



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Departamento de Engenharia Elétrica

PRISCILA DIAS PEREIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
USINA CAETÉ S/A – UNIDADE CACHOEIRA

Campina Grande – Paraíba
Setembro de 2014

PRISCILA DIAS PEREIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
USINA CAETÉ S/A – UNIDADE CACHOEIRA

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenadoria do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador:
Professor Dr. Damásio Fernandes Júnior

Campina Grande – Paraíba
Setembro de 2014

PRISCILA DIAS PEREIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
USINA CAETÉ S/A – UNIDADE CACHOEIRA

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenadoria do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em: / /

Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Dr. Damásio Fernandes Júnior
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Campina Grande – Paraíba
Setembro de 2014

*Ao meu pai, Paulo, a quem
dedico todo meu amor, gratidão
e eterna saudade.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me fornecer saúde, determinação e força para concluir este trabalho.

Agradeço à minha família pelo apoio e amparo, se fazendo presente em todos os momentos. Em especial aos meus pais, Paulo e Antonia, que nunca faltaram esforços para oferecer estudo de qualidade, fornecendo-me plenas condições e apoio para realizar meus sonhos, e à minha irmã, Paula, por ser sempre um exemplo de foco e determinação para alcançar meus objetivos.

Ao professor Damásio Fernandes Júnior que me orientou neste trabalho e me forneceu todo apoio para seguir em frente.

Ao engenheiro da Usina Caeté – Unidade Cachoeira, Benedito Miguel, por me dar a oportunidade de realizar este estágio e por toda paciência, comprometimento, atenção e responsabilidade em me orientar, tornando-se para mim um exemplo de profissional com o qual pretendo me espelhar.

Por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer especialmente a todo o Departamento de Elétrica da Unidade Cachoeira, principalmente a Ronilton, Raelson, Ulisses, Claudemir, Flávio e Cícero Lima, que me receberam no setor com tamanha paciência, respeito, atenção e disposição em me ensinar, compartilhando seus conhecimentos comigo. Além disso, agradeço pela amizade e pelo crescimento profissional e pessoal que adquiri graças à convivência com esta equipe e por ter oportunidade de trabalhar em conjunto com profissionais éticos e comprometidos com seu trabalho. Lições e experiências que levarei por toda vida.

RESUMO

Este relatório descreve as principais atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), realizado na empresa Usina Caeté S/A – Unidade Cachoeira, acompanhando todo processo de fabricação de açúcar, combustível e geração de energia, tendo como matéria-prima a cana-de-açúcar. Encontram-se aqui descritos o histórico e organização da empresa, uma apresentação sobre todos os setores da empresa e o relato das principais tarefas realizadas no estágio. Entre as principais atividades realizadas durante este período ressaltam-se os testes de isolamento dos equipamentos, manutenção e instalação de componentes e acompanhamento do processo de geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; etanol; geração de energia elétrica; equipamentos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Usina Caeté S/A - Unidade Cachoeira.....	10
Figura 2 - Carregadeira Bell.	10
Figura 3 - Entrada de Veículos/ Balança.	12
Figura 4 - Controle de qualidade.	12
Figura 5 - Laboratório industrial e de sacarose.	13
Figura 6 - Recepção de Cana.	13
Figura 7 - CCM – Moenda.	14
Figura 8 - Sistema Supervisório da Moenda: preparo.	14
Figura 9 - Sistema Supervisório da Moenda: ternos.....	14
Figura 10 - Processos de extração de caldo.	15
Figura 11 - (a) Turbinas centrífugas de açúcar. (b) Setor de fabricação de açúcar.	16
Figura 12 - Caldeiras 1 e 2.....	17
Figura 13 - Ciclo Rankine.	17
Figura 14 - Sistema supervisório de controle da caldeira.....	18
Figura 15 - <i>Spray</i>	18
Figura 16 - Destilaria: fabricação de álcool.....	19
Figura 17 - Centro Operacional Integrado (COI).	20
Figura 18 - Sistema supervisório.	20
Figura 19 - Gerador 1.	21
Figura 20 - Gerador 2.	21
Figura 21 - Cubículos de força dos diversos setores da usina.	21
Figura 22 - Subestação de 69 kV.....	22
Figura 23 – (a) Gerador 1. (b) Gerador 2 da hidrelétrica.	23
Figura 24 - Subestação de 69 kV com seus equipamentos.....	25
Figura 25 - Ficha de avaliação de disjuntores.	28
Figura 26 - Disjuntor extraído do cubículo.	29
Figura 27 - Megômetro.....	30
Figura 28 - Medição de isolamento do disjuntor.....	30
Figura 29 - <i>HipotTester</i>	31
Figura 30 - Ensaio dos EPI e ferramentas.	33

Figura 31 - <i>Pick-ups</i>	34
Figura 32 - - Turbina do primeiro acionamento da moenda.....	34
Figura 33 - Painel de comando para o acionamento das bombas de mel.	35
Figura 34 - Sensores instalados nas turbinas centrífugas de açúcar.....	36
Figura 35 - Painel de excitação do Gerador 1.	37
Figura 36 - Conexão entre o eixo da turbina e o Gerador.	38
Figura 37 - Painel de supervisor do Gerador 1.....	39
Figura 38 - Mesa de paralelismo.	39
Figura 39 - Painel de supervisor do Unifilar Geral responsável por realizar o sincronismo.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados referentes aos geradores da hidrelétrica.	22
Tabela 2 - Relação de inversores.	26
Tabela 3 - Relação de <i>soft-starters</i>	27
Tabela 4 - Ensaio de isolamento de EPI e ferramentas.	32
Tabela 5 - Dados de placa do Gerador 1.	36

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2. A Empresa	10
2.1. Valores da Empresa	11
2.2. Setores da Unidade Cachoeira	11
2.2.1. Entrada de Veículos/Balança.....	11
2.2.2. Controle de Qualidade	12
2.2.3. Recepção de Cana.....	13
2.2.4. Fabricação de Açúcar	15
2.2.5. Caldeiras	16
2.2.6. Resfriamento de Água para Fabricação (<i>Spray</i>).....	18
2.2.7. Fabricação de Álcool	19
2.2.8. COI (Centro Operacional Interligado).....	19
2.2.9. Casa de Força.....	20
2.2.10. Subestação de 69 kV	22
2.2.11. Hidrelétrica	22
3. Atividades Realizadas.....	23
3.1. Acompanhamento no processo de desligamento da Usina Caeté S/A – Unidade Cachoeira	23
3.2. Atualização das planilhas de disjuntores, inversores e <i>soft-starters</i>	25
3.3. Acompanhamento da Realização de Testes de Isolamento em Disjuntores, EPI (Equipamentos de Proteção Individual) e Ferramentas	28
3.3.1. Teste de Isolamento em Disjuntores.....	28
3.3.2. Teste de Isolamento em EPI (Equipamentos de Proteção Individual) e Ferramentas	31

3.4. Manutenção e Instalação de Equipamentos nos Setores de Moenda e Fabricação de Açúcar.....	33
3.5. Acompanhamento no Processo de Geração de Energia através do Gerador 1	36
4. Conclusões.....	41
5. Referencias Bibliograficas.....	42

1. Introdução

O objetivo principal deste relatório é apresentar, de forma sucinta, as atividades desenvolvidas durante o programa da disciplina Estágio Supervisionado como pré-requisito indispensável para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande.

O programa do Estágio contou com uma carga horária de 180 horas que foram integralizadas em 30 horas semanais, tendo seu início em 06 de agosto de 2014 e sendo finalizado em 25 de setembro de 2014.

O Estágio foi realizado na empresa Usina Caeté S/A – Unidade Cachoeira, em Maceió, Alagoas. A empresa faz parte do Grupo Carlos Lyra que atualmente é composto por quatro indústrias produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade, estando presente nos estados de Alagoas e São Paulo. Além do setor sucroenergético, o grupo atua também nos segmentos têxtil, pecuária, táxi aéreo e radiodifusão, gerando mais de 14 mil empregos diretos para o país.

