



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ACOMPANHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS PRÉ-  
OPERACIONAIS DA USINA TERMOELÉTRICA  
CAMAÇARI MURICY I**

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

**Aluno:** Sonaldo Vital de Oliveira Júnior – 20411248

**Orientador:** Tarso Vilela Ferreira

**Campina Grande – Paraíba,  
Julho de 2009**

**SONALDO VITAL DE OLIVEIRA JÚNIOR**

**ACOMPANHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS PRÉ-  
OPERACIONAIS DA USINA TERMOELÉTRICA  
CAMAÇARI MURICY I**

*Relatório de Estágio Integrado  
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 Engenharia  
Elétrica.*

Campina Grande – Paraíba,

Julho de 2009



Biblioteca Setorial do CDSA. Março de 2021.

Sumé - PB

SONALDO VITAL DE OLIVEIRA JÚNIOR

**ACOMPANHAMENTO DOS PROCEDIMENTOS PRÉ-  
OPERACIONAIS DA USINA TERMOELÉTRICA  
CAMAÇARI MURICY I**

Data de Aprovação: 21/8/9

**BANCA EXAMINADORA:**



Tarso Vilela Fernandes

Universidade Federal de Campina Grande

**Orientador**

---

Professor Convidado  
Universidade Federal de Campina Grande

**Avaliador**

Campina Grande – Paraíba,  
Agosto de 2009

*Dedico este trabalho aos meus queridos pais e meus irmãos.*

## **Agradecimentos**

*Primeiramente gostaria de agradecer a DEUS, que sempre foi a minha maior fonte de forças.*

*À minha mãe Bela, que com toda a sua calma e dedicação sempre esteve do meu lado, não medindo esforços para me ajudar.*

*Ao meu pai Sonaldo, por todos os conselhos e ensinamentos dados durante toda a minha caminhada.*

*Aos meus irmãos Gabriel e Rafael, por toda a amizade e companheirismo.*

*Aos engenheiros Waldez Azevedo e Humberto Novaes pela oportunidade de realizar um estágio tão valioso.*

*Agradecimento especial para Dona Lili que me acolheu como um filho.*

*Aos três irmãos que ganhei na Bahia, Felipe, Francisco e Roniere por todo o companheirismo durante estes quatro meses.*

*Ao professor Tarso Vilela, pela orientação e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.*

## **Resumo**

Para que se tenha um bom funcionamento de uma planta elétrica devem ser executados vários procedimentos pré-operacionais, de modo a eliminar erros causados durante a obra e adequar a planta aos requisitos exigidos pelos órgãos regulamentadores.

Em uma planta do porte de uma usina termoelétrica, a quantidade significativa de equipamentos requer procedimentos pré-operacionais de comissionamento, que são testes realizados para verificar a conformidade de toda a planta. No comissionamento elétrico da Usina Termoelétrica Camaçari Muricy I foram realizados testes desde os sistemas de baixa tensão até a subestação elevadora da usina.

O presente relatório descreve os procedimentos pré-operacionais realizados ao longo da construção da UTE Muricy I, atividades estas acompanhadas durante o estágio integrado do aluno Sonaldo Vital de Oliveira Júnior.

# Sumário

	Pág.
<b>CAPÍTULO I – Introdução.....</b>	12
1.1 Estágio Integrado.....	12
1.2 Ramos & Novaes Consultoria e Serviços em Energia Ltda.....	12
1.2.1 Estrutura organizacional da RN Energia.....	13
<b>CAPÍTULO II – A Usina Termoelétrica Camaçari Muricy I.....</b>	14
2.1 Descrição geral da UTE Muricy I.....	14
2.2 Unidades geradoras.....	15
2.3 Baixa Tensão.....	17
2.3.1 Diesel Auxiliary Service (DAS).....	18
2.3.2 Diesel Auxiliary Switchboard Radiators (DASR).....	19
2.3.3 Common Auxiliary Service (CAS).....	20
2.3.4 Fuel Treatment System (FTS).....	20
2.3.5 Unloading Oil System (UOS).....	20
2.4 Média Tensão.....	21
2.5 Subestação Elevadora.....	23
2.5.1 Transformadores Elevadores.....	23
2.5.2 Pára-Raios.....	24
2.5.3 Transformadores de Corrente.....	25
2.5.4 Transformadores de Potencial.....	25
2.5.5 Chaves Seccionadoras.....	26
2.5.6 Disjuntores.....	26
2.5.7 Supervisório da Subestação Elevadora.....	27
<b>CAPÍTULO III – Comissionamento elétrico da UTE Muricy I.....</b>	29
3.1 Comissionamento de Baixa Tensão.....	29
3.1.1 Comissionamento de cabos elétricos de força.....	29
3.1.1.1 Teste de Continuidade.....	29
3.1.1.2 Teste de resistência de isolamento.....	31
3.1.2 Comissionamento dos motores elétricos.....	32
3.1.2.1 Teste do sentido de giro dos motores.....	32



3.1.2.2	Dimensionamento dos disjuntores alimentadores.....	33
3.1.2.3	Aterramento dos motores.....	34
3.1.3	Comissionamento dos painéis elétricos.....	35
3.2	Comissionamento de média tensão.....	35
3.2.1	Teste de isolamento dos cabos.....	36
3.2.2	Verificação dos intertravamentos e comandos dos disjuntores.....	37
3.3	Comissionamento de alta tensão.....	39
3.3.1	Comissionamento dos disjuntores.....	39
3.3.2	Comissionamento das chaves seccionadoras.....	42
3.3.3	Comissionamento remoto da subestação.....	42
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>		<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>45</b>

## Lista de Figuras

	Pág
Figura 1.1 – Organograma da RN Energia	13
Figura 2.1 – Visão Geral da UTE Muricy I	14
Figura 2.2 – Motor fabricado pela MAN AG: (a) Vista lateral; (b) Vista frontal.	16
Figura 2.3 – Foto do Gerador Indar	16
Figura 2.4 – Transformadores Auxiliares: (a) TSA 1; (b) TSA 2; (c) TSA 3.	17
Figura 2.5 – (a) Gerador de emergência STEMAC; (b) Gerador da UTE Muricy I	18
Figura 2.6 – Painel CCM DAS.	19
Figura 2.7 – Painel CCM DASR: (a) Vista externa; (b) Vista interna.	19
Figura 2.8 – Painel CCM CAS	20
Figura 2.9 – (a) Painel FTS; (b) Painel UOS.	21
Figura 2.10 – Painéis de 13,8 k: (a) Barramento 2; (b) Barramento 1.	22
Figura 2.11 – Disjuntor da Cuttler-Hummer: (a) vista frontal; (b) vista lateral.	22
Figura 2.12 – Subestação Elevadora da UTE Muricy I	23
Figura 2.13 – Transformador Elevador da UTE Muricy I	24
Figura 2.14 – Pára-Raios UTE Muricy I	24
Figura 2.15 – Transformadores de Corrente – SE Muricy I	25
Figura 2.16 – Transformadores de Potencial da SE Muricy I	25
Figura 2.17 – Chaves seccionadoras: (a) terrestres; (b) de by-pass da SE Muricy I.	26
Figura 2.18 – Disjuntores a SF <sub>6</sub> - UTE Muricy I	26
Figura 2.19 – (a) Painéis de Proteção da Subestação; (b) Sala de Controle.	27
Figura 3.1 – Teste de continuidade de cabos elétricos	30
Figura 3.2 – Teste de Resistência de Isolação entre fases	31
Figura 3.3 – (a) Sentido de giro dos motores elétricos ; (b) realização dos testes	33
Figura 3.4 – Correção do aterramento dos motores	34
Figura 3.5 – Comissionamento de gavetas dos painéis elétricos	35
Figura 3.6 – (a) e (b) Imagens do Equipamento; (c) Realização do teste.	36
Figura 3.7 – (a) e (b) Mufla danificada do cabo 13,8 kV reprovado no teste.	35
Figura 3.8 – Teste dos intertravamentos dos disjuntores do Painel EATON.	35
Figura 3.9 – Comissionamento dos painéis de 13,8 kV.	38
Figura 3.10 – Comissionamento da Subestação 230 kV	39

Figura 3.11 – (a) Disjuntores da SE; (b) Preenchimento com gás SF <sub>6</sub> .	40
Figura 3.12 – Realização da oscilografia	41
Figura 3.13 – (a) Conexão dos cabos nos terminais; (b) contatos.	41
Figura 3.14 – Verificação do alinhamento e nivelamento das seccionadoras	42
Figura 3.15 – Comissionamento remoto da subestação	43

## Lista de Tabelas

	<b>Pág.</b>
Tabela 2.1 – Especificações dos disjuntores do painel EATON.	23
Tabela 3.1 – Resultados do Teste de Continuidade.	30
Tabela 3.2 – Testes de resistência de isolamento dos cabos elétricos.	32
Tabela 3.3 – Resultados dos testes de sentido de giro dos motores.	33
Tabela 3.4 – Resultado do levantamento dos disjuntores subdimensionados.	34
Tabela 3.5 – Testes de isolamento dos cabos elétricos 13,8 kV.	37
Tabela 3.6 – Resultados dos testes de intertravamento nos disjuntores de 13,8kV.	39

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 – Estágio Integrado

Na estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, o aluno tem a oportunidade de realizar um estágio, seja ele supervisionado ou integrado, na intenção de aliar o conhecimento teórico ao prático e também proporcionar ao aluno um primeiro contato com a realidade a ser enfrentada após o término do curso.

O presente relatório refere-se ao estágio integrado realizado pelo aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Ronaldo Vital de Oliveira Júnior, na construção Usina Termoelétrica Camaçari Muricy I pela empresa Ramos & Novaes Consultoria e Serviços em Energia Ltda., que era responsável pela fiscalização da construção. O estágio teve vigência durante o período de três de março a oito de julho de 2009, sob orientação do professor Tarso Vilela Ferreira.

### 1.2 – Ramos & Novaes Consultoria e Serviços em Energia Ltda.

Fundada em 2007, no Rio de Janeiro, a empresa Ramos & Novais Energia Consultoria e Serviços em Energia Ltda. (RN Energia), está atuante em várias partes do Brasil, tendo como principal mercado a fiscalização e construção de usinas termoelétricas. Atualmente é responsável pela fiscalização da construção de duas usinas termoelétricas localizadas no Pólo Petroquímico de Camaçari, no estado da Bahia.

O trabalho de gerenciamento das usinas é desenvolvido em parceria com os empreendedores, cabendo à RN Energia dar todo o suporte a estes, incluindo:

- ✓ Relacionamento com as agências governamentais e órgãos de meio ambiente;
- ✓ Planejamento e controle das etapas de implantação do projeto;

- ✓ Apoio à negociação de contratos com fornecedores nacionais e internacionais;
- ✓ Avaliação técnica de projetos na área de energia.

### 1.2.1 – Estrutura Organizacional da RN Energia

À frente da RN Energia estão três diretores, o diretor superintendente, o Engenheiro Químico Humberto Novaes, responsável pela gerência de toda a empresa; o diretor de engenharia, o Engenheiro Eletromecânico Claude de Winter, que como função realizar e encaminhar os documentos relacionados com projetos mecânicos e civis da obra; e por fim o diretor de implantação, o Engenheiro Eletricista Waldez Azevedo, responsável pelo encaminhamento das atividades de engenharia, desde a elaboração dos orçamentos até a contratação e execução dos trabalhos relacionados. Abaixo desta direção, a RN Energia é composta por um corpo de engenheiros e técnicos, como pode ser visto na Figura 1.

