



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

**ANDERSON CÂMARA DE ABREU**

**JAPUNGU AGROINDUSTRIAL S/A**

**CAMPINA GRANDE, PARAÍBA**

**MAIO DE 2013**

**ANDERSON CÂMARA DE ABREU**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
JAPUNGU AGROINDUSTRIAL S/A**

Relatório de Estágio Supervisionado  
submetido à Unidade Acadêmica de  
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de  
Campina Grande como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.

Orientador: Professor Leimar de Oliveira.

**CAMPINA GRANDE, PARAÍBA**

**MAIO DE 2013**

**ANDERSON CÂMARA DE ABREU**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**  
**JAPUNGU AGROINDUSTRIAL S/A**

Relatório de Estágio Supervisionado  
submetido à Unidade Acadêmica de  
Engenharia Elétrica da Universidade Federal  
de Campina Grande como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.

Aprovado em     /     /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

# Dedicatória

Dedico este trabalho a todos que fizeram parte desta jornada, principalmente aos meus brothers que tanto me ajudaram nas horas mais difíceis, aos meus parentes, e aos meus queridos professores que tantos conselhos deram.

# Agradecimentos

Obrigado!

## Conteúdo

1. Objetivo.....	1
2. A Empresa.....	2
3. A Co-geração.....	3
3.1 Co-geração no setor sucroalcooleiro.....	4
3.2 A co-geração com turbinas a vapor .....	4
4. Atividades realizadas durante o estágio .....	10
4.1 Levantamento técnico dos geradores da usina Japungu .....	10
4.2 Levantamento dos equipamentos elétricos envolvidos nos processos industriais da Japungu .....	12
4.3 Análise qualitativa da co-geração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar na Japungu .....	19
4.4 Estudo do mercado de energia nos ambientes de contratações livre e regulado .....	21
4.4.1 Ambiente de Contratação Regulado.....	21
4.4.2 Ambiente de Contratação Livre .....	21
4.5 Estudo da viabilidade econômica do uso do etanol como combustível para grupos geradores .....	23
4.5.1 A Vale Soluções em Energia.....	24
4.5.2 O Grupo moto-gerador da VSE.....	24
4.5.3 Preços da energia praticados pela Energisa-PB .....	26
5. Atividades extra plano de curso .....	32
6. Ocorrência .....	38
7. Normas Regulamentares do Ministério do Trabalho .....	38
8. Conclusão .....	39
9. Referências Bibliográficas .....	40
10. Anexo A .....	41

## Lista de Figuras

Figura 2.1 – Vista aérea do parque industrial da Japungu.....	2
Figura 3.1 - Diagrama de um sistema de co-geração com turbinas a vapor de contrapressão...5	5
Figura 3.2 - Diagram P-V do ciclo Rankine.....	6
Figura 3.3 - Diagrama de um sistema de co-geração com turbina a vapor de contrapressão combinada com uma de condensação.....	6
Figura 3.4 - Diagrama de um sistema de co-geração com turbinas a vapor de extração-condensação.....	7
Figura 3.5 - Diagrama esquemático das turbinas da Japungu .....	8
Figura 3.6 - Ciclo topping, à esquerda, e ciclo bottoming, à direita.....	9
Figura 3.7 - Ciclo combinado entre Rankine e Brayton.....	9
Figura 4.1 - Gerador principal acoplado à turbina tipo condensação.....	11
Figura 4.2 - Gerador auxiliar acoplado à turbina tipo contrapressão. ....	12
Figura 4.3 - Colunas de alimentação de bagaço da caldeira.....	13
Figura 4.4 - Interior da sala de comandos. ....	14
Figura 4.5 - Interior da casa de força 1.....	14
Figura 4.6 - Grupo moto-gerador de emergência. ....	15
Figura 4.7 - Interior do pátio da subestação 69 kV. ....	15
Figura 4.8 - Conjunto de válvulas eletro pneumática.....	16
Figura 4.9 - Interior do conversor.....	16
Figura 4.10 - Um dos motores da moenda.....	17
Figura 4.11 - Disjuntor novo sendo instalado.....	17
Figura 4.12 - Chave de partida direta .....	18
Figura 4.13 - Pátio com os transformadores elevadores.....	18
Figura 4.14 - Diagrama esquemático do supervisório da caldeira .....	19
Figura 4.15 - Fluxograma de Vapor e condensação do supervisório .....	290
Figura 4.16 - Diagrama unifilar do fluxo de energia.....	290
Figura 4.17 - Mercado spot, (a) consumo maior que energia contratada, (b) consumo menor .....	293
Figura 4.18 - Salão do automóvel em 2010 utilizou geradores a etanol .....	294
Figura 4.19 - Evolução dos preços para diferentes fatores de potência .....	298
Figura 4.20 - Evolução dos preços para diferentes fatores de potência. ....	29
Figura 4.21 - Evolução dos preços para diferentes fatores de potência. ....	29
Figura 5.1 - Rotor sendo retirado para manutenção. ....	32
Figura 5.2 - Técnicos limpando o rotor do gerador principal.....	32
Figura 5.3 - Manutenção da rede de distribuição .....	33
Figura 5.4 - Painel com controlador de temperatura TLK48 .....	33
Figura 5.5 - Interface do CLIC para computador .....	34
Figura 5.6 - CLIC montado no painel.....	34
Figura 5.7 - Bancos de resistores.....	35
Figura 5.8 - Circuito equivalente do motor .....	35
Figura 5.9 - Variação de resistência e conjugado no motor .....	35
Figura 6.1 - Descarga de vapor pela chaminé .....	36
Figura 7.1 - Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre .....	337
Figura 7.2 - Cabos elétricos acumulados em um ambiente confinado .....	338
Figura 7.3 - Conflito com a NR - 10.....	338

## Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Dados técnicos do gerador principal.....	10
Tabela 4.2 – Dados técnicos do gerador auxiliar.....	11
Tabela 4.3 – Cubículos da sala de controle. ....	13
Tabela 4.4 – Eficiências dos GMG a etanol e a diesel. ....	25
Tabela 4.5 – Valores da Tarifa Convencional praticados pela Energisa-Pb. ....	27
Tabela 4.6 – Valores da Tarifa Azul em horário de ponta praticados pela Energisa-Pb.....	28
Tabela 4.7 – Valores da Tarifa Verde em horário de ponta praticados pela Energisa-Pb.....	30



## Resumo

Este relatório é referente ao estágio supervisionado realizado entre os dias 26 de fevereiro de 2013 e 25 de abril de 2013 na empresa Japungu Agroindustrial S/A, situada na cidade de Santa Rita no estado da Paraíba. Durante o período de estágio, que aconteceu no setor de Geração de Energia Elétrica, o estagiário esteve envolvido principalmente com o projeto de co-geração de energia elétrica a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar, que é um resíduo da produção do etanol combustível. Com iniciativa própria, o estagiário esteve envolvido no projeto de estudo da viabilidade econômica para comercialização da energia elétrica proveniente de grupos geradores que utilizam etanol como combustível. Além de que fora feito um estudo sobre a estrutura do mercado de energia elétrica, visando atuar neste setor num futuro próximo.

**Palavras-chave:** Co-geração, Bagaço, Mercado, Energia, Etanol, Gerador.

# 1. Objetivo

O estágio integrado da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) para com o curso de Engenharia Elétrica possui *status* de disciplina curricular obrigatória. E o seu objetivo é aproximar o aluno das atividades cotidianas de um ambiente de trabalho, oferecendo oportunidade de adquirir experiência fora do ambiente acadêmico.

Esse trabalho tem por objetivo apresentar as atividades desempenhadas pelo estagiário Anderson Câmara de Abreu durante o estágio realizado na empresa Japungu Agroindustrial S/A localizada no município de Santa Rita, Paraíba, nos setores de Geração de Energia Elétrica e de Manutenção dos Equipamentos, entre os dias 26 de Fevereiro de 2013 e 24 de Abril de 2013.

## 2. A empresa

A Japungu Agroindustrial S/A está sediada no município de Santa Rita, Paraíba. A empresa foi fundada em 1980 e atualmente se concentra no ramo de produção do etanol e bioeletricidade. Ela fornece combustível para as principais distribuidoras do Nordeste, além de vender parte do excedente do bagaço da cana-de-açúcar para avicultores da região. Ela está cadastrada e autorizada pela ANEEL a estabelecer-se como produtor independente de energia elétrica, sendo sua capacidade instalada de pouco mais que 16 MW de potência.

Recentemente a empresa recebeu o reconhecimento do governo federal por suas boas práticas empresariais e trabalhistas, o selo “Empresa Compromissada”.



Figura 2.1 - Vista aérea do parque industrial da Japungu.

### 3. A co-geração

Com a invenção dos geradores elétricos por Michel Faraday e o conhecimento da tecnologia do emprego do vapor para locomover o transporte ferroviário, seria natural que o vapor fosse empregado para movimentar os geradores elétricos. Foi o que aconteceu no decênio de 1870 na estação de trem Gare du Nord quando os geradores movidos a vapor foram utilizados para alimentar as lâmpadas de arco com a finalidade de iluminar o ambiente da estação.

Com o passar dos anos a tecnologia das turbinas a vapor foi evoluindo e o processo foi tornado mais eficiente até que fora percebido que uma parcela da energia estava sendo desperdiçada para o ambiente. Foi então que surgiu o conceito de co-geração de energia, o qual consiste em aproveitar essa parcela de energia em algum processo industrial, ou seja, é conversão de duas ou mais utilidades a partir de uma fonte primária de energia, seja na forma de calor, na forma mecânica ou elétrica.

É importante destacar que bem antes da criação do conceito de co-geração o homem já fazia emprego de tal. Por exemplo, durante o período paleolítico as espécies pré-humanas contemporâneas à descoberta do fogo faziam uso do mesmo tanto para cozinhar seus alimentos quanto para manter o seu ambiente aquecido, as cavernas. Portanto, apenas o conceito de co-geração é moderno.

Pode-se afirmar que o principal fator para a propagação da co-geração pelo mundo foi a crise do petróleo durante o decênio de 1970. Alguns países se viram obrigados a gerir as suas fontes energéticas de forma mais racional.

No Brasil, antes da crise energética no começo do decênio 2000, a grande oferta de energia pelas hidrelétricas ofuscou o desenvolvimento da co-geração. Com a necessidade de gerar cada vez mais para atender o consumo e garantir a oferta de energia, a política energética se viu obrigada a dar maior atenção à co-geração na medida em que as termelétricas foram sendo construídas. Antes desta política, as atividades de co-geração eram realizadas de forma isoladas por empresas particulares.

A atividade de co-geração de energia contribui para a racionalidade energética, possibilitando melhor aproveitamento e menor consumo de fontes de energia primária,

quando comparada à geração individual de calor e energia elétrica. A eficiência do processo pode chegar a 90%.

