV
	<b>2</b> – 51 a 75 kV
	<b>3</b> – 76 a 150 kV
	<b>4</b> – 151 a 250 kV
<b>5</b> – 251 a 550 kV	
3º e 4º	Identifica a função e a posição do componente
	Para componente não interruptor, cujo 1º dígito for igual a 0, define a função própria e a posição do componente;
	Para componente não interruptor, cujo 1º dígito for igual a 7, 8 ou 9, define o componente associado;
	A relação dos dígitos para identificação da função ou associada é a seguinte:
	<b>G1, G2... G9</b> – Gerador
	<b>A1, A2... A9</b> – Transformador de aterramento
	<b>BA</b> – Barramento auxiliar
	<b>B1, B2... B9</b> – Outros barramentos
	<b>D1, D2... D9</b> – Equipamentos de transferência
	<b>E1, E2... E9</b> – Reator
	<b>H1, H2... H9</b> – Banco de capacitores
	<b>K1, K2... K9</b> – Compensador síncrono
	<b>Q1, Q2... Q9</b> – Compensador estático
	<b>R1, R2... R9</b> – Regulador de tensão
	<b>T1, T2... T9</b> – Transformador de força
<b>U1, U2... U9</b> – Equipamentos sem aplicação definida	
<b>Quaisquer outras letras</b> – Linha de transmissão e de distribuição	
5º	Identifica a separação de dígitos (traço) , utiliza-se este caractere para complementar o 6º caractere. (-)

6°	Identifica a sequência e/ou função do componente, podem ser utilizados letras ou números. As chaves e bancos de capacitores com números superiores a 9. Quando existirem dois equipamentos similares na mesma tensão de operação conectados a um terceiro. A relação é a seguinte:
	<b>1, 2 e 3</b> – Chave seccionadora de seleção de barramento
	<b>4</b> – Chave seccionadora de disjuntores, religadores, ou reguladores (lado do barramento)
	<b>5</b> – Chave seccionadora de disjuntores, religadores, ou reguladores (lado contrário ao barramento)
	<b>6</b> – Chave By-pass
	<b>7</b> – Chave seccionadora de aterramento
	<b>8 e 9</b> – Chave seccionadora para outras funções
7°	<b>A, B, C... Z</b> – equipamentos da mesma classe de tensão, ligados a um terceiro.
	Identificar a sequência do componente
	Para este caractere são utilizadas apenas letras
	Faz-se necessário a sua utilização quando da codificação de componentes da mesma classe de tensão, associados a outro que esteja codificado com seis dígitos.

Essa sinalização é importante, pois facilita a visualização dos equipamentos pelas equipes que trabalham na manutenção e operação. Outra forma de facilitar a visualização dos equipamentos, diferente da alfa-numérica que vimos, é a codificação visual para chaves seccionadoras, onde cada uma das hastes de acionamento das chaves, deve ser pintada com as seguintes cores (Tabela 3). A Figura 17 mostra alguns exemplos dessa sinalização utilizada na SE Aeroclube.

**Tabela 3 – Codificação visual das chaves seccionadoras.**

COR	TIPO DE CHAVE
Preta	Aterramento
Vermelha	Seccionadora
Amarela	<i>By-pass</i>



**Figura 17: Exemplos da sinalização e codificação dos equipamentos.**

#### ***4.4 As built***

Durante o andamento das obras, muitas mudanças foram sendo realizadas em relação aos projetos originais. Mudanças na obras civis como o tamanho e profundidade das caixas de passagem que foram reduzidas à metade, a drenagem do pátio que recebeu o

acrécimo de canaletas, a estrutura e fundação da casa de comando, além das fundações e bases dos equipamentos. Ocorreram grandes alterações nas obras de eletromecânica como o posicionamento dos religadores, a mudança de cruzetas por anéis na gaiola de 13,8kV que reduziu a quantidade de vigas, foram retirados disjuntores e alimentadores, foi feita mudança do local do banco de capacitores, etc.

Essas alterações foram sendo registradas nos projetos disponíveis em obra e em seguida atualizadas no AutoCAD pelo estagiário. No final da construção da SE, foi feita uma varredura em todas as ligações elétricas dos equipamentos, quadros e painéis e todas as alterações foram questionadas junto ao pessoal de comissionamento da Energisa e, em seguida, foram passadas no AutoCAD e atualizadas, para que os projetos fossem entregues conforme comissionado.

