

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMATICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Integrado Realizado na Braskem - Alagoas

Aluno

Telmo Lessa Lobo Galindo

Orientador

Prof. Dr. Alexandre Cunha Oliveira

Campina Grande, Paraíba – Dezembro de 2006

Aluno **Telmo Lessa Lobo Galindo** - 20111391

Relatório de Estágio Integrado

Relatório de Estágio Integrado,
apresentado como requisito para a obtenção
do título de Graduado Pleno em Engenharia Elétrica
realizado na empresa Braskem S.A.

Curso	Graduação em Engenharia Elétrica
Área de Concentração do Estágio	Engenharia de Manutenção e Confiabilidade - Instrumentação
Orientador	Prof. Dr. Alexandre Cunha Oliveira

Campina Grande, Paraíba – Dezembro de 2006



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

Telmo Lessa Lobo Galindo

Relatório de Estágio Integrado Realizado na Braskem - Alagoas

Relatório aprovado em 15 / 12 / 2006

Banca examinadora

Prof. Dr. **Alexandre Cunha Oliveira**
UFCG/CEEI/DEE

Prof. **MSc Fernanda Cecilia**
UFCG/CEEI/DEE

RESUMO

GALINDO, Telmo Lessa Lobo, Relatório de Estágio Integrado, Campina Grande: Graduação Plena em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, 2006. 54 p. Monografia (Estágio Integrado).

Um relatório de atividades desenvolvidas no Setor de Engenharia de Manutenção e Confiabilidade da empresa Braskem, é apresentado. Aspectos inerentes aos processos e trabalhos desenvolvidos são focalizados. No primeiro momento é abordado o processo de produção de Soda, Cloro, DCE e em seguida é feito um detalhamento de todas as atividades acompanhadas e realizadas na empresa. O estagio foi direcionado mais especificamente, para área de manutenção e confiabilidade / instrumentação.

Palavras-chave:

Confiabilidade, Instrumentação, Manutenção, Análise de Falha.

Índice Remissivo

Índice Remissivo.....	5
Índice de figuras.....	6
1. <i>Introdução</i>	7
2. <i>A Empresa</i>	7
2.2. <i>Produtos</i>	7
2.2.1. <i>Insumos básicos</i>	8
2.2.2. <i>Desenvolvimento de Negócios</i>	8
2.2.3. <i>Polioléfinas</i>	8
2.2.4. <i>Vinílicos</i>	8
2.3. <i>Localização</i>	8
3. <i>Unidade Cloro/Soda – Maceió, Alagoas (UCS-AL)</i>	9
3.1. <i>Mineração</i>	10
3.2. <i>Processo de Produção</i>	11
3.2.1. <i>Processamento de Cloro</i>	14
3.2.2. <i>Resfriamento e Compressão de Hidrogênio</i>	16
3.2.3. <i>Processo de fabricação do DCE</i>	17
3.2.4. <i>Processo de fabricação da Soda</i>	18
3.3. <i>Alimentação da Planta</i>	19
3.3.1. <i>Área Externa</i>	21
3.3.2. <i>Sala de Controle – Área Interna (13,8kV)</i>	28
3.4. <i>Retificadores</i>	32
3.4.1. <i>Retificadores à Diodo</i>	34
3.4.2. <i>Retificadores à Tiristor</i>	35
3.4.3. <i>Subestações Secundárias</i>	36
3.4.4. <i>Grupo Motor-Gerador</i>	36
4. <i>Qualidade, saúde, segurança e meio ambiente (QSSMA)</i>	37
4.1. <i>Normas e Segurança</i>	39
4.2. <i>A NR -10</i>	39
4.3. <i>Medidas de Controle</i>	39
4.4. <i>Medidas de Proteção Coletiva</i>	40
4.5. <i>Medidas de Proteção Individual</i>	40
4.6. <i>Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção</i>	40
4.7. <i>Proteção Contra Incêndio e Explosão</i>	40
4.8. <i>Sinalização de Segurança</i>	41
5. <i>A Engenharia de Manutenção e Confiabilidade</i>	42
6. <i>A Instrumentação Industrial</i>	43
7. <i>Atividades Desenvolvidas</i>	46
7.1. <i>Treinamentos de Informática</i>	46
7.2. <i>Treinamentos de normas técnicas</i>	47
7.3. <i>Acompanhamento do setor de manutenção</i>	48
7.4. <i>Participação em reuniões técnicas e em Análises de Falhas</i>	50
7.5. <i>Avaliação dos sistemas de medição de pressão, temperatura, vazão e nível;</i>	51
8. <i>Conclusões</i>	53
9. <i>Referências Bibliográficas</i>	54

Índice de figuras

Figura 3.1: Vista aérea da planta Braskem Cloro/Soda.....	9
Figura 3.2: Diagrama do processo de produção Braskem Cloro/Soda.....	10
Figura 3.1.1: Processo de mineração do sal - gema	11
Figura 3.2.1 – Casa de Célula I.....	12
Figura 3.2.2 – Jumper Switch	13
Figura 3.2.3 – Fluxograma simplificado do início do processo “Eletrolise”.....	14
Figura 3.2.4: Detalhe do processo de Eletrolise.....	14
Figura 3.2.1 – Sistema de armazenamento de Cloro líquido “CHARUTOS”.....	16
Figura 3.2.3.1 – Área de produção de DCE.....	17
Figura 3.2.4.1 – Área de Evaporação de Soda.....	19
Figura 3.3.1: Diagrama unifilar simplificado da subestação principal.....	20
Figura 3.3.1.1: Pátio – Área externa da subestação principal.....	21
Figura 3.3.1.2: Pára-raios de proteção.....	22
Figura 3.3.1.3: Pára-raios teleféricos.....	22
Figura 3.3.1.4: TP – Transformador de Potencial.....	23
Figura 3.3.1.5: TC – Transformador de Corrente	24
Figura 3.3.1.5: Disjuntores GVO – Linha L1	25
Figura 3.3.1.6: Disjuntores SF ₆ – Linha L2.....	25
Figura 3.3.1.6: Chave seccionadora horizontal.....	26
Figura 3.3.1.7: Chave seccionadora vertical.....	26
Figura 3.3.1.8: T1 – Refrigeração por radiadores	27
Figura 3.3.1.9: T3 – Refrigeração por trocadores de calor água/óleo	28
Figura 3.3.2.1. : Sala de controle – Área interna da subestação principal.....	28
Figura 3.3.2.2: Painel Duplex – Parte frontal	29
Figura 3.3.2.3: Painel Duplex – Parte traseira	30
Figura 3.3.2.4: Interferência de ruídos (harmônicas).....	31
Figura 3.3.2.5: Banco de capacitores C – 20MVA	31
Figura 3.4.1: Sinal – Tensão alternada	32
Figura 3.4.2: Transformadores retificadores.....	32
Figura 3.4.3: Transformadores retificadores - Trocadores de calor água/óleo	33
Figura 3.4.3: O diodo (esquerda) e o tiristor (direita)	33
Figura 3.4.1.1: Retificador à diodo – Tensão contínua (saída).....	34
Figura 3.4.1.2: Retificador à diodo – Circuito retificador	35
Figura 3.4.2.1: Retificador à tiristor – Esquema elétrico.....	35
Figura 3.4.2.2: Retificador à tiristor – Circuito retificador.....	36
Figura 3.4.3.1: Subestação secundária	36
Figura 3.4.4.1: Grupo motor-gerador 400kVA – Betova	37
Figura 7.1.1: Tela do SCB.....	46
Figura 7.1.2: Tela do Máximo	47
Figura 7.3.1: Migração das caixas de ligação.....	48
Figura 7.3.2: Substituição dos painéis bombas de carregamento de eteno.....	49
Figura 7.3.3: Substituição e calibração de detectores de eteno.....	49
Figura 7.3.4: Placa de orifício da linha de hidrogênio.....	50
Figura 7.4.1: Análise de falhas do compressor de cloro.....	51
Figura 7.5.1: Pressostato de Gás	52
Figura 7.5.2: Transmissor de pressão	52
Figura 7.5.3: Indicador de Vazão	52
Figura 7.5.4: Manômetro.....	52
Figura 7.5.5: Válvula Reguladora de Pressão de Gás Natural.....	52

1. Introdução

O presente estágio foi realizado na empresa BRASKEM-Alagoas, no período de junho de 2006 a dezembro de 2006, na equipe de engenharia de manutenção e confiabilidade da Braskem, sob a orientação do Engenheiro Yuri Villar.