O aproveitamento se dar sob a forma de vapor ou água quente para um processo industrial secundário, este processo secundário não precisa estar relacionado diretamente com o processo principal.

### **3.1 Co-geração no setor sucroalcooleiro**

No setor sucroalcooleiro, a co-geração é a produção combinada de energia elétrica e/ou mecânica e térmica a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar, um resíduo do processo de produção do etanol. Sendo que há uma tendência de modernização do parque industrial do setor sucroalcooleiro de substituir a produção combinada de energia mecânica e térmica em favor da energia elétrica combinada com a energia térmica, é o caso da Japungu Agroindustrial S/A. Este modelo de co-geração apresenta a vantagem de poder comercializar a energia que não é consumida na unidade de produção, constituindo uma fonte de receita para o usineiro, além do mais o sistema elétrico é muito mais eficiente do que o sistema mecânico de co-geração.

Cabe ressaltar que mesmo no sistema elétrico de co-geração há produção de energia mecânica, sendo que esta não é a finalidade do sistema. Esta energia mecânica proporcionada pelo vapor, ao rotacionar a turbina, é convertida em energia elétrica pelo gerador elétrico.

### **3.2 A co-geração com turbinas a vapor**

Existem três configurações empregadas nas turbinas a vapor que acionam o gerador elétrico, a turbina a vapor de contrapressão, a turbina a vapor de condensação com extração e a turbina a vapor de extração-condensação. Ambas as turbinas utilizam o ciclo termodinâmico de Rankine.

Este ciclo consiste em aquecer água numa caldeira elevando sua temperatura até evaporar, em seguida o vapor é canalizado até uma turbina onde as pás transformam a energia térmica em energia cinética causando uma perda de pressão do vapor ou mesmo causando a mudança de estado do fluido de trabalho para a forma líquida. Após passagem pela turbina o fluido de trabalho é canalizado para um condensador onde é transformado para o estado

líquido. Após a liquefação no condensador o fluido de trabalho é bombeado de volta para a caldeira, esse bombeamento aumenta a pressão do fluido.

A Figura 3.1 mostra um diagrama esquemático de um sistema de co-geração que utiliza a turbina a vapor de contrapressão. Esta configuração é a mais simples e mais econômica financeiramente. Neste caso, o vapor que sai da turbina é utilizado em algum processo industrial fazendo valer o conceito de co-geração.

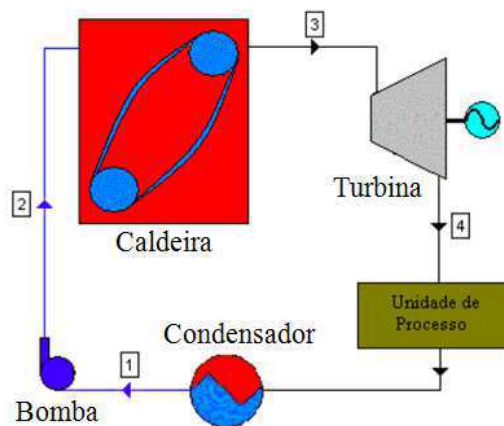


Figura 3.1 - Diagrama de um sistema de co-geração com turbina a vapor de contrapressão.  
Fonte: [http://dc438.4shared.com/doc/tOltZJIU/preview\\_html\\_m29fdede8.png](http://dc438.4shared.com/doc/tOltZJIU/preview_html_m29fdede8.png).

Analisando a Figura 3.1, temos que:

- Na transformação 1-2, o fluido de trabalho é bombeado do condensador para dentro da caldeira, elevando a pressão do mesmo e sem que haja perdas de calor;
- Na transformação 2-3, o fluido de trabalho recebe calor, causando a mudança de estado do mesmo, aumentando o volume, sem que haja aumento de pressão;
- Na transformação 3-4, o fluido de trabalho sofre uma expansão adiabática e perde pressão ao ter sua energia térmica convertida em energia cinética;
- Na transformação 4-1, o fluido perde calor a pressão constante no condensador e é bombeado para dentro da caldeira completando um ciclo, Figura 3.2. Caso a co-geração esteja presente, o vapor é utilizado para algum processo industrial antes de ser canalizado para o condensador;

No diagrama P-V do ciclo de Rankine (Figura 3.2) é possível ver o ciclo, onde do ponto 1 para o ponto 2 o fluido de trabalho sofre uma ligeira compressão (diminuição de volume) enquanto que a pressão é elevada até o ponto de trabalho da caldeira. Em seguida, do

ponto 2 ao 3, a caldeira fornece calor ao fluido fazendo mudar o seu estado físico. Do ponto 3 ao 4, ele sofre uma expansão adiabática. Do ponto 4 ao 1, o condensador retira calor do fluido ou até mesmo o processo industrial pode realizar esta função.

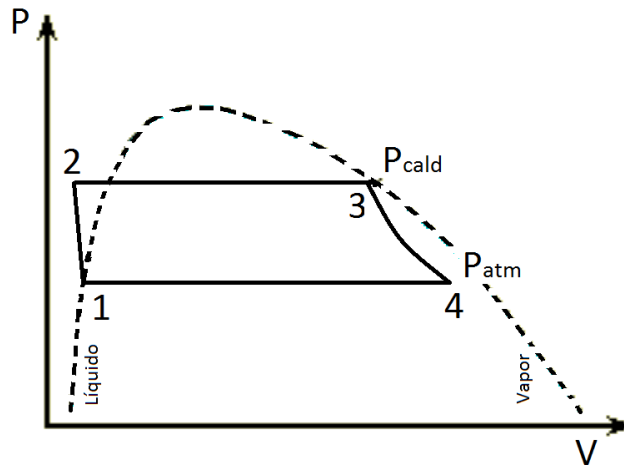


Figura 2.2 - Diagrama P-V do ciclo Rankine.

A Figura 3.3 mostra um diagrama esquemático de um sistema de co-geração que utiliza a turbina a vapor de contrapressão combinada com uma turbina de condensação. Esta configuração é utilizada pelas usinas que necessitam utilizar diferentes níveis de pressão aliada a produção de energia elétrica, é o caso da usina Japungu. Observar que a turbina de condensação pode influenciar no funcionamento da turbina de contrapressão que está acoplada ao gerador elétrico, uma vez que há uma divisão de fluxo de vapor entre as duas turbinas.

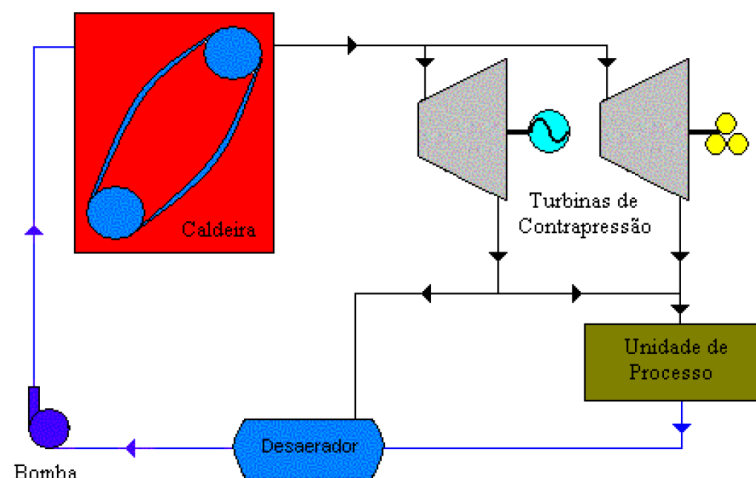


Figura 3.3 - Diagrama de um sistema de co-geração com turbina a vapor de contrapressão combinada com uma de condensação.

Fonte: [http://dc438.4shared.com/doc/tOltZJIU/preview\\_html\\_m33ca910b.png](http://dc438.4shared.com/doc/tOltZJIU/preview_html_m33ca910b.png)

Se o objetivo principal da usina é adequar o sistema de produção de vapor combinada com a geração de eletricidade destinada à venda às concessionárias de energia, a melhor configuração é a da turbina de extração-condensação, Figura 3.4. Isto porque para ser entregue a rede de distribuição da concessionária, é preciso atender uma série de normas técnicas visando obter certo nível de qualidade e não ocasionar uma perturbação do sistema elétrico.

Esta configuração permite um alto nível de desempenho tanto do ponto de vista térmico como do ponto de vista elétrico. Observar que não há o problema de uma turbina perturbar a entrada de vapor da outra e que a segunda turbina é a responsável por controlar o vapor que é demandado pelo processo.

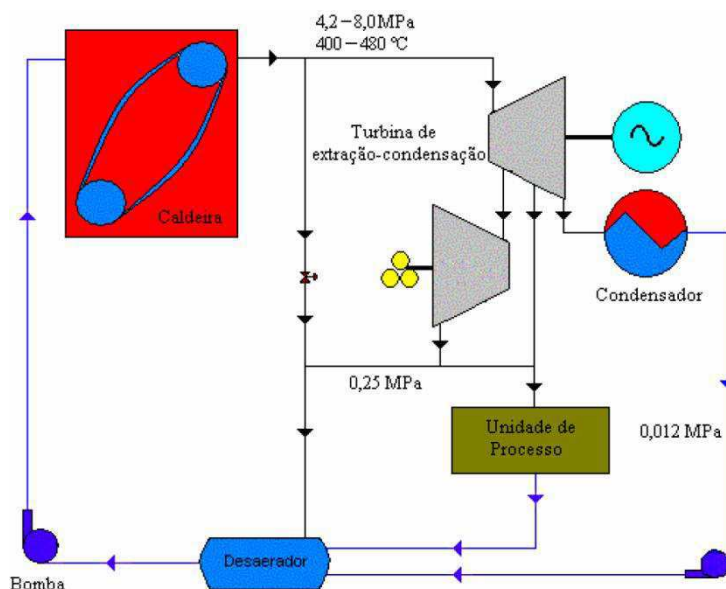


Figura 3.4 - Diagrama de um sistema de co-geração com turbinas a vapor de extração-condensação.

Fonte: [http://dc438.4shared.com/doc/tOltZJIU/preview\\_html\\_m7888377a.png](http://dc438.4shared.com/doc/tOltZJIU/preview_html_m7888377a.png)

Na usina Japungu se encontram em uso uma turbina de contrapressão e outra de condensação. A turbina de condensação é utilizada para fornecer força para o gerador principal, ela opera com uma pressão de entrada de 42 kgf/cm<sup>2</sup> e pressão de saída de 0,08 kgf/cm<sup>2</sup>, temperatura de admissão de 450 °C e saída de 42 °C e 3600 rotações por minuto. Enquanto que o gerador menor é acionado por uma turbina tipo contrapressão que trabalha com uma pressão de entrada de 30 kgf/cm<sup>2</sup> e 1,5 kgf/cm<sup>2</sup> de saída, temperatura de admissão de 350 °C e de saída de 138 °C, a rotação é de 3500 rpm.