O trabalho desenvolvido na indústria apresenta como missão a produção, com excelência, de energia em forma de alimento, combustível e eletricidade, preservando o meio-ambiente e o bem-estar social.

As atividades desenvolvidas ao longo do Estágio, em síntese, foram: entendimento do processo de produção de açúcar, etanol e energia, tendo como matéria-prima a cana de açúcar; acompanhamento e realização de diversos tipos de manutenção e instalação de equipamentos, painéis de comando e de força; acompanhamento da realização de testes de isolamento em disjuntores, EPI (Equipamentos de Proteção Individual) e ferramentas; atualização de planilhas com dados dos disjuntores, inversores e *soft-starters* nos diversos setores da usina; familiarização com o COI (Centro Operacional Integrado), além da realização de trabalhos de campo, os quais envolveram visitas técnicas às Usinas Caeté Matriz e Marituba, no estado de Alagoas.

2. A Empresa

A Usina Caeté S/A – Unidade Cachoeira, localizada na Fazenda Cachoeira, S/N – Ipioca, no município de Maceió – AL, foi fundada em 1986 e é uma das unidades no negócio de produção de açúcar, etanol e energia do grupo Carlos Lyra, tendo ligadas à ela as unidades Matriz, Marituba e Paulicéia. As duas primeiras localizadas no estado de Alagoas e a última, em São Paulo.

A Unidade Cachoeira (Figura 1) é a única empresa do setor sucroalcooleiro localizada no município de Maceió. Em seu cultivo de cana destacam-se as carregadeiras Bell (Figura 2), que são responsáveis por proporcionar um melhor desempenho nas colheitas em regiões de encostas. A previsão para moagem em 2014 é de 1.350.000 toneladas de cana.



Figura 1 - Usina Caeté S/A - Unidade Cachoeira.



Figura 2 - Carregadeira Bell.

As usinas do Grupo Carlos Lyra fornecem Açúcar VHP (*Very High Polarization*), utilizado como matéria-prima para outros processos e destinado ao refino devido a sua alta polarização e etanol para o mercado internacional (indústrias químicas situadas em países asiáticos e europeus), através de *trading companies*, açúcar cristal para indústrias de refrigerantes, alimentos e varejistas de todo o nordeste, além de etanol para o mercado nacional através de diversas distribuidoras.

2.1. Valores da Empresa

A Usina Caeté S/A – Unidade Cachoeira, nas suas atividades de produção de açúcar, etanol, energia elétrica e outros derivados de cana de açúcar, seguindo os princípios e diretrizes do Grupo Carlos Lyra para qualidade e meio ambiente, se compromete a:

- Produzir com qualidade, mantendo produtos adequados ao uso e a satisfação de seus clientes;
- Garantir a melhoria contínua e a prevenção da poluição através de objetivos e metas técnicas e economicamente viáveis;
- Manter canal de atendimento responsável e aberto com seus clientes, colaboradores e demais partes interessadas;
- Atender todos os requisitos legais aplicáveis e outros requisitos subscritos que se relacionem aos seus aspectos ambientais;
- Manter sob controle seus resíduos, suas emissões, os recursos naturais e os riscos associados ao seu negócio.

2.2. Setores da Unidade Cachoeira

A Usina Caeté S/A – Unidade Cachoeira é composta por diversos setores que se encontram interligados a fim de fabricar açúcar, etanol e geração de energia a partir da cana-de-açúcar. Esses setores serão descritos a seguir.

2.2.1. Entrada de Veículos/Balança

Setor de tráfego onde os veículos carregados de cana-de-açúcar têm acesso ao interior da usina. Os caminhões são pesados em uma balança, do tipo rodoviária, com capacidade para 240 toneladas, possuindo uma extensão de 57 metros. A entrada de veículos da usina é mostrada na Figura 3.



Figura 3 - Entrada de Veículos/ Balança.

2.2.2. Controle de Qualidade

No controle de qualidade (Figura 4) é retirada uma amostra da cana-de-açúcar, a partir de um tomador de amostra oblíquo, para análise do BRIKS (quantidade de sacarose), Pol (quantidade de resíduos sólidos) e impurezas. Através deste estudo é verificado se o produto encontra-se dentro dos requisitos exigidos. Esse trabalho é realizado no laboratório industrial e de sacarose (Figura 5) e possui certificado ISO 9001 (ABNT, 2004).



Figura 4 - Controle de qualidade.



Figura 5 - Laboratório industrial e de sacarose.

2.2.3. Recepção de Cana

A cana é retirada dos veículos e colocada em tombadores onde é lavada por jatos de água. Em seguida, ela é transportada através das esteiras, metálica e de borracha, para os cinco ternos das moendas para que seja extraído o máximo de caldo possível. A capacidade de moagem é de 360 toneladas/hora. Todo o processo é controlado por CLP (Controlador Lógico Programável), tendo como interface o sistema supervisório. Cada equipamento é acionado pelo Centro de Controle de Motores (CCM) da Moenda, onde encontram-se os painéis de comando e de força. As Figuras 6, 7, 8 e 9 ilustram a recepção da cana e o processo de moenda.



Figura 6 - Recepção de Cana.



Figura 7 - CCM – Moenda.

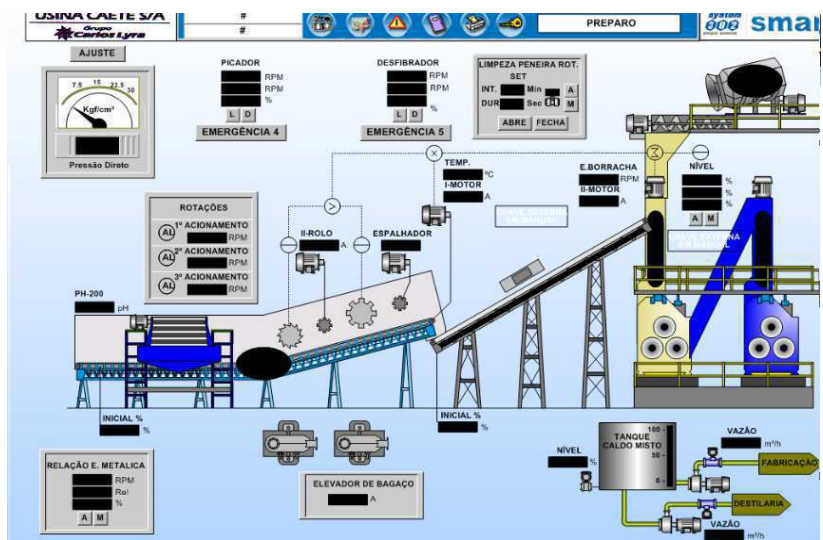


Figura 8 - Sistema Supervisório da Moenda: preparo.

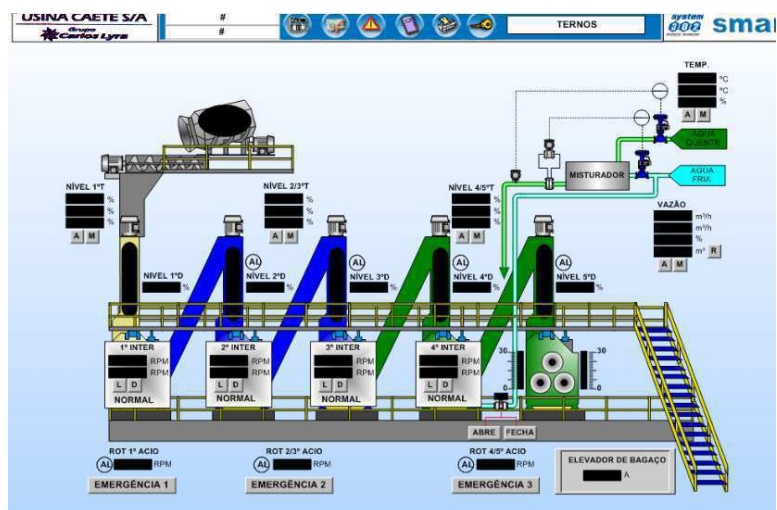


Figura 9 - Sistema Supervisório da Moenda: ternos.