De acordo com a empresa e com o orientador, foi elaborado um “plano de ação”, onde feito toda a programação de atividades do estagiário.

2. A Empresa

A Braskem é a maior empresa petroquímica da América Latina e está entre as três maiores indústrias brasileiras de capital privado. Com uma produção total de 5,7 milhões de toneladas de resinas, petroquímicos básicos e intermediários, gera cerca de 3.000 empregos diretos e 5.000 indiretos.

A Braskem é controlada pelo grupo Odebrecht, que têm participações diretas e indiretas na companhia e o controle acionário da Norquisa, *holding* que também faz parte do grupo controlador da Braskem. São ainda acionistas da empresa a Petroquisa (braço petroquímico da Petrobras) e os fundos de pensão Petros (da Petrobras) e Previ (do Banco do Brasil).

A empresa produz petroquímicos básicos como eteno, propeno, benzeno, caprolactama, além de gasolina e GLP (gás de cozinha). No segmento de resinas termoplásticas, em que é líder, produz polietileno, polipropileno, PVC e PET.

Com o objetivo de valorizar e promover o crescimento de toda a cadeia petroquímica, a Braskem trabalha em conjunto com seus clientes - os transformadores de produtos plásticos (a terceira geração petroquímica) - no desenvolvimento de produtos e na busca de novos mercados e oportunidades de negócios.

2.2. Produtos

A Braskem integra a primeira e a segunda geração da cadeia petroquímica. Recebe a nafta das refinarias de petróleo, transformando-a em matérias-primas necessárias para a fabricação de diversos produtos presentes em nosso dia-a-dia.

As matérias-primas fornecidas pela Braskem estão distribuídas em quatro unidades: Insumos Básicos, Desenvolvimento de Negócios, Poliolefinas e Vinílicos.

2.2.1. Insumos básicos

Na unidade de Insumos Básicos (Central de Matérias-Primas de Camaçari - BA), são produzidos: Benzeno, tolueno, orto-xileno, para-xileno, xileno misto, butadieno, 1-buteno, isopreno, dicitlopentadieno, metil-tercil-butil-éter (MTBE). Estes produtos de primeira geração são utilizados para a fabricação de diversos produtos petroquímicos, principalmente resinas termoplásticas.

2.2.2. Desenvolvimento de Negócios

Na unidade de Desenvolvimento de Negócios, são produzidos: Caprolactama, utilizada na fabricação de fio têxtil (nylon-6); sulfato de amônio, utilizado como fertilizante; ciclohexanona, usada como solvente para tintas, pesticidas, resinas naturais, óleos e borracha; polietileno tereftalato (PET), resina termoplástica utilizada, por exemplo, na fabricação de embalagens para refrigerantes e medicamentos; DMT, produto intermediário para fibra sintética utilizada na indústria têxtil como componente do filamento de poliéster e do PET; e energia.

2.2.3. Poliolefinas

Na unidade de Poliolefinas, são produzidos resinas termoplásticas polietileno (PE) e polipropileno (PP), utilizadas na fabricação de embalagens, tubos para gás, água e telecomunicações, roupas hospitalares, seringas e fraldas descartáveis, móveis infantis, utensílios domésticos e eletroeletrônicos, entre outras aplicações.

2.2.4. Vinílicos

Na unidade de Vinílicos são produzidos o policloreto de vinila (PVC), resina termoplástica aplicada em diversas indústrias, entre elas a de tubos e conexões, brinquedos, calçados, fios e cabos, esquadrias, forros, pisos e piscinas, entre outras; cloro, utilizado na produção de PVC, fármacos, defensivos agrícolas, no tratamento de água, na limpeza doméstica e hospitalar; e soda, utilizada para a fabricação de sabão, detergentes, metais e papel e celulose, entre outras utilidades.

2.3. Localização

A Braskem tem fábricas localizadas nos pólos petroquímicos de Camaçari (BA) e Triunfo (RS), no pólo cloro-químico de Alagoas e em São Paulo (SP). Em Camaçari, estão localizadas 6 fábricas da Unidade de Insumos Básicos, Unidade de Desenvolvimento de Negócios, Unidade de Poliolefinas e Unidade de Vinílicos. Em

da Unidade de Vinílicos. No pólo de Triunfo, estão três das fábricas da Unidade de Poliolefinas.

3. Unidade Cloro/Soda – Maceió, Alagoas (UCS-AL).

Localizada na restinga do Pontal da Barra, onde opera desde 1977, a UCS - AL ocupa uma área de 330 mil m² e tem cerca de 400 integrantes. Sua principal matéria prima é o mineral sal-gema, extraído sob forma de salmoura, cujas jazidas estão situadas a 8 km do complexo industrial.

A seguir tem-se a vista aérea da unidade cloro-soda:

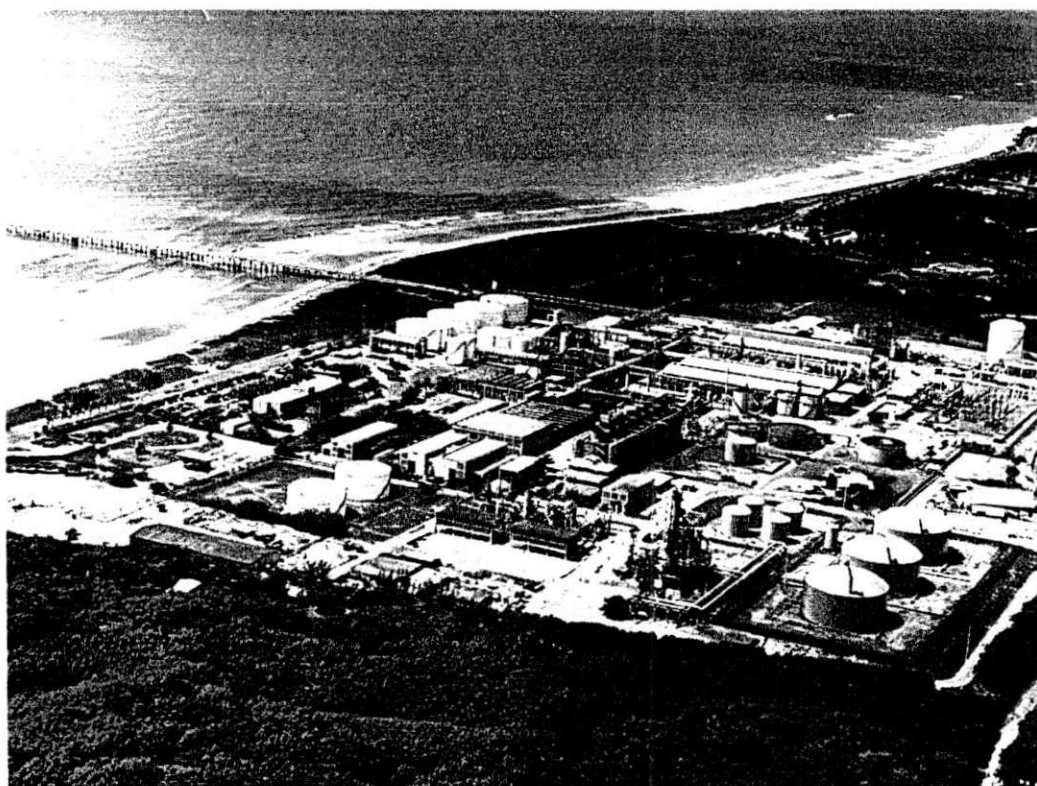


Figura 3.1: Vista aérea da planta Braskem Cloro/Soda

Para que o trabalho não fique muito extenso no tocante aos processos existentes, nem perca o seu foco principal serão apresentadas apenas as principais etapas dos processos de obtenção do CLORO, DCE e SODA. A seguir tem-se um resumo do processo de fabricação da UCS – AL.