RN Energia - Consultoria e Serviços em Energia

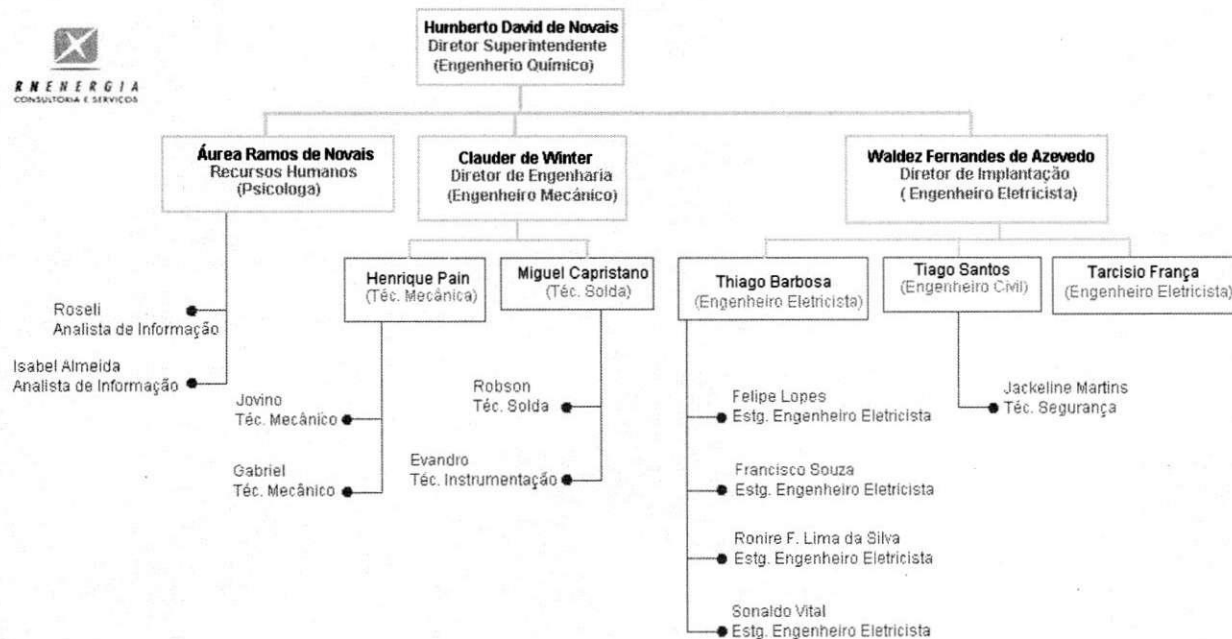


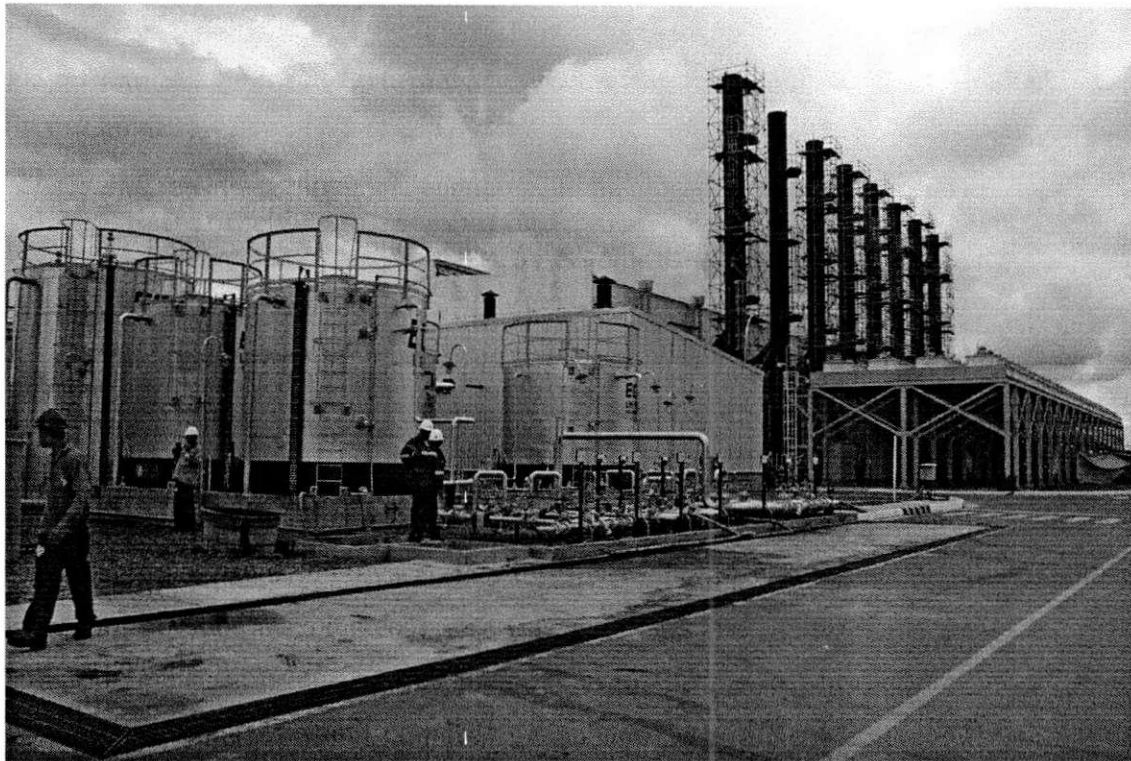
Figura 1.1 – Organograma da RN Energia

# CAPÍTULO 2

## A Usina Termoelétrica Camaçari Muricy I

### 2.1 – Descrição Geral da UTE Muricy I

A Usina Termoelétrica (UTE) de Muricy I será constituída de oito geradores acionados por motores a óleo combustível.



**Figura 2.1 – Visão Geral da UTE Muricy I**

Os geradores serão agrupados em dois conjuntos de manobra de 13,8 kV, cada um com quatro geradores, sendo estes conectados em paralelo a uma barra de 13,8 kV.

A energia elétrica disponível em cada conjunto de geradores, na tensão de 13,8 kV, terá o seu nível de tensão elevado para 230 kV por intermédio de um transformador-elevador com potência de 80 MVA (podendo chegar até 95 MVA quando empregada refrigeração forçada), sendo diretamente entregue ao barramento da subestação (SE) de 230 kV da UTE Muricy I. O diagrama unifilar geral da usina encontra-se no Anexo A.

O barramento da referida subestação na tensão de 230 kV terá uma barra principal normalmente em operação e uma barra de transferência, que somente será energizada quando o disjuntor de interligação de barras estiver substituindo qualquer um dos demais. A subestação é dividida em quatro vãos, cada vão de 230 kV conterà três chaves seccionadoras motorizadas, sendo duas isoladoras do disjuntor e uma para transferência de barras. O vão do disjuntor de interligação de barras será a exceção, tendo apenas as duas chaves isoladoras.

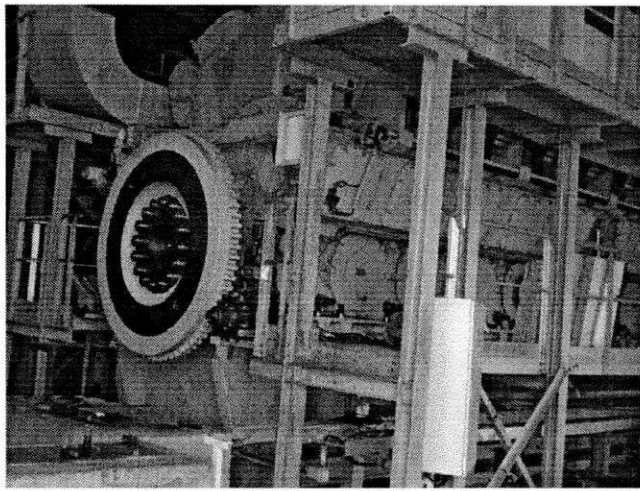
A partir do barramento principal de 230 kV da SE e por meio de uma linha de transmissão relativamente curta (6 km), a energia gerada pela UTE Muricy I será transportada até a SE Pólo de Camaçari, integrante da rede básica do Sistema Interligado Nacional, operado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

## 2.2 – Unidades Geradoras

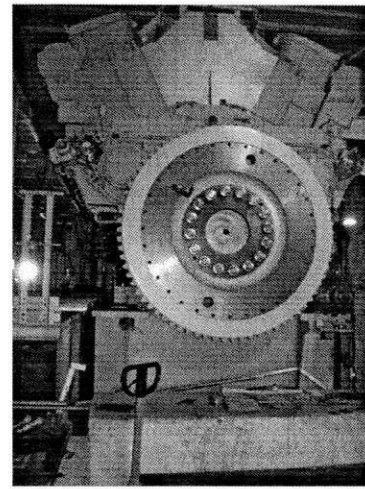
A Usina Termoelétrica Camaçari Muricy I é constituída de oito conjuntos motores-geradores, alimentadas por *heavy fuel oil* (HFO). Os motores são de fabricação da empresa alemã *Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg Aktiengesellschaft* (MAN AG).

A partida dos motores se dá através de ar comprimido e, após tirá-los da inércia o combustível passa a ser óleo diesel. Quando é atingida certa temperatura, o combustível passa a ser o HFO. Na parada dos motores o procedimento é semelhante: ocorre a troca do combustível, passando de HFO para diesel. Este procedimento é necessário devido ao baixo ponto de solidificação do HFO, podendo então ocorrer entupimentos dos bicos injetores, causando assim danos aos motores. Na Figura 2.2 é possível observarem-se fotos dos motores.





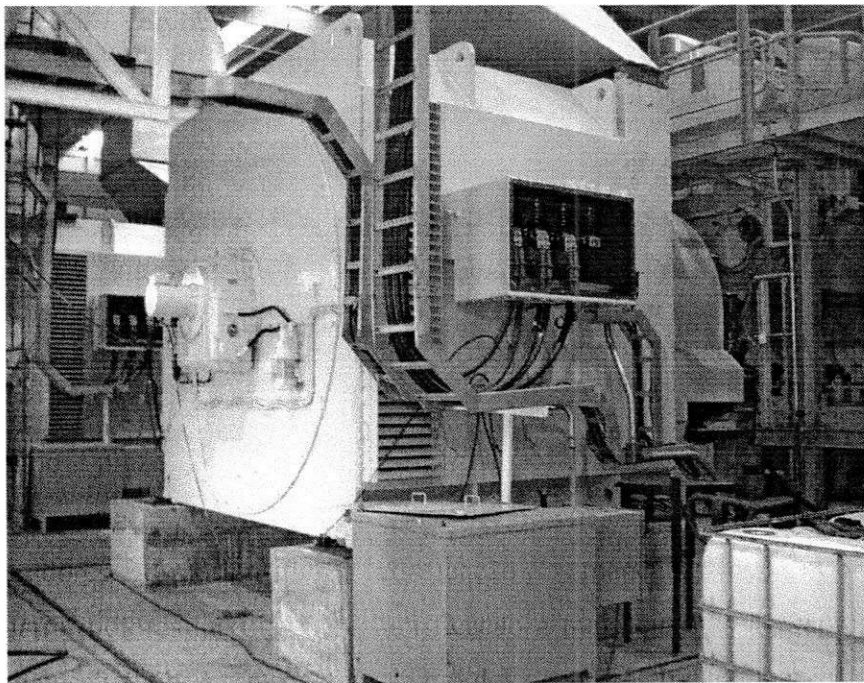
(a)



(b)

**Figura 2.2 – Motor fabricado pela MAN AG: (a) Vista lateral; (b) Vista frontal.**

Devido a prazo de entrega, quatro geradores foram fabricados pela *Asea Brown Boveri* (ABB), e os outros pela *Indar Electric*, porém a única diferença significativa entre os geradores é o mecanismo de lubrificação dos mancais. Nos geradores da Indar existem quatro motores auxiliares de lubrificação a mais que nos geradores ABB. Na Figura 2.3 é possível observar-se a foto de um dos geradores Indar.