2.2.4. Fabricação de Açúcar

O caldo extraído pelas moendas passa pelos processos mostrados na Figura 10 até o envio para as turbinas centrífugas de açúcar.

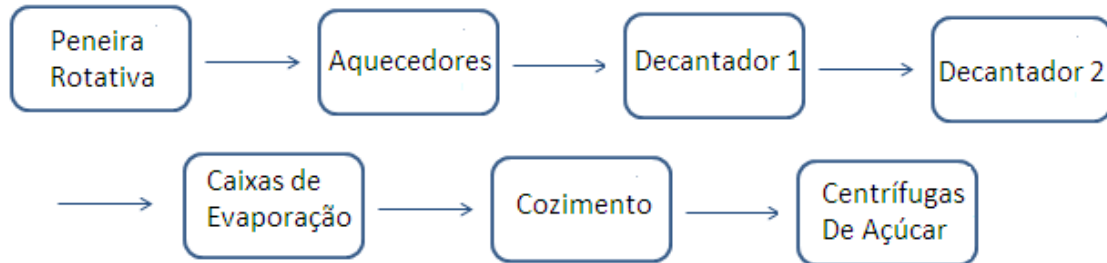


Figura 10 - Processos de extração de caldo.

O processo de obtenção de açúcar é realizado pelas turbinas centrífugas de açúcar (Figuras 11(a) e 11(b)), sendo enviado em sequência aos armazéns. Após a separação, o melaço que sobra é encaminhado a outros processos sendo por fim conduzido para a destilaria onde ocorre a fabricação de etanol. A capacidade de produção é de 8000 toneladas de cana/dia o que equivale a 17000 sacos de açúcar/dia. Todo processo é controlado por CLP (Controlador Lógico Programável) via sistema supervisório. Cada equipamento é acionado pelo Centro de Controle de Motores da Fabricação, onde encontram-se os painéis de comando e de força.



(a)



(b)

Figura 11 - (a) Turbinas centrífugas de açúcar. (b) Setor de fabricação de açúcar.

2.2.5. Caldeiras

Na Moenda ocorre a extração do caldo e o que resta da cana, o bagaço, é encaminhado para as caldeiras. A Unidade Cachoeira possui duas Caldeiras (Figura 12). Na primeira, o bagaço é queimado a uma temperatura de aproximadamente 900 °C e possui uma capacidade de 95 toneladas de bagaço por hora. Na segunda, a queima ocorre a aproximadamente 380 °C, sendo sua capacidade de 80 toneladas de bagaço por hora.

O processo de obtenção de vapor é feito por um Ciclo *Rankine* (Figura 13) que converte calor em trabalho. O vapor gerado pela queima do bagaço aquece a água que circula por tubos localizados no interior das caldeiras de maneira a formar um laço fechado. O vapor que surge devido ao aquecimento da água é responsável por girar os eixos das turbinas que encontram-se acopladas aos Geradores 1 e 2 através dos redutores de velocidade. O Sistema Supervisório de controle da Caldeira (Figura 14) ilustra a execução do Ciclo Rankine.



Figura 12 - Caldeiras 1 e 2.

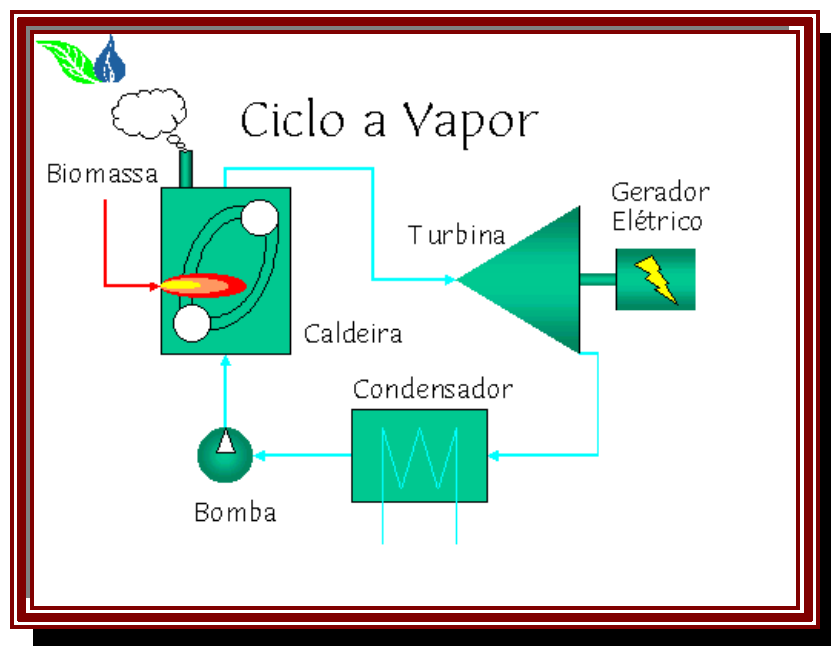


Figura 13 - Ciclo Rankine.

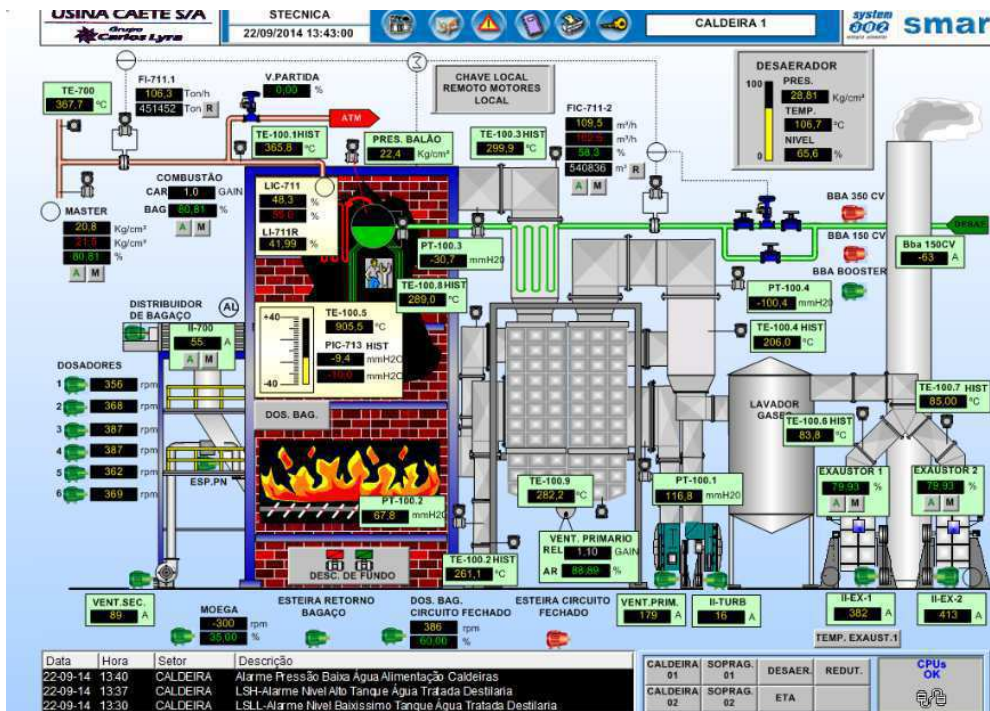


Figura 14 - Sistema supervisório de controle da caldeira.

2.2.6. Resfriamento de Água para Fabricação (Spray)

No processo de fabricação de açúcar é necessária a utilização de água. Durante as etapas de produção, a água é aquecida e depois resfriada através do *Spray* (Figura 15) onde esta é pressurizada para a atmosfera e a partir da troca de calor com o ambiente sua temperatura é reduzida, tornando possível seu retorno ao processo. Este procedimento é cíclico e a água é transportada através de quatro bombas.



Figura 15 - Spray.