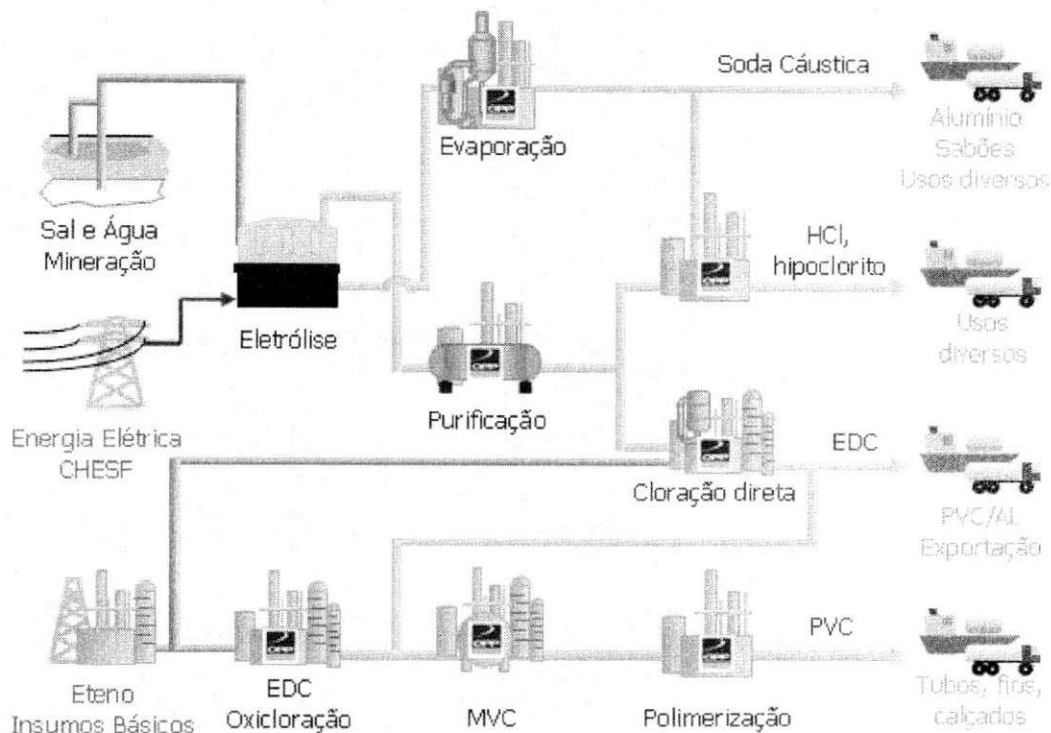


Figura 3.2: Diagrama do processo de produção Braskem Cloro/Soda (Soda utilizada na fabricação da Alumina que é insumo do alumínio)

3.1. Mineração

A área de mineração se encontra no bairro do bebedouro, ao lado da lagoa de Mundaú. Ela é responsável pela extração da salmoura utilizada na produção do ácido clorídrico e da soda cáustica. O cloreto de sódio é encontrado em poços que são perfurados na região, rica em reservas de sal no seu subsolo. O processo de extração é feito através de bombas, que injetam água por tubos nos poços, que dilui o sal e retorna pela camisa do tubo. A salmoura é então concentrada para depois ser enviada pela tubovia até a cloro-soda. Além disso é injetado óleo pressurizado na parte externa da tubulação com a finalidade de modelar a parte superior do poço, controlando assim o crescimento do mesmo.

Toda a água utilizada neste processo de extração é obtida através de captação por poços artesianos, localizados na área de mineração. Parte desta água é também transferida para a fábrica por meio de uma tubulação de 10 polegadas de diâmetro.

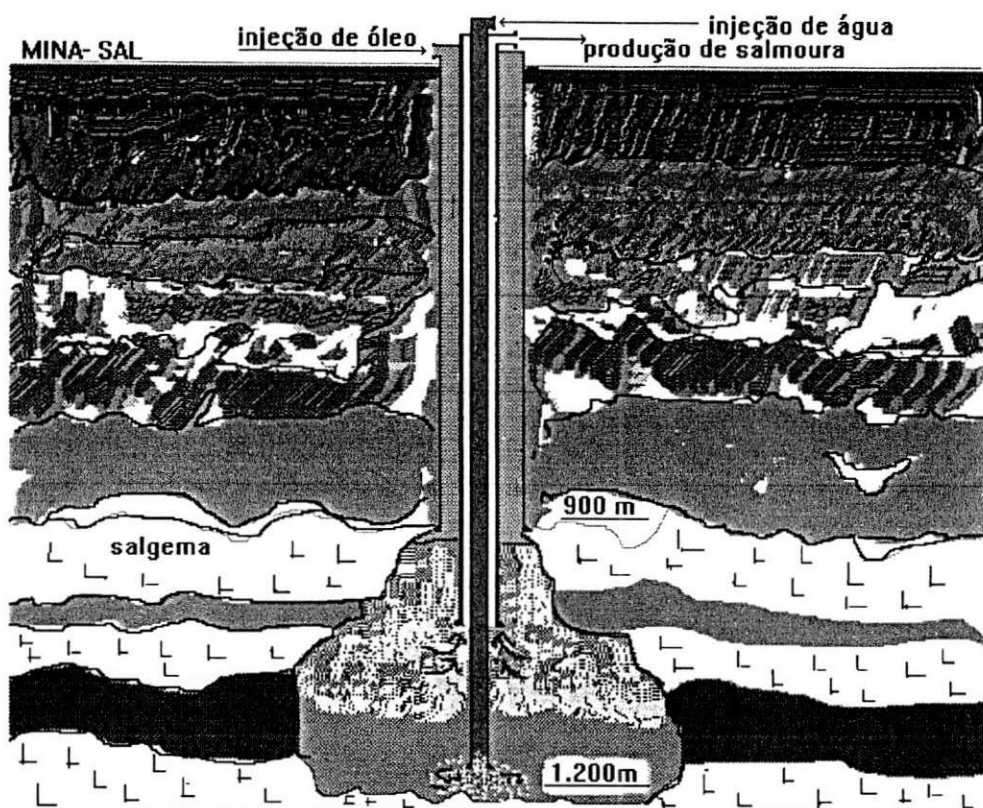


Figura 3.1.1: Processo de mineração do sal - gema

3.2. Processo de Produção

A planta de cloro/soda Alagoas da Braskem foi projetada para uma produção de 395 m.t.a (mil toneladas ano) de soda cáustica, 350 m.t.a. de cloro e 10 m.t.a de hidrogênio, obtidos a partir da eletrólise de uma solução saturada de cloreto de sódio. Atualmente, a produção atual da planta é de 450 m.t.a. de soda cáustica, 400 m.t.a. de cloro e 11.4 m.t.a. de hidrogênio.

A produção prevista no projeto só seria conseguida quando operadas a uma corrente elétrica de 80kA durante 8400 horas a uma eficiência de 94.7%. Atualmente, após melhorias realizadas nos transformadores e retificadores as casas de células I, II e III operam com 95kA com eficiência de corrente de 94.5%.

O processo utilizado para este propósito é o eletrolítico que consiste em linhas gerais na passagem da corrente elétrica através de uma solução aquosa do cloreto de sódio.

Os equipamentos onde se processa a eletrólise é a célula de diafragma, no total tem-se 416 células, sendo que a casa de células I e II possui 136 células e a casa III 144

Os equipamentos onde se processa a eletrólise é a célula de diafragma, no total tem-se 416 células, sendo que a casa de células I e II possui 136 células e a casa III 144 células ligadas eletricamente em série. As células de diafragma consistem em três seções: Fundo, Meio e Topo que superpostas formam a célula, cujo formato se aproxima de um cubículo.

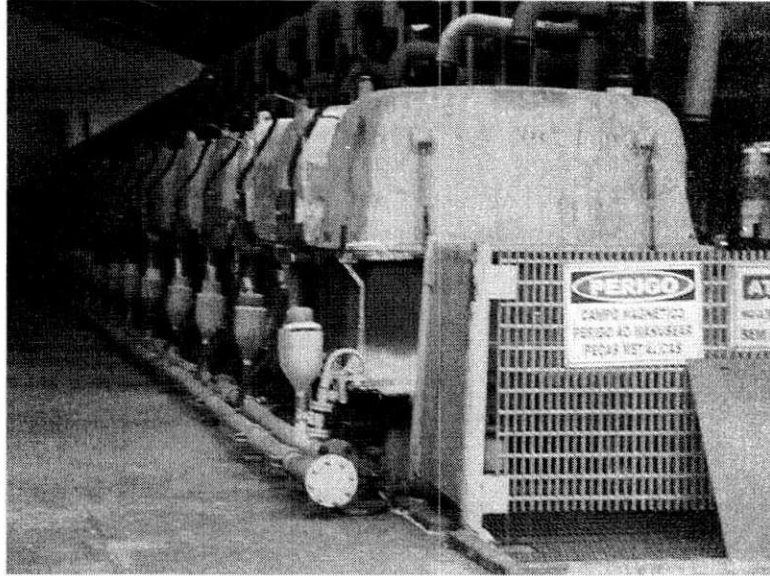


Figura 3.2.1 – Casa de Célula I

As seções do FUNDO e do TOPO servem como suportes e recipientes para cloro e a salmoura respectivamente. A seção intermediária é a parte da célula onde se processa a eletrólise, compõe-se de placas anódicas, alternadas com câmaras de telas perfuradas, o catodo.

