



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

HENRIQUE VANDERLEI SOARES

RELATÓRIO DE ESTAGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Maio de 2015

HENRIQUE VANDERLEI SOARES

RELATÓRIO DE ESTAGIO INTEGRADO

*Relatório de estagio 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 Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Instalações elétricas industriais

Orientador:

Professor: Karcus Colaço Dantas.

Campina Grande, Paraíba
Maio de 2015

HENRIQUE VANDERLEI SOARES

RELATÓRIO DE ESTAGIO INTEGRADO

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 Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Instalações elétricas industriais

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Karcus Colaço Dantas.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

A todos aqueles que de alguma forma
estiveram e estão próximos de mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre presente em todos os momentos, guiando-me e confortando-me.

Aos meus pais Hélio e Alexlene, pelo amor incondicional, incentivo, dedicação, confiança e por me ensinarem a ser perseverante,

A minha namorada, pelo carinho, compreensão e por se fazer presente nesta jornada, incentivando-me a prosseguir.

Ao engenheiro Mauricio de Veras por me dar a oportunidade de estagio e todo acompanhamento possível.

A todo o pessoal da manutenção elétrica da Usina Caeté S.A, principalmente a Jose Umberto, Javier, Ronaldo e Jadson por me proporcionaram momentos agradáveis nesses meses de estágio.

Ao professor Karcus Dantas que me orientou nesse trabalho e deu todo o apoio para seguir em frente.

E por último, a todos os meus amigos de Campina Grande pelos excelentes momentos que vivi.

*“Toda ação humana, quer se
torne positiva ou negativa,
precisa depender da motivação.”*

Dalai Lama.

SUMÁRIO

Sumário	vii
Lista de Ilustrações	ix
Lista de Tabelas	x
1 Introdução.....	1
2 Empresa.....	1
2.1 Organograma	2
3 Manutenção Elétrica.....	2
3.1 Manutenção Preditiva	3
3.2 Manutenção Preventiva.....	4
3.3 Manutenção Corretiva.....	4
4 Atividades Realizadas	5
4.1 Acompanhamento da manutenção preditiva	5
4.1.1 Termografia	5
4.1.2 Medição de Vibração.....	7
4.1.3 Verificação de corrente.....	9
4.2 Acompanhamento da manutenção preventiva.....	10
4.2.1 Manutenção preventiva dos turbogeradores	10
4.2.2 Manutenção do motor de 2200 cv.....	12
4.2.3 Manutenção dos motores de rotor bobinado	14
4.3 Acompanhamento da manutenção Corretiva	16
4.3.1 Manutenção em Transformador de Potência de 6500 kVA	16
4.4 Acompanhamento e operação dos turbogeradores	26
4.4.1 MSLC-2.....	27
4.4.2 DSLC-2.....	29
4.4.3 505	30
4.4.4 CPC-II	31
4.4.5 Operação dos turbogeradores	31
4.4.5.1 Operação dos turbogeradores 2 e 3	32
4.4.5.2 Operação do turbogerador 4.....	33
4.5 Projeto de ampliação da fabricação de álcool	34
4.5.1 Contabilização das cargas.....	35
4.5.2 Determinação do Quadro de Distribuição Geral em Baixa Tensão (QGBT).....	37
4.5.3 Centro de Controle de Motores.....	39
4.5.4 Chaves de partida.....	40
4.5.5 Layout da Subestação	41

4.5.6	Banco de Capacitor.....	42
4.5.7	Dimensionamento dos cabos	44
5	Conclusão	49
	Referências Bibliografias	50

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Organograma da empresa	2
Figura 2 Custo da manutenção	3
Figura 3 Termografia contactor	6
Figura 4: Termografia Fusível	6
Figura 6: Medidores de vibração	8
Figura 7: Caneta para verificação de vibração	9
Figura 8: Planilha de fator de carga	10
Figura 9: Sala de turbos	11
Figura 10: Sistema de óleo turbina 03	12
Figura 11: Cubículo de acionamento motor de 2200cv	13
Figura 12: Interior do cubiculo motor de 2200cv	13
Figura 13: Reaperto das conexões	14
Figura 14: Motor do Picador 1 (Supervisório)	15
Figura 15: Substituição das escovas	16
Figura 16: Transformador danificado	17
Figura 17: Bobinas antes da manutenção	18
Figura 18: Barra antes da manutenção	18
Figura 19: Transformador após limpeza	20
Figura 20: Bobina Limpa	21
Figura 21: Instrumento Utilizado no ensaio	22
Figura 22: Medições da relação de transformação	23
Figura 23: Ligação do transformador	24
Figura 24: Medição da resistencia de isolamento	25
Figura 25: Principais componentes do turbogerador	27
Figura 26: Painel de Import/export	28
Figura 27: Controlador DSLC-2	29
Figura 28: Controlador 505 e IHM acima	30
Figura 29: Tela para excitação dos geradores	32
Figura 30: Tela para sincronização	33
Figura 31: Tela para adição/remoção de carga	33
Figura 32: Tabela de conversão	21
Figura 33: Curva típica de uma bomba	22
Figura 34: Layout de um dos QGBT's	38
Figura 35: Diagrama unifilar de um dos transformadores	24
Figura 36: Especificações das distancias	425
Figura 37: Métodos de referencia	27
Figura 38: Capacidade de condução de corrente	28
Figura 39: Layout fábrica de etanol com leitos	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classificação dos equipamentos	7
Tabela 2: Característica transformador caldeira	17
Tabela 3: Medição e erro da relação de transformação	23
Tabela 4: Medição resistência de enrolamento.....	24
Tabela 5: Medição resistência de isolamento	25
Tabela 6: Medição resistência de isolamento dos cabos.....	25
Tabela 7: Levantamento das cargas de um transformador	34
Tabela 8: Características do transformador a ser comprado.....	37
Tabela 9: Distâncias Mínimas	41
Tabela 10: Queda de tensão tabelada	46

1 INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste relatório é apresentar as atividades desenvolvidas durante o programa da disciplina Estágio integrado como pré requisito indispensável para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. O Estágio foi realizado na empresa Usina Caeté S/A – Matriz, em São Miguel dos Campos, 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.

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 da manutenção preventiva, preditiva e corretiva em instalações elétricas, painéis de comando e de força; acompanhamento do processo de geração e participação no projeto de ampliação da fabricação de álcool.

2 EMPRESA

A Usina Caeté, adquirida em 1965, foi a primeira Usina do Grupo Carlos Lyra sendo fruto da visão de Carlos Lyra, que vislumbrou, naquela época, a possibilidade de se cultivar cana-de-açúcar nos famosos tabuleiros de Alagoas, fato que só foi possível graças a utilização criteriosa de fertilizantes que tornaram o solo propício ao desenvolvimento da lavoura canavieira. Hoje ela é a matriz do negócio de produção de Açúcar, Etanol e Energia do grupo Carlos Lyra, tendo ligadas a ela as unidades Cachoeira, Marituba e Pauliceia. As duas primeiras localizadas no Estado de Alagoas e a última, em São Paulo. A Usina Caeté está localizada no vale de São Miguel dos Campos, estendendo sua área de atuação aos municípios de Roteiro, Jequiá da Praia e Barra de São Miguel.

Fornecem açúcar VHP (*Very High Polarization*) e etanol para o mercado internacional através de *trading companies*, exportando para indústrias químicas dos países asiáticos e europeus. Além de açúcar cristal para indústrias de refrigerantes,

alimentos e varejistas de todo o Nordeste e Etanol para o mercado nacional através de diversas distribuidoras.

2.1 ORGANOGRAMA

A estrutura organizacional da usina Caeté pode ser vista na Figura 1. Essa estrutura é composta de 3 departamentos: industrial, agrícola e administrativo. O estágio foi realizado no departamento industrial no setor de manutenção elétrica sendo a função do estagiário auxiliar na implantação de novos projetos, na manutenção preditiva, preventiva e corretiva da instalação elétrica.

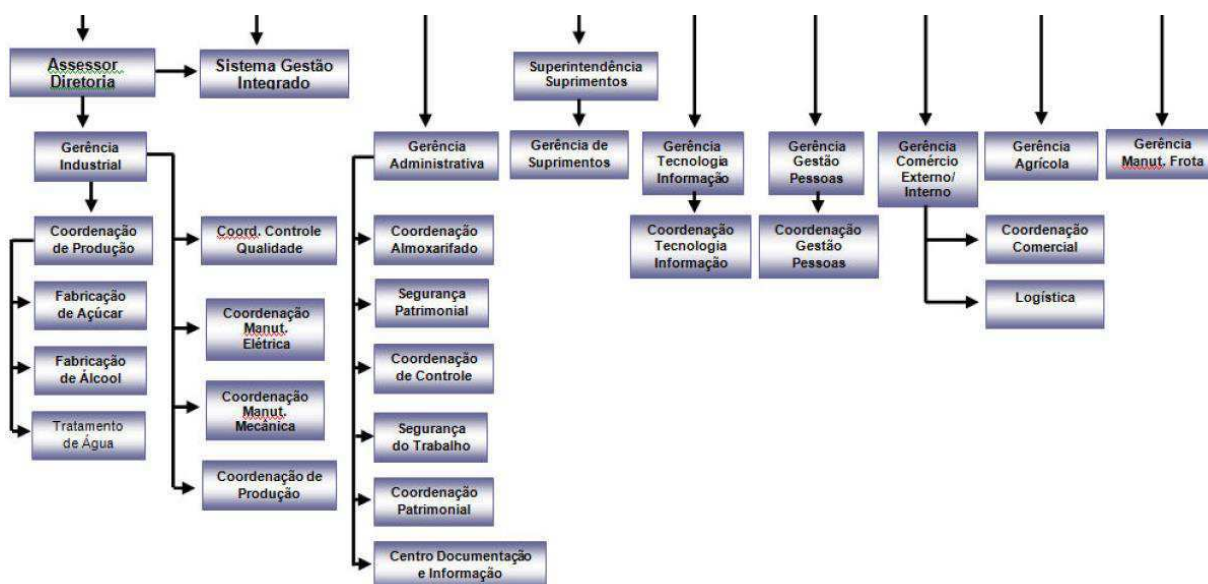


FIGURA 1: ORGANOGRAMA DA EMPRESA

3 MANUTENÇÃO ELÉTRICA

A palavra manutenção significa “Manter em ação”, ou seja, muito mais do que consertar, manter é não deixar quebrar. Além disso, quanto antes for a atuação no equipamento ou prevenção de falha, menor custo à organização [1]. Deve-se notar que

normalmente o maior custo decorrente de uma falha no sistema elétrico não é o custo da manutenção e sim o lucro cessante da disponibilidade do sistema ou equipamento. Isto pode ser visto na Figura 2.

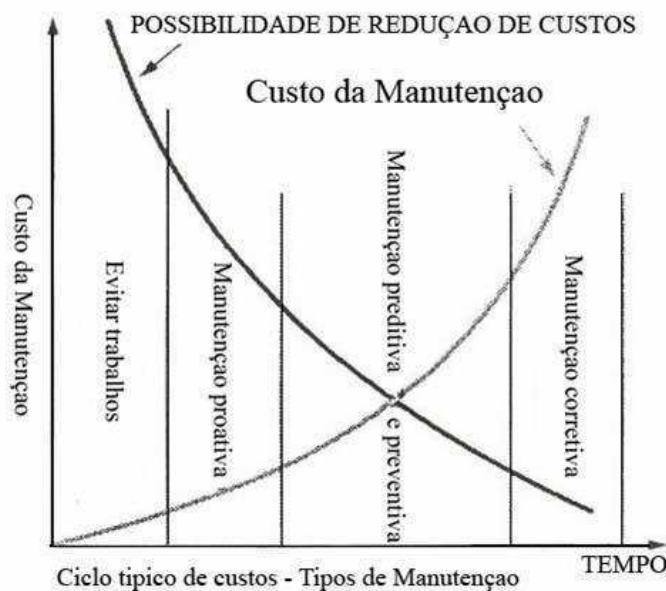


FIGURA 2 CUSTO DA MANUTENÇÃO

FONTE: VERRI, A. L.; Manutenção de instalações elétricas: Como evitar manutenção corretiva

Como pode ser visto, existem três tipos de manutenção; a preditiva, a preventiva e a corretiva. Nos subitens posteriores detalha-se cada uma.