2.2.7. Fabricação de Álcool

O setor de fabricação de álcool recebe o mel fornecido pelo setor de fabricação de açúcar. Este mel é combinado com água para produzir uma garapa (mosto) que, por sua vez, é encaminhada para as dornas, grandes recipientes de armazenamento do mosto. As dornas são preenchidas em 10% de seu nível com fermento (composto por leveduras, que são microorganismos) e os outros 90% são completados com o mosto.

Inicia-se então, o processo de fermentação onde as leveduras se alimentam dos açúcares contidos no mosto e, em seguida, excretam vinho, o qual é enviado para as colunas de destilação, onde ocorre a separação do etanol e a vinhaça. Esta última retorna para o campo onde é acrescida de água e utilizada como adubo na plantação de cana. O setor de fabricação de álcool é apresentado na Figura 16.



Figura 16 - Destilaria: fabricação de álcool.

2.2.8. COI (Centro Operacional Interligado)

A Usina Caeté – Unidade Cachoeira foi a pioneira em todo o Nordeste na utilização do Centro Operacional Integrado – COI (Figura 17), onde são gerenciados e monitorados todos os setores da usina através de um sistema de comunicação que utiliza fibras óticas. Este sistema é composto por dois servidores que controlam via supervisão o trabalho desenvolvido na usina (Figura 18). Caso seja necessária alguma alteração no decorrer do processo (abertura de alguma chave ou disjuntor, fechamento de alguma válvula, etc.) ou ainda a verificação de alguma variável (pressão no interior da Caldeira 2, energia fornecida pelo Gerador 1, etc.), o operador executa a ação diretamente pelos computadores, sem que seja necessário o seu deslocamento até o setor.



Figura 17 - Centro Operacional Integrado (COI).

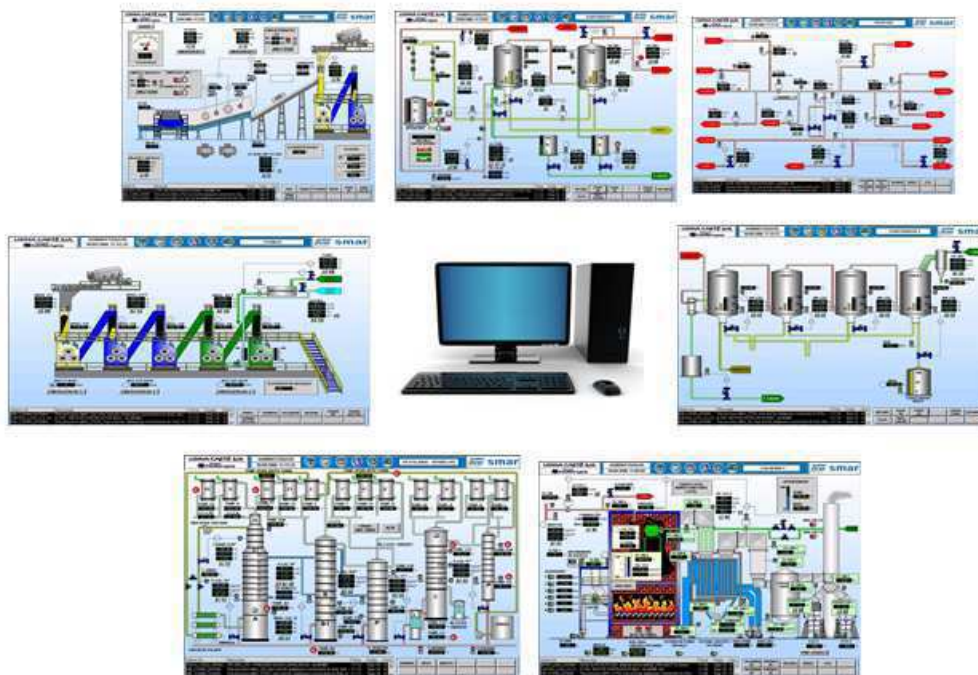


Figura 18 - Sistema supervisório.

2.2.9. Casa de Força

A Casa de Força é o setor onde se encontram os Geradores 1 e 2 (Figuras 19 e 20), com potências nominais 6250 e 3000 kVA, respectivamente, bem como os cubículos (Figura 21) onde estão localizados o disjuntor geral, transformador de corrente (TC), transformador de potencial (TP) e chaves seccionadoras que estabelecem o envio de energia para todos os outros setores da usina. Todo processo é controlado por

CLP (Controlador Lógico Programável) tendo como interface utilizada pelos operadores o sistema supervisório.



Figura 19 - Gerador 1.



Figura 20 - Gerador 2.



Figura 21 - Cubículos de força dos diversos setores da usina.

2.2.10. Subestação de 69 kV

A Unidade Cachoeira possui uma subestação que recebe 69 kV da concessionária de energia elétrica e reduz esta tensão para 13,8 kV que alimenta a Casa de Força.

A Subestação (Figura 22) é composta por para-raios poliméricos, TC, TP, transformador (6250 kVA), chaves seccionadoras, disjuntores a SF₆, além de um sistema de proteção e acoplamento entre as unidades geradoras e a concessionária.



Figura 22 - Subestação de 69 kV.

2.2.11. Hidrelétrica

A Unidade Cachoeira possui também uma hidrelétrica responsável pela geração de 585 kVA. Esta potência é fornecida por dois geradores (Figura 23), cujos fabricantes e as potências nominais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados referentes aos geradores da hidrelétrica.

Gerador	Fabricante	Potência Nominal (kVA)
1	ASEA	300
2	Mather e Platt	285



(a)



(b)

Figura 23 – (a) Gerador 1. (b) Gerador 2 da hidrelétrica.

3. Atividades Realizadas

3.1. Acompanhamento no processo de desligamento da Usina Caeté S/A – Unidade Cachoeira

O desligamento geral de energia em uma indústria se fez mediante a necessidade de realizar atividades em que o trabalhador precisa ter contato com determinados equipamentos que normalmente encontram-se energizados. O processo desligamento foi

feito através do seccionamento da chave que é responsável pela conexão entre a empresa e a concessionária de energia elétrica.

O desligamento programado da usina ocorreu no dia 17 de agosto de 2014. Este procedimento é feito anualmente durante o período de entre-safra e tem como objetivo realizar a limpeza e a manutenção dos disjuntores, TC, TP e barramentos que compõem a subestação de 69 kV, bem como os disjuntores existentes na Casa de Controle de Motores de Força (CCM de Força).

Uma empresa especializada foi contratada para realizar as atividades e todo processo foi efetuado segundo os critérios estabelecidos pela Norma Regulamentadora (NR 10) nº10 (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2004), no item 10.5.1.

10.5.1 Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecida a sequência abaixo:

- a) Seccionamento;
- b) Impedimento de reenergização;
- c) Constatação da ausência de tensão;
- d) Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- e) Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada;
- f) Instalação da sinalização de impedimento de reenergização.

Seguidas as etapas de desenergização, foram feitos os trabalhos de manutenção e limpeza de todos os equipamentos contidos na subestação de 69 kV. A manutenção foi realizada através da medição dos níveis de isolamento e análise de desempenho de cada equipamento, além da verificação se os mesmos encontravam-se danificados de forma que pudesse comprometer seu desempenho. A limpeza foi feita mediante a lavagem com jatos d'água para retirada de impurezas que teriam sido acumuladas com o tempo ocasionadas pela ação de chuvas, poeira, ventos, etc. Tais equipamentos podem ser visualizados na Figura 24.



Figura 24 - Subestação de 69 kV com seus equipamentos.

Concluídos os trabalhos, a energia foi restabelecida conforme preconiza a NR 10 no item 10.5.2.

10.5.2 O estado de instalação desenergizada deve ser mantido até autorização para reenergização, devendo ser reenergizada respeitando a sequência de procedimentos abaixo:

- a) Retirada das ferramentas utensílios e equipamentos;
- b) Retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de reenergização;
- c) Remoção do aterramento temporário, da equipotencialização e das proteções adicionais;
- d) Remoção da sinalização de impedimento de reenergização;
- e) Destramamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento.