Os anodos são de titânio revestidos com óxido de rutênio. Os anodos são expandidos com o objetivo de reduzir a distância anodo/catodo através de expansores e consequentemente reduzir o consumo de energia.

As tampas das células são construídas em PRFV (Plástico reforçado com fibra de vidro) e os catodos construídos em aço carbono. As células diafragma se caracterizam por um diafragma poroso entre o anodo e o catodo, cuja função é separar o cloro produzido no anodo do licor de células (mistura de NaCl e NaOH) e do hidrogênio produzido no catodo.

Quando em operação a salmoura purificada, ácida e aquecida previamente, é alimentada no compartimento anódico das células, onde por ação da corrente elétrica se

O hidrogênio e a soda são gerados no catodo. O hidrogênio juntamente com vapores de água, são retirados da célula por um compressor de anel líquido e enviadas para a área de resfriamento, sendo posteriormente distribuído para as caldeiras e síntese de ácido clorídrico (HCl).

O licor de células flui por gravidade para o tanque de licor, e em seguida é bombeado para as áreas de concentração de soda cáustica, tratamento de salmoura e fabricação de barrilha, renovação de células e neutralização de efluentes industriais.

Com o transcorrer da operação, o diafragma da célula vai sendo obstruído pelas impurezas contidas na salmoura de alimentação, sendo necessário a substituição por outra com diafragma novo. A célula com diafragma obstruído é enviada para a área de renovação de células onde é feita a deposição de um novo diafragma.

A operação de substituição de células no circuito elétrico envolve a instalação de equipamento chamado de *"Jumper Switch"*, para dar continuidade à condução da corrente elétrica.

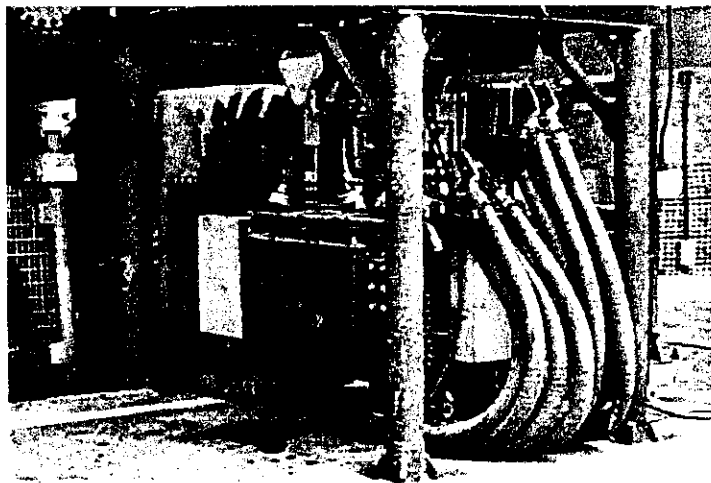


Figura 3.2.2 – Jumper Switch

O fluxograma a seguir apresenta um resumo de todo o processo de eletrolise:

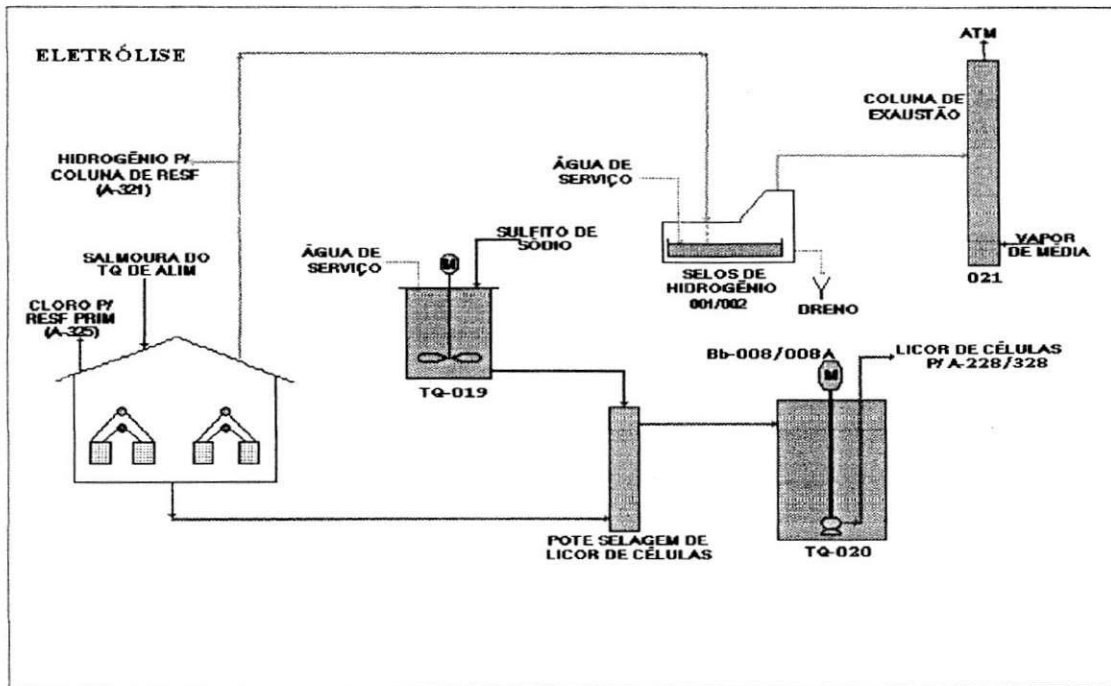


Figura 3.2.3 – Fluxograma simplificado do início do processo “Eletrolise”.

A seguir tem-se o detalhe da eletrolise:

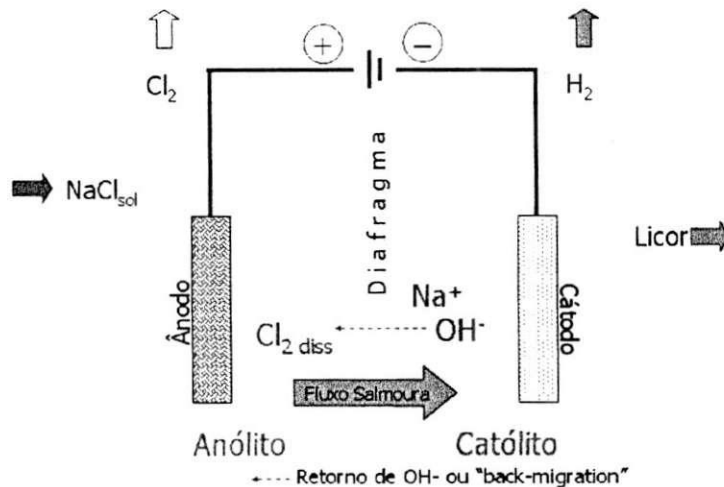


Figura 3.2.4: Detalhe do processo de Eletrolise

3.2.1. Processamento de Cloro

O cloro gás proveniente das células necessita de um tratamento especial, uma vez que está quente e contém certas impurezas que serão eliminadas no transcorrer do processo, fazendo com que o mesmo tenha condições de ser industrializado e comercializado.

O primeiro passo é o resfriamento, condensando os vapores de água em duas etapas, sendo que na primeira, o fluido de resfriamento é a água da torre (28°C) e na segunda etapa é água gelada (5°C).

Após o resfriamento, o cloro passa pelo “Brink-Filter” com 20 elementos de lã de vidro, onde retém o sal, em forma de névoa, arrastado desde a célula.