3.1 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva consiste do acompanhamento periódico de equipamentos ou máquinas, através de dados coletados por meio de monitoração ou inspeções. A premissa comum da manutenção preditiva é que o monitoramento regular da condição mecânica real, o rendimento operacional, e outros indicadores da condição operativa das máquinas e sistemas de processo fornecerão os dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre os reparos. Ela também minimizaria o número e os custos de paradas não-programadas criadas por falhas da máquina [2].

A manutenção preditiva que utiliza análise da vibração é predicada em dois fatos básicos: (1) todos os modos de falha comuns possuem componentes distintos de frequência de vibração que podem ser isolados e identificados, e (2) a amplitude de cada

componente distinto de vibração permanecerá constante a menos que haja uma mudança na dinâmica operacional da máquina. Já a manutenção preditiva que utiliza rendimento de processo, perda de calor, pode quantificar o rendimento operacional de equipamentos ou sistemas não-mecânicos da planta industrial.

3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

São atividades de manutenção que obedecem a um calendário ou um intervalo pré-determinado. Um programa de manutenção preventiva elétrica eficaz no chão de fábrica envolve programação de inspeções de rotina e exames em uma base regular, garantindo que os equipamentos e máquinas sejam constantemente verificados, não importa o tamanho do problema que apresentem. Mesmo problemas elétricos menores e aparentemente sem importância podem se tornar falhas mais graves se não forem detectados com antecedência, o que acaba gerando reparos emergenciais que exigem suspensão das linhas de produção e troca de peças de reposição caras

3.3 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva visa corrigir, restaurar, recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação, que tenha cessado ou diminuído sua capacidade de exercer as funções às quais foi projetado [3]. Tendo em vista que uma máquina parada compromete toda a produção, a manutenção corretiva é a primeira atitude tomada para que esta produção volte à normalidade. Ou seja, a manutenção corretiva é uma técnica que espera pela falha da máquina ou equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção. Além disso, é o método mais caro de gerência de manutenção.

Os maiores montantes em dinheiro associados com este tipo de gerência de manutenção são: alto custo de estoques de peças sobressalentes, elevados custos de trabalho extra, grande tempo de paralisação da máquina, e baixa disponibilidade de produção. Além disso gera a diminuição da vida útil das máquinas e das instalações, além de serem necessárias paradas para manutenção em momentos aleatórios, e muitas vezes inoportunos por serem em épocas de ponta de produção, correndo o risco de ter que fazer paradas em períodos de cronograma apertado, ou até em épocas de crise geral.

4 ATIVIDADES REALIZADAS

4.1 ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA

A primeira atividade desenvolvida no período de estagio foi o acompanhamento da manutenção preditiva nos painéis de média e baixa tensão que se encontram na fábrica. Uma manutenção constante nesses painéis possibilita trabalhar por longos períodos sem a ocorrência de problemas.

As técnicas de monitoramento na manutenção preditiva realizadas foram: análise de vibração, termografia, medição de corrente e inspeção visual. A combinação destas técnicas de monitoramento e de análise oferece os meios de monitoramento direto de todos os equipamentos e sistemas críticos da fábrica.

4.1.1 TERMOGRAFIA

Consiste na detecção de componentes aquecidos em toda rede de energia elétrica (subestações, painéis elétricos média e baixa tensão, etc.). Esse aquecimento poderá ser devido a um mau contato, oxidação, desgaste ou mesmo sobrecarga de circuito. A não detecção antecipada desses problemas, provavelmente, resultará numa interrupção do processo produtivo e conseqüentemente ônus à produção.

A termografia foi realizada utilizando o termovisor da FLIR e máquina digital da Sony. Nas análises, a empresa considerada as Máximas Temperaturas Admissíveis (MTA):

- Alta tensão
 - Componentes com tensão superior a 1kV.
 - MTA = 5°+ temperatura ambiente
 - Para para-raios é considerado:
 - MTA = 1°+ temperatura ambiente
- Baixa tensão
 - Cabos isolados e terminais

- MTA = 70°C
- Barramentos e conexões(Cobre/alumínio)
 - MTA = 100°C
- Contatos e articulações de seccionadoras e disjuntores
 - MTA = 100°C
- Corpo fusível
 - MTA = 80°C

Quinzenalmente ocorre a termográfica por toda a fábrica e quando detectado alguma ocorrência, uma ação corretiva é tomada. Nas Figura 3 e 4, podemos observar os pontos de aquecimento, onde nota-se que as condições são críticas.

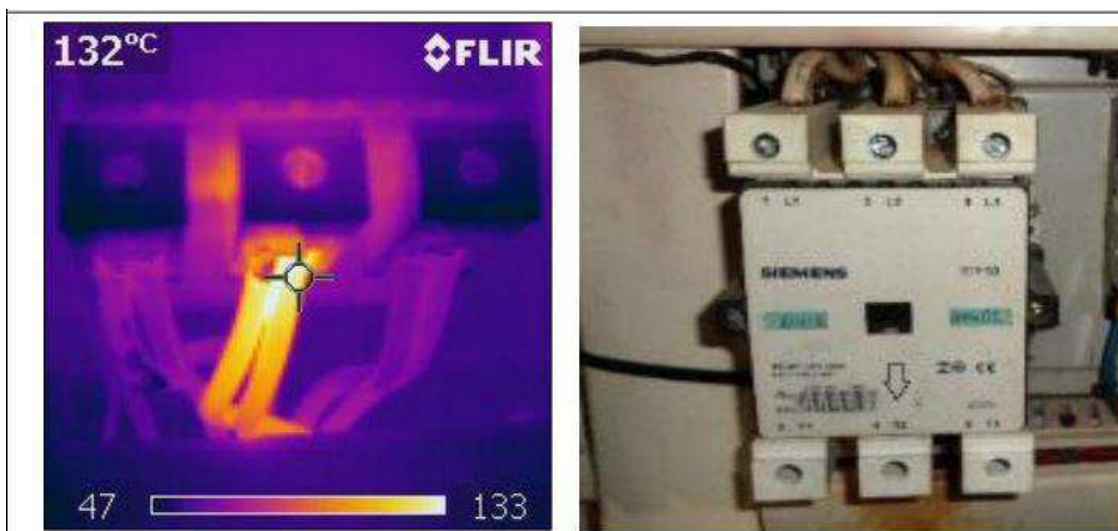


FIGURA 3 TERMOGRAFIA CONTACTOR

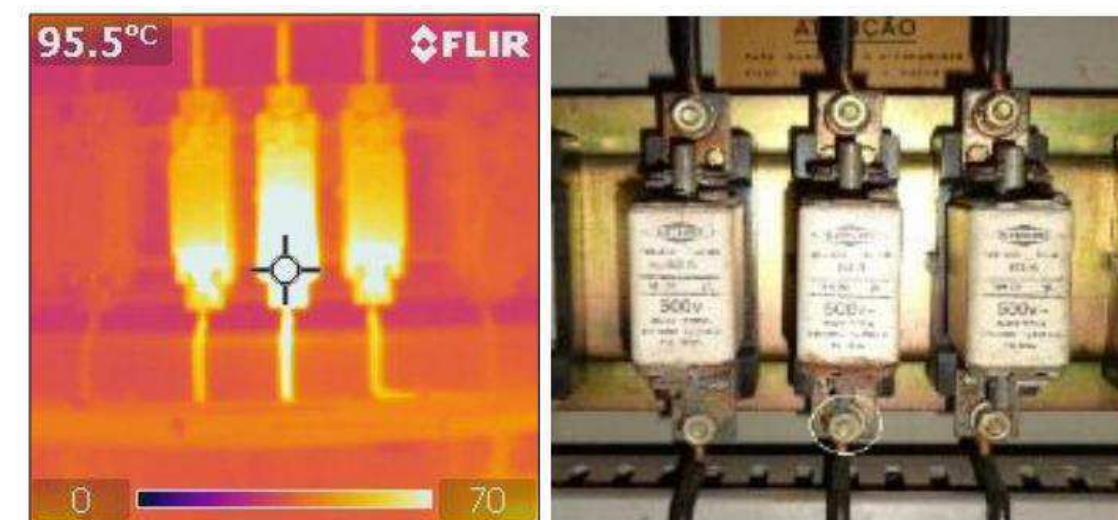


FIGURA 4: TERMOGRAFIA FUSÍVEL

4.1.2 MEDIÇÃO DE VIBRAÇÃO

A verificação da vibração é um método indispensável na detecção prematura de anomalias como falta de balanceamento das partes rotativas, desalinhamento de juntas e rolamentos, excentricidade, interferência, erosão localizada, abrasão, ressonância, folgas, entre outras [3]. O método é particularmente útil na monitoração de operação mecânica de máquinas rotativas (ventiladores, compressores, bombas, turbinas, etc.). A partir da monitoração da vibração é possível determinar:

- Rolamentos deteriorados;
- Problemas aerodinâmicos;
- Acoplamentos desalinhados;

Os principais parâmetros adotados para medir a vibração são: deslocamento (mm), velocidade (mm/s) e aceleração (m/s^2). A norma ISO 2372, *Vibração mecânica de máquinas com velocidades de operação de 10 a 200 rotações/s*, adota a velocidade como sendo o parâmetro mais adequado para medir a severidade de vibração. Isso porque é o parâmetro que representa toda a energia contida na faixa de frequência monitorada e seu valor eficaz (RMS) está diretamente relacionado com a capacidade destrutiva da vibração independente da frequência em que ela ocorrer. Na ausência de informações do equipamento a ser monitorado sobre seus limites de vibração, a norma ISO 2372 propõe limites de severidade de vibração classificando os equipamentos de acordo com suas características, conforme a Tabela 1:

TABELA 1 CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Classificação dos equipamentos				
Nível	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Bom	Até 0,71	Até 1,12	Até 1,8	Até 2,8
Satisfatório	0,71 a 1,8	1,12 a 2,8	1,8 a 4,5	2,8 a 7,1
Tolerável (Risco)	1,8 a 4,5	2,8 a 7,1	4,5 a 11,2	7,1 a 18
Não permissível	4,5 acima	7,1 acima	11,2 acima	18 acima

A Usina conta com 3 turbogeradores onde ocorre há verificação constante da vibração através de sensores de vibração de nível global. O medidor de vibração de nível global é um instrumento capaz de medir o valor global de vibração (pico ou rms), em uma extensa faixa de frequência, que depende das normas e padrões aplicáveis. Pelo seu funcionamento, este instrumento mede a vibração total resultante da ação de todas as frequências presentes no sinal de vibração, dentro da faixa considerada. Os sensores utilizados podem ser visto na Figura 5 e suas medições são comparadas com padrões gerais (Normas) ou valores de referências estabelecidos para cada máquina.



FIGURA 5: MEDIDORES DE VIBRAÇÃO

Para os motores e bombas da fábrica são utilizados a caneta da SKF, vista na Figura 6.



FIGURA 6: CANETA PARA VERIFICAÇÃO DE VIBRAÇÃO

4.1.3 VERIFICAÇÃO DE CORRENTE

Analogamente ao que ocorre com a termografia, a medição de corrente ocorre em intervalos de 15 dias. Tais medições tem como objetivo verificar o fator de carga nos motores. As medições são inseridas na planilha da figura 7, onde é possível realizar um acompanhamento das correntes por fase além do fator de utilização do motor.