A temperatura de 138 °C que sai da turbina menor é suficiente para promover a destilação do etanol, a esta temperatura e com uma pressão de 1,5 kgf/cm<sup>2</sup> o fluido de trabalho, a água, ainda se encontra em estado de vapor.

Uma observação importante aqui é o eixo da turbina menor, que opera em 3500 rpm, está acoplado a uma caixa de redução que reduz a rotação para 1800 rpm, que é a rotação de trabalho do gerador auxiliar.

A Figura 3.5 mostra o diagrama esquemático das duas turbinas na usina Japungu. Observar que diferente do diagrama da Figura 3.3, esta configuração não permite que a turbina principal (de condensação) forneça vapor para o processo. Nela é possível ver as informações anteriormente citadas.

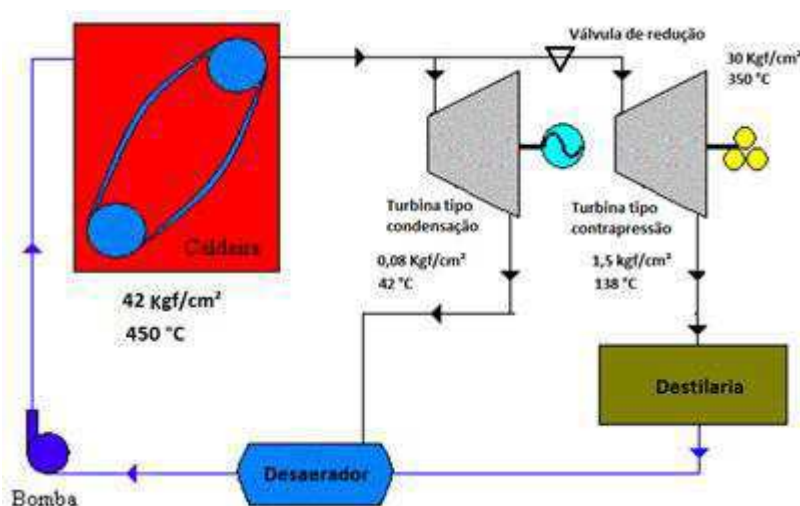


Figura 3.5 - Diagrama esquemático das turbinas da Japungu.  
Fonte: Adaptação própria.

Como a segunda turbina auxiliar não estava sendo utilizada, a primeira se encontrava em seu limite máximo de operação. Isto porque há a demanda por vapor pelo processo de destilação do etanol.

Há duas outras formas de classificação dos sistemas de co-geração, topping e bottoming. Na primeira, a geração de energia elétrica tem prioridade e, portanto, o vapor alimenta primeiramente a turbina para então ser utilizado no processo de produção. Na segunda, o processo demanda maior temperatura, logo o processo atende o processo para então ser utilizado pela turbina que está acoplada ao gerador elétrico. A Figura 3.6 ilustra a diferença entre topping e bottoming.

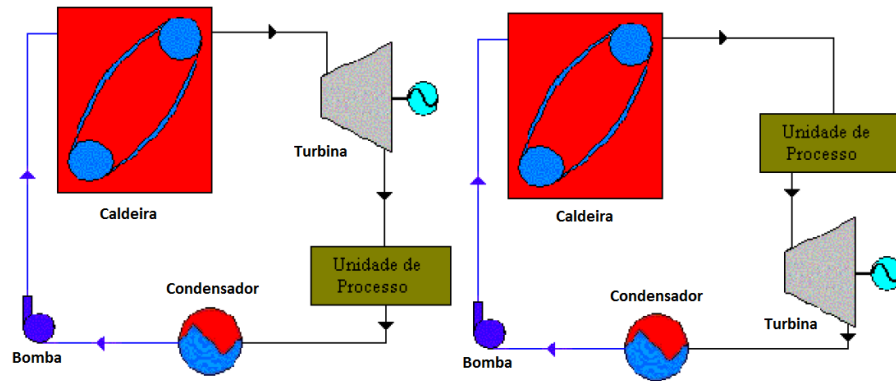


Figura 3.5 - Ciclo topping, à esquerda, e ciclo bottoming, à direita.  
 Fonte: [http://dc438.4shared.com/doc/tOltZJIU/preview\\_html\\_m29fdede8.png](http://dc438.4shared.com/doc/tOltZJIU/preview_html_m29fdede8.png).

A co-geração nas usinas de cana-de-açúcar trás as seguintes vantagens:

- Vantagem estratégica: geração descentralizada, muitas vezes perto dos grandes centros de consumo, como é o caso da Japungu que está localizada próximo à grande João Pessoa. Em algumas regiões do país, a safra da cana ocorre no período seco, podendo vir a complementar a geração hidrelétrica;
- Vantagem econômica: uso de combustível nacional, sem haver necessidade de importá-lo;
- Vantagem social: utilização de mão de obra na zona rural;
- Vantagem ambiental: combustível limpo e renovável;

Há ainda a possibilidade de combinar dois ciclos termodinâmicos, Rankine e Brayton, para assim aumentar a eficiência da conversão de energia. A Figura 3.7 mostra o ciclo combinado entre uma turbina a gás e uma caldeira. Nele o calor da queima dos gases é aproveitado na caldeira para gerar o vapor.

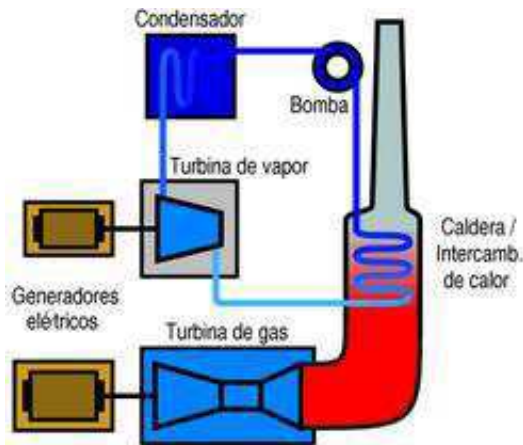


Figura 3.6 - Ciclo combinado entre Rankine e Brayton.  
 Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5d/COGAS-diagram-es.png>

## 4. Atividades realizadas durante o estágio

Durante o estágio foram desenvolvidas várias atividades relacionadas à manutenção dos equipamentos, bem como o acompanhamento do sistema de co-geração de energia assistido pelo sistema supervisorio. Acrescentou-se a estas atividades um levantamento teórico da viabilidade de geração de energia através de geradores elétricos alimentados por etanol, para tanto foi feita uma pesquisa sobre o mercado de energia.

### 4.1 Levantamento técnico dos geradores da usina Japungu

Na usina se encontram, até o momento deste relatório, três geradores. Sendo dois de pequeno porte e outro de médio porte, o principal gerador da usina. Um dos geradores pequeno apresentou problema durante o período de estágio e o mesmo se encontrava em processo de manutenção, e como ela foi feita por uma empresa terceirizada não foi possível acompanhar o processo.

A Tabela 4.1 mostra os dados técnicos retirados diretamente da placa do gerador principal, este gerador foi produzido pela companhia Brown, Boveri & Cie.

Tabela 4.1 – Dados técnicos do gerador principal.

Marca	Brown Boveri
Tipo	WT 532g
Nº	B 57928
Fases	Trifásico (3)
Capacidade	15 MVA
Tensão nomina	6,6 kV
Corrente nominal	1315 A
Fator de potência	0,8 indutivo
Frequência de operação	60 Hz
Rotação	3600 rpm
Tensão de excitação	150 V
Corrente de excitação	285 A

Este gerador está acoplado a uma turbina a vapor, cujo vapor é direcionado a ela por uma tubulação que vem da caldeira distante o suficiente para garantir alguma segurança caso aconteça algum acidente. A Figura 4.1, na página seguinte, mostra o gerador principal da usina acoplado à turbina.

Todo o vapor seco que alimenta a turbina deste gerador é transformado em água ao sair dela e volta para a caldeira, onde é transformada em vapor seco novamente, completando um ciclo fechado.



Figura 4.1 - Gerador principal acoplado à turbina tipo condensação.

A Tabela 4.2 mostra os dados técnicos retirados diretamente da placa do gerador auxiliar, este gerador foi produzido pela companhia Toshiba.

Tabela 4.2 – Dados técnicos do gerador auxiliar.

Marca	Toshiba
Tipo	GDLT
Nº	B 57928
Fases	Trifásico (3)
Capacidade	2,5 MVA
Tensão nominal	4,16 kV
Corrente nominal	347 A
Fator de potência	0,8 indutivo
Frequência de operação	60 Hz
Rotação	1800 rpm
Tensão de excitação	50 V
Corrente de excitação	274,2 A

Este gerador está acoplado a uma turbina tipo extração, onde o vapor de saída é direcionado para o parque de etanol da usina para ser utilizado na destilação. A Figura 4.2 mostra o gerador auxiliar ao lado do espaço destinado ao outro gerador que se encontrava em manutenção.



Figura 4.2 - Gerador auxiliar acoplado à turbina tipo contrapressão.

## **4.2 Levantamento dos equipamentos elétricos envolvidos nos processos industriais da Japungu**

Nesta seção serão mostrados os equipamentos elétricos que fazem parte do processo de co-geração da usina Japungu. As outras partes da usina não serão abordadas por não serem da área de Engenharia Elétrica, sendo mais o foco da Engenharia Mecânica.

Na sala de controle estão alojados dezesseis cubículos segundo o esquema mostrado na Tabela 4.3. É desta sala que os dados de telemetria e comandos são enviados e recebidos, sendo que o único gerador que é diretamente controlado por software é o gerador principal, aqui denominado de G3.

Tabela 4.2 - Cubículos da sala de controle.

Cubículo		Descrição
PNC - CLP		Controle e sincronismo
PNPE - G3		Proteção e excitação do gerador G3
PNTU		Proteção e comando da turbina do gerador G3
PNC - CLP		Controle
CCMBT Coluna A1	CCMBT Coluna A2	Controle dos motores dos lados 1 e 2 da coluna responsáveis pela entrada do bagaço na coluna A.
CCMBT Coluna B1	CCMBT Coluna B2	Controle dos motores dos lados 1 e 2 da coluna responsáveis pela entrada do bagaço na coluna B.
CCMBT Coluna C1	CCMBT Coluna C2	Controle dos motores dos lados 1 e 2 da coluna responsáveis pela entrada do bagaço na coluna C.
CCMBT Coluna D1	CCMBT Coluna D2	Controle dos motores dos lados 1 e 2 da coluna responsáveis pela entrada do bagaço na coluna D.
CCMBT Coluna E1	CCMBT Coluna E2	Controle dos motores dos lados 1 e 2 da coluna responsáveis pela entrada do bagaço na coluna E.
CCMBT Coluna F1	CCMBT Coluna F2	Controle dos motores dos lados 1 e 2 da coluna responsáveis pela entrada do bagaço na coluna F.