Toda a água condensada no primeiro e segundo estágios e filtro flui para o vaso de água clorada a qual é enviada, através de bombeamento, para o sistema de tratamento de cloro e/ou cloração da salmoura.

Em seguida, o cloro passa pelo sistema de secagem após ter perdido, durante o resfriamento, 99% da água originalmente arrastada das células. Esse sistema é composto de quatro torres que operam em série com concentrações crescentes de ácido sulfúrico, cujo contato com o cloro remove o restante de água contida no mesmo.

O cloro passa agora para a área de compressão, onde é resfriado em uma torre, por contato direto com cloro líquido. Daí é comprimido até 2.5kgf/cm² e 115°C, sendo então novamente resfriado e comprimido até 7.5kgf/cm² e 115°C, fluindo para liquefação.

Antes da liquefação, o cloro é resfriado à 40°C por um trocador, com água da torre, indo em seguida para os liquefatores primários, secundário e terciário. O cloro liquefeito flui para um tanque pulmão, do qual é enviado ao sistema de resfriamento, estocagem, cloroduto e carreta.

Os gases não condensáveis adicionados a um pequeno percentual de cloro, são enviados para o sistema de abatimento de cloro e/ou fabricação de hipoclorito de sódio.

Liquefação do Cloro

O gás comprimido para que seja liquefeito, necessita de um abaixamento de temperatura, isto é feito em três estágios:

- **Primeiro Estágio da Liquefação de Cloro:**

Neste estágio, o cloro é liquefeito em um trocador de calor com água gelada por contato indireto onde a maior parte se condensa sob a forma de líquido. Os gases que não condensaram, seguem o processo fluindo para o segundo estágio de liquefação.

- **Segundo Estágio de Liquefação de Cloro:**

O líquido refrigerante usado para este segundo estágio é o R-12, que circula por um trocador de calor abaixando a temperatura dos gases para -8°C.

Uma parte do gás é liquefeita e a outra não condensável segue para o terceiro estágio.

- Terceiro Estágio de Liquefação do Cloro:

O terceiro estágio também usa R-12 como líquido refrigerante, desta feita abaixando a temperatura dos gases para -15°C , através de um trocador de calor. Devido os mesmos não serem totalmente condensáveis nestas condições, e que foram arrastados das células, é impossível liquefazer todo cloro produzido. Portanto os gases incondensáveis arrastados com cloro saem do sistema de liquefação indo para a área de abatimento e/ou para fabricação de hipoclorito.

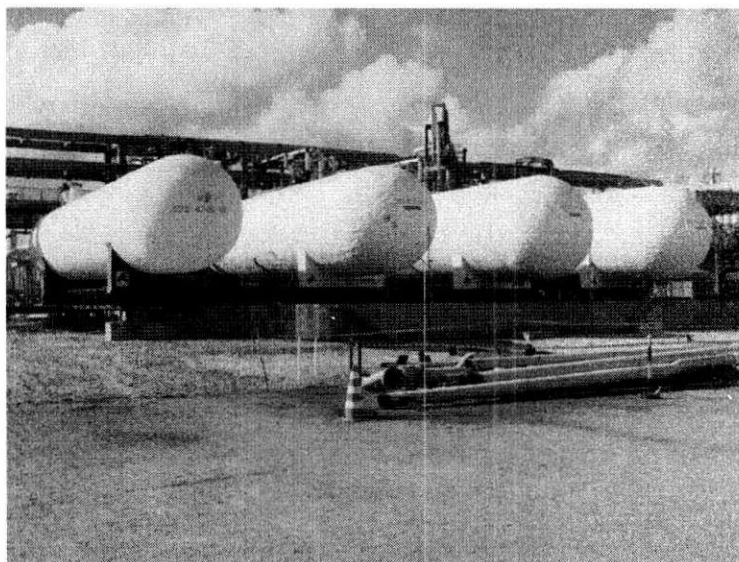


Figura 3.2.1 – Sistema de armazenamento de Cloro líquido “CHARUTOS”.

3.2.2. Resfriamento e Compressão de Hidrogênio

O hidrogênio quente e úmido produzido nas casas de células é enviado para a coluna de resfriamento de hidrogênio onde troca calor com salmoura tratada, proveniente da área de tratamento de salmoura. A troca de calor é promovida por contato direto e em sentido contrário ao fluxo do processo. O gás se resfria de 90°C para 40°C enquanto a temperatura da salmoura é elevada de 30 para 75°C .

O hidrogênio é succionado por dois compressores centrífugos de anel líquido os quais comprimem juntamente com água. Em seguida o hidrogênio é seco para posterior queima nas caldeiras e/ou para produção de ácido clorídrico.

A salmoura de alimentação da coluna de resfriamento está com concentração de 297gpl, é aquecida e sai da coluna com 270gpl devido à incorporação da água condensada da corrente de hidrogênio.

3.2.3. Processo de fabricação do DCE

O processo de produção se baseia na reação exotérmica de adição do cloro ao eteno, catalisada por cloreto férrico, seguida de um processo de lavagem e secagem, para estocagem final e disponibilização para uso (enviado para unidade de PVC). Basicamente a unidade pode ser dividida pelos seguintes sistemas:

1. Reação;
2. Purificação;
3. Secagem;
4. Estocagem;
5. Tratamento de efluentes.

A seguir tem-se a Área de Produção de DCE:

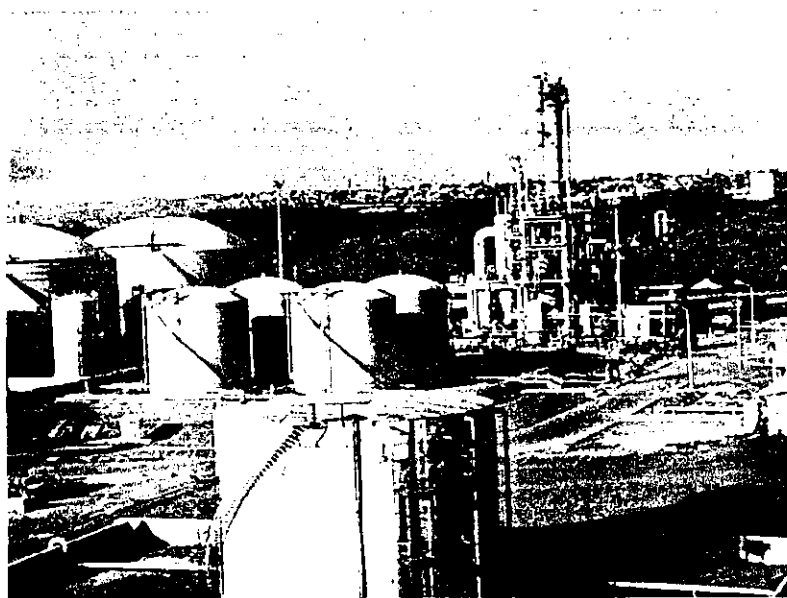


Figura 3.2.3.1 – Área de produção de DCE

3.2.4. Processo de fabricação da Soda

O licor proveniente das casas de células vai para a área de concentração de soda cáustica que tem por objetivo aumentar a concentração desta soda cáustica no licor de células. Basicamente, este processo pode ser subdividido em: evaporação, resfriamento, centrifugação e estocagem de soda, centrifugação de sal.

- **Evaporação:** o licor de células alimenta o sistema de evaporação o qual utiliza vapor da água como fonte inicial de calor. O sistema basicamente permite o aquecimento e conseqüente vaporização de água da solução de licor, aumentando assim a concentração da soda cáustica, ao mesmo tempo, que o sal é cristalizado e retirado da solução.
- **Resfriamento:** após concentração da soda a solução é resfriada com o objetivo de retirar sais ainda remanescente da corrente dos evaporadores. O resfriamento é realizado utilizando com agentes refrigerantes, água de resfriamento e água gelada.
- **Centrifugação e estocagem de soda cáustica:** após resfriamento, a soda cáustica concentrada passa por centrífugas que retiram o sal cristalizado no sistema de resfriamento. A soda cáustica, após essa etapa é estocada no sistema de tancagem da unidade para avaliação de sua pureza e posterior comercialização.
- **Centrifugação de sal:** o sal cristalizado no sistema de evaporação é enviado para o sistema de centrífuga, de forma a ser separado da solução de licor. O sal separado é então enviado para o pátio de estocagem de sal ou para refazer os leitos dos ressaturadores.