**Figura 2.3 – Foto do Gerador Indar.**

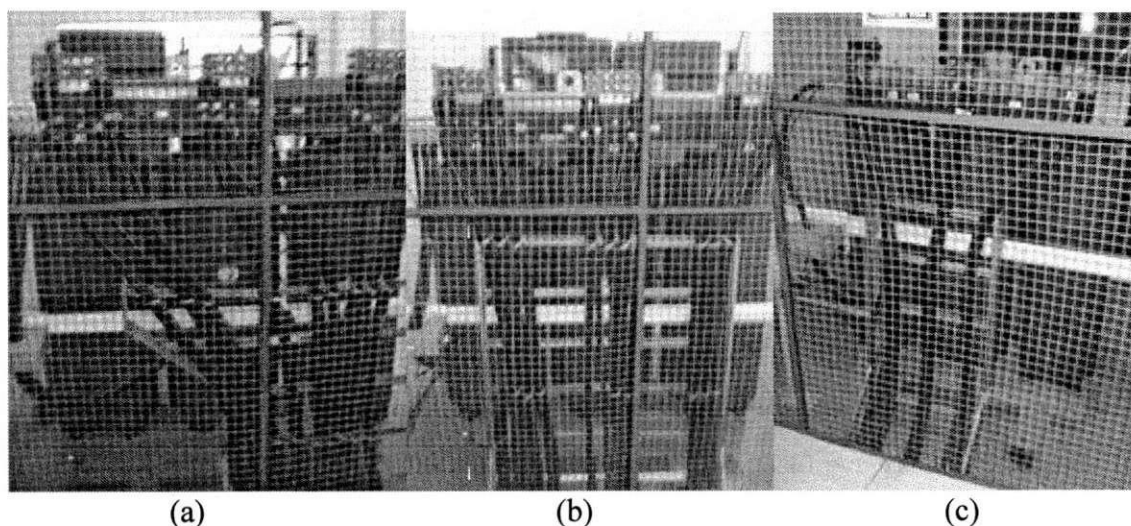
Cada gerador possui uma potência aparente de 23,125 MVA, fator de potência de 0,8, tensão nominal 13,8kV e excitação por meio de pontes rotativas de diodos com retificação por coletor sem escovas. Os geradores estão dispostos em dois conjuntos de

manobra de 13,8 kV, cada um com 4 geradores, sendo estes conectados em paralelo numa barra de 13,8 kV por meio de cada respectivo disjuntor de máquina, através do qual será possível sincronizar cada gerador com o sistema.

Para limitação de corrente de curto-circuito fase-terra, todos os geradores possuem seus neutros aterrados através de resistores. Os resistores de aterramento são constituídos de um armário metálico no interior do qual está montado um conjunto de resistores fixado sobre isoladores. Em série com os resistores temos transformadores de corrente para proteção em caso de alguma falta.

### 2.3 - Baixa Tensão

A energia necessária aos serviços auxiliares de toda a usina será distribuída pelo Centro de Distribuição de Cargas (CDC). O CDC é composto por três transformadores auxiliares, sendo dois transformadores conectados aos barramentos de 13,8 kV de cada conjunto de quatro motores-geradores. Na Figura 3.4 apresentam-se fotografias dos transformadores auxiliares.

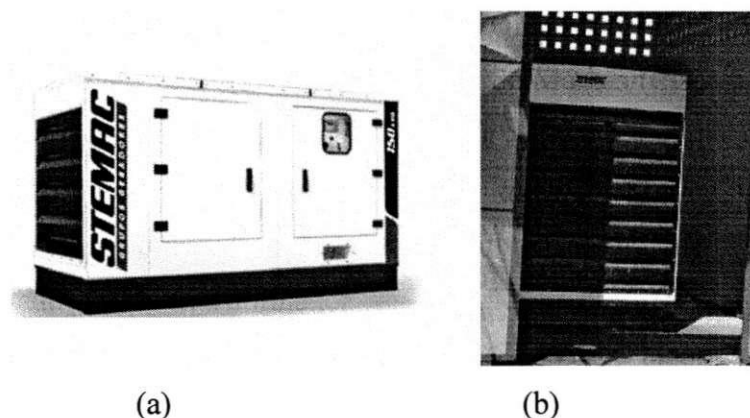


**Figura 2.4 – Transformadores Auxiliares: (a) TSA 1; (b) TSA 2; (c) TSA 3.**

Cada transformador com uma potência nominal de 2,5 MVA é responsável pelo rebaixamento da tensão de 13,8 kV para 480 V e pela alimentação de quatro painéis, conhecidos por *Diesel Auxiliary Service* (DAS) que possuem a função de comandar e controlar todas as cargas auxiliares dos motores-geradores.

O terceiro transformador auxiliar é responsável por rebaixar a tensão de 13,8kV proveniente da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA) para 480 V e alimentar painéis responsáveis por Comando e Controle de Margas (CCMs) essenciais da usina. Entre estas cargas está o sistema *Fuel Treatment System* (FTS) que é a estação de tratamento do óleo combustível, e o sistema *Commum auxiliary Service* (CAS) , que alimenta o sistema de ar comprimido para partida dos motores. Além dessas cargas, o barramento alimentado pelo transformador auxiliar da COELBA, alimenta os carregadores de bateria dos retificadores de 24 Vcc e 125 Vcc e alguns quadros de iluminação.

Caso ocorra uma interrupção no fornecimento por parte da COELBA, o barramento que é alimentado pelo transformador auxiliar 3 será alimentado por um gerador de emergência, apresentado na Figura 2.5



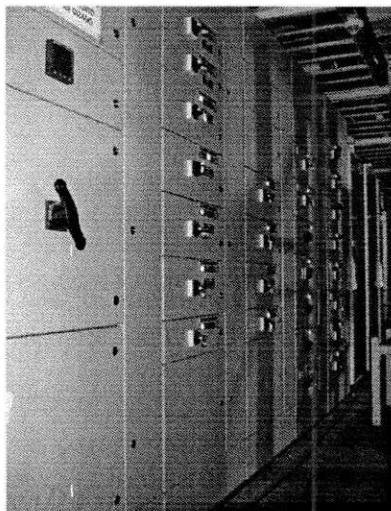
**Figura 2.5 – (a) Gerador de emergência STEMAC; (b) Gerador da UTE Muricy I**

No centro de distribuição de cargas, encontram-se também os retificadores, responsáveis por retificar a tensão de 480 Vac para 24 Vcc e 125 Vcc e distribuir tensão contínua para algumas cargas da usina, como relés digitais, controladores lógicos, entre outras.

### **2.3.1 – Diesel Auxiliary Service (DAS)**

Cada conjunto motor-gerador possui um painel responsável pelo comando e controle de cargas auxiliares dos mesmos, entre elas motores para lubrificação de

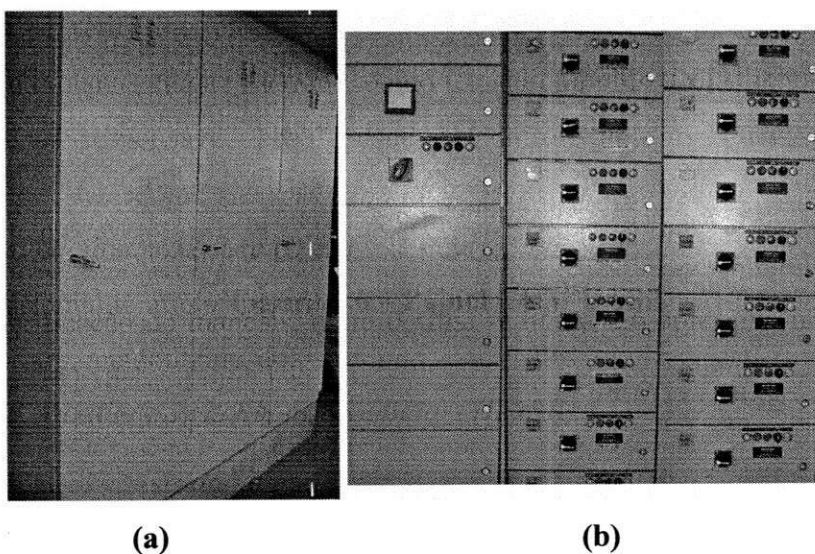
cilindros, lubrificação de mancais, entre outras. A figura 2.6 apresenta uma fotografia do Painel CCM DAS 1.



**Figura 2.6 – Painel CCM DAS.**

### **2.3.2 - Diesel Auxiliary Switchboard Radiators (DASR)**

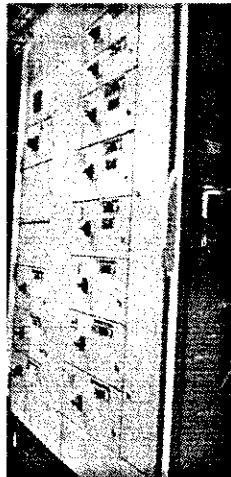
Alimentados pelos DAS, os painéis DASR são responsáveis pela alimentação dos radiadores dos motores. Cada conjunto motor-gerador possui 16 radiadores. A Figura 2.7 apresenta uma vista completa do painel DASR.



**Figura 2.7 – Painel CCM DASR: (a) Vista externa; (b) Vista interna**

### **2.3.3 – Common Auxiliary Service (CAS)**

O Painel CAS tem alimentação proveniente do CDC, e é responsável pela alimentação de periféricos que estão relacionados com os processos comuns entre áreas. É responsável também pela alimentação do sistema de ar comprimido, utilizado na partida dos motores. A imagem 2.8 mostra uma imagem do painel CAS.



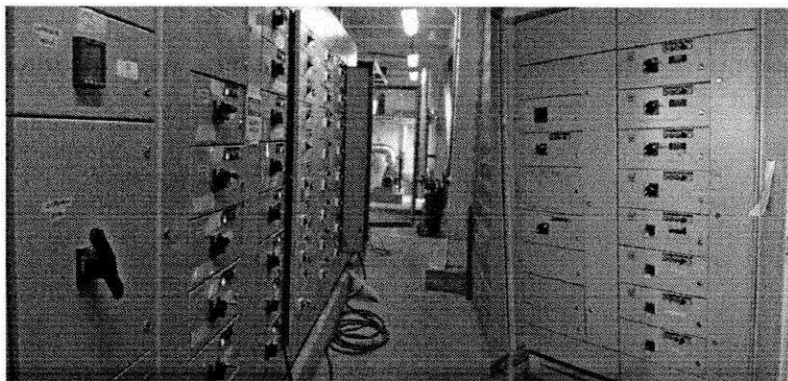
**Figura 2.8 – Painel CCM CAS.**

### **2.3.4 – Fuel Treatment System (FTS)**

O painel FTS é responsável pela alimentação de cargas utilizadas nos processos de carregamento, descarregamento, tratamento de óleo diesel, óleo lubrificante e do HFO, além de alimentar algumas cargas utilizadas em algumas estações da usina, como por exemplo, estação de tratamento de água, combate a incêndio, unidade de separação de água e óleo, entre outras.

### **2.3.5 – Unloading Oil System (UOS)**

O painel UOS é alimentado pelo FTS e tem como principal função alimentar bombas de descarregamento e recirculação do óleo combustível.