A Figura 4.3 mostra as 4 colunas de alimentação da caldeira, as colunas E e F não estavam instaladas no momento.



Figura 4.3 - Colunas de alimentação de bagaço da caldeira.

A Figura 4.4 mostra o interior da sala de comandos, nela é possível ver os cubículos onde se encontram os CLP's bem como os inversores de frequência que controlam os motores que atuam na caldeira, inclusive os das colunas de alimentação. Devido à dissipação de calor pelos inversores de frequência esta sala é climatizada, sendo que a temperatura interior é menor do que a exterior.



Figura 4.4 - Interior da sala de comandos.

Na casa de força 1, onde a operação dos equipamentos é feita de forma manual, se encontram vários equipamentos responsáveis por manterem os geradores auxiliares em funcionamento. A Figura 4.5 mostra uma vista geral do interior desta casa.



Figura 4.5 - Interior da casa de força 1.

Nesta sala se encontram os equipamentos essenciais ao funcionamento da usina tais como o controle de paralelismo com a rede da Energisa-Pb, os disjuntores a óleo, transformadores redutores de tensão, sincronismo de fases, banco de baterias e um moto-gerador de emergência, Figura 4.6, este gerador tem uma capacidade de 300 kVA e só é utilizado em caso de total falta de energia, tanto da rede elétrica como dos geradores principal e auxiliares.



Figura 4.6 - Grupo moto-gerador de emergência.

Durante a realização do estágio a subestação 69 kV (4MW) se encontrava desenergizada em razão da não necessidade de fornecimento da rede externa. Pôde-se assim adentrar no interior do pátio, Figura 4.7, em que se encontrava o transformador de potência da usina.



Figura 4.7 - Interior do pátio da subestação 69 kV.



A Figura 4.8 mostra um conjunto de válvulas eletro pneumática utilizadas para controlar o fluxo de vapor da caldeira e das turbinas dos geradores. Estas válvulas se encontravam em manutenção.



Figura 4.8 - Conjunto de válvulas eletro pneumática.

A Figura 4.9 mostra o interior de um dos conversores utilizados para acionar um dos motores da moenda. A Figura 4.10 mostra o motor acionado pelo mesmo conversor.



Figura 4.9 - Interior do conversor.



Figura 4.10 - Um dos motores da moenda.

A Figura 4.11 mostra um dos disjuntores da casa de força 2. Este equipamento estava sendo instalado pela primeira vez. O motivo da troca foi o tempo de vida do antecessor, sendo que ele não fora descartado, ficando como reserva caso algum outro apresente defeito no futuro.



Figura 4.11 - Disjuntor novo sendo instalado.

A Figura 4.12 mostra uma chave de partida direta utilizada para acionar os motores de irrigação no campo. Ela está acoplada a uma carroça que possui em seu interior um

transformador de corrente e outro de potencial, este último reduz a tensão da rede de distribuição de 13,8 kV para a tensão de operação do motor, 380 V.



Figura 4.12 - Chave de partida direta.

Na Figura 4.13, o pátio dos transformadores destinados a elevar a tensão de 6,6 kV para 13,8 kV com a finalidade de alimentar o campo. Importante destacar que a Japungu não cobra pela energia consumida pelos seus empregados residentes na propriedade.



Figura 4.13 - Pátio com os transformadores elevadores.

### 4.3 Análise qualitativa da co-geração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar na Japungu

Durante a safra da cana-de-açúcar parte do bagaço resultante da moagem é destinado à queima para alimentar a caldeira e a maior parte do bagaço é estocado para ser utilizado durante o período por eles chamado de destilação, quando não há mais moagem, porém é necessário continuar a produção de energia para atender a destilaria bem como a irrigação do campo. Outra parte do bagaço é vendida para criadores de aves, indústrias de celulose ou mesmo para agricultores que desejem utilizá-lo como ração animal.

A Figura 4.14 mostra a tela do supervisor onde é controlada a queima do bagaço no interior da caldeira. Esta caldeira opera com 42 kgf/cm<sup>2</sup>, a uma temperatura de 450 °C e com geração de 65 toneladas de vapor por hora.

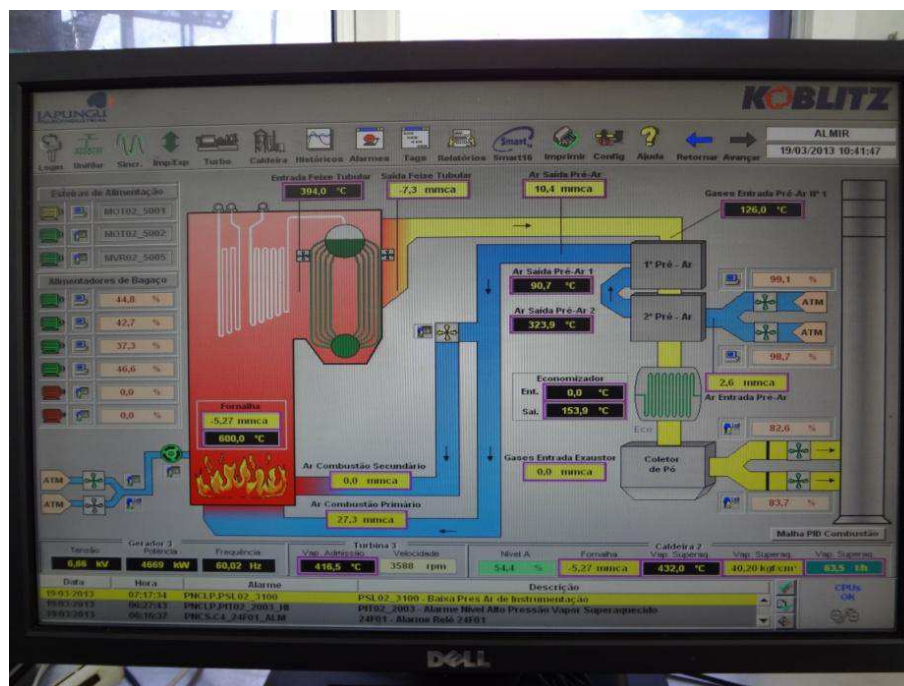


Figura 4.14 - Diagrama esquemático do supervisor da caldeira.

A Figura 4.15 mostra a tela do supervisor que controla a geração de vapor e o sistema de alimentação de água. Assim que sai da turbina de condensação o vapor se transforma em líquido que por sua vez é bombeado para as alpinas onde é refrigerado e sendo bombeado para o desaerador e em seguida para a caldeira completando um ciclo fechado.

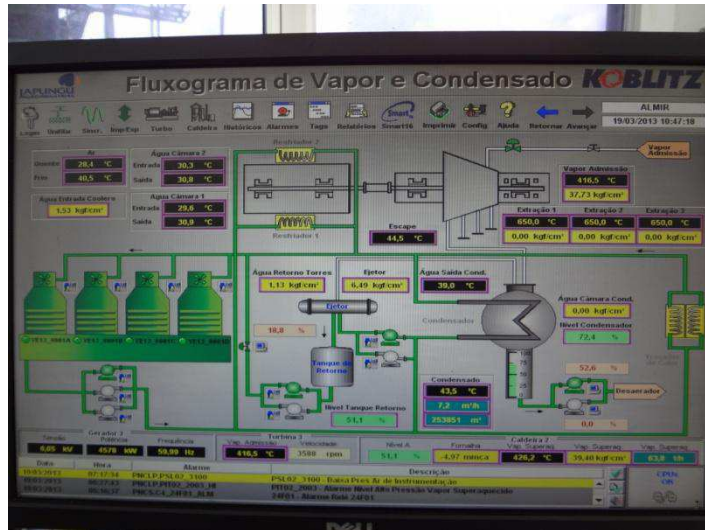


Figura 4.7 - Fluxograma de Vapor e condensação do supervisório.

A Figura 4.16 mostra o diagrama unifilar geral do fluxo da energia gerada pelo gerador principal. Uma parte da energia é utilizada para acionar os motores de irrigação que estão espalhados pelas fazendas da região. Uma parcela é utilizada para alimentar os equipamentos dos escritórios. E a outra parte é utilizada para alimentar os equipamentos envolvidos com os processos industriais da usina.

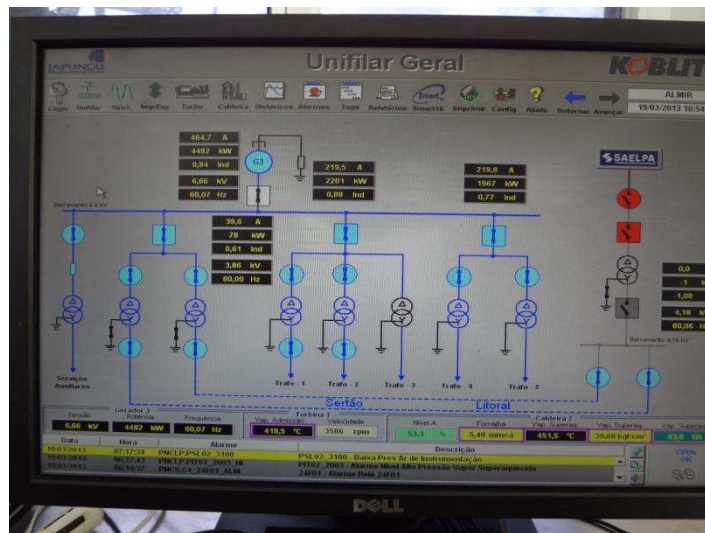


Figura 4.8 - Diagrama unifilar do fluxo de energia.

Durante o período da destilação, apenas o gerador principal daria conta da demanda da usina, tanto da irrigação quanto da produção. Porém, como ele não gera vapor, pois sua turbina é do tipo condensação, faz-se necessário o emprego do gerador auxiliar. Sendo assim, o único gerador auxiliar se encontrava em sua capacidade máxima de geração.

## **4.4 Estudo do mercado de energia nos ambientes de contratações livre e regulado**

O decênio de 1990 foi um período de mudanças profundas para o setor elétrico brasileiro desde que o governo assumiu o controle no decênio de 1930 quando formalizou o Código de Águas. Em 1996 foi criada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), cuja função é regular as atividades do setor.