3.2. Atualização das planilhas de disjuntores, inversores e *soft-starters*

No decorrer do estágio, foi realizado o processo de atualização das planilhas que contêm os dados técnicos dos disjuntores, inversores e *soft-starters* contidos nos diversos setores da usina.

Tendo em vista que alguns destes equipamentos apresentam falhas e necessitam ser substituídos, ou ainda acabam sendo mudados de setor, realiza-se periodicamente a atualização das planilhas como forma de deixar registradas as características e

localização de cada equipamento em utilização, a fim de facilitar o acesso a estas informações.

As planilhas atualizadas, em que estão contidas informações como: dados nominais, fabricante, data de fabricação, número de operações e a localização dos inversores e *soft-starters* são apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Relação de inversores.

USINA CAETÉ S/A UNIDADE CA CHOIEIRA Grupo Carlos Lyra		RELAÇÃO DE INVERSORES					
							DEP. ELÉTRICO
Fabric.	Modelo	Nº de série	Ient	Isaid	Data Fab.	Equip. Acionado	Setor
WEG	CFW-05.180/380-480V	133684	18	18	18/08/1999	MOEGA Circ. Fechado	CALDEIRA
SCHNEIDER	ALTIV.71	8.81113E+11				MOEGA BAGAÇO	CALDEIRA
ALTIVAR	ATV 312 HU 55N4		21,9	14,3		D.Bagaço1Caldeira2	CALDEIRA
ALTIVAR	ATV 312 HU 55N4					D.Bagaço2Caldeira2	CALDEIRA
Danfoss		112922G183	11,7	11,7		D.Bagaço3Caldeira2	CALDEIRA
ABB	ACS 355-03E-08A8-4	J1216E0163	13,6	13,6		D.Bagaço4Caldeira2	CALDEIRA
ABB	ACS 600					D.Bagaço5Caldeira2	CALDEIRA
WEG	CFW - 09.28.8/380-480V	337616	28,8	28,8	06/07/2004	D.Bagaço1Caldeira1	CALDEIRA
WEG	CFW-09					D.Bagaço2Caldeira1	CALDEIRA
WEG	CFW-09,10,8/380-480V	514807	10,8	10,8		D.Bagaço3Caldeira1	CALDEIRA
WEG	CFW-09,10,8/380-480V	302717	10,8	10,8	08/08/2001	D.Bagaço4Caldeira1	CALDEIRA
WEG	CFW-09,10,8/380-480V	302708	10,8	10,8	08/08/2001	D.Bagaço5Caldeira1	CALDEIRA
WEG	CFW-09,10,8/380-480V	413349	10,8	10,8	27/06/2002	D.Bagaço6Caldeira1	CALDEIRA
WEG	CFW-090070T3848PSZ.103/380-480V	405799	103	103	25/06/2002	B.Á.Tratada Tanque	CALDEIRA
TOSHIBA	TOSVERT.130G3	97808244	61	61	16/11/1998	B.Á.Q.Des aerador	CALDEIRA
ABB	ACS 355-03E-08A8-4	J1317E0421	14	11		Inversor Enxoferia	FABRICAÇÃO
WEG	CFW - 080073B2024PSZ	428656				Inversor Sem Fim	FABRICAÇÃO
Schneider	ATV31211155N4	8B1224136348				Inversor Floculante 3	FABRICAÇÃO
WEG	CFW - 07.6.0/220-230V	64732	6	6	02/09/1997	B.F.Flota dor.Charope	FABRICAÇÃO
WEG	BRCFW110312T4SZ	101647991	312	312		B.Caldo Decantado2	FABRICAÇÃO
WEG	CFW - 05.67/380-480V	59882	67	67	12/06/1997	Bomba Xarope	FABRICAÇÃO
WEG	CFW - 09.170/380-480V	392071	28,8	170	22/05/2002	Bomba Lodo	FABRICAÇÃO
						B.Massa Cristalizador	FABRICAÇÃO
WEG	CFW - 09.36/380-480V	303194	36	36	09/08/2001	Bomba de Cachaça	FABRICAÇÃO
WEG	CFW - 07.41/380-480V	258176	4	4,1	27/03/2001	Bomba de Cal	FABRICAÇÃO
WEG	CFW - 07.10/380-480V		10	10		B.de PH do Cal	FABRICAÇÃO
WEG	CFW - 05.67/380-480V	59888	67	67	12/06/1997	B.Caldo p/ Destilaria	FABRICAÇÃO
ABB	ACS600	814S247246	11	11		Inversor Floculante 1	FABRICAÇÃO
SHNEIDER	ALTIVAR 71	ATV71HC15N4	281	314		B.Caldo Caleado	CCM/Moenda
WEG	BRCFW110180T4SZ	1010045499			09/12/2010	Esteira Metalica	CCM/Moenda
WEG	CFW-110105T4SZ.105/380-480V	1022683585	105	105		Esteira Borracha	CCM/Moenda
WEG	CFW-090240T3848PSZ.254/380-480V	1001435754	254	240	12/05/2008	Mesa de 40°	CCM/Moenda
WEG	CFW-090142T3848PSZ.174/380-480V	305136	174	170	17/08/2001	Mesa de 45°	CCM/Moenda
WEG	CFW - 09024T3848PSZ.240/380-480V	228597	240	240	12/07/2001	B.Caldo Misto	CCM/Moenda
TELEM.	ALTISTART 48	ATS48C17Y	170	170		Tomb. Estoque	Recep. Cana
WEG	CFW-090240T3848PDSCZ.288/380-480V	418966	288	240	16/08/2002	Tomb. Moagem	Recep. Cana
WEG	CFW-09.36/380-480V	303194	36	36	09/08/2001	Filtro Rotativo	FILTRO
SIEMENS						B. Água Tratada	DESTILARIA
WEG	BRCFW110088T4SZ	1020227044	88	88		Part. Das Turb. Cent.	DESTILARIA

Tabela 3 - Relação de soft-starters.

USINA CAETÉ S/A UNIDADE CACHOEIRA		RELAÇÃO DE SOFT-STARTER					DEP. ELÉTRICO	
FABRICT.	MODELO	Nº SERIE	I.NOM. (A)		DATA FAB.	EQUIP. ACION.	SETOR	
			I. ENT.	I. SAI.				
WEG	SSW - 03.205/220-440V	189952	205	205	01/08/2000	B.Água P/Alpina	CCM/Desti.	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	420019	170	170	25/07/2002	T. Centrif. Vinho 3	CCM/Desti.	
WEG	SSW - 03.290/220-440V	301942	290	290	02/08/2001	B.Á. Spray 04	CCM/Spray	
WEG	SSW - 03.290/220-440V	141137	290	290	08/10/1999	B.Á. Spray 03	CCM/Spray	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	420011	170	170	26/07/2002	Comando B.02	CCM/Spray	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	714897	170	170	03/05/2006	Comando B. 03	CCM/Spray	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	420001	170	170	26/07/2002	Comando B. 01	CCM/Spray	
WEG	SSW - 05 107/380-480V	192251	107	107	09/08/2000	B.Vinho p/Dest.01	CCM/Spray	
WEG	SSW - 03.340/220-440V	359796	340	340	11/03/2002	Partida Cascata B. 1 e 2	CCM/Spray	
WEG	SSW - 07.366/380	1019645787	366	366	————	B.01 da Água Estação 1	CCM/Spray	
WEG	SSW - 07.366/380	1019645788	366	366	————	B.02 da Água Estação 1	CCM/Spray	
WEG	SSW - 03.205/220-440V	401805	205	205	15/06/2002	B. Caldo Misto2	CCM/Moenda	
WEG	SSW - 07.312	1018435195	312	312	————	B.Lav.Cana 1 e 2	Rec. Cana	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	186078	170	170	07/07/2000	B.Á. Alpina 03	CCM/Dest.	
TELEMEC.	ATS46C41N/380-415V	————	367	367	————	Vent.Prim.Cald.1	Caldeira	
WEG	SSW - 03.475/220-440V	396885	475	475	03/06/2002	B.Alim.Caldeiras	Caldeira	
TELEMEC.	ATS48C25Y / 208-690V	6W0438000634	250	250	————	Vent. Turbêlência	Caldeira	
TELEMEC.	ATS48C59Y/208-690V	————	————	————	————	C.Exa.1,2/Cald.1	Caldeira	
TELEMEC.	ATS48C59Y/208-690V	————	590	590	————	C.Exa./Cald.2	Caldeira	
WEG	SSW - 04.85/220-440V	413034	85	85	10/07/2000	B. de Vacuo 1	Fabricação	
WEG	SSW - 04.85/220-440V	413036	85	85	10/07/2002	B. de Vacuo 2	Fabricação	
WEG	SSW - 04.85/220-440V	413022	85	85	22/07/2002	B. de Vacuo 3	Fabricação	
WEG	SSW - 04.85/220-440V	413024	85	85	10/07/2002	B. de Vacuo 4	Fabricação	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	417392	170	170	22/07/2002	Agitador Vacuo 3	Fabricação	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	420013	170	170	25/07/2002	Agitador Vacuo 4	Fabricação	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	153258	170	170	09/02/2000	Turb.Kont 06/FC1000 NOVA	Fabricação	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	714908	170	170	22/07/2002	Agitador Vacuo 1	Fabricação	
TELEMEC.	ATS46C41N	————	————	————	————	Aciona.B.Nash	CCM/Moenda	
WEG	SSW - 03.170/220-440V	312020	170	170	13/09/2001	Turb. Kont 10 1 e 2/FC1000	Fabricação	
WEG	SSW - 03.290/220-440V	415263	290	290	17/07/2002	B. Caldo Decantado 1	Fabricação	
Schneider	ATS48C484	————	480	480	————	B. Caldo Caleado 2	Fabricação	
TELEMEC.	ATS46C41N	————	————	————	————	B. Nash da Evaporação	Fabricação	