(a)

(b)

**Figura 2.9 – (a) Painel FTS; (b) Painel UOS.**

## **2.4 – Sala de Média Tensão**

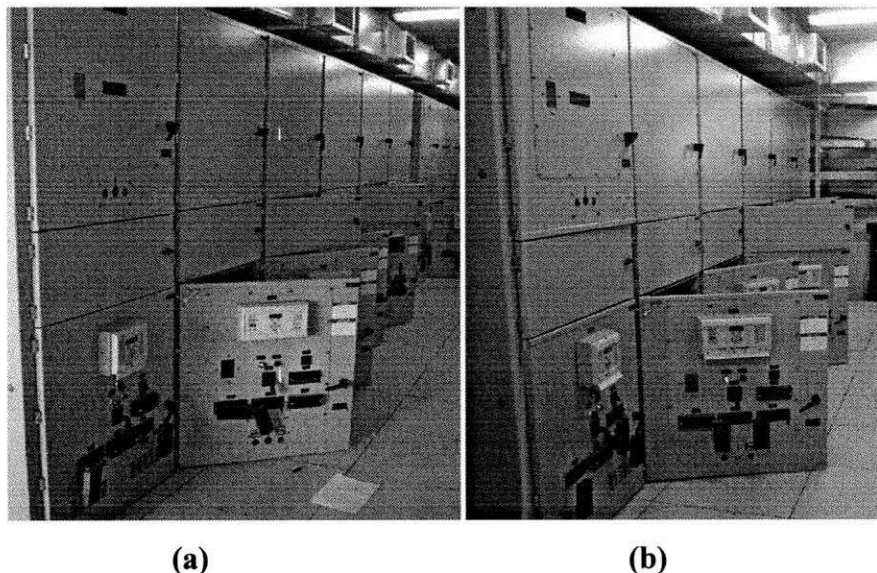
Como dito anteriormente, os geradores serão agrupados em dois conjuntos de manobra de 13,8 kV, cada um com quatro geradores, sendo estes conjuntos conectados em paralelo a uma barra de 13,8 kV.

A UTE Muricy I possui uma sala de média tensão com painéis que são responsáveis pelas interligações:

- Entre os geradores e os barramentos de 13,8 kV;
- Entre os barramentos e os enrolamentos primários dos transformadores elevadores;
- Entre os barramentos e os transformadores auxiliares.

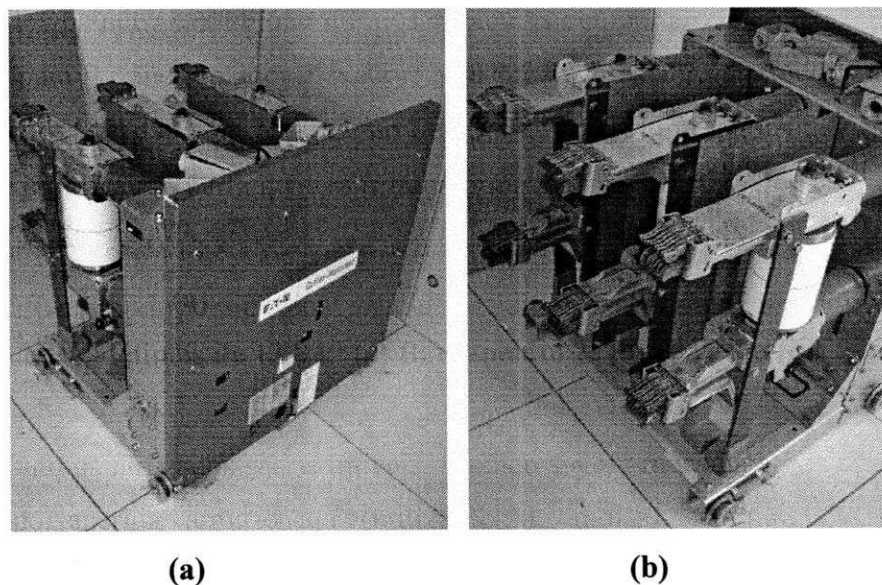
Nesta sala de média tensão encontram-se dois painéis, cada um com 6 cubículos. Para cada um dos painéis, tem-se que um dos cubículos comporta o disjuntor de saída do barramento para o transformador elevador; quatro cubículos abrigam os disjuntores de interligação dos geradores ao barramento de 13,8 kV; no último cubículo ficam os disjuntores que interligam o barramento aos transformadores auxiliares.





**Figura 2.10 – Painéis de 13,8 k: (a) Barramento 2; (b) Barramento 1.**

Os disjuntores utilizados são extraíveis, tripolares, com mecanismo de operação elétrica do tipo energia armazenada (utilização de molas), abertura elétrica – mecanicamente livre. As especificações dos disjuntores utilizados são mostradas na tabela 2.1.



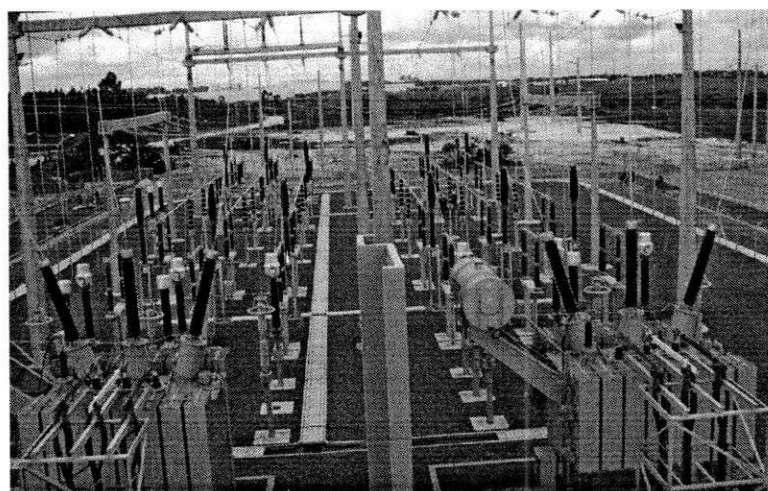
**Figura 2.11 – Disjuntor da Cutler-Hummer: (a) vista frontal; (b) vista lateral.**

**Tabela 2.1 – Especificações dos disjuntores do painel EATON.**

Equipamento Associado	Níveis de Corrente (A)	Especificações – Disjuntor (A)
TSAs	$I_{\text{nominal}} = 700\text{A}$	$I_{\text{nominal}} = 1200^{\text{a}}$
	$I_{\text{curto-circuito}} = 11500\text{A}$	$I_{\text{curto-circuito}} = 50\text{kA}$
Geradores	$I_{\text{nominal}} = 968\text{A}$	$I_{\text{nominal}} = 1200^{\text{a}}$
	$I_{\text{curto-circuito}} = 12200\text{A}$	$I_{\text{curto-circuito}} = 50\text{kA}$
Barramentos	$I_{\text{nominal}} = 3872\text{A}$	$I_{\text{nominal}} = 4000^{\text{a}}$
	$I_{\text{curto-circuito}} = 48800\text{A}$	$I_{\text{curto-circuito}} = 50\text{kA}$

## 2.5 – Subestação Elevadora

A UTE Muricy I possui uma subestação elevadora, responsável por elevar o nível de tensão de 13,8 kV para 230 kV.



**Figura 2.12 – Subestação Elevadora da UTE Muricy I.**

### 2.5.1 - Transformadores Elevadores

Na subestação SE Muricy I são encontrados dois transformadores elevadores de 80/95 MVA que são responsáveis por elevar a tensão de 13,8 kV para 230 kV.

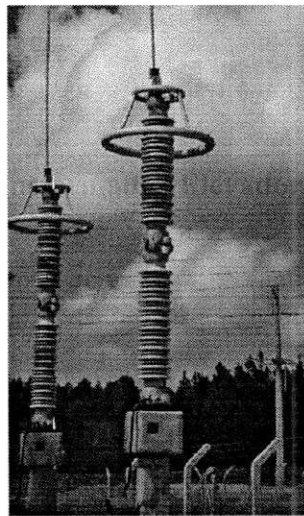




**Figura 2.13 – Transformador Elevador da UTE Muricy I**

### **2.5.2 - Pára-Raios**

Os pára-raios da subestação em questão são do tipo estação, com montagem vertical, e unipolares (ligação fase-terra). São basicamente compostos de uma ou mais colunas de resistores de óxido metálico, de curva corrente *versus* tensão não linear, com base de montagem em aço estrutural. São montados sobre isoladores de base para permitir a conexão de contadores de descarga e miliamperímetros associados ao cabo de aterramento.



**Figura 2.14 – Pára-Raios UTE Muricy I**

### 2.5.3 - Transformadores de Corrente

Na subestação elevadora da UTE, os transformadores de corrente são de múltiplas relações, com derivações no secundário para instalação externa, com quatro núcleos, sendo três enrolamentos secundários de proteção de um enrolamento secundário de medição, relações de transformação 600RM-5A, exatidão e carga nominais 10B400 (proteção) e 0,3C50 (medição), 230 kV,  $I_{cc} = 31,5$  kA, fator térmico de 1,2.



Figura 2.15 – Transformadores de Corrente – SE Muricy I

### 2.3.4 - Transformadores de Potencial

Na SE Muricy I, o transformador de potencial é do tipo indutivo, como relação de transformação de  $230.000/\sqrt{3}$  V –  $115/\sqrt{3}$  V, dois enrolamentos secundários, com classe de exatidão de 0,3P50, ou seja, classe de exatidão de medição.

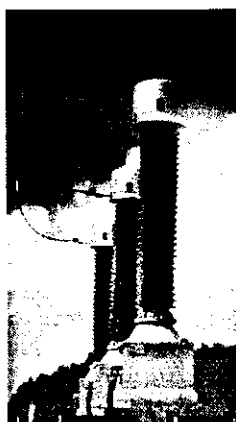


Figura 2.16 – TPs SE Muricy I

### 2.3.5 - Chaves Seccionadoras

Na subestação elevadora da UTE Muricy I, podem ser encontrados três tipos de chaves: chaves seccionadoras terrestres sem lâmina de terra, chaves seccionadoras terrestres com lâmina de terra e chaves seccionadoras aéreas, que são utilizadas para *bypass*.

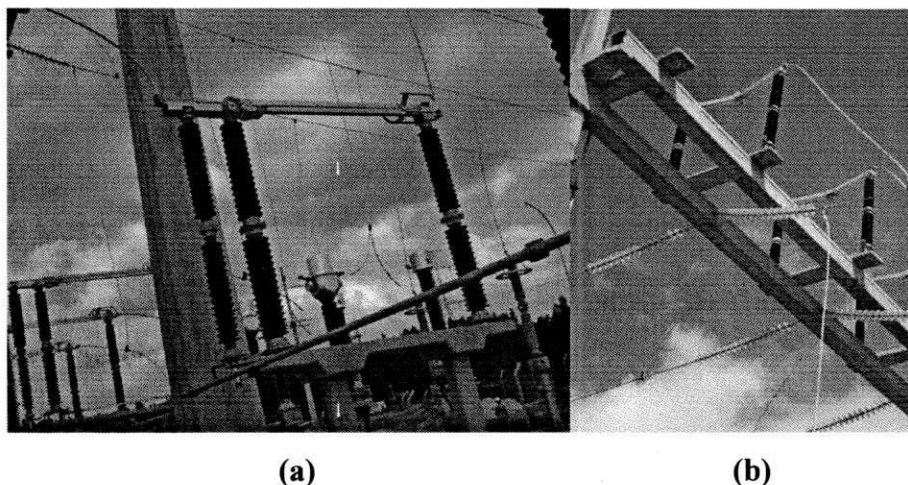


Figura 2.17 –Chaves seccionadoras: (a) terrestres; (b) de by-pass da SE Muricy I.