No decênio 2000, durante a crise energética, o governo brasileiro tomou medidas emergenciais para evitar um colapso na oferta de energia. E entre 2003 e 2004 o governo criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e o Mercado Atacadista de Energia. A criação destes órgãos ficou conhecida como o novo modelo do setor elétrico brasileiro.

De acordo com o novo modelo do setor elétrico, os agentes podem comercializar a compra e venda de energia elétrica em dois ambientes de mercado, o ACR (Ambiente de Contratação Regulada) e o ACL (Ambiente de Contratação Livre).

### **4.4.1 Ambiente de Contratação Regulado**

No ACR, a compra e venda de energia são firmadas através dos CCEAR (Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado). Eles são firmados entre os agentes vendedores e compradores que participam de leilões de compra e venda de energia elétrica, onde vendedores e compradores não têm acesso aos valores dos lances dados e ofertados, sendo que os vencedores do primeiro leilão participam de um segundo leilão a fim de diminuir as diferenças de preço.

### **4.4.2 Ambiente de Contratação Livre**

Já no ACL, vendedores e compradores firmam contratos bilaterais de interesses mútuos cujos valores envolvidos não são revelados, mas sendo necessário informa à CCEE os valores de demanda e energia comercializados.

O ACL possui três modalidades de agentes, são eles:

- i) Produtores independentes

A Lei nº 9.074/1995 define o PIE (Produtor Independente de Energia, elétrica) como a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebe concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco.

ii) Comercializadoras

São empresas representantes vinculadas a empresas de geração e/ou distribuição, elas atuam na contratação e fechamento de negócios entre vendedores e compradores.

iii) Consumidor livre

Há condições para ser classificado como um consumidor livre e a principal dela é que a demanda da instalação seja maior que 3 MW. Se a instalação tiver uma demanda maior que 500 KW e menor que 3 MW, o consumidor estará livre para compra de energia proveniente de fontes alternativas, que são as provenientes da energia eólica, solar, queima de biomassa e bioenergia.

Como já dito antes, em ambos os ambientes os contratos de compra e venda de energia que fazem uso do SIN (Sistema Interligado Nacional) são registrados na CCEE. Em tais registros devem constar os montantes de energia e o período de vigência, sendo que os valores envolvidos não são registrados na CCEE.

Esses registros servem para que a CCEE possa verificar a diferença entre o montante de energia que fora contratada e a que de fato foi consumida durante certo período. Essa energia que excede a contratada ou que por ventura venha a sobrar é comercializada no mercado spot, o mercado de curto prazo. O preço de tal energia depende do PLD (Preço de Liquidação das Diferenças), ele é determinado semanalmente para cada sub-mercado, sendo que ele não corresponde aos mesmos valores de compra ou venda firmados nos contratos registrados na CCEE, na sua composição está contabilizado o CMO (Custo Marginal da Operação) e é limitado por um valor máximo e um valor mínimo estabelecido pela ANEEL para cada sub-mercado.

Assim, pode-se afirmar que o mercado spot, de curto prazo, é o mercado que comercializa as diferenças entre os montantes de energia contratados e os montantes

efetivamente consumidos. A Figura 4.17 mostra as situações possíveis, em (a) consome-se mais que o montante contratado, em (b) consome-se menos que o contratado.

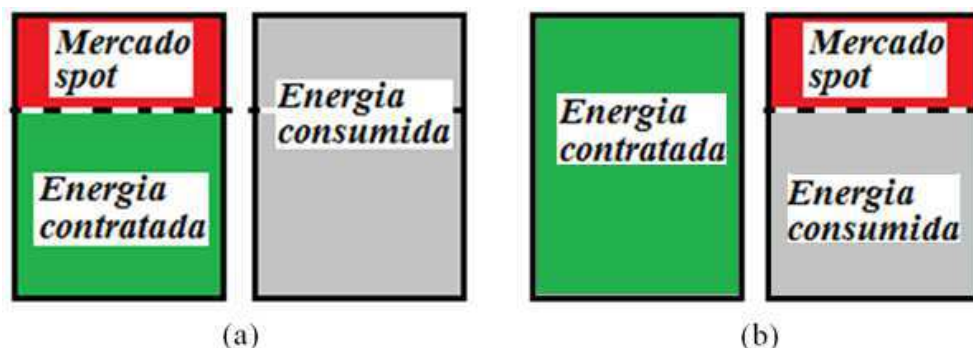


Figura 4.17 - Mercado spot, (a) consumo maior que energia contratada, (b) consumo menor.

É importante entender que o caso (b) nunca acontece com a oferta e demanda total do sistema, sendo uma característica mais individual de algumas unidades industriais a parte. Para forçar os agentes contratantes a planejarem melhor o seu consumo, a CCEE impõe uma multa caso o balanço da soma de energia consumida e contratada dos últimos 12 meses seja negativo, isto é, a unidade industrial vendeu mais do que consumiu.

Para quem vende o excesso de energia no mercado spot há o risco de que a energia determinada pelo PLD seja vendida por um preço menor do que o contratado, caso haja maior oferta do que demanda. Já se a demanda for maior, o preço PDL será maior do que o contratado, nesse caso é importante a aplicação da multa com base no balanço dos últimos 12 meses, pois senão a empresa faria desse um negócio muito lucrativo, contratando sempre mais do que suas necessidades.

## 4.5 Estudo da viabilidade econômica do uso do etanol como combustível para grupos geradores

A maioria dos geradores elétricos é alimentada por óleo diesel que sendo um combustível importado acaba por influenciar negativamente a balança comercial brasileira. O que se pretende aqui é mostrar a viabilidade econômica do uso do etanol como combustível para alimentar grupos geradores elétricos.



## 4.5.1 A Vale Soluções em Energia

A VSE (Vale Soluções em Energia) é uma companhia controlada pela Vale, em parceria com o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e Sygma, e atua em pesquisa e produção de energia. A VSE possui um centro de desenvolvimento de produtos no Parque Tecnológico de São José dos Campos e dentre os projetos que a empresa desenvolve, destaca-se a geração de energia elétrica a partir do etanol.

A tecnologia foi desenvolvida em conjunto com a Scania, ele consiste em adaptar motores de caminhão para serem utilizados com o etanol combustível para gerar energia. Este projeto se encontra em estágio bem avançado, sendo que já fora até testado em público durante o evento do Salão do Automóvel, na capital paulista durante o ano de 2010. Outro teste ocorreu no ano de 2011 quando a VSE firmou parceria com a Petrobrás para fornecer energia elétrica à Estação Comandante Ferraz, porém o teste não pôde ser concluído em razão de um acidente causado por uma falha humana naquele mesmo ano. A Figura 4.18 mostra os geradores da VSE sendo utilizados durante o Salão do Automóvel em 2010.



Figura 4.18 - Salão do automóvel em 2010 utilizou geradores a etanol.

## 4.5.2 O Grupo moto-gerador da VSE

A Tabela 4.1 mostra a eficiência do grupo moto-gerador a etanol da VSE em comparação ao grupo moto-gerador a diesel, estas informações foram repassadas pela VSE e o artigo onde foram publicadas as informações pode ser visto no site:

[http://2011.ethanolsummit.com.br/apresentacoes/pdf/James\\_Pessoa\\_VSE\\_Ethanol\\_Summit.pdf](http://2011.ethanolsummit.com.br/apresentacoes/pdf/James_Pessoa_VSE_Ethanol_Summit.pdf).

Tabela 4.3 - Eficiências dos GMG a etanol e a diesel.

Dados	Unidade	GMG etanol da VSE	GMG diesel
Consumo volumétrico	<i>l/h</i>	157,4	88,2
Poder calorífico	<i>MJ/kg</i>	25,5	42,74
Densidade	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	809,3	839,5
Potência consumida pelo ventilado	<i>kW</i>	11	11
Eficiência do gerador	<i>%</i>	93	93
Potência elétrica do GMG	<i>kWe</i>	336	332
Eficiência do GMG	<i>%</i>	37,2	37,8

Pesquisando no sitio da ANP (Agência Nacional de Petróleo) constatou-se que o preço médio praticado na venda ao consumidor do etanol foi de R\$ 2,032 por litro do combustível, enquanto que o preço médio praticado na venda ao consumidor do diesel foi de R\$ 2,255 por litro do combustível.

Fazendo uma manipulação das grandezas da Tabela 4.1, a fim de adequá-las às grandezas normalmente utilizadas na comercialização da eletricidade e dos combustíveis, se obtém os seguintes dados:

- i) Poder calorífico do etanol em *kWh/l*

Sendo  $1,0 \text{ MJ} = 0,277 \text{ kWh}$  e  $1,0 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ l}$ , temos:

$$Pc_{etanol} = 25,5 * 0,277 * 0,8093$$

$$\rightarrow Pc_{etanol} = 5,7165 \text{ kWh/l}$$

Com a eficiência do grupo moto-gerador da VSE:

$$Pc_{etanol}^{37,2\%} = 5,7165 * 0,372$$

$$\rightarrow Pc_{etanol}^{37,2\%} = 2,1265 \text{ kWh/l}$$

Convertendo em R\$/kWh, de acordo com o preço médio do etanol ao consumidor fornecido pela ANP, sendo este valor de R\$ 2,032 por litro:

$$Custo_{etanol}^{kWh} = \frac{2,032}{2,1265}$$

$$\rightarrow \text{Custo}_{\text{etanol}}^{\text{KWh}} = 0,9556 \text{ R\$/kWh}$$

Isto significa que o custo para se produzir 1,0 kWh de energia através do GMG da VSE é de R\$ 0,9556. Se a energia do GMG da VSE for comercializada por um valor abaixo deste, implicará em prejuízo para quem assim comercializar.

ii) Poder calorífico do diesel em KWh/l

Sendo  $1,0 \text{ MJ} = 0,277 \text{ kWh}$  e  $1,0 \text{ m}^3 = 10,0^3 \text{ l}$ , temos:

$$\begin{aligned} P_{\text{diesel}} &= 42,74 * 0,277 * 0,8395 \\ \rightarrow P_{\text{diesel}} &= 9,9388 \text{ kWh/l} \end{aligned}$$

Com a eficiência média dos grupos motos-geradores a diesel fornecido pela VSE:

$$\begin{aligned} P_{\text{diesel}}^{37,8\%} &= 9,9388 * 0,378 \\ \rightarrow P_{\text{diesel}}^{37,8\%} &= 3,7569 \text{ kWh/l} \end{aligned}$$

Convertendo em R\$/kWh, de acordo com o preço médio ao consumidor do diesel fornecido pela ANP, sendo este valor de R\$ 2,255 por litro:

$$\begin{aligned} \text{Custo}_{\text{diesel}}^{\text{KWh}} &= \frac{2,255}{3,7569} \\ \rightarrow \text{Custo}_{\text{diesel}}^{\text{KWh}} &= 0,6002 \text{ R\$/kWh} \end{aligned}$$

Isto significa que o custo para se produzir 1,0 kWh de energia através do GMG a diesel é de R\$ 0,6002. Se a energia do GMG a diesel for comercializada por um valor abaixo deste, implicará em prejuízo para quem assim comercializar.