Análise de fator de carga dos motores elétricos 2013/2014 - Data 04/12/2013															
Setor: Moendas															
Nº	Fabric.	Equip. Acionado	P ₁ (cv)	RPM	IN (A)	I ₁ (med)	F.C. %	FUNC.	Modelo Motor	Núm. Série	R	S	T	Temp.	Ajust Relé
MOENDAS			CAUSA												
1	10351	G.E. TOMBADOR DE ESTOQUE	78	1170	119	0	0	Parado			0	0	0		
2	10794	WEG GARRA TOMBADOR ESTOQUE	7,5	1740	12	0	0	Parado	112 M	491	0	0	0		
3	10863	WEG FREIO TOMBADOR ESTOQUE	1,5	1120	3,2	0	0	Parado	90 S	390	0	0	0		
4	10865	WEG FREIO TOMB. CANA PICADA	1,5	3420	2,54	0	0	Parado	80 S	FL65820	0	0	0		
	10909	WEG MOTOR VENTILADOR 1º ACIONAMENTO	10												
	10910	WEG MOTOR 1º ACIONAMENTO MOENDA 84"	2200								180	180	180		
5	10911	SIEMENS Bb. ÓLEO RED. MOTOR 1º ACION./PRINCIPAL)	10	1760	14,1	#REF!	#REF!	#REF!		A7B1001021451	9,8	9,7	9,5	15A	
6	10912	SIEMENS Bb. ÓLEO RED. MOTOR 1º ACION./AUXILIAR)	10	1760	14,1	0	0	Parado		A7B1001021451	0	0	0	15A	
7	10282	WEG TOMBADOR DE MOAGEM	85	1180	120	0	0	Parado	FAF2804	86071	0	0	0		
8	10795	WEG GARRA TOMBADOR MOAGEM	5	1715	8,15	0	0	Parado	100 L	697	0	0	0		
9	10864	WEG FREIO TOMBADOR MOAGEM	3	1710	6,8	0	0	Parado	90 L	FT2438	0	0	0		
10	10353	WEG TOMBADOR CANA PICADA	85	1781	116	0	0	Parado	FAF280M	86072	0	0	0		
11	10557	MAUSA PONTE R, 01 ELEVÇÃO	50	1780	73	0	0	Parado	3974	BLT2327	0	0	0		
12	10562	BARDELLA PONTE R, 01 TRANSLACÃO	25	1700	38	0	0	Parado	P541	28219	0	0	0		

FIGURA 7: PLANILHA DE FATOR DE CARGA

4.2 ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Uma das atividades desenvolvidas no período de estágio foi o acompanhamento das manutenções nos painéis de baixa tensão em cargas de elevado grau de importância, como motores do acionamento do 1º terno da moenda, do picador, dos tombadores, dos cristalizadores além dos turbogeradores. O trabalho aqui consistiu em acompanhar e realizar a manutenção preventiva junto a equipe.

4.2.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS TURBOGERADORES

É essencial que as manutenções de rotina indiquem como está o comportamento das turbinas. O fabricante fornece o "Manual de instruções, instalação, operação e manutenção", onde estão as diretrizes gerais dos turbogeradores. Segundo esse manual, são especificados intervalos de tempo, e suas respectivas ações, a serem utilizadas como referência para a manutenção. Existem planos de manutenção diária, semanal, mensal, trimestral e a cada dezoito meses. Neste trabalho não será dado ênfase aos planos trimestrais e os planos a cada dezoito meses porque estas não foram realizadas durante o

período do estágio. A seguir são apresentadas as atividades realizadas diariamente, semanalmente e mensalmente.

- **Manutenção Diária**

- **Instrumentos:** Observar, com a máquina em carga, medições de pressão, temperatura e vibração. Tais medições podem ser realizadas através do sistema supervisor, como mostra a Figura 8.

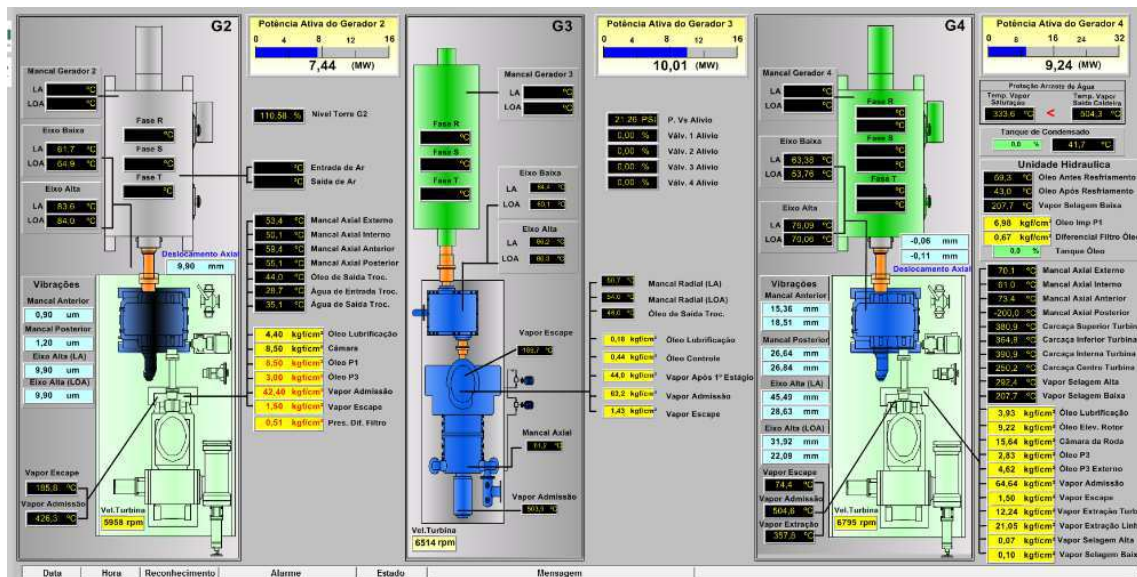


FIGURA 8: SALA DE TURBOS

- **Tanque de óleo:** Verificar e completar o nível de óleo se necessário.
- **Filtro de óleo de lubrificação:** Verificar pressão diferencial. Ao detectar valores próximos a 0,55 kgf/cm²g comutar o filtro em operação e proceder com a limpeza. Esse acompanhamento é executado através do sistema supervisor mostrado na Figura 9.
- **Filtro de óleo de controle:** Verificar pressão diferencial. Ao detectar valores próximos a 2,0 kgf/cm²g comutar o filtro em operação e proceder com a limpeza.

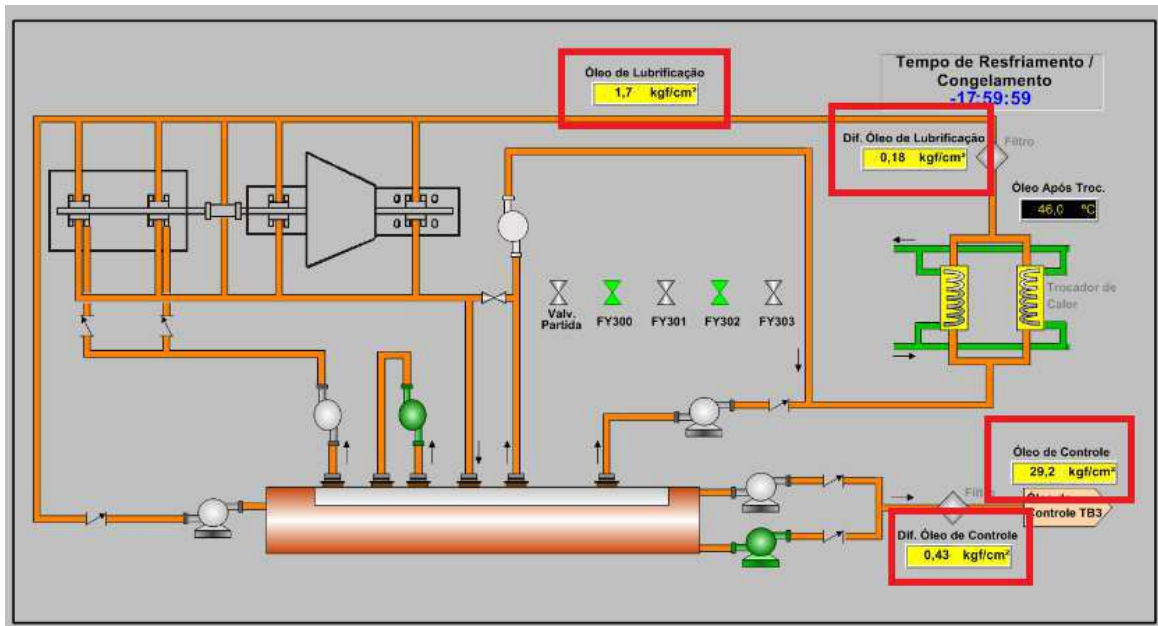


FIGURA 9: SISTEMA DE ÓLEO TURBINA 03

- Semanalmente
 - Válvula combinada de parada e emergência (CSEV): Verificar se a válvula está livre.
- Mensalmente
 - Óleo de lubrificação: Examinar amostra de óleo. Se o exame apresentar descoloração ou emulsificação deverá ser substituído.

4.2.2 MANUTENÇÃO DO MOTOR DE 2200 CV

Esse motor, o qual seu acionamento pode ser visto nas Figuras 10 e 11, é responsável pelo acionamento do primeiro terno da moenda e sua paralização implica perda de rendimento da moagem. Devido a isso a manutenção deste motor ocorre em dias programados, onde são definidos intervalos de tempo para que ocorra a manutenção.

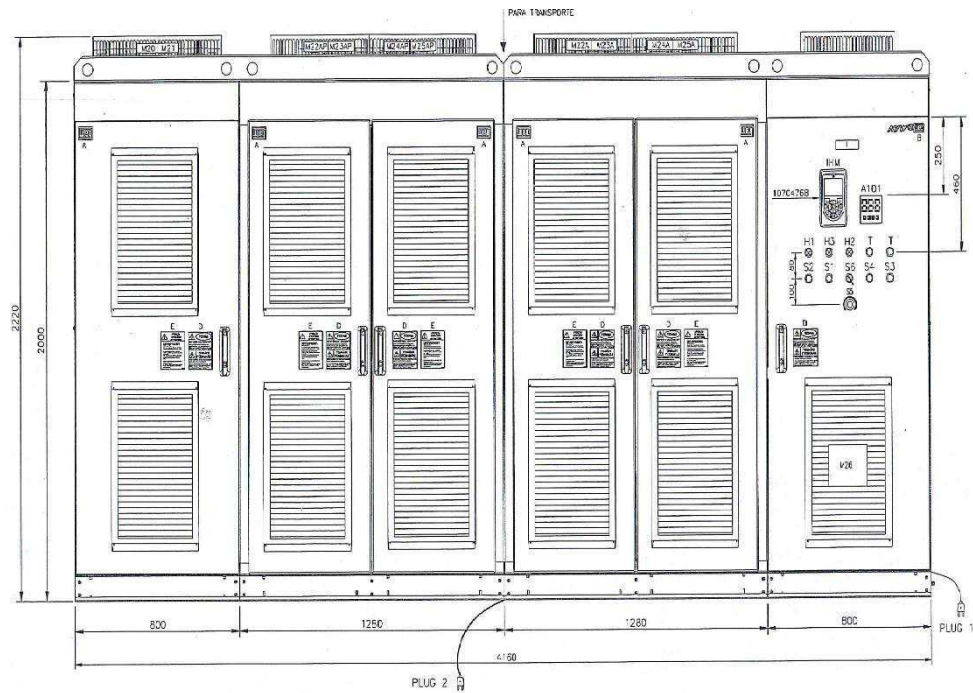


FIGURA 10: CUBÍCULO DE ACIONAMENTO MOTOR DE 2200CV

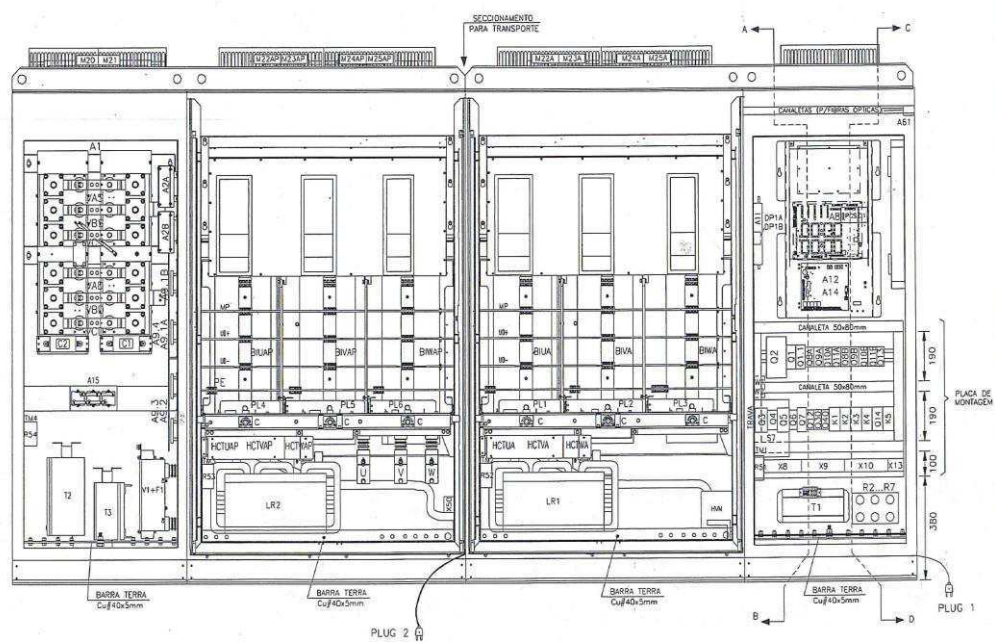


FIGURA 11: INTERIOR DO CUBÍCULO MOTOR DE 2200CV

A manutenção desse motor consiste basicamente de:

- Limpeza dos filtros: Devem ser feitas a cada três meses.
- Reaperto das conexões: Realizada a cada três meses.