Os disjuntores foram atualizados mediante o preenchimento de uma ficha cujo modelo é apresentado na Figura 23. Os disjuntores registrados foram os seguintes:

- Disjuntores dos Geradores G1 e G2;
- Disjuntor do Cubículo Caldeira;
- Disjuntor do Cubículo Destilaria;
- Disjuntor do Cubículo Fabricação de Açúcar;
- Disjuntor do Cubículo Indústria;
- Disjuntor do Cubículo Irrigação 1, 2 e 3;
- Disjuntor do Cubículo *Link*;
- Disjuntor do Cubículo Moenda;

- Disjuntor do Cubículo Serviço Auxiliar;
- Disjuntor do Cubículo *Spray*;
- Disjuntores da Hidrelétrica.

CACHOEIRA <small>Grupo Carlos Lyra</small>		FICHA DE DISJUNTORES			
GRUPO CARLOS LYRA					
USINA CAETÉ S/A UNIDADE CACHOEIRA					DEP. ELÉTRICO
IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO					
MODELO / TIPO	Nº SERIE	FABRICANTE	ANO FABRICAÇÃO	EQUIPAMENTO ACIONADO	SETOR
CARACTERÍSTICA TÉCNICA					
TENSÃO NOMINAL	POTÊNCIA	BOB. DE SUBTENSÃO	BOB. DE ABERTURA	BOB. DE FECHAMENTO	TIPO DE CONJ. DE RELÉS
CORRENTE NOMINAL	TIPO DE COMANDO	Nº DE OPERAÇÃO	MOTOR	AJUSTES DE RELÉS	
HISTORICO					

Figura 25 - Ficha de avaliação de disjuntores.

Os dados foram coletados com o auxílio dos técnicos de cada setor, através da verificação da placa de cada equipamento. Como pode ser verificado, alguns parâmetros não foram determinados. Isso ocorreu por não ser possível localizar a placa ou a informação estar ilegível.

3.3. Acompanhamento da Realização de Testes de Isolamento em Disjuntores, EPI (Equipamentos de Proteção Individual) e Ferramentas

3.3.1. Teste de Isolamento em Disjuntores

A manutenção dos disjuntores foi realizada por uma empresa especializada e que segue rigorosos procedimentos visando estabelecer uma manutenção preventiva e corretiva com a finalidade de eliminar o risco de acidente no trabalho atendendo a requisitos legais da NBR ISO 14001, NR 10 e outros.

Inicialmente, cada cubículo é seccionado do barramento pela abertura do disjuntor e posteriormente, pela abertura da chave seccionadora. Como os disjuntores são de construção do tipo extraível, os mesmos podem ser sacados de dentro do cubículo, como sugerido na Figura 26.



Figura 26 - Disjuntor extraído do cubículo.

Por se tratar de uma empresa antiga, porém de constante renovação da planta industrial, disjuntores de diferentes marcas e tipos coexistem no mesmo ambiente. Atualmente se encontram, na Casa de Força e na Subestação, disjuntores a pequeno volume de óleo e a vácuo.

Independente do tipo de disjuntor, os primeiros passos para realização da manutenção são os seguintes:

1. Abertura dos contatos do disjuntor;
2. Seccionamento da chave;
3. Execução do impedimento de reenergização;
4. Remoção do disjuntor do cubículo;
5. Implantação da sinalização de impedimento de reenergização;
6. Liberação do disjuntor para manutenção;
7. Inspeção do circuito de comando;
8. Reaperto dos bornes de conexão;
9. Limpeza dos contatos;
10. Verificação de funcionamento das molas de abertura e fechamento;
11. Verificação de funcionamento do motor de carregamento das molas;
12. Limpeza externa do disjuntor com material isolante;
13. Medição do isolamento dos pólos do disjuntor com uso do Megômetro (Figuras 27 e 28);
 - 13.1. Entrada X Entrada;
 - 13.2. Entrada X Saída;
 - 13.3. Saída X Saída;

- 13.4. Entrada X Carcaça;
- 13.5. Saída X Carcaça;
- 14. Teste de continuidade.



Figura 27 - Megômetro.



Figura 28 - Medição de isolamento do disjuntor.

O Megômetro possui um princípio de funcionamento que consiste na geração e aplicação de uma tensão que pode variar de 500 até 15000 V em um equipamento, fazendo então a leitura da corrente entre duas partes do mesmo, por exemplo, pólo de entrada e carcaça. Quanto maior o valor da resistência obtida, maior o nível de

isolamento entre as partes do disjuntor. Além dessas etapas, se o disjuntor for do tipo a pequeno volume de óleo deve-se ainda verificar o nível do óleo da câmara de extinção.

Após a manutenção do disjuntor, um formulário é preenchido com as observações e medições obtidas em cada equipamento. Todos os disjuntores localizados na Subestação e na Casa de Força foram submetidos a estes testes e considerados aptos a funcionarem de maneira segura.

3.3.2. Teste de Isolamento em EPI (Equipamentos de Proteção Individual) e Ferramentas

Foi realizado um teste de isolamento dos materiais utilizados pelos funcionários. Os testes foram efetuados por uma empresa especializada, que possui como instrumento de medição de isolamento o *HipotTester* (Figura 29).



Figura 29 - *HipotTester*.

O *Hipot* é um instrumento usado para testar a isolamento elétrica em aparelhos e equipamentos. O nome *Hipot* é a abreviação de elevado potencial em inglês, já que no seu ensaio utiliza-se uma tensão elevada. Tal tensão é obtida atrás de um transformador elevador, cujos terminais de baixa tensão são conectados à rede de 220 V, e apresenta como saída uma tensão elevada de até 100 kV. Este ajuste é feito dependendo da tensão requerida por cada equipamento.

Em condições normais, qualquer dispositivo elétrico vai produzir uma quantidade mínima de corrente de fuga, conforme a classe de tensão e rigidez dielétrica

do material. Esse fenômeno trata-se de uma condição natural dos materiais, observado em sua fabricação. No entanto, devido a problemas como absorção de umidade, acúmulo de sujeira, entre outros, a fuga de corrente pode se tornar excessiva. Essa circunstância pode causar falha na operação do equipamento, podendo danificá-lo e ainda provocar um choque elétrico em pessoas que possam entrar em contato com o equipamento defeituoso.