### 4.5.3 Preços da energia praticados pela Energisa-PB

Há três modalidades tarifárias praticadas pela Energisa-pb, a tarifa Convencional, a tarifa Azul e a tarifa Verde. Devido ao grande porte do GMG da VSE serão analisados apenas os médios consumidores de energia, não levando em conta os limites impostos pela ANEEL para classificação da modalidade. É importante destacar que os cálculos não levam em consideração a cobrança do ICMS, uma vez que é preciso haver uma base de cálculo para saber o valor de tal imposto. Esta base de cálculo varia muito em razão da cobrança do PIS/COFINS que não é uma taxa fixa, ela varia a cada mês e depende da concessionária.

i) Tarifa Convencional

A Tabela 4.2 mostra os valores praticados pela Energisa-pb para a modalidade tarifaria Convencional da classe A4.

Tabela 4.4 – Valores da Tarifa Convencional praticados pela Energisa-Pb.

<b>A4 Convencional</b>	<b>TUSD</b>	<b>TE</b>	<b>TUSD + TE</b>
<b>Tarifa de Energia (R\$/kWh)</b>	0,00558	0,10396	0,10954
<b>Tarifa de Demanda (R\$/kW)</b>	47,51	-	47,51

O preço da energia é calculado da seguinte forma:

$$Preço = \frac{Ft}{Ce} = \frac{Te * Ce + Td * Dc}{Ce}$$

$$\rightarrow Preço = Te + \frac{Td}{Fc * T}$$

Onde:

Ft é a fatura do período;

Te é a tarifa de energia;

Ce é o consumo de energia do período;

Td é a tarifa de demanda;

Dc é a demanda contratada;

T é o número total de horas no período;

Fc é o fator de carga da unidade consumidora;

Sendo assim, para uma demanda contratada de 350 kW, com funcionamento de 9 horas por dia útil e com 22 dias úteis por mês, supondo um fator de carga unitário, temos que o preço da energia no período é:

$$Preço = 0,10954 + \frac{47,51}{1,0 * 22 * 9}$$

$$\rightarrow Preço = 0,34945 \text{ R\$/kWh}$$

A Figura 4.19 mostra a evolução dos preços para diferentes fatores de carga.

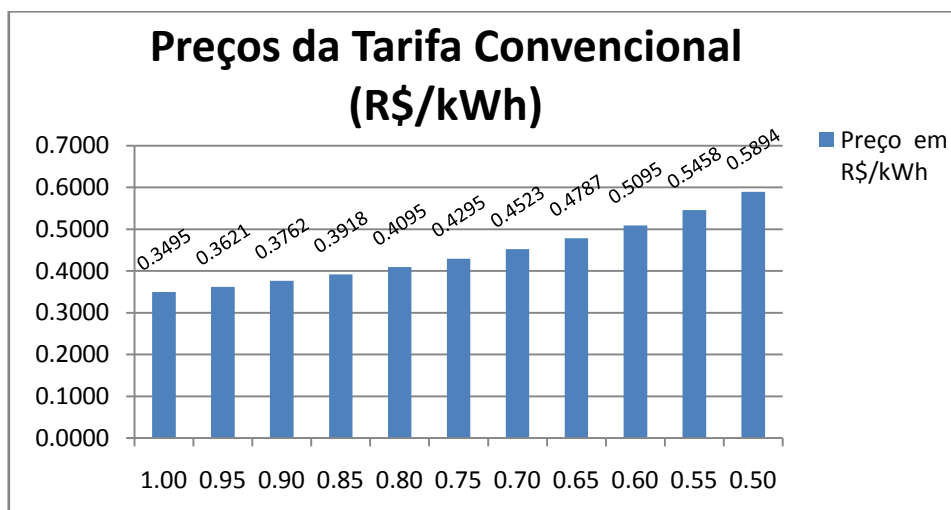


Figura 4.19 - Evolução dos preços para diferentes fatores de potência.

Observar que quanto menor for o fator de carga da unidade consumidora maior será o preço da energia utilizada, isto significa que a unidade consumidora não está fazendo o uso racional da energia consumida na instalação.

ii) Tarifa Azul

Aqui só são analisados os valores praticados no horário de ponta já que é neste horário que a maioria dos grupos moto-geradores são utilizados. A Tabela 4.3 mostra os valores praticados pela Energisa-pb no horário de ponta para a Tarifa Azul.

Tabela 4.5 – Valores da Tarifa Azul em horário de ponta praticados pela Energisa-Pb.

A4 Azul	Período	TUSD	TE	TUSD + TE
Tarifa de Energia (R\$/kWh)	Úmido	0,00558	0,1573	0,16288
Tarifa de Demanda (R\$/kW)		44,45	-	44,45
Tarifa de Energia (R\$/kWh)	Seco	0,00558	0,17606	0,18164
Tarifa de Demanda (R\$/kW)		44,45	-	44,45

Repetindo os mesmo procedimentos para a Tarifa Convencional, para uma demanda contratada de 350 kW, com funcionamento de 03 horas por dia útil e com 22 dias úteis por mês, supondo um fator de carga unitário, temos que o preço da energia no período úmido é:

$$Preço = 0,16288 + \frac{44,45}{1,0 * 22 * 3}$$

$$\rightarrow Preço = 0,83636 \text{ R\$/kWh}$$

A Figura 4.20 mostra a evolução dos preços para diferentes fatores de carga.

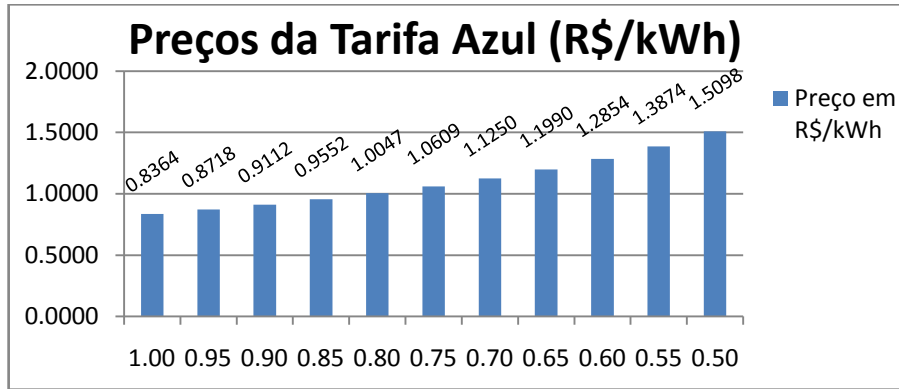


Figura 4.20 - Evolução dos preços para diferentes fatores de potência.

Para uma demanda contratada de 350 kW, com funcionamento de 03 horas por dia útil e com 22 dias úteis por mês, supondo um fator de carga unitário, temos que o preço da energia no período seco é:

$$Preço = 0,18164 + \frac{44,45}{1,0 * 22 * 3}$$

$$\rightarrow Preço = 0,85512 \text{ R\$/kWh}$$

A Figura 4.21 mostra a evolução dos preços para diferentes fatores de carga.

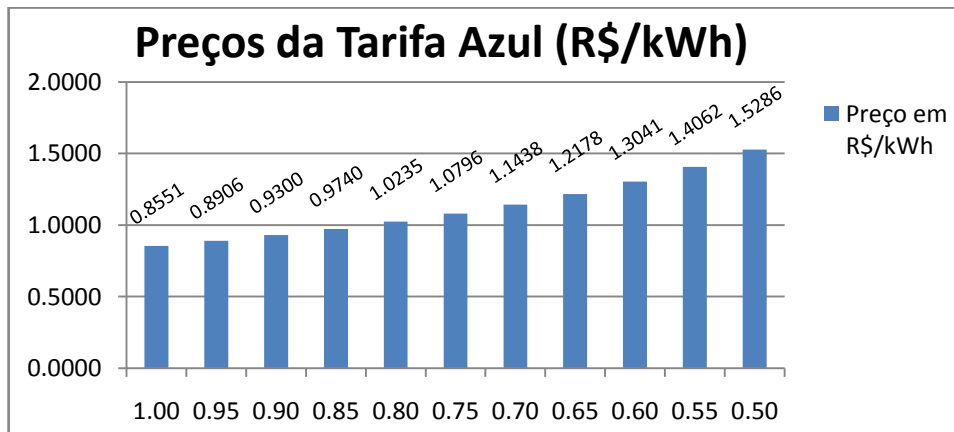


Figura 4.9 - Evolução dos preços para diferentes fatores de potência.

De forma análoga para a Tarifa Convencional, o preço da energia aumenta conforme o fator de carga da contratante diminui.

iii) Tarifa Verde

Mais uma vez, aqui só são analisados os valores praticados no horário de ponta já que é neste horário que a maioria dos grupos moto-geradores são utilizados. A Tabela 4.4 mostra os valores praticados pela Energisa-pb no horário de ponta para a Tarifa Verde.

Tabela 4.6 – Valores da Tarifa Verde em horário de ponta praticados pela Energisa-Pb.

<b>A4 Azul</b>	<b>Período</b>	<b>TUSD</b>	<b>TE</b>	<b>TUSD + TE</b>
<b>Tarifa de Energia (R\$/kWh)</b>	Úmido	1,03767	0,15730	1,19497
<b>Tarifa de Demanda (R\$/kW)</b>		0,00	-	0,00
<b>Tarifa de Energia (R\$/kWh)</b>	Seco	1,03767	0,17606	1,21373
<b>Tarifa de Demanda (R\$/kW)</b>		0,00	-	0,00

Observar que neste caso, como não há cobrança pela demanda, não há variação do preço da energia com o fator de carga, isto é, paga-se o mesmo valor independente da demanda da carga, mudando apenas no período sazonal seco ou úmido. No entanto, este valor é muito mais caro do que os casos onde os fatores de carga são os mais altos para as Tarifas Convencional e Azul.

Para o período úmido:

$$Preço = 1,19497 + \frac{0,00}{1,0 * 22 * 3}$$

$$\rightarrow Preço = 1,19497 \text{ R\$/kWh}$$

Para o período seco:

$$Preço = 1,21373 + \frac{0,00}{1,0 * 22 * 3}$$

$$\rightarrow Preço = 1,21373 \text{ R\$/kWh}$$

Diante destes valores conclui-se que para o consumidor não compensa a troca do gerador a diesel por um gerador a etanol, pois o preço da energia proveniente do gerador da VSE é mais caro. Porém para uma empresa que deseje o título de ecologicamente correta, há situações em que o uso dos geradores da VSE apresenta vantagens econômicas ao substituir o fornecimento da rede pelos geradores da VSE.