FIGURA 12: REAPERTO DAS CONEXÕES

4.2.3 MANUTENÇÃO DOS MOTORES DE ROTOR BOBINADO

Este tipo de motor é utilizado no picador de cana, tombadores de cana picada e de cana inteira. Esses motores são recomendados nos casos em que a carga possui alto conjugado resistente ou alta inércia na partida. São utilizadas resistências externas para a partida do motor proporcionando elevado conjugado e redução acentuada na corrente de partida. As escovas ficam em contato com os anéis coletores somente durante a partida do motor, evitando desta forma, desgaste desnecessário das escovas e anéis coletores durante o funcionamento em regime, permitindo um maior tempo de uso para o conjunto.

O motor parte com as escovas abaixadas e os anéis coletores não curto-circuitados, o que deve ser garantido pelo intertravamento das chaves fim de curso de sinalização localizadas nos conjuntos de movimentação destes componentes. Na medida em que o motor vai ganhando velocidade, o reostato deve diminuir sua resistência progressivamente até atingir o menor valor possível e então o mesmo deve ser curto-circuitado. Quando o motor atinge a rotação nominal, o atuador eletromecânico deve ser acionado para curto-circuitar os anéis coletores e levantar as escovas, e então o motor passa a funcionar em regime nominal [4].

O programa de manutenção destes motores incluem as seguintes recomendações:

- Manter motor e equipamentos associados limpos:
 - Limpeza e reaperto das conexões e barramento.

- Verificação das temperaturas (mancal, enrolamento, trocador de calor)
 - Essa verificação é feita através do sistema supervisório, Figura 13, onde obtém-se tais variáveis.

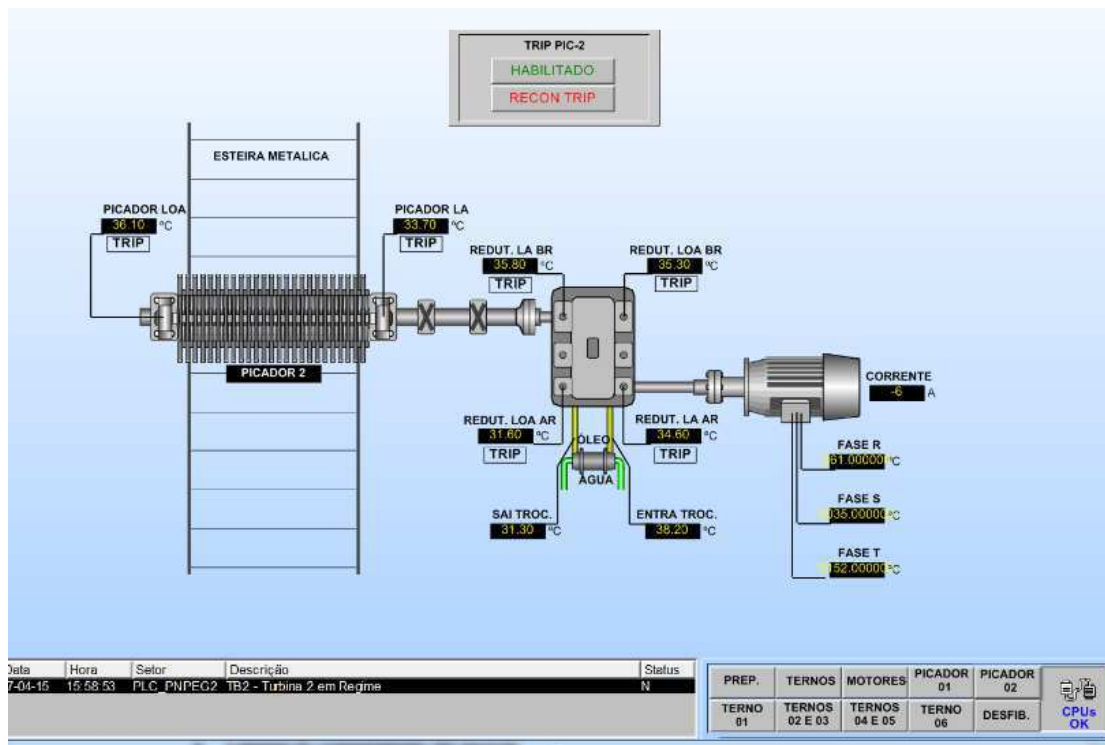


FIGURA 13: MOTOR DO PICADOR 1 (SUPERVISÓRIO)

- Limpeza do compartimento das escovas
 - O compartimento das escovas deve ser limpo com aspirador de ar e as escovas com pano limpo e seco.

- Substituição das escovas danificadas
 - Segundo manual de instruções do fornecedor, deve ser inspecionada semanalmente e sempre que observada desgaste a substituição deve ocorrer. Na prática esta visualização só ocorre mensalmente. Na figura 14 é possível observar a troca das escovas.



FIGURA 14: SUBSTITUIÇÃO DAS ESCOVAS

4.3 ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA

O período de estagio foi realizado durante a safra da Usina, dessa maneira, ocasionalmente tornou-se necessário a intervenção corretiva. Substituição de rolamentos em motores de indução, de contactores, cartões e CPU de Controladores Lógicos Programáveis (CLP), disjuntores, fusíveis, entre outros. Nesse relatório será dada ênfase a manutenção corretiva no transformador da caldeira.

4.3.1 MANUTENÇÃO EM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA DE 6500 kVA

O transformador 3 da caldeira, cujas características podem ser vistas na Tabela 2, é responsável por partir cargas de elevada importância, como:

- Dois motores de 1550 cv que alimentam os exaustores
- Dois motores de 1300 cv que alimentam com água o tubulão de vapor.

TABELA 2: CARACTERISTICA TRANSFORMADOR CALDEIRA

Transformador trifásico à seco		
TAP	Potencia(kVA) = 6500	NBI(kV) = 95
Posição 1	Tensão Primaria(kV) = 12,6	Tensão Secundario(kV) = 4,160
Posição 2	Tensão Primaria(kV) = 13,2	
Posição 3	Tensão Primaria(kV) = 13,8	
Posição 4	Tensão Primaria(kV) = 14,4	
Posição 5	Tensão Primaria(kV) = 15	

Em casos de problemas neste transformador, a produção de vapor fica impossibilitada e dessa maneira há a necessidade de parar a planta. Durante a safra 2014/2015 ocorreu uma defeito neste transformador desenergizando toda a fábrica. A possível causa foi um curto-circuito que ocorreu devido a falhas no aperto dos parafusos e devido a quantidade de bagaço em suspensão ocorreu um arco para a terra. As Figuras 15, 16 e 17 mostram o estado em que foi encontrado o transformador.



FIGURA 55: TRANSFORMADOR DANIFICADO



FIGURA 16: BOBINAS ANTES DA MANUTENÇÃO



FIGURA 67: BARRA ANTES DA MANUTENÇÃO

- Mitigação estudadas

Devido à grande importância da carga e de não haver transformador reserva três soluções foram estudadas:

- Substituir o transformador da caldeira menor (42 bar) para alimentar a caldeira maior (67 bar). Essa opção foi descartada pela importância que a caldeira de 42 bar tem alimentando as turbinas da moenda, e o turbo-gerador G2 que são os responsáveis por mandar todo vapor servido para a fábrica (1,5 bar).

- A outra opção foi a reconstrução dos tap's do transformador e dos terminais com massa de calefetena. Essa opção foi considerada ariscada devido o aparecimento de correntes de descarga.
 - A terceira opção foi comutar o tap do transformador retirando da posição original de 13,8 kV para 14,4 kV. Esta foi a opção executada, apesar de diminuir o torque da partida e aumentar a corrente do motor em condições de regime.
- Manutenção

A manutenção do transformador foi realizada seguindo as normas regulamentares de segurança (NR 10) que estabelece o procedimento de desenergização das instalações elétricas. O procedimento consiste basicamente em:

1. Realizar o seccionamento
2. Impedimento de reenergização
3. Constatação da ausência de tensão
4. Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos
5. Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada
6. Instalação da sinalização de impedimento de reenergização

Realizada a desenergização, a próxima etapa realizada foi a limpeza das bobinas, cabos e barras de tap utilizando o arclean-v, um substituto da benzina, responsável pela remoção da fuligem. Posteriormente utilizou-se o SM-26 para retirar a umidade deixada pelo primeiro produto. Adicionalmente aos produtos, foram utilizados lixas, para retirada de oxidações, e retrofit, uma espécie de massa, para preenchimento de espaços e impedimento de corrente de descarga. A imagem do transformador, após a limpeza pode ser vista na Figura 18.



FIGURA 78: TRANSFORMADOR APÓS LIMPEZA

Como definido pela equipe de engenharia, a terceira etapa de manutenção consistiu da comutação dos taps, modificando as barras da posição original de 13.800 V para a posição de 14.400 V. Na Figura 19 pode-se observar a bobina com o tap comutado.



FIGURA19: BOBINA LIMPA

Realizada a limpeza e comutação, ocorreram os ensaios de relação de transformação, resistência de isolamento, resistência de enrolamento e ensaio com tensão a fim de analisar o comportamento do transformador.

➤ **RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO**

O primeiro teste realizado foi a medição de relação de transformação, no qual se obtém a proporção que existe entre a tensão ou corrente do primário e a tensão ou corrente do secundário, respectivamente.

Para o transformador a vazio, tem-se o que se convencionou chamar de relação de transformação teórica:

A relação teórica é:

$$Relação = \frac{n1}{n2} = \frac{14400}{4160} = 3,4616 \quad (1)$$

Para o teste, foi utilizado a tensão de linha no lado de alta tensão e tensão fase-neutro no lado de baixa. Dessa maneira a relação de transformação obtida é:

$$V_{\text{linha}} = \sqrt{3} \times V_{\text{fase}} = \quad (2)$$

$$V_{\text{fase}} = \frac{4160}{\sqrt{3}} = 2401,77 \text{ V} \quad (3)$$

$$\text{Relação}_{\text{teórica}} = \frac{n1}{n2} = \frac{14400}{2401,77} = 5,995 \quad (4)$$

Para realização do ensaio, foi utilizado o medidor de relação de transformação Instrum – TTR -2000i, o qual pode ser visto na Figura 20.



FIGURA 20: INSTRUMENTO UTILIZADO NO ENSAIO

As relações medidas e os respectivos erros podem ser observados na Tabela 3 e Figura 21:

TABELA 3: MEDIÇÃO E ERRO DA RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO

TERMINAL		MEDIDO	CALCULADO	ERRO (%)
BAIXA	ALTA			
X1-X0	H1	5,982	5,995	0,216847
X2-X0	H2	5,984	5,995	0,183486
X3-X0	H3	5,98	5,995	0,250209



FIGURA 21: MEDIÇÕES DA RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO

É possível observar através da Tabela 3 que o resultado foi satisfatório, com erros abaixo de 0,5%.

➤ RESISTENCIA DE ENROLAMENTO

O ensaio de resistência de enrolamento tem como finalidade verificar se há irregularidades nos enrolamentos, contatos e soldas. Para esse ensaio foi utilizado o miliohmímetro KB 10i da INSTRUM.