É possível observar algumas dessas alterações, visualizando o projeto da vista superior da SE original mostrado na Figura 18 e o projeto atualizado (conforme construído) que é apresentado na Figura 19. Verifica-se a retirada do alimentador que sai do lado de 69kV para SE Alpargatas, a mudança de posição do banco de capacitores, dos alimentadores e o acréscimo de dois postes no lado de 13,8kV.

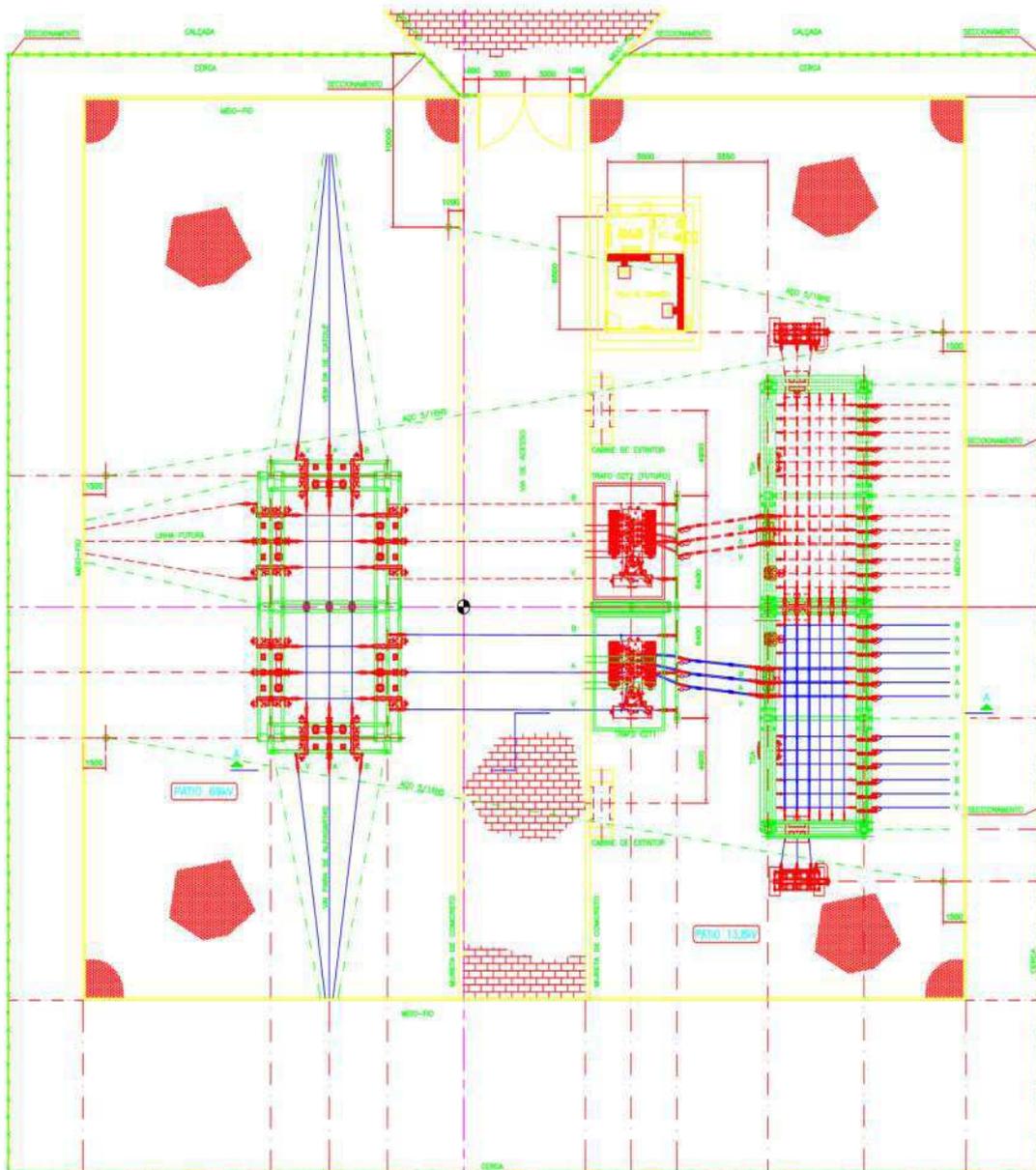


Figura 18 – Projeto arranjo físico 69kV/13,8kV.



## 5. Conclusões

A disciplina de estágio se mostrou como um dos momentos de grande importância para o aluno durante o curso, pois foi uma forma eficiente de proporcionar ao estudante a complementação profissional, colocando-o em contato direto com a realidade do seu campo de atuação, com o ambiente real de trabalho e com os mais diversos problemas técnicos. Além do aprendizado quanto às relações interpessoais, resultado do convívio com profissionais de várias áreas e com bastante experiências profissionais transmitidas.