### 2.3.6 - Disjuntores

Na subestação elevadora, os disjuntores utilizam hexafluoreto de enxofre ( $SF_6$ ), gás eletronegativo. O acionamento se dá por meio de um sistema de molas. Os disjuntores possuem corrente nominal de 2000 A e corrente de interrupção simétrica de 31,5 kA.

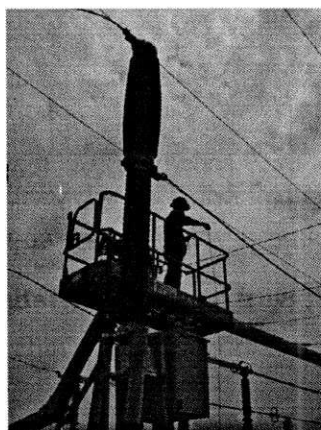
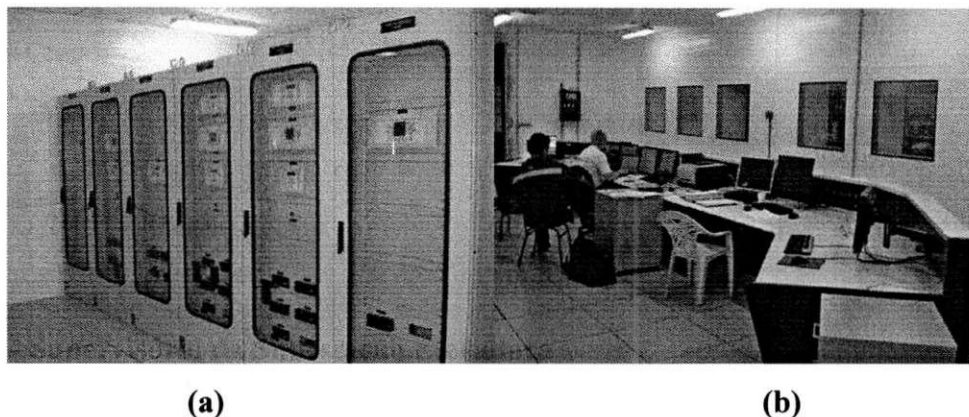


Figura 2.18 – Disjuntores a  $SF_6$  - UTE Muricy I

### 2.3.7 – Supervisório da Subestação Elevadora

O Sistema de Proteção e Controle (SSCP) para a subestação elevadora da UTE Muricy I é dividido em dois níveis:

- Nível 1 - Responsável pela aquisição, controle e proteção;
- Nível 2 – Responsável pelo controle e supervisão.



**Figura 2.19 – (a) Painéis de Proteção da Subestação; (b) Sala de Controle UTE Muricy.**

O nível de aquisição, controle e proteção corresponde ao conjunto de Unidades de Aquisição e Controle (UAC), Unidades de Proteção (UPD) e Unidades Concentradoras de Comunicação (UCC). Elas são distribuídas de modo a constituir conjuntos funcionais autônomos de aquisição, controle e proteção para todos os vãos da subestação.

Além dessas unidades, o SSCP possui Unidades de Medição de Faturamento (UMF), utilizadas nas saídas para os transformadores elevadores, e que por meio de uma *Virtual Private Network* (VPN) se comunica com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica CCEE.

O nível de controle e supervisão é composto por uma Estação de Operação (EO) que será utilizada pelos operadores da subestação como principal ferramenta de supervisão e comando centralizado.

Todos os componentes que integram o nível 1 e o nível 2 são interligados por meio de uma rede local padrão *Ethernet 100 Mbps* com topologia em anel, utilizando fibra óptica como meio físico e suportando o protocolo IEC 61850. O elemento central desta rede são os switches *Ethernet* gerenciáveis suportando *Rapid Spanning Tree*

*Protocol* (RSTP), que permitem a sua utilização em aplicações críticas de proteção e controle.

Todos os componentes de proteção integrantes do nível 1 são interligados ao nível 2, por meio de redes seriais RS485, no protocolo IEC 870-5/103.

Todos os componentes do SSCP serão mantidos em uma mesma base de tempo com resolução de 1 milissegundo por meio de módulos de sincronismo mantidos pelo sistema *Global Positioning System* (GPS).

# CAPÍTULO 3

## Comissionamento Elétrico da UTE Muricy I

### 3.1 – Comissionamento de Baixa Tensão

O comissionamento de baixa tensão consistiu basicamente em testes e verificações realizadas no Centro de Distribuição de Cargas (CDC) e nos painéis de Comando e Controle de Motores (CCMs), testes realizados nos cabos elétricos, motores e gavetas que compõem os mesmos.

#### 3.1.1 – Comissionamento de Cabos Elétricos de Força

O comissionamento dos cabos elétricos de força de baixa tensão é realizado para que não se tenha um mau funcionamento dos equipamentos que estão interligados através deles. O comissionamento foi dividido em duas etapas:

- ✓ Teste de continuidade;
- ✓ Teste de resistência de Isolamento.

##### 3.1.1.1 – *Teste de continuidade*

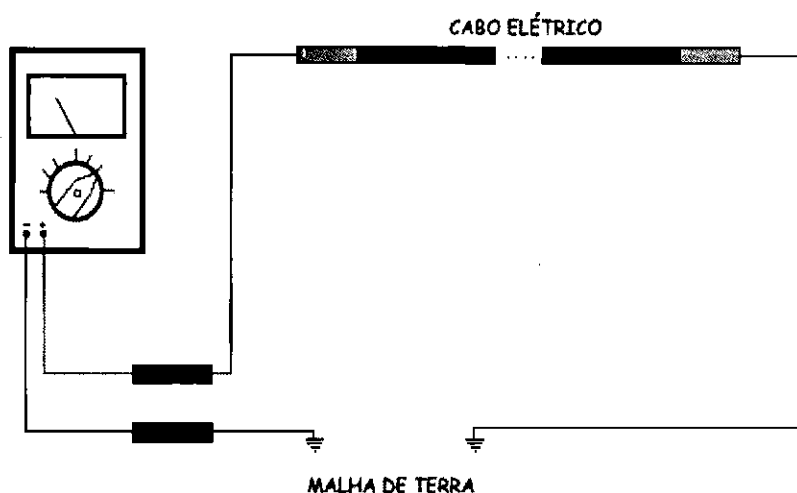
Em uma Usina Termoelétrica a quantidade de cabos elétricos é seguramente mais de 20 km de cabo, e muitas vezes durante a construção da mesma a conexão de alguns equipamentos é realizada incorretamente. Além da grande quantidade de cabos e equipamentos, outro agravante é a distância entre os alimentadores e os equipamentos. A fim de detectar esses problemas é realizado o teste de continuidade.

O teste de continuidade é bastante simples, sendo realizado apenas com o auxílio de um multímetro, o qual é empregado para medir-se a resistência do cabo em teste. Caso a resistência seja suficientemente baixa, o cabo é aprovado.

Caso a resistência medida seja elevada, assume-se que o cabo está ligado na conexão errada ou rompido.

Em maior parte, os equipamentos estavam muito distantes dos seus alimentadores, sendo assim necessário assumir um ponto em comum entre uma das extremidades do cabo e uma das pontas de prova. O ponto em comum utilizado foi a malha de terra, pois a mesma é comum dentro de toda a usina.

Sendo assim, o teste consistiu em conectar uma ponta de prova à malha de terra e a outra ponta de prova a uma das extremidades do cabo, enquanto a outra extremidade do cabo era conectada também à malha de terra, como pode ser visto na Figura 3.1.



**Figura 3.1 – Teste de continuidade de cabos elétricos.**

Os resultados do teste de continuidade foram mostrados na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1 – Resultados do Teste de Continuidade.**

<b>Tipo de Teste</b>	- Teste de Continuidade
<b>Equipamento Utilizado</b>	- Multímetro Digital e Fios Auxiliares
<b>Cabos Verificados</b>	- Alimentadores dos TSAs; - Alimentadores dos DASs; - Alimentadores dos DASRs; - Alimentadores do FTS; - Alimentadores do UOS; - Alimentadores do CAS; - Motores elétricos em Geral; - Painéis elétricos auxiliares.
<b>Duração dos Testes</b>	2 meses
<b>Problemas Verificados</b>	- Alimentadores trocados entre o TSA1 e TSA3; - Alimentadores trocados entre DAS5 e DAS6; - Painel CAS com barramento terra não interligado à malha. - Radiadores interligados aos DASRs não aterrados.

### 3.1.1.2 – Teste de Resistência de Isolamento

Os cabos elétricos são dimensionados para suportar as correntes nominais e tensões nominais estabelecidas no projeto, porém, durante a operação, podem ocorrer anormalidades. Sobretensões inesperadas, por exemplo, podem causar danos aos cabos, rompendo seus isolamentos.

Para conferir a capacidade de isolamento dos cabos é importante que se teste as suas de resistências de isolamento. O teste é realizado com auxílio de um equipamento chamado Megômetro, e os procedimentos utilizados foram os estabelecidos pela norma NBR 7286 que define o nível de tensão utilizado e o tempo de aplicação da tensão.

O megômetro é um instrumento utilizado para medir resistências de isolamento através da aplicação de uma tensão contínua sobre os terminais do equipamento em análise. O instrumento utilizado permitia aplicação de tensões entre 500 V e 1500 V. Por meio desta tensão aplicada e da medição da corrente de fuga, o megômetro fornece a leitura da resistência de isolamento.

O nível mínimo da resistência de isolamento é estabelecido pela seguinte equação:

$$R_{\text{isolação}} = 1 \text{ MegaOHM} + \text{Tensão de operação (Volt)} \times 1 \text{ kOHMS/Volt} \quad (1)$$

No caso da UTE Muricy I, onde o nível de tensão é de 480 Vac, a resistência mínima de isolamento que deve ser medida é de 1,480 MΩ. No teste foram feitas leituras dos valores da resistência de isolamento entre fase-fase e fase-terra. Na figura 3.2 pode-se observar como é realizado o teste.

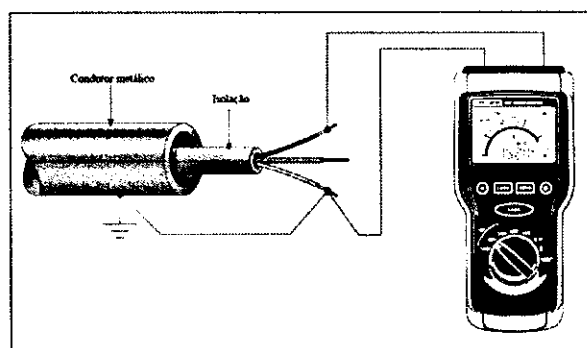


Figura 3.2 – Teste de Resistência de Isolação entre fases.