A partir das ligações expostas na Figura 22, foi possível obter os valores de resistência para todas as bobinas. Os valores são mostrados na Tabela 4:

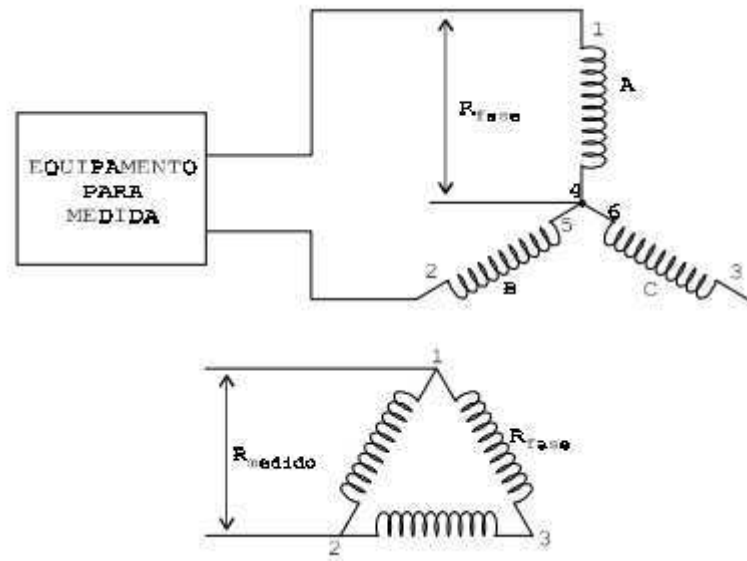


FIGURA 22: LIGAÇÃO DO TRANSFORMADOR

TABELA 4: MEDIÇÃO RESISTENCIA DE ENROLAMENTO

	ESCALA	RESISTENCIA (Ohm)
X1-X0	0-2 Ohm	0,174
X2-X0		0,176
X3-X0		0,167
H1	0-20 Ohm	0,0037
H2		0,00377
H3		0,00378

Observando os valores da tabela 4 nota-se que os valores são satisfatórios uma vez que a resistência de enrolamento das bobinas são muito baixas.

➤ RESISTENCIA DE ISOLAÇÃO

Este ensaio tem a finalidade de verificar a isolação entre enrolamentos e terra, entre enrolamentos de baixa e alta para atestar a secagem da parte ativa. Para esse ensaio foi utilizado o megômetro DMG 5Ki da INSTRUM mostrado na figura 23.



FIGURA 23: MEDIÇÃO DA RESISTENCIA DE ISOLAMENTO

Os dados obtidos podem ser vistos na tabela 5:

TABELA 5: MEDIÇÃO RESISTENCIA DE ISOLAÇÃO

	ESCALA	RESISTENCIA (T Ohm)
Alta/Baixa	5kV	> 2
Alta/massa		> 2
Baixa/massa		> 2

Foi verificado ainda a resistência de isolação nos cabos, medindo a tensão do cobre para a isolação. Os valores obtidos podem ser vistos na tabela 6:

TABELA 6: MEDIÇÃO RESISTENCIA DE ISOLAÇÃO DOS CABOS

FASE	RESISTENCIA (G Ohm)
R	220
S	197
T	220

Observando os valores de resistência de isolamento expostos nas tabelas 5 e 6 podemos deduzir que o transformador está em condições de operar.

➤ ENSAIO À TENSÃO APLICADA

Por fim, com a finalidade de assegurar as condições do transformador, foi realizado o ensaio a tensão aplicada. Nesse ensaio foi aplicado a tensão no lado de alta do transformador e então verificada a tensão no lado de baixa. Os resultados obtidos foram satisfatórios e então houve a religação do transformador.

➤ PROCEDIMENTO DE REENERGIZAÇÃO

Segundo a norma NR-10 estabelece, há um procedimento para reenergização onde deve ser respeitada a sequência:

1. Retirada das ferramentas, utensílios e equipamentos;
2. Retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de reenergização;
3. Remoção do aterramento temporário, da equipotencialização e das proteções adicionais;
4. Remoção da sinalização de impedimento de reenergização;
5. Religação dos dispositivos de seccionamento.

4.4 ACOMPANHAMENTO E OPERAÇÃO DOS TURBOGERADORES

O processo de cogeração, adotado na indústria sucroalcooleira, utiliza o bagaço de cana, resíduo no processo de produção de açúcar e álcool, como combustível das caldeiras, gerando vapor para mover as turbinas. Estas acionam os geradores síncronos que produzem energia elétrica. Usar conjuntos de turbinas e geradores síncronos para fornecer eletricidade à planta é uma forma eficiente de utilizar a energia que está disponível em forma de vapor. Ao vender o excedente desta energia para as concessionárias, a bioeletricidade tornou-se um terceiro negócio. A usina Caeté conta

com 3 turbogeradores, denominados, G2, G3 e G4, sendo os dois primeiros de 15 MW e o último de 32MW.

No processo de conversão elétrica, os principais controladores dos turbogeradores são: MSLC-2, DSLC-2, 505, CPC-2. Além destes, tem-se o regulador UNITROL responsável pela excitação da máquina. A figura 24 mostra a ligação destes dispositivos.

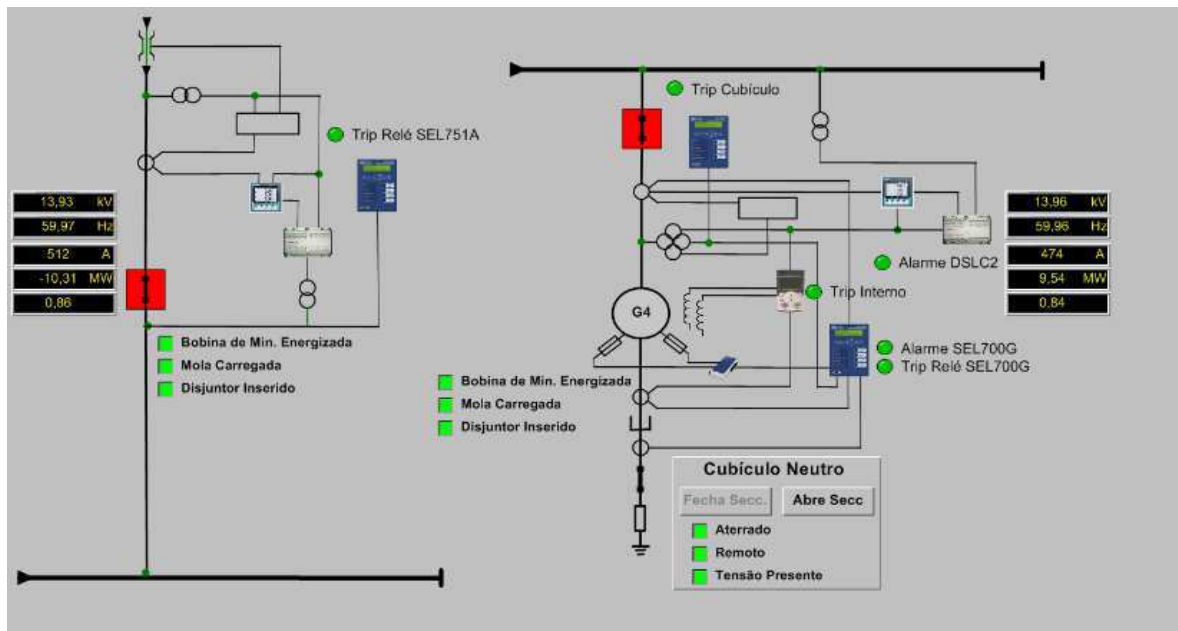


FIGURA 24: PRINCIPAIS COMPONENTES DO TURBOGERADOR

4.4.1 MSLC-2

O MSLC-2, comumente denominado master, é um controlador microprocessado utilizado para sincronização de barramentos, controle de carga e controle do fator de potência. É utilizado em conjunto com o DSLC-2(Digital Synchronizer and load control).

- Sincronização: O controlador, utilizando técnicas de processamento de sinais consegue obter os valores de amplitude de tensão, frequência e defasagem. Dessa maneira, se a comparação destas grandezas satisfizerem as condições abaixo ocorre o sincronismo e o disjuntor é fechado.
 - Na mesma sequência de fase
 - Faixa de frequência: $59,93 < \text{frequência} < 60,07$
 - Variação de tensão: $\Delta V < 2\%$
 - Defasagem máxima: $\varphi_1 - \varphi_2 < 7^\circ$ ou $\varphi_2 - \varphi_1 < 6^\circ$

- Controle de carga: O controlador ajusta a porcentagem de carga de um gerador, operando no modo **DIVISÃO DE CARGA** para manter o Import./Export constante. Esse controle é fundamental, uma vez que a carga da fábrica varia e o valor a ser exportado de energia deve ser mantido constante e abaixo do Montante do Uso do Sistema de Distribuição (MUSD). Caso o valor exportado ultrapasse o de contrato a empresa acessante ao sistema de distribuição pagará uma multa de três vezes o valor da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição(TUSD).
- Controle do fator de potência: O controle do fator de potência se dá aos equipamentos operando no modo **DIVISÃO DE CARGA**, onde é variado a referência do gerador para garantir o fator de potência acima ou igual a 0,92 no ponto de entrega.

O painel dos MSLC-2 pode ser visto na figura 25

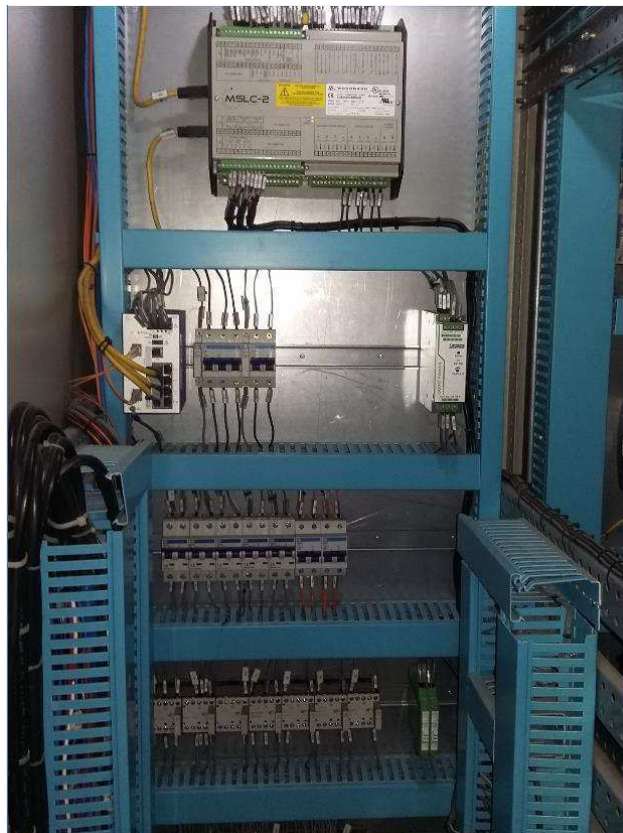


FIGURA 25: PAINEL DE IMPORT/EXPORT

4.4.2 DSLC-2

O DLSC-2 é um controlador microprocessado utilizado para sincronização, controle de carga e controle de fator de potência em geradores trifásico em corrente alternada.

- Sincronização: A sincronização ocorre de maneira análoga ao que ocorre no MSLC-2, sendo a única diferença que neste controlador a sincronização ocorre entre o barramento geral e o do gerador.
- Controle de carga: O controle de carga se dá a partir do fechamento do disjuntor do gerador quando o DSLC-2 obtém controle direto da saída da turbina (Speed bias). O usuário define os ganhos do controlador PI de modo a garantir um aumento/decremento de carga suave com a frequência estável. Esse modo de controle só é possível quando o gerador está em BASE DE CARGA.
- Controle do fator de potência: O DSLC-2 fornece o controle do fator de potência em gerador operando em paralelo com o barramento. O controlador computa um valor médio de fator de potência e a utiliza como referência. Esse controle auxilia ainda na amplitude da tensão. O DSLC-2 pode ser visto na figura 26:



FIGURA 86: CONTROLADOR DSLC-2

4.4.3 505

É um controlador microprocessado designado para controle do bloco de válvulas da turbina. O bloco de válvulas é o responsável pela admissão do vapor à turbina.