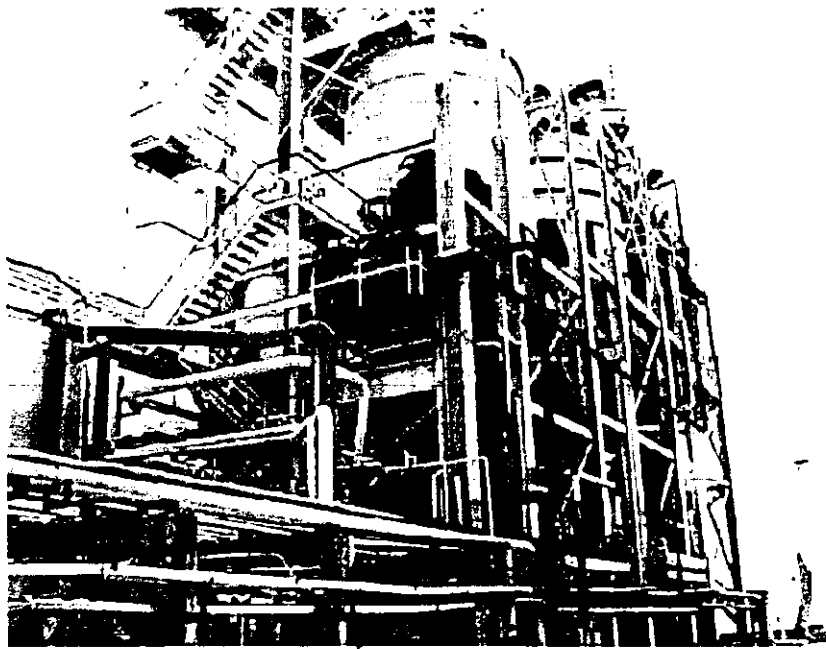


Figura 3.2.4.1 – Área de Evaporação de Soda

3.3. Alimentação da Planta

A unidade cloro-soda é considerada um eletro - intensivo, uma vez que sua demanda por energia elétrica é bastante elevada, pois é a fonte principal para a realização da eletrólise. Além disso, existem diversos equipamentos de grande porte essenciais para a produção, como compressores e bombas.

Surge então a necessidade de instalações elétricas especiais para suprir toda essa demanda de energia, desde o recebimento da concessionária até a sua distribuição, atendendo às mais diversas necessidades. Faz-se uso então da manipulação dos níveis de tensão e dos sistemas de regulação.

A planta Braskem CS-AL possui uma demanda de potência para o processo de produção de 170MVA, porém a carga instalada total da planta é de 336MVA. A título de comparação, a demanda da cidade de Maceió é de 190MW, e a de todo o estado de Alagoas é de 350MW.

Nos tópicos seguintes serão detalhados todos os itens importantes no que se diz respeito a alimentação de energia elétrica.

Subestação Principal

A subestação principal da Braskem CS-AL é dividida fisicamente em duas áreas: o pátio e a sala de controle.

O pátio, ou a área externa da subestação, possui duas linhas (L1 e L2) com todos os equipamentos necessários para receber a alimentação de 230kV diretamente da concessionária e transformá-la para 13,8kV, assim como oferecer proteção contra eventuais surtos e variações.

A sala de controle, ou a área interna da subestação, possui três barramentos (A, B e C) que recebem a alimentação dos transformadores principais. É nessa área onde é realizada grande parte das tarefas de monitoramento, proteção e controle da subestação.

Esses barramentos de 13,8kV também fornecem energia para os retificadores e as subestações secundárias, além de outras cargas.

A seguir tem-se o diagrama unifilar da subestação:

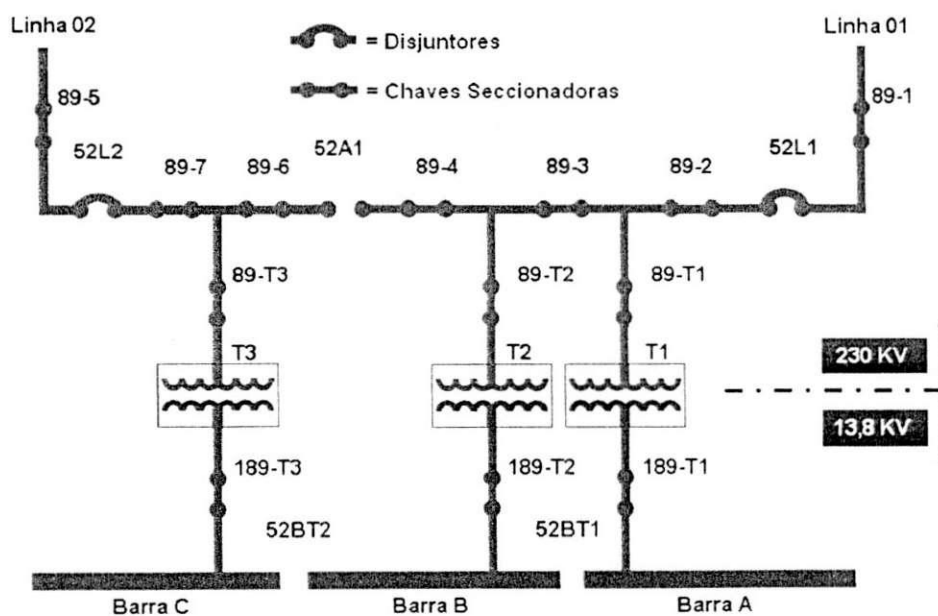


Figura 3.3.1: Diagrama unifilar simplificado da subestação principal

Os detalhes dos equipamentos dessas duas áreas serão apresentados nos tópicos seguintes.

3.3.1. Área Externa

A planta da Braskem UCS-AL é alimentada diretamente pela Chesf através de uma linha de transmissão de 230kV. Alguns quilômetros antes de chegar à subestação principal, essa linha se divide em duas, com a finalidade de realização de manobras e eventuais manutenções. Estas linhas são chamadas de Rio Largo I e Rio Largo II.

Como existem duas ramificações de alimentação, o pátio da subestação principal também possui duas linhas (L1 e L2), estas que alimentam três transformadores principais (T1, T2 e T3) que reduzem a tensão de 230kV para 13,8kV.

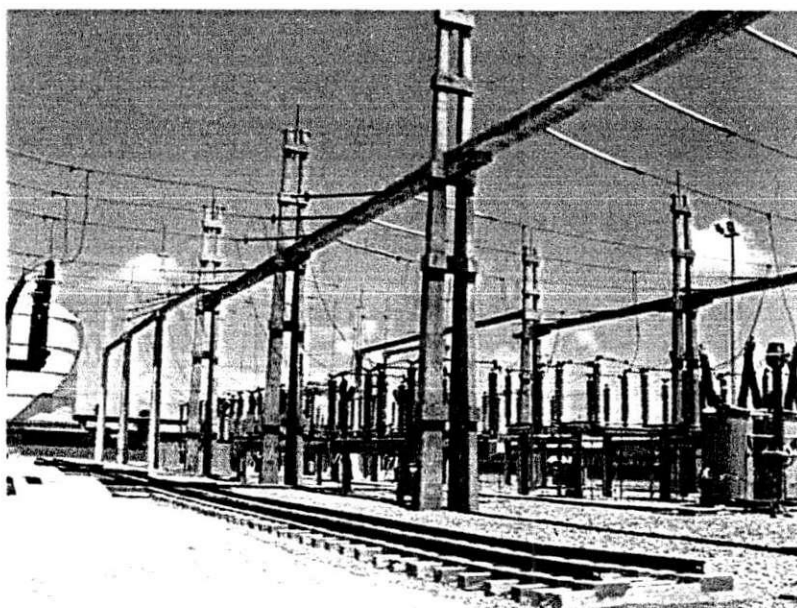


Figura 3.3.1.1: Pátio – Área externa da subestação principal

Essas linhas possuem vários equipamentos que atuam de diversas maneiras, como proteção e medição. Esses dispositivos são:

- **Pára-raios de proteção:**

São os primeiros dispositivos presentes nas entradas das linhas da subestação principal. A função desse dispositivo é proteger o sistema contra surtos de tensão provocados por descargas atmosféricas ao longo das linhas de transmissão provenientes da concessionária.