Os resultados obtidos durante o teste são mostrados na Tabela 3.2:

**Tabela 3.2 – Testes de resistência de isolamento dos cabos elétricos.**

<b>Tipo de teste</b>	Teste de resistência de isolamento.
<b>Norma ABNT</b>	NBR 7286
<b>Equipamentos Utilizados</b>	- Megômetro.
<b>Cabos Verificados</b>	- Alimentadores dos: TSAs; DASs; DASRs; FTS; UOS; CAS; - Alimentadores de Motores elétricos em Geral;
<b>Duração dos testes</b>	2 meses.
<b>Problemas verificados</b>	- Nenhum problema foi verificado

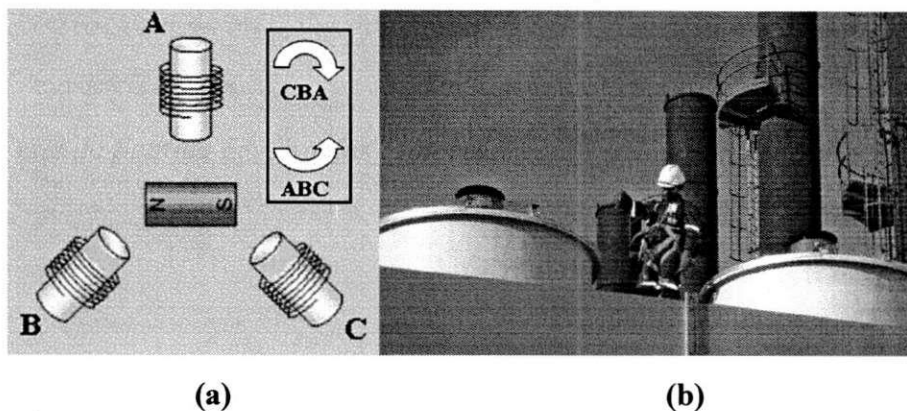
### **3.1.2 – Comissionamento dos Motores Elétricos**

No comissionamento dos motores elétricos, foram feitos os seguintes testes:

- ✓ Sentido de giro dos motores;
- ✓ Verificação do dimensionamento dos disjuntores;
- ✓ Verificação de aterramento.

#### **3.1.2.1 – Teste do Sentido de Giro dos Motores**

No caso da UTE Muricy I, processos como descarregamento de óleo, carregamento de óleo, fluxo de bombeamento de água, borra, entre outros, dependem diretamente deste sentido de giro. Sabe-se que o sentido de giro do motor está ligado à sequência assumida pela alimentação das bobinas do estator. Sendo assim, o sentido de giro de um motor elétrico alimentado com tensões na sequência ABC é contrário ao de um com tensões na sequência CBA.



**Figura 3.3 – (a) Sentido de giro dos motores elétricos ; (b) realização dos testes**

Para corrigir então o sentido de giro de motores que estavam ligados incorretamente, bastou a simples troca de duas fases. Os resultados obtidos nos testes de sentido de giro são mostrados na Tabela 3.3.

**Tabela 3.3 – Resultados dos testes de sentido de giro dos motores.**

<b>Tipo de teste</b>	Teste de sentido de giro dos motores elétricos
<b>Equipamentos Utilizados</b>	- Nenhum.
<b>Procedimento</b>	- Energizar o motor e verificar, visualmente, o sentido de giro do mesmo. - Verificar a ligação interna dos motores, adequando os mesmos para uma tensão aproximada de 480 V <sub>ca</sub> .
<b>Motores Verificados</b>	- Motores interligados aos DASs; - Radiadores dos DASRs; - Motores interligados aos FTS; - Motores interligados aos UOS; - Motores interligados aos CAS;
<b>Duração dos testes</b>	15 dias.
<b>Problemas verificados</b>	- Inversão de sentido de giro em radiadores nos DASRs 1,2 e 4;

### **3.1.2.2 – Dimensionamento dos Disjuntores Alimentadores**

Durante os testes de sentido de giro, percebeu-se que alguns motores causavam o desarmamento de seus respectivos disjuntores alimentadores. Ao longo da construção da usina, muitas cargas precisaram ser trocadas e os disjuntores instalados estavam de acordo com o projeto inicial, ou seja, muitos disjuntores encontravam-se subdimensionados.

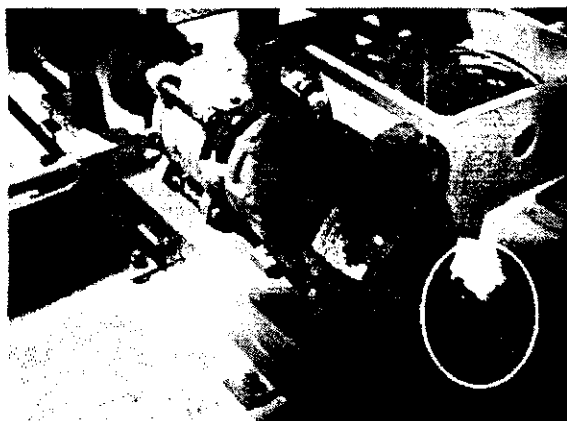
Com o surgimento deste problema, foi feito então um levantamento de todas as cargas da usina e dos disjuntores instalados. O resultado do levantamento é mostrado na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4 – Resultado do levantamento dos disjuntores subdimensionados**

<b>Tipo de teste</b>	Verificação dos valores nominais dos disjuntores alimentadores
<b>Procedimento</b>	- Comparar os valores nominais dos disjuntores com os valores nominais das respectivas cargas alimentadas.
<b>Duração dos testes</b>	15 dias.
<b>Problemas verificados</b>	- 50 disjuntores subdimensionados; - 10 disjuntores com sobrecorrente admissível abaixo de 30%.

### **3.1.2.3 – Aterramento dos Motores**

Outro problema verificado foram alguns motores que estavam sem suas carcaças aterradas e também sem o próprio aterramento interno. De acordo com as normas ABNT NBR 5410 e NBR 5419 estabelecem que todas as estruturas metálicas e equipamentos elétricos devem estar aterrados, para proteção contra descargas.



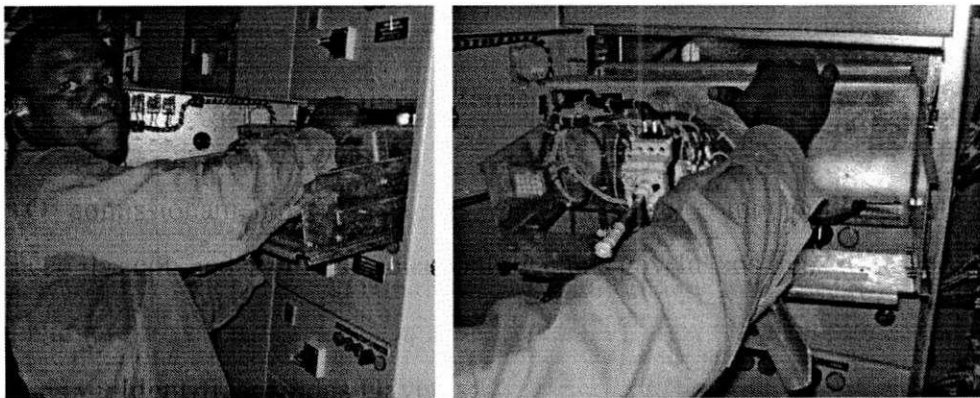
**Figura 3.4 – Correção do aterramento dos motores.**

Depois da realização dos testes, foram emitidos notas técnicas a Empreiteira e os aterramentos foram realizados.

### 3.1.3 – Comissionamento dos Painéis Elétricos

O comissionamento dos painéis elétricos teve como principal objetivo a verificação das condições em que se encontravam as gavetas, os itens observados eram:

- ✓ Identificação das Gavetas;
- ✓ Sinalização das Gavetas;
- ✓ Verificação dos contatos dos contactores;
- ✓ Verificação do acionamento das cargas através das gavetas;
- ✓ Montagem das gavetas (alinhamento, portas, limpeza).



**Figura 3.5 – Comissionamento de gavetas dos Painéis Elétricos.**

A maior parte dos erros encontrados foi o de identificação e acionamento das cargas através das gavetas. O fornecedor foi acionado e esses erros foram corrigidos.

### 3.2 – Comissionamento de Média Tensão

O comissionamento de média tensão consistiu basicamente em testes realizados na sala de 13,8 kV. As seguintes atividades foram realizadas:

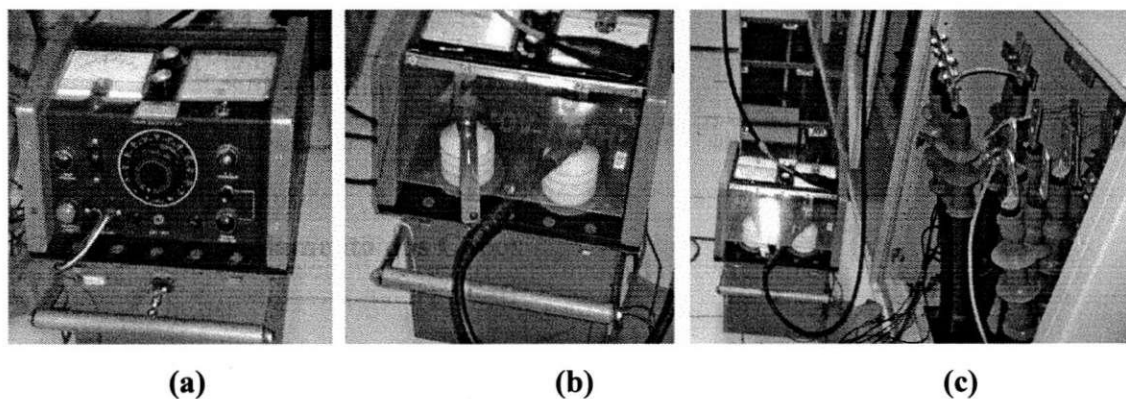
- ✓ Teste de Isolamento dos Cabos;
- ✓ Verificação dos intertravamentos mecânicos e elétricos dos disjuntores;

Nas subseções seguintes serão detalhados tais testes.

### 3.2.1 – Teste de Isolamento dos Cabos

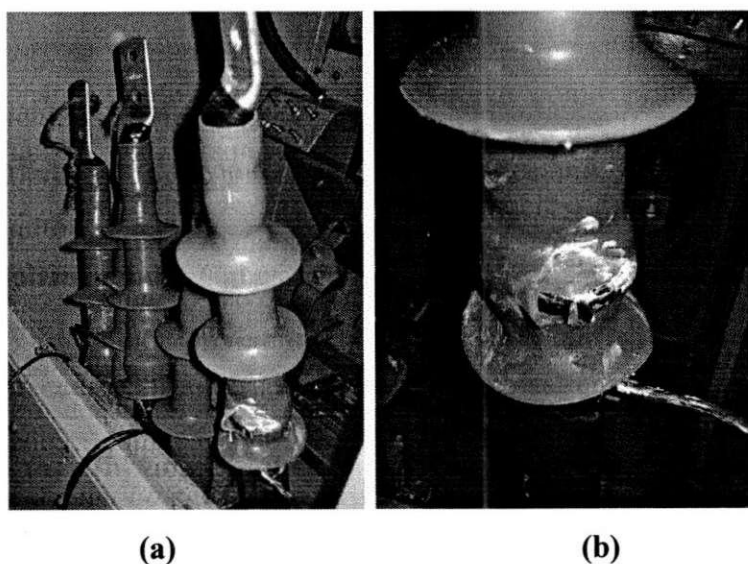
O mesmo procedimento utilizado nos cabos de baixa tensão foi feito nos cabos de média tensão, porém como o nível de tensão de aplicação é superior a 15 kV, o aparelho utilizado é o *High Potential Test* (HiPot).

No teste foi aplicada uma tensão de aproximadamente 40 kV durante 15 minutos, tempo e nível de tensão estabelecidos pela norma ABNT NBR 7286. A figura 3.6 ilustra bem o teste do Hipot.



**Figura 3.6 – (a) e (b) Imagens do Equipamento; (c) Realização do teste.**

Durante os testes, alguns cabos apresentaram altas correntes de fuga, o que acarretou rompimento de algumas muflas.