O teste consiste em aplicar uma tensão elétrica elevada no equipamento durante alguns segundos, a depender do equipamento, e não pode haver o rompimento de sua isolação dielétrica. Durante a realização do ensaio, caso ocorra falha da isolação do equipamento sob ensaio, o *Hipot* deve identificar essa corrente de fuga e indicar que o mesmo foi reprovado.

Os ensaios foram realizados nos seguintes equipamentos: alicates, chaves de fenda, luvas, varas de manobra telescópica e capacetes. Utilizando todos os procedimentos de medição de isolamento definidos de acordo com as normas NBR 8221 (ABNT, 2003), NBR 16295 (ABNT, 2014) e NBR 9699 (ABNT, 1987), foram obtidos os seguintes resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Ensaio de isolação de EPI e ferramentas.

Material	Tensão Aplicada	Tempo	Resultado	Quantidade	Corrente
Alicates	2,5 – 5,0 kV	15 s	Apto	10	0 mA
			Não apto	8	
Chaves de fenda	2,5 – 5,0 kV	-	Apto	1	0 mA
			Não apto	3	
Luvas	20,0 kV	20 s	Apto	3 pares	4 mA/luva
Vara de manobra telescópica	60,0 kV	20 s	Apto	16	4 mA
Capacete	20,0 kV	20 s	Apto	2	1 mA

Foram considerados aptos aqueles materiais que não sofreram perfuração ou centelhamento, durante a aplicação de tensão. Algumas imagens do ensaio realizado podem ser observadas na Figura 30.



Figura 30 - Ensaio dos EPI e ferramentas.

3.4. Manutenção e Instalação de Equipamentos nos Setores de Moenda e Fabricação de Açúcar

Durante o estágio foram realizadas diversas atividades de manutenção e instalação de equipamentos sob a supervisão dos técnicos responsáveis pelos setores da moenda e fabricação de açúcar. Os trabalhos realizados encontram-se listados abaixo.

1. Instalação da Interface Homem-Máquina (IHM) que promove a comunicação entre o operador e o Controlador Lógico Programável (CLP) que controla as variáveis da Máquina 5 correspondente à Centrífuga BMA P-650.
2. Acompanhamento nos testes de funcionamento da esteira metálica, responsável pelo transporte da cana-de-açúcar entre o tombador e as moendas. A esteira é acionada por um motor de 75 cv de 6 pólos. Os testes consistiram em verificar o sentido de rotação do motor.
3. Instalação dos periféricos (*pick-ups* – ver Figura 31), sensores responsáveis pelo controle de rotação do motor que acionam as turbinas do primeiro e terceiro acionamento da moenda (Figura 32), respectivamente.



Figura 31 - Pick-ups.



Figura 32 - Turbina do primeiro acionamento da moenda.

4. Acompanhamento da instalação do Gerador 1 que havia sido removido para manutenção em empresa especializada. O Gerador é de 6250 kVA, 13,8 kV, 4 pólos do tipo indução com rotor de gaiola de esquilo.
5. Instalação de uma partida manual-automática com níveis alto e baixo (Figura 33) para o acionamento das bombas de mel na fabricação de açúcar.



Figura 33 - Painel de comando para o acionamento das bombas de mel.

6. Acompanhamento da verificação dos históricos das variáveis contidas em todos os CLPs nos diversos setores da usina. Trabalho efetuado por uma empresa especializada.
7. Instalação dos sensores nas centrífugas de açúcar (Figura 34). Os sensores são responsáveis por enviar os sinais ao CLP e este, por sua vez, enviar o sinal para que os motores efetuem cada etapa, a saber: descarga da massa na centrífuga; acionamento dos quatro motores (de 72, 36, 12 e 6 pólos) que determinam as velocidades em cada instante do processo; separação do mel e açúcar e o encaminhamento de cada parte para os próximos setores.



Figura 34 - Sensores instalados nas turbinas centrífugas de açúcar.

8. Instalação dos taco-geradores, responsáveis por medir a rotação, nas centrífugas de açúcar.
9. Acompanhamento da desmontagem, manutenção, montagem e teste dos sensores capacitivos, acionados por contato, instalados em cada *shut donelly* (esteira transportadora de bagaço). São instalados 4 sensores igualmente espaçados para medir o nível de bagaço de cana no *shut donelly*. Cada sensor é calibrado para enviar um sinal de corrente distinto para o CLP, quando acionado. A partir do sinal recebido, o controlador determina a velocidade da esteira que transporta o bagaço. Se o *shut donelly* estiver quase cheio, a velocidade é diminuída, caso contrário, aumenta-se a velocidade.
10. Acompanhamento do início da moagem e verificação do funcionamento correto de todos os setores da usina.

3.5. Acompanhamento no Processo de Geração de Energia através do Gerador 1

O Gerador G1 possui os seguintes valores nominais, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados de placa do Gerador 1.

Gerador 1	
Tipo	Síncrono Trifásico
Nº de Pólos	4 (quatro)

Potência Nominal	6250 kVA
Número de Rotações por Minuto	1800 rpm
Tensão Nominal	13,8 kV
Fator de Potência	0,8
Corrente Nominal	262 A
Tensão de Excitação	90 V
Fabricante	Toshiba

Verifica-se que o Gerador 1 trata-se de uma máquina síncrona, onde uma corrente alternada circula no enrolamento de armadura e uma excitação CC é fornecida ao enrolamento de campo (FITZGERALD, 2008).

O Painel de excitação do Gerador 1 (Figura 35) possui três equipamentos: relé digital, CLP e IHM.



Figura 35 - Painel de excitação do Gerador 1.

Os relés digitais além das funções de proteção propriamente ditas, realizam funções de comunicação, medidas elétricas, controle, sinalização remota, acesso remoto, etc. (MAMEDE FILHO, 2011). Logo, o relé digital fornece todas as medições de

parâmetros elétricos (tensões, correntes, fator de potência, potências ativa e reativa, etc.) para que seja observado pelo supervisor. O CLP executa todas as ações determinadas pelo operador e a IHM é a interface na qual o operador se comunica com o controlador.

Inicialmente, o vapor d'água gerado na caldeira 1 é enviado para Casa de Força e trata de girar o eixo da turbina associada ao Gerador 1. Como se trata de uma máquina de 4 pólos, deve-se esperar que o número de rotações por minuto no eixo seja dada pela Equação (1).

$$n = \frac{120}{\text{pólos}} \cdot f = \frac{120}{4} \cdot 60 = 1800 \text{ rpm} \quad (1)$$

Isso acontece quando a rotação da turbina alcança cerca de 5000 rpm. A conexão entre o eixo da turbina e do gerador é apresentada esquematicamente na Figura 36.

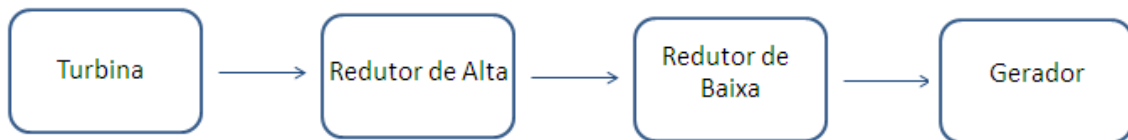


Figura 36 - Conexão entre o eixo da turbina e o Gerador.

A velocidade de rotação de 5000 rpm da turbina é convertida em 1800 rpm no eixo do gerador através da redução de rotação que ocorre nos redutores de alta e de baixa, respectivamente. O funcionamento e as variáveis (temperatura, pressão, potência gerada, etc.) do Gerador 1 são monitorados através de seu sistema supervisor (Figura 37).

Após atingir a velocidade nominal, o Gerador é excitado pelo relé digital com uma tensão de 90 V e dar-se início à geração de energia por biomassa. Em seguida, através da mesa de paralelismo (Figura 38), que contém um CLP e uma IHM, é realizado o sincronismo entre os fornecedores de energia. Este paralelismo pode ser feito entre os Geradores 1 e 2 ou entre um Gerador e a concessionária de energia elétrica, como pode ser observado no painel supervisor do diagrama unifilar da Usina, ilustrado na Figura 39.