Cada fase das linhas possui seu próprio pára-raios de proteção. Eles possuem um dispositivo que contabiliza o número de descargas realizadas, o que é utilizado

para medir seu tempo de vida. Porém, esse é um método pouco eficaz e pouco preciso, pois as descargas sempre são de diferentes durações e intensidades.

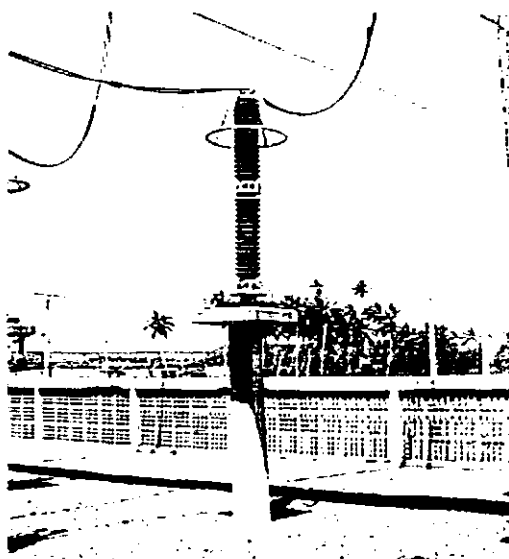


Figura 3.3.1.2: Pára-raios de proteção

- **Pára-raios Teleféricos**

São dispositivos de proteção que são instalados nos pontos mais altos das instalações da subestação e protegem os dispositivos, instrumentos, sistemas e trabalhadores contra descargas atmosféricas sobre a área da subestação.

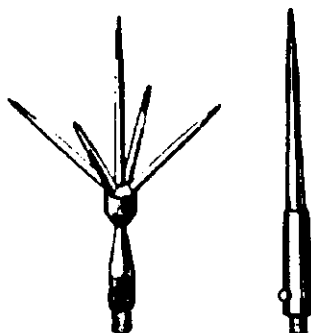


Figura 3.3.1.3: Pára-raios teleféricos

- **Transformadores de Potencial (TP's)**

São dispositivos de medição utilizados para o monitoramento do nível de tensão entregue pela concessionária. Cada fase das linhas possui somente um TP.

O TP funciona como qualquer outro transformador, onde a tensão no seu secundário é uma tensão segura para alimentar os indicadores dos painéis de medição no interior da subestação, que indicam valores em uma escala compatível com a tensão original (230kV) da linha através de uma relação.

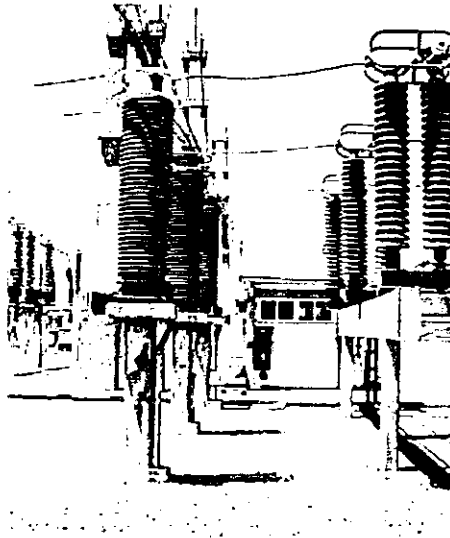


Figura 3.3.1.4: TP – Transformador de Potencial

- **Transformadores de Corrente (TC's)**

Assim como os TP's, são dispositivos de medição e proteção, que são destinados ao monitoramento dos níveis de intensidade de corrente entregues pela concessionária.

A linha L2 possui dois TC's (um de medição e outro de proteção) para cada fase da linha de entrada, enquanto a linha L1 possui apenas um TC (medição) para cada fase. A razão disso é que o TC trabalha em conjunto com os disjuntores, funcionando como o sistema de proteção contra surtos de corrente na linha, e os disjuntores da linha L1 são diferentes dos da linha L2. Os detalhes dos disjuntores usados na subestação da Braskem CS-AL serão detalhados no tópico seguinte.

A corrente no secundário dos TC's é uma corrente segura para alimentar os indicadores nos painéis de medição no interior da subestação. Também utilizam a relação entre o primário e o secundário do transformador para indicar, através de uma escala, a intensidade de corrente na linha.

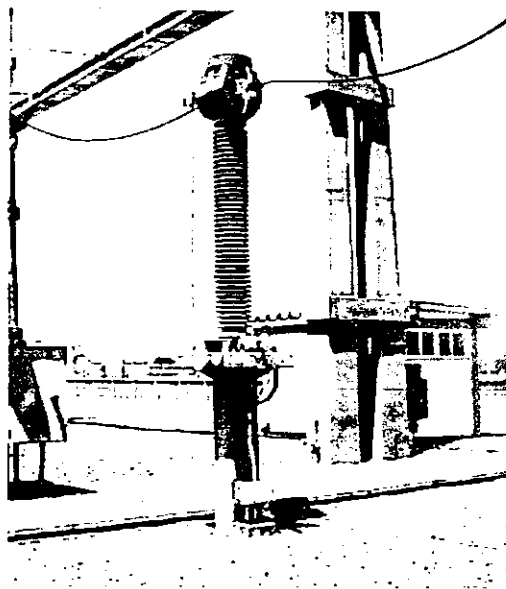


Figura 3.3.1.5: TC – Transformador de Corrente

- **Disjuntores**

Os disjuntores são dispositivos destinados a manobras e à proteção dos circuitos em eventuais problemas na rede. Juntamente com os TC's, representam o sistema de proteção das linhas da subestação principal contra surtos de corrente. Se uma variação momentânea da corrente entregue pela concessionária ultrapassa um determinado valor pré-estabelecido, os disjuntores atuam e isolam o sistema principal da linha de alimentação, e conseqüentemente evita que a corrente elevada danifique dispositivos importantes e caros, como os transformadores principais.

Como os disjuntores realizam o seccionamento da linha é enquanto a mesma ainda está energizada, ocorre então o efeito de arco-elétrico entre os contatos do disjuntor. Esse efeito danifica esses contatos, reduzindo o tempo de vida útil do equipamento. Fluidos isolantes são então utilizados com a finalidade de minimizar esse efeito. Os contatos ficam imersos nesses fluidos, extinguindo mais rapidamente os arcos-elétricos. Na subestação da Braskem existem dois tipos de disjuntores. Os da linha L1 são do tipo GVO (Grande Volume de Óleo), enquanto os da linha L2 são à base de SF₆.

Os disjuntores GVO são equipamentos com uma tecnologia já bastante antiga, e que possuem internamente os TC's que fazem parte do sistema de proteção. Por isso a linha L1 possui apenas um TC por fase, destinado à medição.

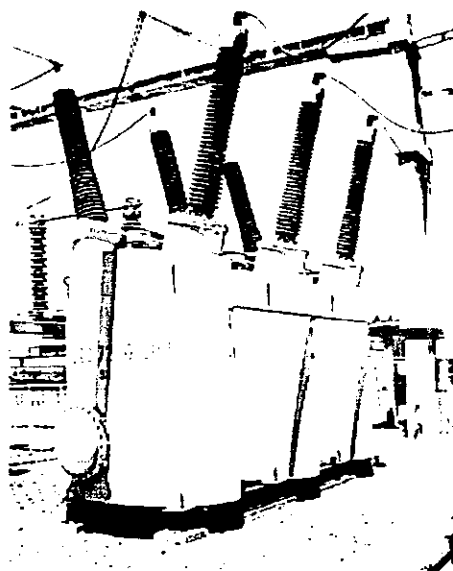


Figura 3.3.1.5: Disjuntores GVO – Linha L1

Já os disjuntores SF₆ são disjuntores com uma tecnologia mais atual, que utilizam o gás *Hexafluoreto de Enxofre* (SF₆) como fluido isolante. As vantagens do uso do SF₆ são: a necessidade de um volume de confinamento reduzido, baixa manutenção, tamanho reduzido do equipamento e é um fluido ecologicamente correto. Os TC's de proteção são instalados exteriormente aos disjuntores SF₆, diferentemente dos disjuntores GVO.