**Figura 3.7 – (a) e (b) Mufla danificada do cabo 13,8 kV reprovado no teste.**

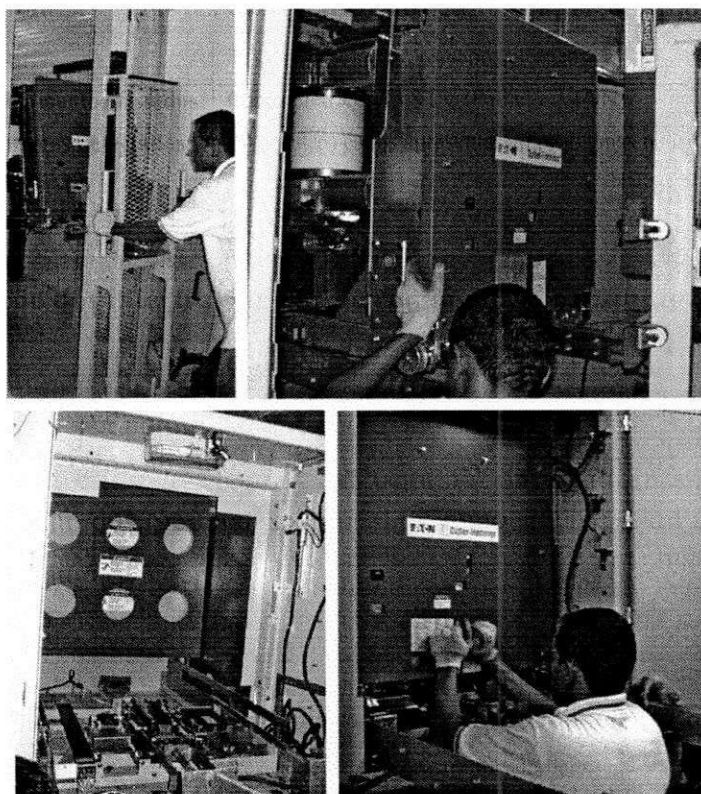
Os resultados obtidos no teste de isolamento de 13,8 kV são mostrados na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5 – Testes de isolamento dos cabos elétricos 13,8 kV.**

<b>Teste</b>	Testes de isolamento dos cabos elétricos
<b>Equipamentos testados</b>	Cabos elétricos 13,8 kV (Painel EATON)
<b>Problemas detectados</b>	- 4 (quatro) cabos apresentaram problemas na isolamento.

### 3.2.2 – Verificação dos intertravamentos e comandos dos disjuntores

Os testes dos disjuntores instalados na sala de 13,8 kV consistiam em verificar a conformidade dos intertravamentos, tanto elétricos como mecânicos, e os comandos de abertura e fechamento dos mesmos, seja local ou remotamente. Na Figura 3.9 pode ser visto os testes dos intertravamentos.

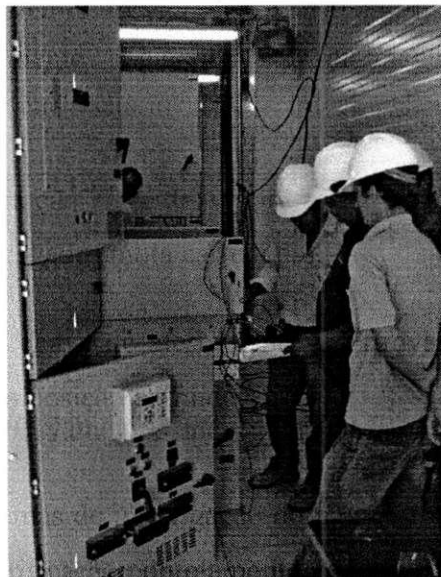


**Figura 3.8 – Teste dos intertravamentos dos disjuntores do Painel EATON.**

Na avaliação dos intertravamentos mecânicos, foram verificados os seguintes pontos:

- ✓ Impedir a movimentação do elemento extraível (disjuntor) de ou para a posição de operação, com o disjuntor fechado;
- ✓ Impedir o fechamento do disjuntor, a não ser que os contatos principais estejam inteiramente engatados ou totalmente separados por uma distância segura;
- ✓ Impedir a remoção do disjuntor com o mecanismo de energia armazenada carregado (mola carregada);
- ✓ Apenas acionar chave de aterramento intertravada mecanicamente com os disjuntores na posição extraído.

Com auxílio dos diagramas de interligação do painel, foram testados também os intertravamentos elétricos e verificação ponto a ponto de todos os comandos tanto locais como remotos. Na figura 3.10 é mostrado os testes realizados nos painéis de 13,8 kV e os resultados encontrados estão mostrados na Tabela 3.6.



**Figura 3.9 – Comissionamento dos painéis de 13,8 kV.**

**Tabela 3.6 – Resultados dos testes de intertravamento nos disjuntores de 13,8kV.**

<b>Teste</b>	Testes de intertravamentos e comandos
<b>Equipamentos testados</b>	Disjuntores 13,8 kV (Painel EATON)
<b>Problemas detectados</b>	- 1 (um) disjuntor com problemas no carregamento da mola; - 2 (dois) disjuntores com problemas no mecanismo de carregamento manual; - Problemas diversos nos circuitos de comando dos disjuntores.

### 3.3 – Comissionamento de Alta Tensão

No comissionamento de alta tensão, foram realizados testes nos disjuntores, chaves seccionadoras, verificações de ligações de TPs e TCs e controle e comando da subestação através do supervisor. Na Figura 3.11...

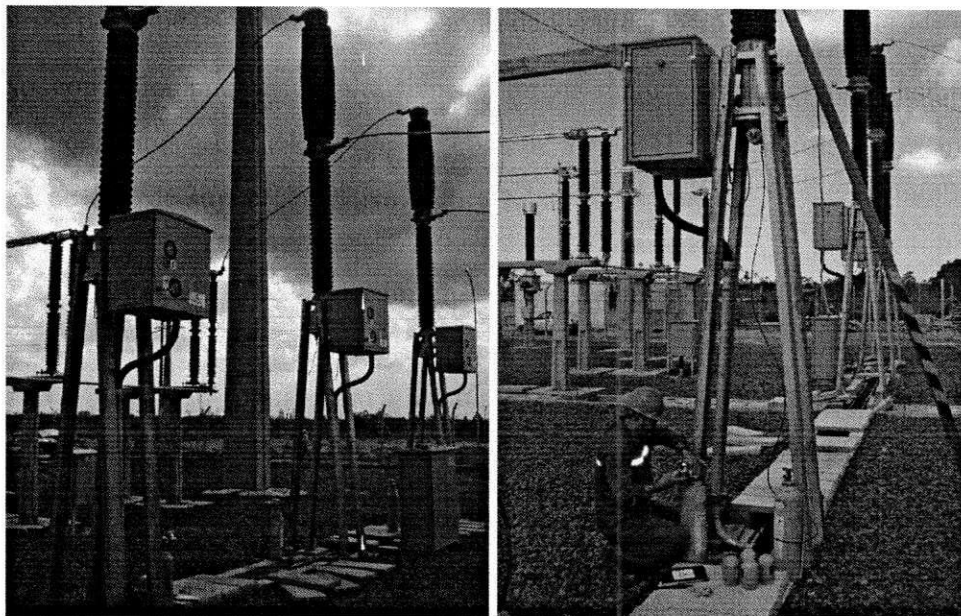


**Figura 3.10 – Comissionamento da Subestação 230 kV.**

#### 3.3.1 – Comissionamento dos Disjuntores

O primeiro teste realizado nos disjuntores foi a verificação da pressão do gás hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) na câmara de extinção. Cada disjuntor possui dois alarmes de nível de pressão, indicando vazamento do gás. O teste então consistiu em preencher os disjuntores até atingir os valores de alarme e em seguida calibrar os manômetros, para que os mesmos fornecessem dados precisos.



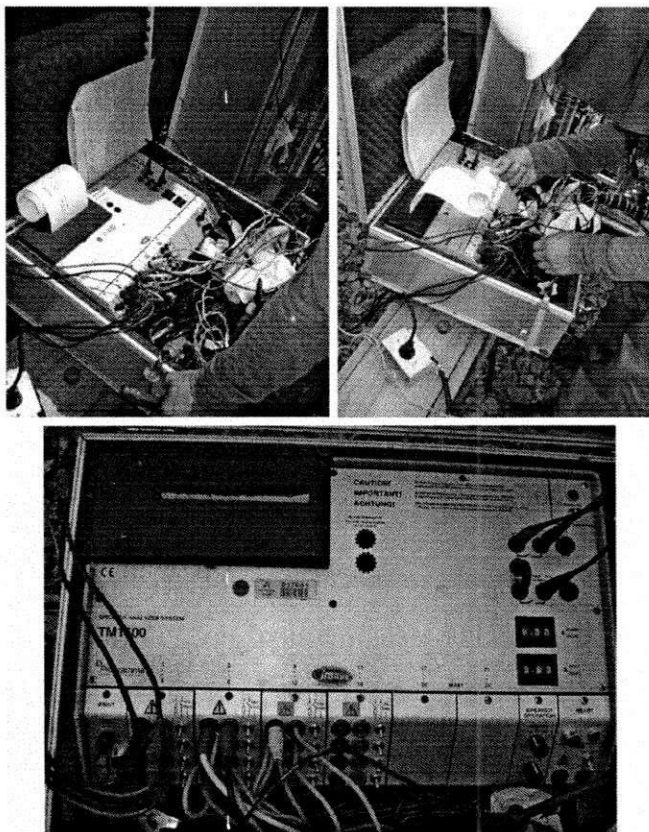


(a)

(b)

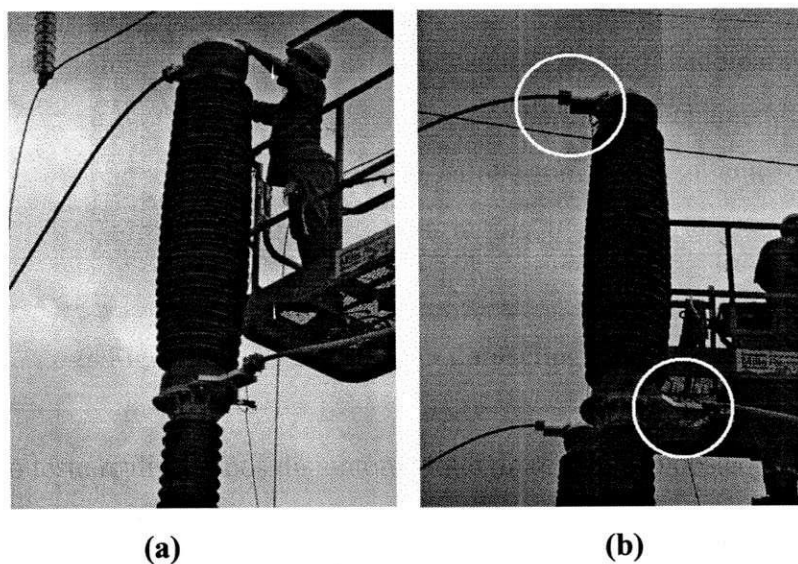
**Figura 3.11 – (a) Disjuntores da SE; (b) Preenchimento com gás SF<sub>6</sub>.**

Em seguida, foram realizados os testes de oscilografia, utilizado para verificar os tempos de resposta do disjuntor, ou seja, tempos de abertura e fechamento a partir de comandos locais ou remotos. O teste consiste na abertura e fechamento do disjuntor para verificação do sincronismo das três fases, a fim de que as mesmas fechem em instantes os mais próximos possíveis. Para realização desse teste, é utilizado o oscilógrafo. A ilustração deste teste pode ser visto na Figura 3.12.