No caso da Tarifa Verde no horário de ponta, os geradores da VSE sempre serão mais vantajosos. Já no caso da Tarifa Azul, é preciso investigar o fator de carga da unidade consumidora a fim de tornar o projeto de uso dos geradores da VSE financeiramente viável.



## 5. Atividades extra plano de curso

Durante o estágio, após o período da moagem, foram realizadas muitas atividades relacionadas à manutenção dos equipamentos. Uma delas foi a manutenção do gerador principal. A Figura 5.1 mostra o momento em que o rotor estava sendo retirado.



Figura 5.1 - Rotor sendo retirado para manutenção.

A Figura 5.2 mostra o momento em que o técnico estava limpando o rotor com um jato de ar comprimido. A poeira negra é resultado do desgaste das escovas de carvão.



Figura 5.2 - Técnicos limpando o rotor do gerador principal.

A Figura 5.3 mostra o momento em que os técnicos realizavam a manutenção da rede de distribuição.



Figura 5.3 - Manutenção da rede de distribuição.

A Figura 5.4 mostra um painel com controladores de temperatura TLK48 sendo montado pelo técnico da empresa, auxiliado pelo estagiário.

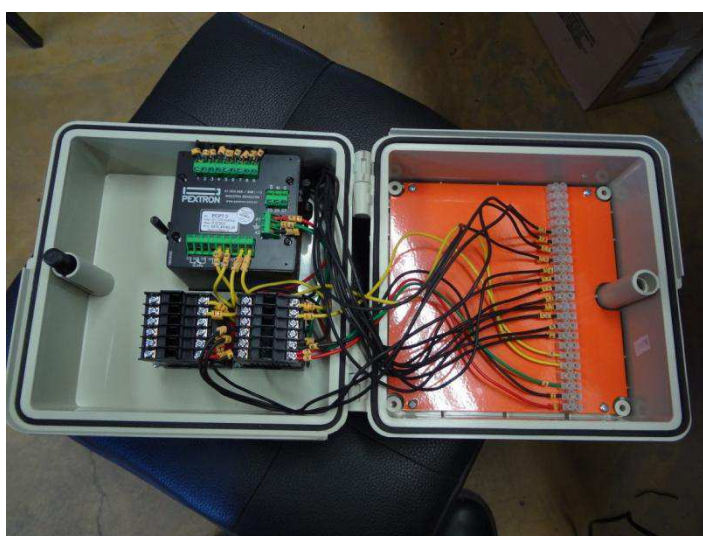


Figura 5.4 - Painel com controlador de temperatura TLK48.

No último dia de estágio, o encarregado ofereceu uma pequena demonstração de como programar o relé inteligente da linha CLIC da fabricante WEG. Este dispositivo permite configurar uma temporização para que outro equipamento seja acionado em determinado momento todos os dias ou segundo uma agenda de eventos pré-configurada.

N usina, o CLIC opera a ligação de um banco de capacitores responsáveis pelo melhoramento do fator de potência do secundário de um dos transformadores da usina. Ele também é utilizado para desligar o transformador todos os dias no período da noite e religá-lo durante a manhã, pois não há necessidade dele estar energizado.

A vantagem que este dispositivo oferece é poder ser simulado e programado no computador para então ter o programa gravado na memória do CLIC. A programação dele é feita através da linguagem LADDER. A Figura 5.5 mostra a interface do CLIC para computador. E a Figura 5.6 mostra o CLIC usado para controlar o ligar e desligar dos equipamentos.



Figura 5.5 - Interface do CLIC para computador.

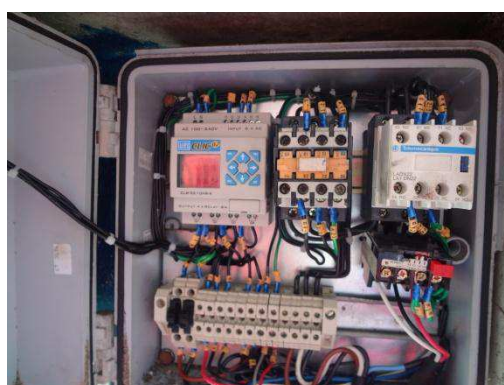


Figura 5.6 - CLIC montado no painel.

Importante destacar que o CLIC não atua diretamente sobre os equipamentos a serem controlados, para isso ele aciona a bobina de algum contactor. Na Figura 5.6, o contactor aparece no canto superior direito da mesma.

Durante a manutenção, deparou-se com uma prateleira com formato estranho tal como é mostrada na Figura 5.7 ao lado de um dos motores dos trituradores. Ao tomar informações com o operador encarregado de fazer a manutenção do equipamento, o mesmo informou que se tratava de um banco de resistores para impedir um afundamento de tensão nas instalações.



Figura 5.7 - Bancos de resistores.

O funcionamento destes bancos se dá pelo deslocamento da curva de conjugado em função do escorregamento ou rotação do motor, conforme mostra Figura 5.9. Como a resistência equivalente do rotor depende do escorregamento conforme pode ser observado ao analisar o circuito da Figura 5.8, se nos picadores houver uma resistência mecânica que venha a reduzir a velocidade de operação destes motores o escorregamento aumentará, isto é, a velocidade do motor diminui, diminuindo a resistência equivalente de todo o circuito do motor. Portanto, é preciso inserir uma resistência externa no circuito em série com a resistência do rotor, e de preferência uma resistência variável, um banco de resistores.

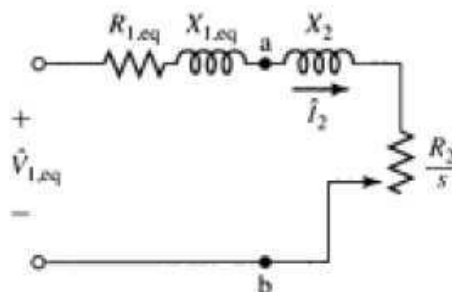


Figura 5.8 - Circuito equivalente do motor.

Fonte: FITZGERALD, A. E. - Maquinas Elétricas, 6ª Ed. Bookman, 2006, página 311.

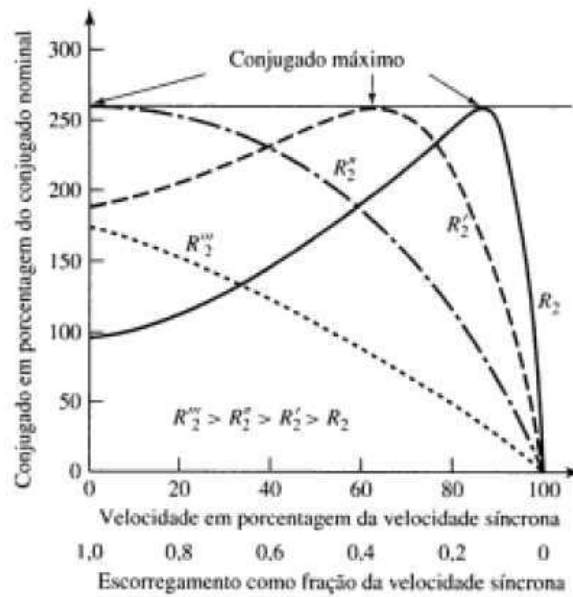


Figura 5.9 - Variação de resistência e conjugado no motor.

Fonte: FITZGERALD, A. E. - Maquinas Elétricas, 6ª Ed. Bookman, 2006, página 315.

A vantagem de inserir um banco de resistores variável é a obtenção de uma variedade de curvas e poder escolher qual delas melhor atende a mudança de conjugado.

## 6. Ocorrência

Houve uma ocasião em que a quantidade de água contida no bagaço acabou afetando a pressão da caldeira, ocasionando um desligamento automático dos geradores. Em outras palavras ocorreu um blackout dentro da usina. Em alguns minutos a usina se encontrava conectada a rede de energia da Energisa-Pb, esta situação se perdurou por pelo menos 3 horas, tempo suficiente para que a caldeira voltasse às condições normais de operação.

Este evento fez com que os operadores direcionassem todo o vapor destinado à turbina para fora da caldeira através da chaminé. A Figura 6.1 mostra o momento em que todo o vapor foi liberado pela chaminé por questão de segurança.



Figura 6.1 - Descarga de vapor pela chaminé.

Além desta, houve outra ocorrência, desta vez foi o excesso de bagaço que elevou a pressão da caldeira ao ponto de uma das válvulas de segurança fosse acionada. O barulho causado pela abertura desta válvula foi intenso.

## 7. Normas Regulamentares do Ministério do Trabalho

Durante o estágio a empresa ofereceu cursos sobre algumas normas regulamentares do Ministério do Trabalho, tendo o estagiário participado de dois desses cursos. Foram eles, Segurança do Trabalho em Altura e Montagem de Andaimos e Trabalhador Autorizado/Vigia em Espaços Confinados NR – 33.

Além destes dois cursos, esteve-se envolvido diretamente com a NR – 10, por ser a norma que regulamenta o trabalho com eletricidade. Esta norma trata de medidas de controle coletiva e individual a serem adotadas ao se realizar trabalho com equipamentos energizados ou desenergizados além dos procedimentos de trabalho. Ela trata, também, sobre as zonas próximas aos equipamentos, zona de risco, zona controlada e zona livre, Figura 7.1.

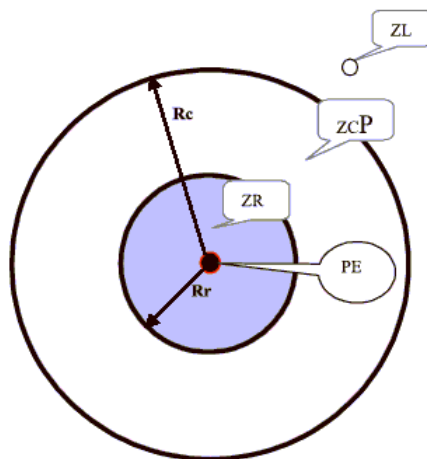


Figura 7.1 - Distâncias no ar que delimitam radialmente as zonas de risco, controlada e livre.

Fonte: [http://www.guiatrabalhista.com.br/imagens/portaria598\\_1.gif](http://www.guiatrabalhista.com.br/imagens/portaria598_1.gif)

Da Figura 7.1, temos que:

ZL é a zona livre;

ZC é a zona controlada;

ZR é a zona de risco;

PE é o ponto da instalação energizado;

Os raios que delimitam estas zonas dependem do nível de tensão a que o equipamento está sujeito.

Pondo em prática os conhecimentos sobre as normas de segurança do trabalho adquiridas no curso oferecido pela empresa, o estagiário constatou duas situações de grave risco nas instalações em que se teve acesso na usina.