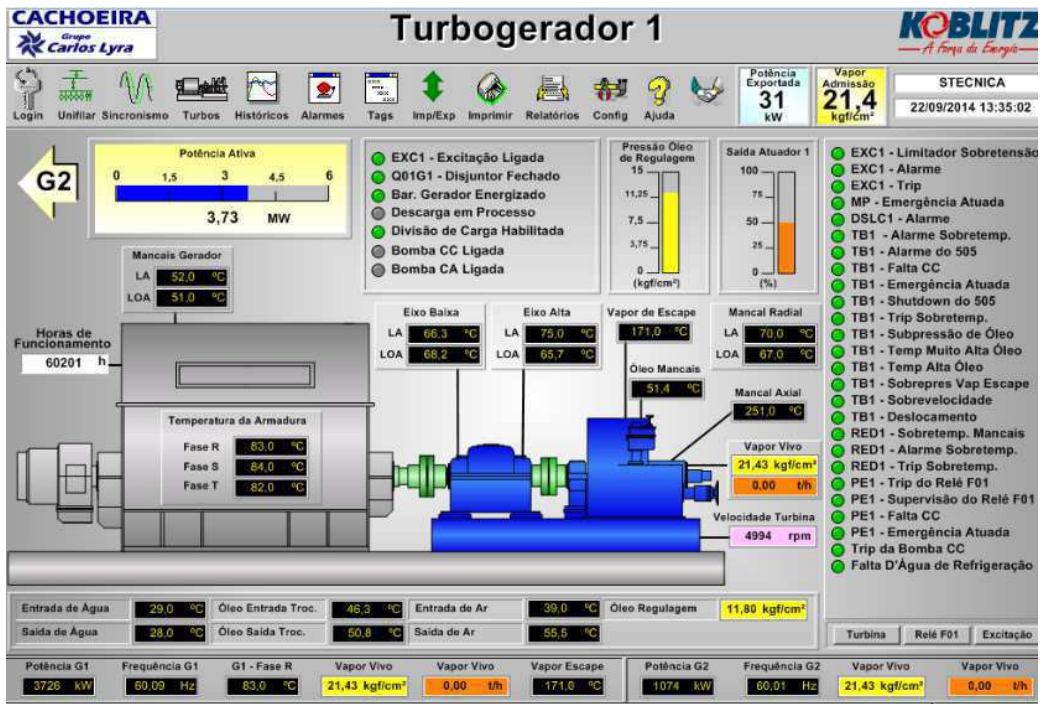


Figura 37 - Painel de supervisão do Gerador 1.



Figura 38 - Mesa de paralelismo.

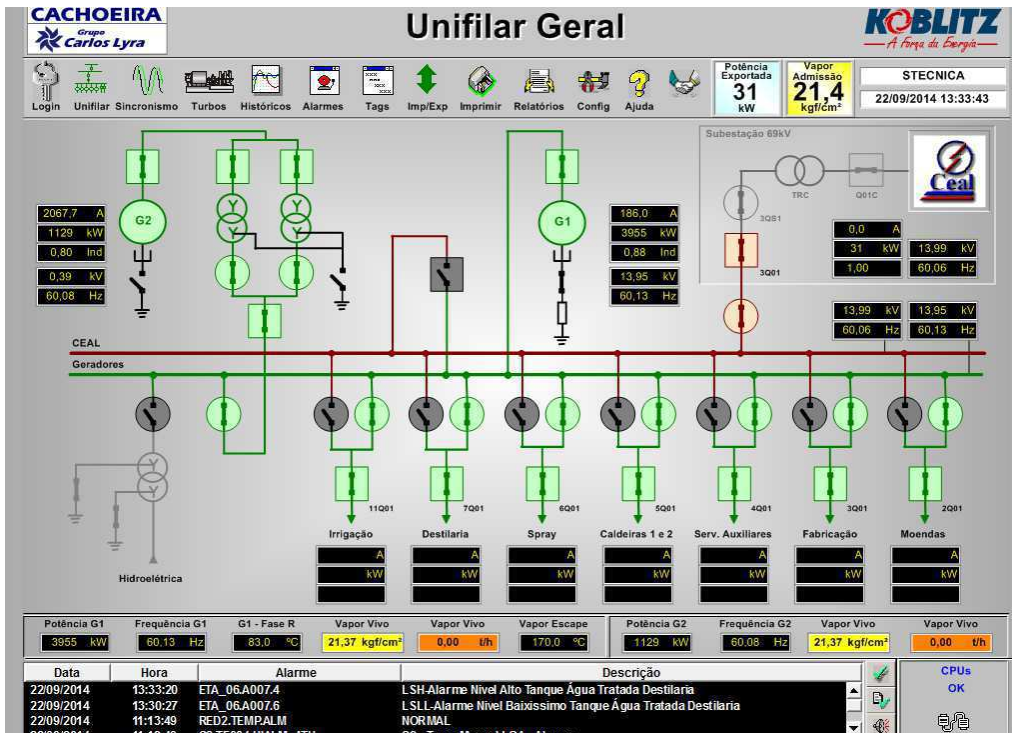


Figura 39 - Painel de supervisor do Unifilar Geral responsável por realizar o sincronismo.

4. Conclusões

As atividades realizadas durante este estágio foram de grande relevância para o crescimento profissional da estagiária. Estagiar em uma empresa onde todas as áreas da engenharia elétrica encontram-se em constante atuação permitiu vivenciar um estágio muito mais amplo do que o usual, mesmo cumprindo a carga horária mínima.

Enxergar de perto a manutenção de equipamentos importantes e ter a possibilidade de executar atividades sob supervisão de um engenheiro reforçou a importância de trabalhos bem planejados. Além disso, a familiarização com os instrumentos de campo e normas utilizadas servirão de grande utilidade ao longo de toda carreira como Engenheira Eletricista.

As disciplinas do curso de engenharia elétrica tiveram um papel fundamental para o entendimento das atividades realizadas durante o estágio. Eletrônica de potência foi uma matéria de grande importância, pois necessitava entender os princípios de acionamentos de motores. Equipamentos Elétricos e Distribuição de Energia Elétrica foram de suma importância, pois na Subestação de 69 kV necessita-se compreender a função de todos os equipamentos e compreender a conexão entre a usina e a concessionária de energia elétrica.

A Disciplina Máquinas Elétricas foi fundamental para compreender o funcionamento dos motores e geradores. Eletrônica e Materiais Elétricos possibilitaram o entendimento sobre o funcionamento e composição de cada dispositivo. Além da grande importância dos Controles Analógico e Digital, que serviram para compreender a lógica do Centro Operacional Integrado.

Em geral, todas as disciplinas do curso de engenharia contribuíram de forma direta ou indireta para a realização do estágio, pois é através delas que o aluno desenvolve o raciocínio lógico para exercer a função de engenheiro.

A Usina Caeté – Unidade Cachoeira motivou a estagiária para o trabalho em equipe, possibilitando adquirir ganhos imensuráveis no campo pessoal e profissional.

5. Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16295:2014 – Luvas de Material Isolante*. Acessada em 20 de setembro de 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8221:2003 – Equipamento de Proteção Individual - Capacete de Segurança para Uso na Indústria*. Acessada em 20 de setembro de 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9699:1987 – Isolação Ferramentas Manuais até 1000 V*. Acessada em 20 de setembro de 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ISO 14001:2004 – Sistema de Gestão Ambiental: Requisitos com Orientações para Uso*. Acessada em 20 de setembro de 2014.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., C.; UMANS, S. D. *Máquinas Elétricas: Com Introdução à Eletrônica de Potência*. 6. ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.
- MAMEDE FILHO, J.; RIBEIRO, M. D.; *Proteção de Sistemas Elétricos de Potência*, LTC, 1º Edição, Rio de Janeiro 2011.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Norma Regulamentadora Nº 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade*, 2004. Acessada em 10 de agosto de 2014.