**Figura 3.12 – Realização da oscilografia.**

O último teste realizado nos disjuntores foi o de resistência dos contatos. Através da injeção de uma corrente conhecida e da tensão verificada nos terminais do disjuntor, foram calculadas as resistências de contato do mesmo. Resistência esta que deve ser da ordem de micro ohms. A figura 3.13 detalha bem este teste.



**Figura 3.13 – (a) Conexão dos cabos nos terminais; (b) contatos.**

### 3.3.2 – Comissionamento das chaves seccionadoras

Nas chaves seccionadoras os testes realizados foram os seguintes:

- ✓ Verificação de alinhamento;
- ✓ Verificação das distâncias entre contatos;
- ✓ Verificação dos sistemas de abertura e fechamento.

Na figura 3.14 pode ser visto o teste de alinhamento e nivelamento das chaves seccionadoras.



**Figura 3.14 – Verificação do alinhamento e nivelamento das seccionadoras.**

### 3.3.3 – Comissionamento remoto da subestação

O último teste realizado na subestação foi o comissionamento a partir da sala de controle. Foram testados os comandos remotos de abertura e fechamento de disjuntores e seccionadoras, alguns *status* dos disjuntores, como baixa pressão de SF<sub>6</sub>, *status* da mola (carregada ou descarregada) e também alguns sinais vindo dos transformadores. Primeiramente, o teste foi feito apenas a partir da sala de controle para a subestação, porém teve que ser feito também juntamente com a ONS, que recebe todos os sinais digitais e medidas analógicas da subestação. Na figura 3.15 pode ser visto uma imagem do supervisor da subestação elevadora da UTE Muricy I.

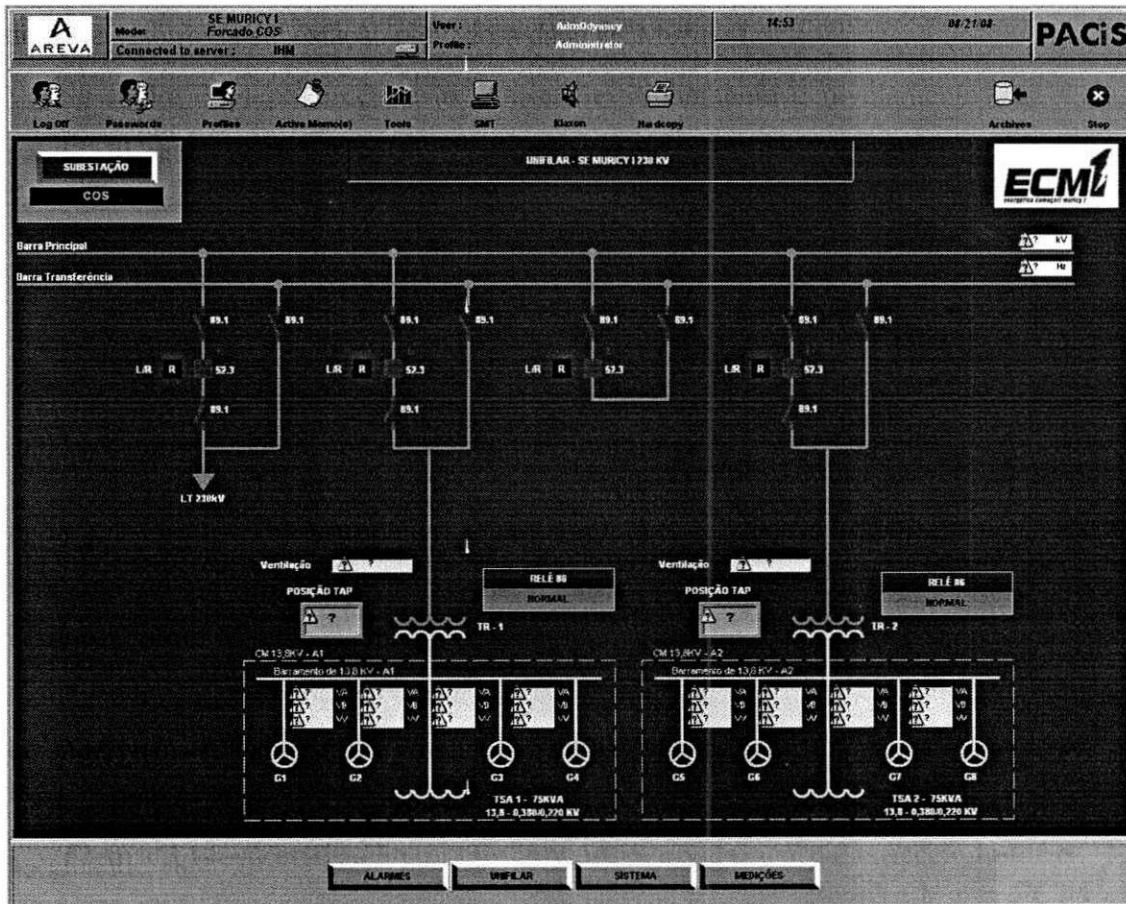


Figura 3.15 – Comissionamento remoto da subestação.

Durante o comissionamento muitos sinais não chegavam corretamente ao supervísório, na maioria das vezes o erro estava em alguma lógica invertida, o que foi corrigido imediatamente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

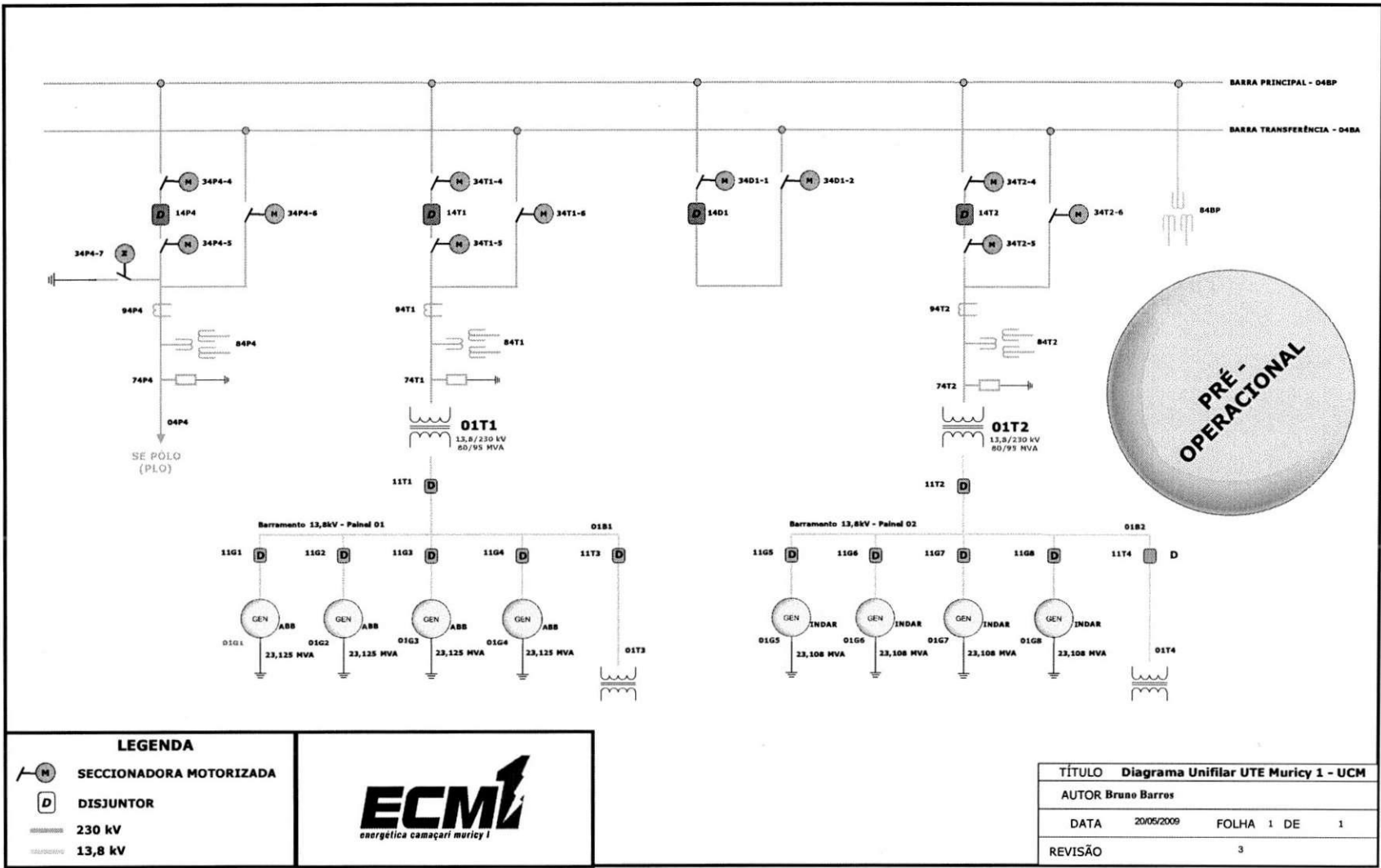
Como foi descrito anteriormente no relatório, o processo de comissionamento de uma usina termoeletrica é de extrema importancia para que se tenha um funcionamento adequado e um conseqüente fornecimento de energia elétrica de boa qualidade.

Com a significativa quantidade de problemas encontrados durante o comissionamento dos equipamentos elétricos, pode-se afirmar que essa etapa é obrigatória antes da usina entrar em operação.

O acompanhamento destes procedimentos pré-operacionais foi de grande valia, aperfeiçoando o conhecimento na área, até então, em grande parte teórico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FILHO, João Mamede. Manual de Equipamentos Elétricos. Volume 1. 2ª Edição. Livros Técnicos e Científicos Editora. Rio de Janeiro, 1994.
- [2] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5380: Transformador de Potência – Método de Ensaio. Maio de 1993.
- [3] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7286: Cabos de potência com isolamento extrudado de borracha etilenopropileno (EPR) para tensões de 1 kV a 35 kV - Requisitos de desempenho. Novembro de 2001.
- [4] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. 1997.
- [5] MEGGER. Operating Instructions – Major MEGGER Tester. 3rd Edition. England.
- [6] KINDERMANN, G. *Aterramento Elétrico*, Ed. Sagra Luzatto, 2002.
- [7] KINDERMANN, G. *Proteção Contra DESCARGAS ATMOSFÉRICAS em estruturas edificadas*, 3ª Edição, Ed. LabPlan, 1992.
- [8] KINDERMANN, G. *Proteção de Sistemas Elétricos de Potência*, Volume 2, Ed. LabPlan, 2006.
- [9] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Seccionadoras – Subestação de 230kV.
- [10] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Disjuntores SF6 – Subestação de 230kV.
- [11] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Pára-raios – Subestação de 230kV.
- [12] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Transformadores de corrente – Subestação de 230kV.
- [13] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Cubículos 13,8kV.
- [14] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Transformadores de serviços auxiliares.
- [15] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Centro de Distribuição de Cargas (CDC) e Centros de Controle de Motores (CCM) de 480V.



**LEGENDA**

	SECCIONADORA MOTORIZADA
	DISJUNTOR
	230 kV
	13,8 kV



TÍTULO	Diagrama Unifilar UTE Muricy 1 - UCM		
AUTOR	Bruno Barros		
DATA	20/05/2009	FOLHA	1 DE 1
REVISÃO	3		