- Controle de velocidade: A turbina conta com 3 pick-up magnéticos para obter a velocidade instantânea da máquina. Essa velocidade é convertida em tensão através de um conversor tensão-frequência e então esta variável é comparada com um valor de referência (Speed bias vindo do DSLC-2) através de um PID. A saída do laço sucede para o CPC-II.

Na figura 27 é possível observar o painel onde se encontra o 505.



FIGURA 27: CONTROLADOR 505 E IHM ACIMA

4.4.4 CPC-II

O CPC, o qual pode ser visto na Figura 28, é um controlador eletro-hidráulico de regulagem de pressão que utiliza um sensor de pressão interno muito preciso e um controlador PID para controlar as válvulas da turbina a vapor. O CPC controla a pressão de óleo vindo da conexão de entrada de óleo para a saída da conexão do óleo de controle (válvula de controle da turbina) ou de volta para o tanque de óleo do sistema. Esta arquitetura permite que o PID execute um controle de pressão muito estável em condições normais e responde em milissegundos para mudanças de válvulas desejadas durante transientes do sistema ou da planta.



FIGURA 28: CPC-2 ABERTO

4.4.5 OPERAÇÃO DOS TURBOGERADORES

Dos três turbo geradores presentes na Usina dois são de contrapressão, no qual a pressão de escape é superior à atmosférica, e o outro é de condensação, no qual a pressão de escape é inferior a atmosférica. Dessa maneira o procedimento de partida desta turbina é diferente pois ela necessita da realização da selagem e formação do vácuo no interior da turbina. A seguir são definidos os procedimentos de partida dos 3 turbogeradores.

4.4.5.1 OPERAÇÃO DOS TURBOGERADORES 2 E 3

1. Abrir válvulas de admissão e drenos
2. Abrir válvula fecho-rápido
3. Através do supervisório da turbina realizar a partida as turbina e acompanhar a rampa de aceleração da turbina via 505.
 - a. A rampa pode ser a quente, quando esta está parada a pouco tempo. Nessa situação a rampa dura 5 minutos.
 - b. A rampa pode ser a frio, quando a turbina está parada a muito tempo. Nesse caso a rampa de aceleração da turbina dura 25 minutos.
4. Excitação do gerador ocorre pelo sistema supervisório, como pode ser observado na figura 29.

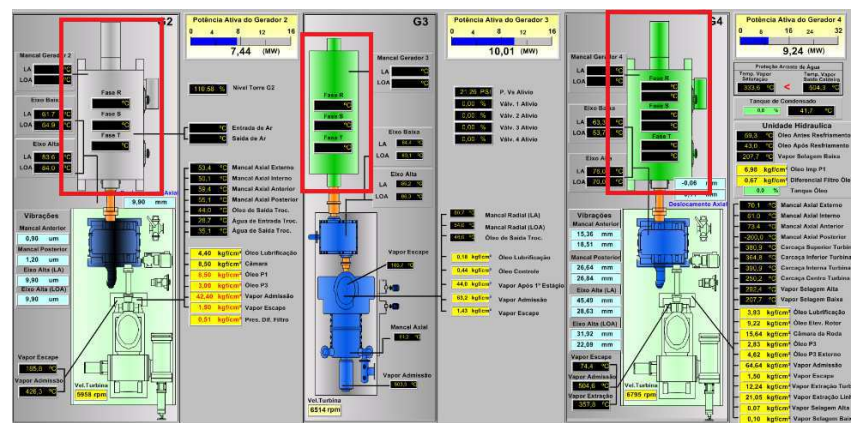


FIGURA 99: TELA PARA EXCITAÇÃO DOS GERADORES

5. Sincronização do gerador com a barra. A sincronização é realizada através do supervisório como pode ser visto na figura 30.

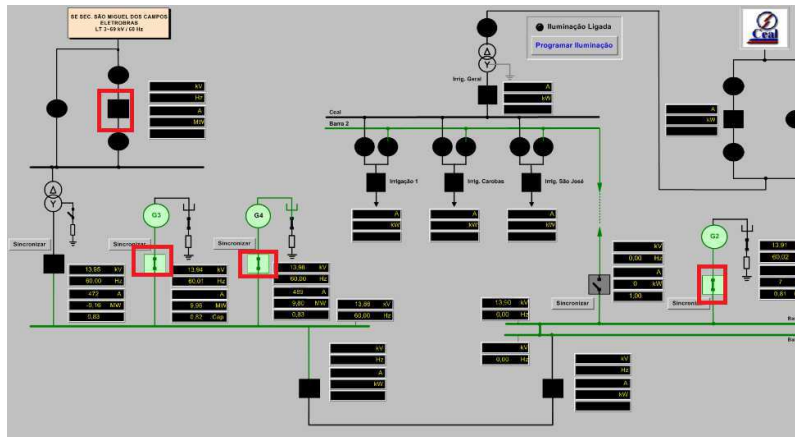


FIGURA 10: TELA PARA SINCRONIZAÇÃO

6. Adição de carga no gerador. A adição de carga é realizada através do supervisor como pode ser visto na figura 31

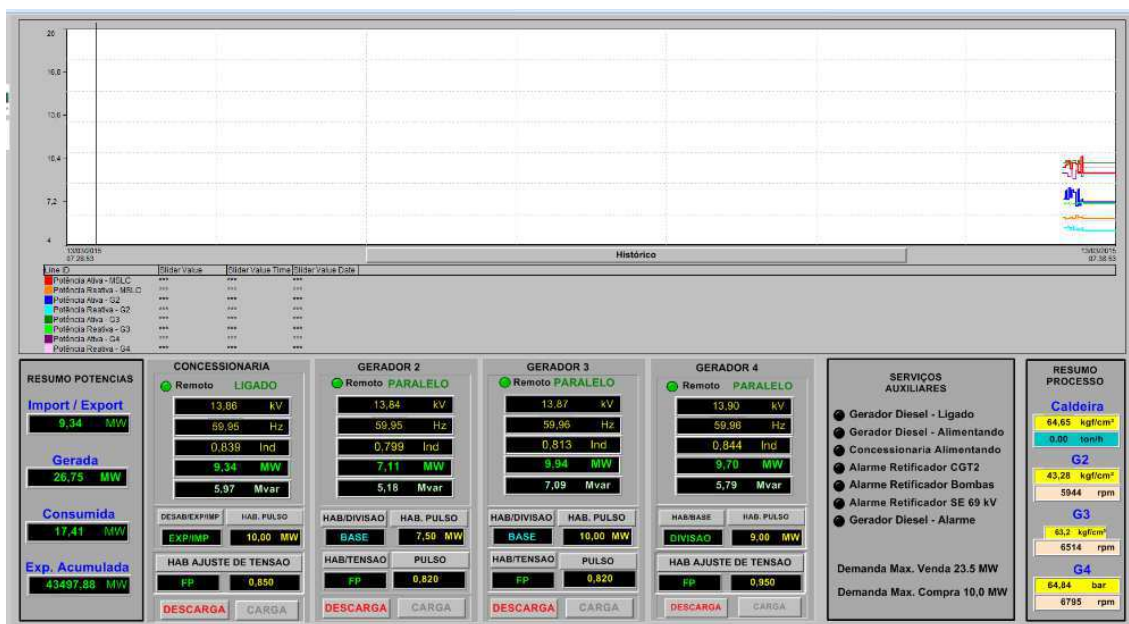


FIGURA 11: TELA PARA ADIÇÃO/REMOÇÃO DE CARGA

7. Fechamento dos drenos

4.4.5.2 OPERAÇÃO DO TURBOGERADOR 4

- 1) Abrir conjunto de válvulas na turbina e realizar a selagem através da IHM.

- 2) Abrir válvulas e injetores para realização do vácuo na turbina.
- 3) Após realização do vácuo será dada a opção de habilitar a válvula fecho rápido.
- 4) Habilitado a válvula fecho rápido inicia-se a rampa de aceleração que dura 5 minutos.
- 5) Excita gerador através do sistema supervisor
- 6) Sincroniza o gerador com a barra.
- 7) Adiciona-se carga.
- 8) Fechar válvulas de dreno.

4.5 PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA FABRICAÇÃO DE ÁLCOOL

A atividade consistiu no acompanhamento do projeto de ampliação da fábrica de álcool motivada pelo aumento da capacidade de moagem da planta e o aumento do teor de álcool no combustível. Foram realizadas contabilização das cargas, determinação dos transformadores, Quadros Gerais de Baixa Tensão (QBG), Centro de Controle de Motores(CCM).

A primeira etapa do projeto consistiu em realizar o contabilização da carga total da destilaria. Para isso foi utilizada uma planilha fornecida pelo engenheiro a qual pode ser vista na tabela 7.

TABELA 7: LEVANTAMENTO DAS CARGAS DE UM TRANSFORMADOR

od.	Des	P		Forn	Chav	Pot(cv) 1	Fat. Util.1	Pot. Efet.1
		Alimentador	Corrente					
	Ar adiabático							
	Ventilador torre GEA	16	8	Client	S	25	1	2
	Ventilador torre alpina 03	25	10	Client	S	60	1	6
	Alimentação do PLC	3	2	Client		75	1	7
	Turbina centrífuga 03	16	0	Client	S	20	1	2
	Split para instrumentação	3	2	Client		4	0.	0
	Ventilador da vedtor	16	0	Client	S	1	1.	1
	Máquina de soda	25	0	Client	S	5	0.	0
	APV pequeno 01	25	10	Client	S	7	1.	7
	Banco de capacitor	40	20	Client		1	1.	15
	Espaco dorna futura	40	0	Client	S	4	0.	0
	Turbina centrífuga 01	25	13	Client	INV	1	1.	10
	Bb nova d'agua 01	63	55	Client	S	4	1.	40
	APV 01	40	27	Client	S	2	1.	20
	APV 02	40	0	Client	INV	2	0.	0
	Bomba nova d'agua 02	63	55	Client	S	4	1.	40
	Bb de mel 01			WEG	Comp	25	0	0
	Bb de mel 02			WEG	Comp	25	1	2
	Bb de mel 03			WEG	Comp	30	0	0
	Bb de vinho levrado 02	63	17	WEG	Comp	100	1	10
	APV 05 (Dorna 7 e 8)	0	3	WEG	Comp	75	0	0
	Bb de vinho levrado 01			WEG	Comp	100	0	0
	Bb ciclohexano 02 (Tq de amostragem)			WEG	Diret	5	1.	5
	Bb alcool 01 col P			WEG	Diret	2	1.	2
	Bb alcool 02 col P			WEG	Diret	2	0.	0
	Mexedor PF 02			WEG	Diret	1	1.	1
	Bb alcool i.1.1 01			WEG	Diret	2	1.	2
	Bb de alcool i.1.1 02			WEG	Diret	2	0.	0
	Bb agua cond. Coluna A2 AP 02			WEG	Diret	5	0.	0
	Bb agua cond. Coluna A2 AP 01			WEG	Diret	5	1.	5
	Bb flegmassa 01 coluna B AP 02			WEG	Diret	7	1.	7
	Filtros turbina	40	10	WEG	Diret	0	1.	0
	Bb flegmassa 02 coluna B AP 02	0	0	WEG	Diret	7	1.	7

TABELA 8: CARACTERÍSTICAS DO TRANSFORMADOR A SER COMPRADO

Transformador à seco	
Potencia: 2500kVA	Norma: NBR 10295
Fases: 3	Frequência: 60Hz
Refrigeração: ANAN	Impedância: 6,49%
Tensão primário: 13800V	IP 21
Tensão secundário: 380 V	Elev. temp. Enrola: 105°C

É possível, através da planilha na Tabela 7, identificar os disjuntores alimentadores, potências, corrente e as chaves de partida dos motores.

4.5.2 DETERMINAÇÃO DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO GERAL EM BAIXA TENSÃO (QGBT)

Os QGBTs são painéis montados que acomodam equipamentos para Proteção, Seccionamento e Manobra de energia elétrica. Neste projeto existem dois painéis de distribuição principal conectados diretamente ao secundário dos transformadores, com o objetivo de alimentar várias cargas e alguns CCM. Os painéis contam com um disjuntor geral, o qual recebe os cabos para alimentação do conjunto (entrada), com um barramento geral e 27 circuitos de saída que irão alimentar cargas e CCM's.