A primeira diz respeito ao acúmulo de gases em espaço confinado. Abaixo de uma das salas dos transformadores, como se fosse um porão, os técnicos deixaram acumular uma quantidade de cabos elétricos e estes com o passar do tempo liberam gases tóxicos no ambiente. Como os técnicos adentram deste porão durante o período de manutenção, estão sendo expostos ao risco de desmaio ou mesmo a morte por asfixia, podendo este ambiente se tornar uma atmosfera inflamável. A Figura 7.2 mostra os cabos elétricos acumulados em um espaço confinado.



Figura 7.2 - Cabos elétricos acumulados em um ambiente confinado.

A segunda situação, diz respeito a NR – 10. Em uma das subestações abrigadas alguém fez da carcaça do transformador um varal de roupas como mostra a Figura 7.3. Mesmo que a carcaça do transformador esteja protegida pelo aterramento e mesmo que esta proteção nunca venha a falhar, esta finalidade não é admissível.



Figura 10 - Conflito com a NR - 10.



## 8. Conclusão

Pode-se afirmar que para um estagiário de engenharia elétrica a usina de etanol Japungu é um dos melhores lugares para aprendizado e observar na prática conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Elétrica, pois nela se encontram diversos equipamentos elétricos utilizados na maioria das indústrias.

O projeto sobre a viabilidade do uso do etanol para produzir eletricidade deve ser analisado com muito cuidado, pois pode promover um aumento do combustível no mercado, pois se o setor deixar de destinar o etanol para consumo como combustível pode elevar o preço do mesmo promovendo um efeito cascata na inflação das mercadorias, uma vez que os preços destas estão diretamente relacionados com o preço do frete. Além de que a troca do etanol por gasolina pelos proprietários dos veículos a etanol aumentaria a demanda do produto, ocasionando um aumento do mesmo influenciando, também, no preço das mercadorias.

O conhecimento adquirido sobre algumas das normas de segurança do trabalho foi muito importante para se ter uma noção dos perigos que cercam as instalações de uma usina de álcool.

Do ponto de vista das relações humanas, o estágio serviu para ter contato com outras pessoas de diferentes níveis de formação acadêmica propiciando experiência no campo das relações humanas e adquirir memória técnica.

Do ponto de vista educacional, o estágio fora do ambiente acadêmico é gratificante, mas a questão burocrática deve ser levada em consideração para quem quiser estagiar fora da universidade, apenas para realizar o convênio para este estágio levou-se dois meses para findá-lo.

## 9. Referências Bibliográficas

FIORAMI, Marcelo Caldato – Análise Energética e Exergética de uma Usina Sucroalcooleira do Oeste Paulista com Sistema de Cogeração de Energia em Expansão. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2004.

FITZGERALD, A. E.; Kingsley Jr, C.; Umans, S. D - Maquinas Elétricas, 6ª Ed. Bookman, 2006.

Tarifas de energia da Energisa-PB, Disponível em <<http://www.energisa.com.br/paraiba/paginas%20internas/tarifas.aspx>> Acesso em 26 de fevereiro de 2013.

Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis, Sistema de levantamento de Preços, Disponível em <<http://www.anp.gov.br/preco/>> Acesso em 26 de fevereiro de 2013.

Etanol Summit 2011, Vale Soluções em Energia S.A. Disponível em <[http://2011.ethanolsummit.com.br/apresentacoes/pdf/James\\_Pessoa\\_VSE\\_Ethanol\\_Summit.pdf](http://2011.ethanolsummit.com.br/apresentacoes/pdf/James_Pessoa_VSE_Ethanol_Summit.pdf)> Acesso em 26 de abril de 2013.

## 10. Anexo A

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL

RESOLUÇÃO Nº 122, DE 19 DE MARÇO DE 2002

Autoriza, para fins de regularização, a empresa Japungu Agroindustrial S.A. a estabelecer-se como Produtor Independente de Energia Elétrica mediante a exploração da central geradora termelétrica Japungu, no Município de Santa Rita, Estado da Paraíba, e ampliar a capacidade da mesma.

(\*) Vide alterações e inclusões no final do texto.

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto nos arts. 6º e 11 da Lei nº [9.074](#), de 7 de julho de 1995, regulamentada pelo Decreto nº [2.003](#), de 10 de setembro de 1996, inciso XXXI, art. 4º, Anexo I, do Decreto nº [2.335](#), de 6 de outubro de 1997 e o que consta do Processo nº 48500.000594/02-43, resolve:

Art. 1º Autorizar, para fins de regularização, a empresa Japungu Agroindustrial S.A., com sede na Fazenda Japungu, Zona Rural, Município de Santa Rita, Estado da Paraíba “**inscrita no CNPJ/MF sob o nº 09.357.997/0001-06**”, a estabelecer-se como Produtor Independente de Energia Elétrica mediante a exploração da central geradora termelétrica Japungu, localizada no Município de Santa Rita, Estado da Paraíba, com dois turbogeradores a vapor, sendo um de 2.800 kW, em operação desde dezembro de 1998, e um de 2.000 kW, em operação desde janeiro de 1998, totalizando 4.800 kW de capacidade instalada, utilizando como combustível bagaço de cana-de-açúcar, e respectivo sistema de transmissão de interesse restrito, constituído de uma linha, em 69 kV, circuito simples, com extensão de aproximadamente 2 km, conectando à subestação de DPG-Derivação Japungu.

Art. 2º Autorizar a referida empresa a ampliar a central geradora termelétrica, com a implantação de um turbogerador a vapor de 12.000 kW, totalizando 16.800 kW de capacidade instalada a partir de junho de 2002.

Parágrafo único. A energia elétrica produzida pela autorizada destina-se à comercialização na modalidade de produção independente de energia, em conformidade com as condições estabelecidas nos arts. 12, 15 e 16 da Lei nº [9.074](#), de 7 de julho de 1995, regulamentada pelo Decreto nº [2.003](#), de 10 de setembro de 1996.

Art. 3<sup>o</sup> Constituem obrigações da autorizada:

I - efetuar a ampliação da central geradora termelétrica, conforme cronograma apresentado à Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, obedecendo os marcos a seguir:

- a) início do comissionamento: até 15 de maio de 2002;
- b) início da operação comercial: até 1<sup>o</sup> de junho de 2002.

II - cumprir e fazer cumprir as normas legais e regulamentares de geração e comercialização de energia elétrica, respondendo perante à ANEEL, usuários e terceiros, pelas conseqüências danosas decorrentes da exploração da central geradora termelétrica;

III - efetuar solicitação de acesso aos sistemas de transmissão e distribuição, nos termos da Resolução n<sup>o</sup> [281](#), de 1<sup>o</sup> de outubro de 1999, com a redação dada pela Resolução n<sup>o</sup> [208](#), de 7 de junho de 2001, observando especialmente o disposto em seu art. 9<sup>o</sup>, no que tange aos prazos compatíveis com o atendimento do cronograma de implantação da central geradora termelétrica;

IV - celebrar os contratos de conexão e uso dos sistemas de transmissão e distribuição, nos termos da legislação específica;

V - efetuar o pagamento, nas épocas próprias definidas nas normas específicas:

- a) das cotas mensais da Conta de Consumo de Combustíveis - CCC que lhe forem atribuídas;
- b) da Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica, nos termos da legislação específica;
- c) dos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição decorrentes da operação da UTE.

VI - submeter-se à fiscalização da ANEEL;

VII - organizar e manter permanentemente atualizado o cadastro de bens e instalações da central geradora termelétrica, comunicando à ANEEL qualquer alteração das características de sua unidade geradora;

VIII - manter em arquivo, à disposição da fiscalização da ANEEL, Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) ou estudo formalmente requerido pelo órgão licenciador ambiental, projetos básico e executivo, registros operativos e de produção de energia elétrica e os resultados dos ensaios de comissionamento;

IX - observar e cumprir a legislação ambiental e de recursos hídricos, providenciando as licenças correspondentes;

X - submeter-se a toda e qualquer regulamentação de caráter geral ou que venha a ser estabelecida pela ANEEL, especialmente aquelas relativas à produção independente de energia elétrica;

XI - prestar todas as informações relativas ao andamento do empreendimento, facilitar os serviços de fiscalização e comunicar a conclusão das obras, no prazo de sessenta dias contado da data em que essa efetivamente ocorrer;

XII - comunicar à ANEEL, em caso de transferência de controle acionário, para fins de averbação nos registros de autorizações.

Parágrafo único. Pelo descumprimento das obrigações decorrentes da legislação de regência de produção e comercialização de energia elétrica e do disposto nesta Resolução, a autorizada ficará sujeita às penalidades estabelecidas na legislação.

Art. 4<sup>o</sup> Constituem direitos da autorizada:

I - acessar livremente, na forma da legislação, o sistema de transmissão e distribuição, mediante pagamento dos respectivos encargos de uso e de conexão, quando devidos;

II - comercializar a energia elétrica produzida, nos termos da legislação;

III - modificar ou ampliar, desde que previamente autorizado pela ANEEL, a central geradora termelétrica e as instalações de interesse restrito; e

IV - oferecer, em garantia de financiamentos obtidos para a realização de obras e serviços, os direitos emergentes desta autorização, bem assim os bens constituídos pela central geradora termelétrica, desde que a eventual execução da garantia não comprometa a continuidade da produção de energia elétrica pela central geradora termelétrica.

Art. 5<sup>o</sup> A presente autorização vigorará pelo prazo de trinta anos, contado a partir da publicação desta Resolução, podendo ser prorrogada a critério da ANEEL e a pedido da autorizada.

§ 1<sup>o</sup> A autorização poderá ser revogada nas seguintes situações:

I - produção da energia elétrica em desacordo com as prescrições desta Resolução e legislação específica;

II - descumprimento das obrigações decorrentes desta autorização;

III - transferência a terceiros de qualquer das unidades geradoras de energia elétrica sem prévia autorização da ANEEL;

IV - solicitação da autorizada; ou

V - desativação da central geradora termelétrica.

§ 2<sup>o</sup> Em nenhuma hipótese a revogação da autorização acarretará, para a ANEEL, qualquer responsabilidade em relação aos encargos, ônus, obrigações ou compromissos assumidos pela autorizada com relação a terceiros, inclusive aquelas relativas aos seus empregados.

Art. 6<sup>o</sup> Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

JOSÉ MÁRIO MIRANDA ABDO

Publicado no D.O de 20.03.2002, seção 1, p. 123, v. 139, n. 54.

Este texto não substitui o publicado no D.O de 20.03.2002.

**(\*) Texto em negrito com redação alterada conforme retificação publicada no D.O de 17.09.2004, seção 1, p. 62, v. 141, n. 180.**