Este relatório descreve, de forma sucinta, as atividades realizadas pelo aluno durante a construção de uma subestação de distribuição de energia elétrica, que foi fonte de grande aprendizado, pois abordou assuntos não só das disciplinas de engenharia elétrica (equipamentos elétricos, materiais elétricos, distribuição de energia elétrica, desenho técnico, etc) como também conhecimentos da área de engenharia civil e conhecimentos no software AutoCAD, líder e referência no desenho, modelagem e engenharia 2D e 3D.

Portanto, é indispensável esta atividade para a vivência, por parte do aluno, de ocorrências fora do ambiente acadêmico, enquanto estudante e aprendiz, pois abre espaço para dúvidas e esclarecimentos importantes para um futuro engenheiro.

## 6. Referências bibliográficas

- [1] Wikipedia. Campina Grande (Paraíba). Disponível na internet via URL: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Paraiba\\_Municip\\_CampinaGrande.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Paraiba_Municip_CampinaGrande.svg). Arquivo capturado em 20 de Agosto de 2012 às 20:15.
- [2] Energisa. **Diagrama Funcional Unifilar** – Subestação Aeroclube 69/13,8kV (conforme comissionado), PETRA Engenharia, 06 de Agosto de 2012.
- [3] PEREIRA, R. M. ; SPRITZER, I. M. P. A. . **Automação e digitalização em subestações de energia elétrica**: um estudo de caso. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2006.
- [4] GOUVEIA, Francisco Alex de Oliveira. **Relatório de Estágio Supervisionado**. Campina Grande (Paraíba): Universidade Federal de Campina Grande, 2008, página 18.
- [5] SCHROEDER, Marco Aurélio de Oliveira. **Medição de resistividade de solo e tratamento de dados**, Universidade Federal de São João del-Rei, 2011, Figura 7, página 6.
- [6] MARINHO, Charles de Souza. **Relatório de Estágio Supervisionado**. Campina Grande (Paraíba): Universidade Federal da Paraíba, 2009, página 41.
- [7] Energisa. **Memorial de cálculo**: Malha de Terra SE Aeroclube – Subestação Aeroclube 69/13,8kV, PETRA Engenharia, 06 de Agosto de 2012.
- [8] ABNT. NBR 7117:1987. **Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo**.

## **7. Anexo – Imagens da SE Aeroclube**



**Limpeza e retirada da vegetação do terreno.**



**Terreno após retirada da vegetação e detritos.**



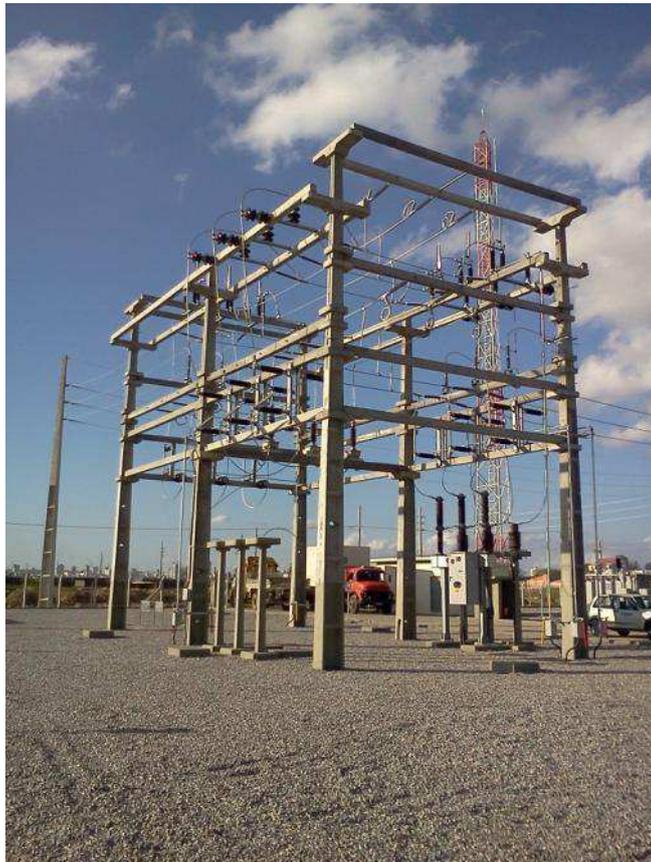
**Reaterro.**



**Canteiro de obras**



**Montagem Gaiola de 69**



**Gaiola de 69kV**



**Banco de capacitores**



**Chegada do transformador de força**