A partir das cargas instaladas foi possível realizar a divisão das cargas nos dois transformadores levando em consideração os seguintes aspectos:

- Equilíbrio das cargas: As cargas foram divididas de modo que o fator de utilização dos transformadores fossem o mais próximo possível.
- Confiabilidade: As cargas foram segmentadas de modo a garantir a maior confiabilidade, dessa maneira, em casos de haver motores reservas estas ficaram em transformadores distintos.

Os QGBT's foram fabricados pela WEG obedecendo as especificações dos diagramas unifilar e os layout das Figura 34 e 35. Os disjuntores foram dimensionados de modo a suportar a corrente do motor em caso de única carga, ou a somatória da corrente dos motores, em caso de CCM.

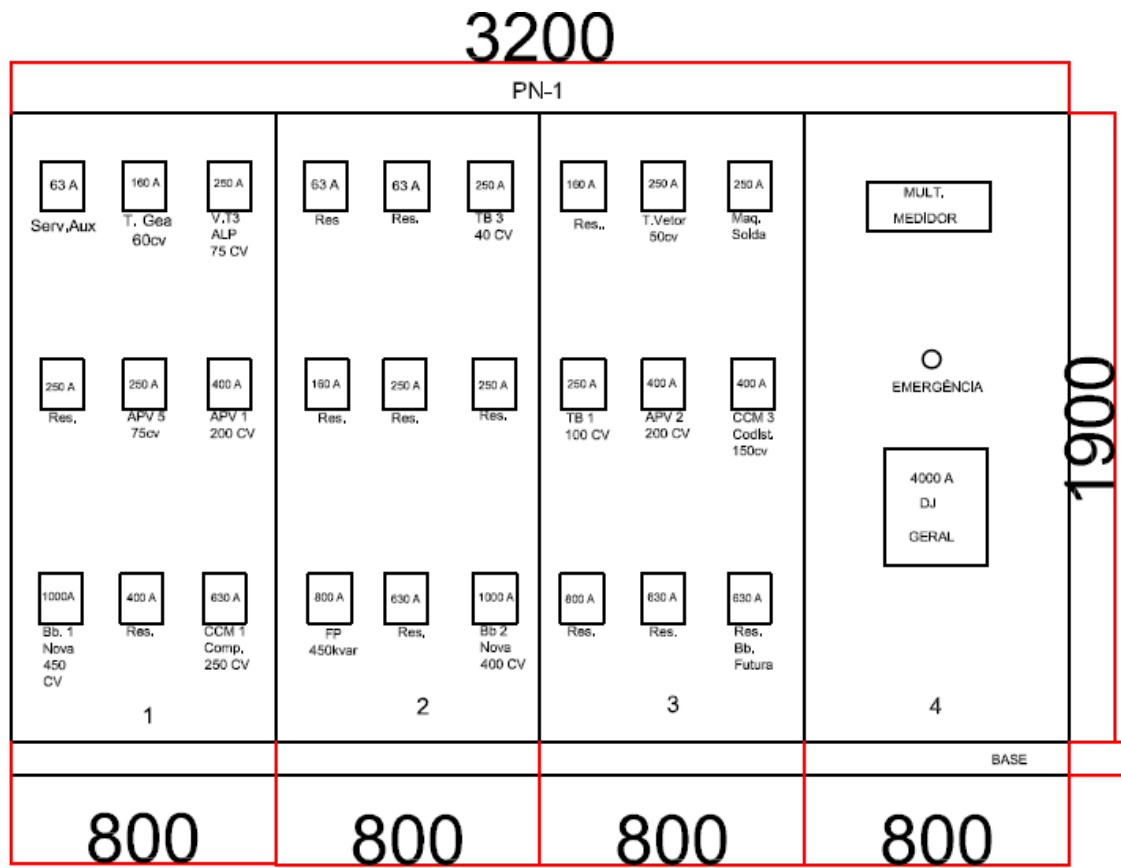


FIGURA 34: LAYOUT DE UM DOS QGBT'S

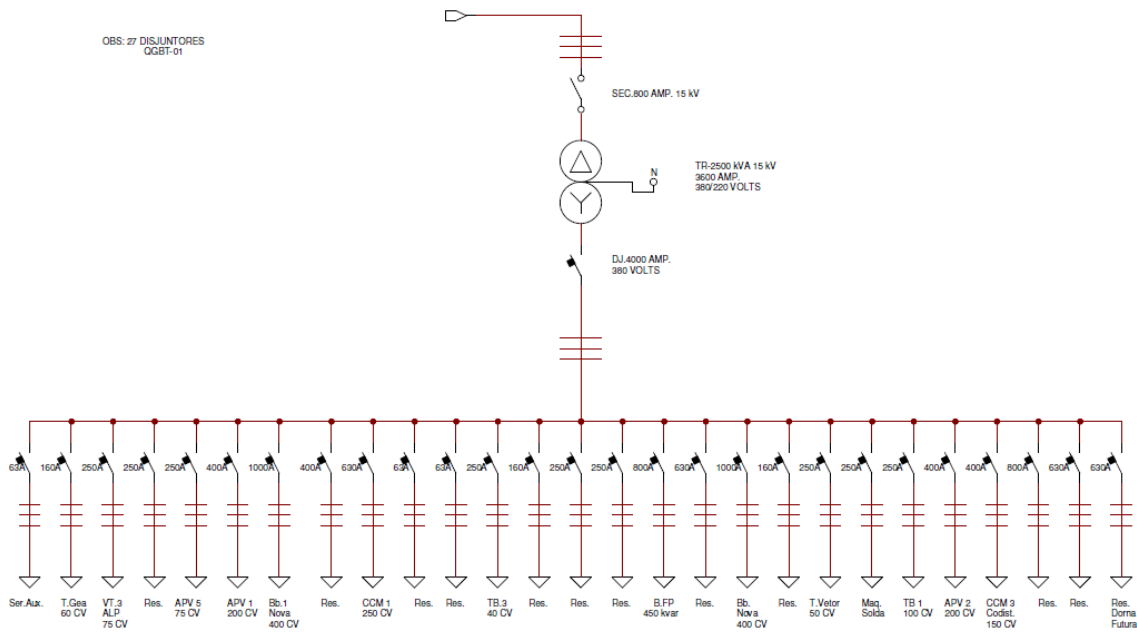


FIGURA 35: DIAGRAMA UNIFILAR DE UM DOS TRNASFORMADORES

4.5.3 CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES

Os CCM's são painéis montados que acomodam equipamentos para Proteção, Seccionamento e Manobra de Cargas. A utilização dos CCM's são destinadas a instalações industriais em que apresentam:

- Grande número de cargas que devam ser comandados;
- Deva ser assegurada máxima continuidade de operação;
- For necessário o acesso de pessoal não qualificado;
- For exigido alto nível de segurança para os operadores e pessoas de manutenção.

O projeto conta com 5 CCM's dos quais 3 já existem e serão relocados. Os outros dois novos serão adquiridos conforme cotação feita pela empresa. As características dos CCM's podem ser vistas abaixo

- CCM 1: O CCM 1 é um CCM compartimentado, ou seja, equipamentos de proteção, e manobra de cada carga estão montados em compartimentos separados dentro do painel, é do tipo fixo e conta com 6 chaves compensadoras.
- CCM 2 - O CCM 2 é um CCM compartimentado e fixo sendo o responsável por alimentar 27 motores de pequeno porte, onde a partida é direta.
- CCM 3 – O CCM 3, denominado CCM codistil, é um CCM compartimentado e fixo, sendo responsável por alimentar os motores das colunas da destilaria. Conta com motores de pequeno porte e a partida é direta.
- CCM 4 - Esse CCM será adquirido para 20 partidas direta, sendo um CCM inteligente responsável por alimentar os motores das nova coluna da destilaria. Alimentará motores de mesma capacidade que o CCM 3
- CCM 5 - Esse CCM é compartimentado e fixo responsável por alimentar 10 motores de 50cv que utilizaram inversores de frequência.

4.5.4 CHAVES DE PARTIDA

- Partida direta:

Nesse sistema o motor recebe nos seus terminais a plena tensão no instante da partida. O motor de rotor gaiola pode partir a plena carga e com a corrente elevando-se de 4 a 8 vezes a corrente nominal, conforme o tipo e número de polos. É o método de partida mais simples, em que não são empregados dispositivos especiais de acionamento do motor[5]. Apenas são utilizados contactores, disjuntores ou chaves interruptoras que possibilitem a alimentação do motor com plena tensão no instante da partida. No projeto são aplicados em pequenos motores, onde o problema do golpe de aríete é mínimo.

- Partida compensadora:

A chave compensadora é composta, basicamente, de um autotransformador com derivações em 65% e 80%, destinadas a regular o processo de partida. Este autotransformador é ligado ao circuito do estator. O ponto estrela do autotransformador fica acessível e, durante a partida, é curto-circuitado e esta ligação se desfaz logo que o motor é conectado diretamente à rede. Esse método está deixando de ser utilizado porém por se tratar de uma usina antiga ainda existem chaves como estas.

- Soft- Start

É um dispositivo eletrônico composto por SCR's (Retificador Controlado de Silício) na configuração antiparalelo acionadas por uma placa eletrônica, a fim de controlar a corrente de partida de motores de corrente alternada trifásicos. Seu uso é comum em bombas centrífugas, ventiladores, e motores de elevada potência cuja aplicação não exija a variação de velocidade. A soft-starter controla a tensão sobre o motor através do circuito de potência, constituído por seis SCRs, variando o ângulo de disparo dos mesmos e conseqüentemente variando a tensão eficaz aplicada ao motor [5]. Assim, pode-se controlar a corrente de partida do motor, proporcionando uma "partida suave", de forma a não provocar quedas de tensão elétrica bruscas na rede de alimentação, como ocorre em partidas diretas. É utilizado em motores de grande porte onde não necessita de controle de velocidade.

- Inversores de frequência

São dispositivos eletrônicos que convertem a tensão da rede alternada (CA), em tensão contínua (CC) de amplitude e frequência constantes, e finalmente converte esta última, numa tensão de amplitude e frequência variáveis (CA). Estes equipamentos controlam totalmente a velocidade do motor de zero até a frequência máxima nominal ou superiores[5]. Os inversores de frequência têm uma vasta aplicação na indústria de máquinas e processos em geral com a capacidade inerente de variar a velocidade ou controlar o torque de motores elétricos trifásicos CA permitem aos projetistas, desenvolver máquinas que sem os mesmos, seriam praticamente impossíveis de serem fabricadas. No projeto serão utilizados para controle de bombas centrifugas.

4.5.5 LAYOUT DA SUBESTAÇÃO

O projeto da subestação (SE) foi de acordo com a norma regulamentar NR-10. De acordo com esta tem-se:

"O projeto de instalações elétricas deve considerar o espaço seguro, quanto ao dimensionamento e a localização de seus componentes e as influências externas, quando da operação e da realização de serviços de construção e manutenção".

Observando esta mesma norma, a Tabela 7 e a Figura 36 indicam as distancias mínima para as tensões de trabalho:

TABELA 9: DISTANCIAS MÍNIMAS

Tensão da instalação(kV)	Zona de risco - Zona controlada(m)	Zona controlada - Zona livre(m)
<1	0,2	0,7
>1 e <3	0,22	1,22
>3 e <6	0,25	1,25
>6 e <10	0,35	1,35
>10 e <15	0,38	1,38

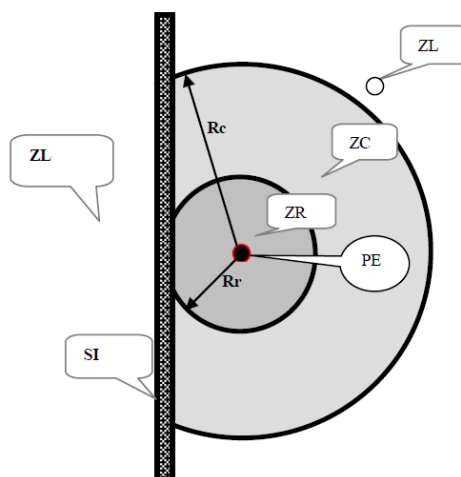


FIGURA 36: ESPECIFICAÇÕES DAS DISTANCIAS

FONTE: MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora nº 10 -Segurança em instalações e serviços em eletricidade

No que se refere a manutenção de instalações elétricas, podemos citar 2 fundamentos essenciais: Manter o local limpo e resfriado. Para mitigar isso será instalado na SE um sistema de ar adiabático que além de resfriar, também pressuriza o ambiente impedindo que partículas indesejáveis adentrem a mesma.

4.5.6 BANCO DE CAPACITOR

Determinados equipamentos como motores, transformadores necessitam para sua operação de certa quantidade de energia reativa. Essas fontes são supridas em geral por geradores e capacitores. A energia reativa compreende de duas parcelas:

- Energia reativa indutiva
- Energia reativa capacitiva

A energia reativa indutiva é responsável pela formação do campo magnético, não fornecendo potência útil. Por norma, a concessionaria estabelece que para produzir 1 MW de potência útil, a instalação pode consumir até 423kvar. Isso é estabelecido de maneira indireta a partir do fator de potência de 0,92.

Sabendo que o fator de potência dos motores em geral é 0,8 e que se a instalação obter fator de potência inferior a 0,92 estará sujeito a multa então uma maneira de mitigar essa situação é obter bancos de capacitores que forneçam energia reativa capacitiva.

Observando os dados do transformador a plena carga na tabela 8 temos:

$$S = 2500kVA$$

Sabendo que o fator de potência típico dos motores a plena carga é 0,8 então temos:

$$\text{acos}(0,8) = 40,96 \quad (5)$$

$$\theta = 40,96 \quad (6)$$

$$Q_{\text{max}} = S * \text{sen}\theta \quad (7)$$

$$Q_{\text{max}} = 1499,794 \text{ kvar} \quad (8)$$

$$P_{\text{max}} = 0,8 * 2500 = 2000 \text{ kW} \quad (9)$$

Para as condições exigidas pela concessionaria temos:

$$\text{acos}(0,92) = 25,637 \quad (10)$$

$$\theta = 25,637 \quad (11)$$

Observando (9) temos:

$$\text{tg}(\theta) = \frac{Q}{P_{\text{max}}} = \quad (12)$$

$$Q = 2000 * 0,4259 = 851 \text{ kvar} \quad (13)$$

Dessa maneira fazendo (8) – (13) temos

$$Q_{banco} = Q_{max} - Q = 647,8 \text{ kvar} \quad (14)$$

O banco adquirido foi um banco de 450 kvar porque o transformador não operará em condição de carregamento total. Além disso a indústria possui geração própria e dessa maneira o gerador compensa uma parcela dos reativos da instalação.

4.5.7 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS

A partir da planta baixa do projeto foi possível determinar a corrente dos condutores pelos métodos de condução de corrente e queda de tensão.

Inicialmente, pelo método de condução de corrente é possível obter as correntes nominais do motor, as quais podem ser notadas na equação 15. A partir das correntes, consultando a NBR 5410 e observando o método de referência (D) foi possível determinar as secções dos condutores.

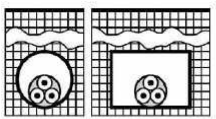
61		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
----	---	--	---

FIGURA 37: MÉTODO DE REFERENCIA

FONTE: ABNT. NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão - Apresentação. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Será considerado apenas um exemplo para dimensionamento. O motor escolhido foi o de abastecimento de água de 300cv.

- Potência = 300 cv

$$I = \frac{P(cv) * 736}{\sqrt{3} * V_{LL} * f.p} \quad (15)$$

$$I = \frac{300 * 736}{\sqrt{3} * 380 * 0,8} \quad (16)$$

$$I = 419,8 \text{ A} \quad (17)$$

Observando a NBR 5410 temos:

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1 020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1 014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767

FIGURA 38 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

FONTE: ABNT. NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão - Apresentação. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Devido à dificuldade mecânicas de trabalhar com cabos de grandes seções, optou-se por utilizar dois cabos de 185mm².

$$S = 2 \times 185 \text{ mm}^2$$

De acordo com a norma em análise, temos:

"Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%."

Dessa maneira, deve-se proceder para cálculo da queda de tensão onde temos:

$$V = k * I * L(km) \quad (18)$$

onde:

k : *Queda de tensão tabelada*, obtida na Tabela 10

I: corrente

L: comprimento

TABELA 10: QUEDA DE TENSÃO TABELADA

Seção nominal do condutor	Queda de tensão para $\cos\phi=0,8$	
	Condutor magnético	Condutor não magnético
1,5	23,3	23
2,5	14,3	14
4	8,96	9
6	6,03	5,87
10	3,63	3,54
16	2,32	2,27
25	1,51	1,5
35	1,12	1,12
50	0,85	0,86
70	0,62	0,84
95	0,48	0,5
120	0,4	0,42
150	0,35	0,37
185	0,3	0,32
240	0,26	0,29

Dessa maneira temos, da tabela 10 temos:

$$V = 0,3 * 209 * 0,15 \quad (19)$$

$$V = 9,441 \text{ V} \quad (20)$$

A queda de tensão é dada por:

$$\Delta V = \frac{V}{V_{base}} * 100 \quad (21)$$

Assim, observando a equação 21 e o dado obtido em 20 temos:

$$\Delta V = \frac{9,441}{380} * 100 \quad (22)$$

$$\Delta V = 2,48\% \quad (23)$$

Essa rotina foi implementada para todos os circuitos e então obtida as seções dos condutores. Já o comprimento dos cabos foram estimados observando as menores distancias entre as chaves de partida e o motor. Na imagem 39, plotou-se os leitos na planta baixa do projeto e observou-se tais distancias para os motores.

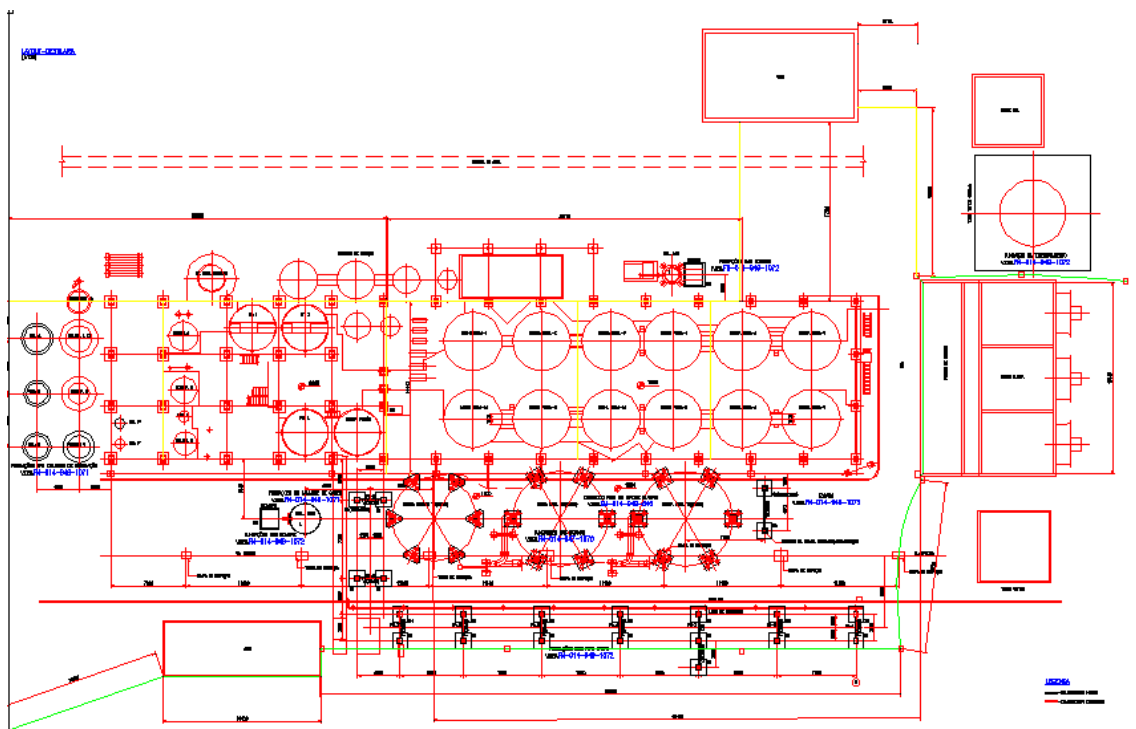


FIGURA 39: LAYOUT FÁBRICA DE ALCOOL COM LEITOS

Os cabos utilizados em inversores de frequência serão todos multipolares concêntricos a fim de minimizar os ruídos eletromagnéticos. Para os demais tipos de partida serão utilizados cabos unipolares justapostos, classe de 1kV, temperatura de 90°.

Acessórios da instalação, como terminais de compressão, parafusos, braçadeiras, unidade seladora, tubo flexível, eletroduto a prova de explosão, tubo flexível entre outros foram determinados a partir da experiência do supervisor.

5 CONCLUSÃO

As atividades realizadas durante este estágio foram de grande relevância para o crescimento profissional do estagiário permitiu vivenciar um estágio em uma empresa onde todas as áreas da engenharia elétrica encontram-se em constante atuação. Observar de perto a manutenção de equipamentos importantes, como transformadores, turbogeneradores 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 Engenheiro Eletricista.

As disciplinas do curso de engenharia elétrica tiveram um papel fundamental para o entendimento das atividades realizadas durante o estágio. Instalações elétricas foi sem dúvida a disciplina mais importante onde foi possível contato prático com acionamentos de motores, circuitos de comando, etc. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS foi de suma importância pois forneceu uma base sólida para o entendimento de equipamentos que se encontram nas subestações de 69kV. A disciplina de MÁQUINAS ELÉTRICAS foi fundamental para o entendimento dos geradores síncronos e motores assíncronos. Além destas, grande importância pode ser dada a CONTROLE ANALÓGICO, que serviram para compreender as malhas de controle existentes na fábrica, REDES DE COMPUTADORES, GERENCIAMENTO DE ENERGIA, CONVERSÃO ELETROMECÂNICA e GERAÇÃO ELÉTRICA. A Usina Caeté – Matriz motivou o estagiário para o trabalho em equipe, possibilitando adquirir ganhos imensuráveis no campo pessoal e profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] VERRI, A. L.; Manutenção de instalações elétricas: Como evitar manutenção corretiva. Disponível em: <<http://www.powerscan.com.br/por-que-realizar-anutencao-preventiva-e-preditiva/>>. Acesso em: 25.04.2015.
- [2] ALMEIDA T. M; Manutenção preditiva: Confiabilidade e qualidade. Disponível em : <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>> Acesso em: 04.05.2015
- [3] FERNANDES, C.; Manutenção corretiva: Manutenção e lubrificação de equipamentos. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_6.pdf>. Acesso em: 30.04.2015
- [4] WEG. Motor de indução trifasico. Acesso em 25/04/2015. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-sistema-motorizado-de-levantamento-das-escovas-602-catalogo-portugues-br.pdf>>
- [5] SOUZA,S. N.; Apostila de acionamentos elétricos. Acessado em : 01/05/2015 . Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/andydurdem/acionamentos-eletricos-2008-neemias-33856901>>
- [6]WOODWARD. Installation and operation manual: Master Synchronizer and load control. Disponível em <http://www.dsf-technologies.com/upload/proddocspdf/proddocspdf_2_788.pdf?PHPSESSID=5fe66a9e6af605ee5a80fd50ac5edee1> Acesso em: 02.05.2015
- [7]WOODWARD. Installation and operation manual: Digital Synchronizer and load control. Disponível em <http://www.govconsys.com/pdf/Woodward%20Product%20Specifications/DSLCDigital%20Synchronizer_Load%20Control.pdf> Acesso em: 02.05.2015
- [8]FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., C.; UMANS, S. D. Máquinas Elétricas: Com Introdução à Eletrônica de Potência. 6. ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.
- [9]MAMEDE FILHO, J.; Instalações elétricas industriais, LTC, 6º Edição, Rio de Janeiro 2012.
- [10]ABNT. NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão - Apresentação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2004. p. 90.
- [11]MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora nº 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade, 2004. Acessada em 30.04.2015
- [12]WOODWARD. Conversor de corrente para pressão.CPC-II, 2015. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/260275114/CPC-II-pdf>>. Acesso em: 2.5.2015.