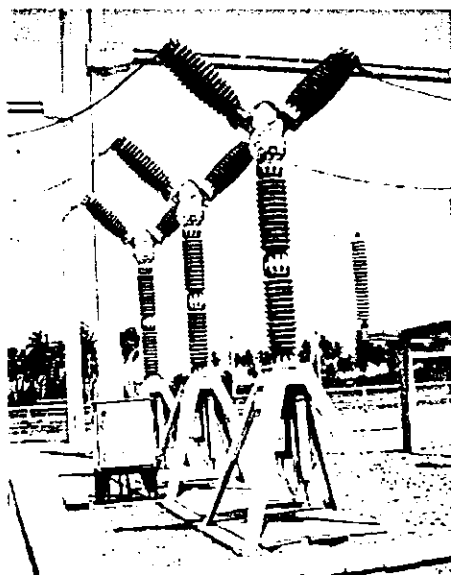


Figura 3.3.1.6: Disjuntores SF₆ – Linha L2

- **Chaves Seccionadoras**

Existem dois tipos de chaves seccionadoras na subestação principal da Braskem CS-A1, as chaves seccionadoras verticais e chaves seccionadoras horizontais. Ambas têm a função de isolar partes dos circuitos e realizar manobras, ou seja, é um equipamento destinado a ligar e desligar, sem estarem energizados, partes dos circuitos que alimentam os transformadores principais, com a finalidade de se realizar manutenção.

As chaves verticais isolam ou inserem as linhas de alimentação ao circuito principal, enquanto as chaves horizontais fazem a ligação entre os barramentos desse circuito.

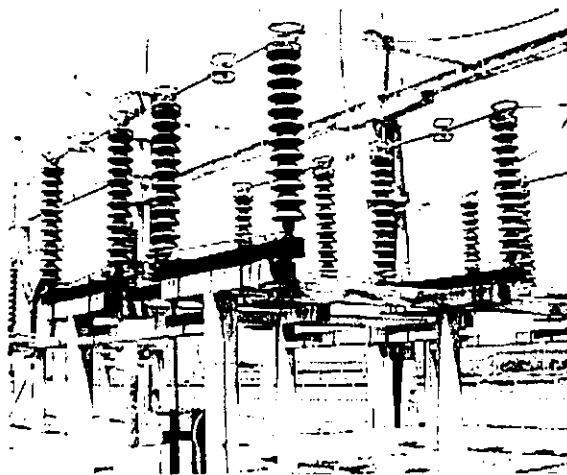


Figura 3.3.1.6: Chave seccionadora horizontal

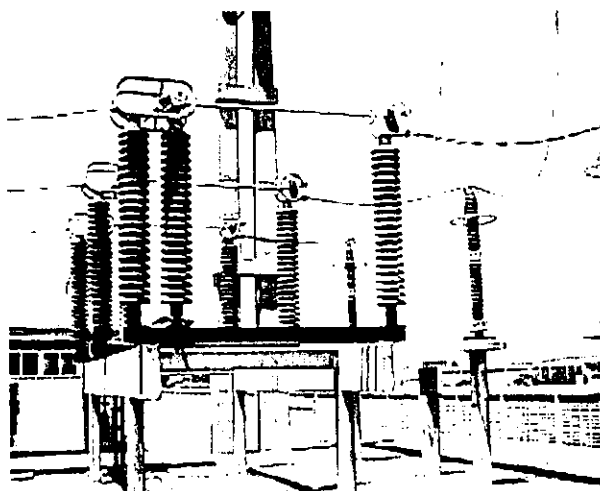


Figura 3.3.1.7: Chave seccionadora vertical

- **Transformadores Principais**

Existem três transformadores principais na subestação principal da Braskem CS-A1, que recebem 230kV e alimentam um barramento 13,8kV. As potências desses transformadores ficam em torno de 112MVA para o T1 e o T3, e para o T2 a potência é de 130MVA.

Para a refrigeração do óleo isolante do transformador T1 é utilizado o sistema de radiadores, onde o óleo é refrigerado pelo ar. Já nos transformadores T2 e T3 o sistema de refrigeração do óleo é realizado por trocadores de calor à água, que são mais eficientes e possuem um tamanho reduzido.

Cada transformador possui um dispositivo chamado Comutador de TAP's, que possuem a função de manter a tensão de entrada a mais constante possível. A cada variação na tensão de alimentação, os TAP's são ajustados automaticamente.

Existem outros dispositivos de proteção de forma a garantir a integridade desses equipamentos, que são caros e essenciais para a produção da planta. Dentre eles estão os alarmes, sensores de gases no óleo isolante, proteções intrínsecas, aterramento, etc.

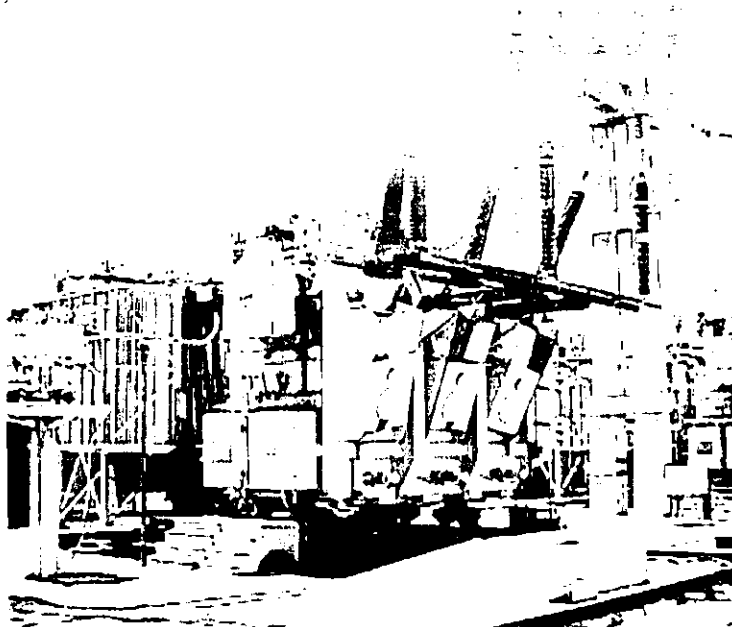


Figura 3.3.1.8: T1 – Refrigeração por radiadores

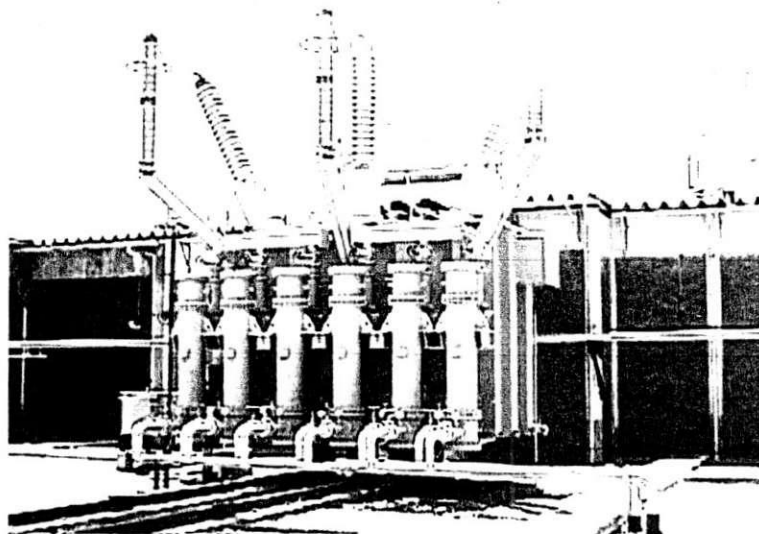


Figura 3.3.1.9: T3 – Refrigeração por trocadores de calor água/óleo

3.3.2. Sala de Controle – Área Interna (13,8kV)

Na sala de controle são realizadas a maioria das atividades de manobra, de medição e de controle, e é também onde estão instalados os sistemas de alarme que indicam ao operador possíveis falhas nos equipamentos.

Existem na sala de controle três barramentos (A, B e C) de 13,8kV alimentados pelos transformadores principais.

A sala de operação, onde ficam os operadores da subestação, também fica dentro da área da sala de controle.



Figura 3.3.2.1. : Sala de controle – Área interna da subestação principal

Os principais equipamentos encontrados na sala de controle são:

- Painel Duplex;
- Cubículos 13,8kV;
- Carregador de Baterias;
- Banco de Capacitores.

Painel Duplex

O Painel Duplex é uma estrutura que possui vários equipamentos e dispositivos que monitoram, protegem e comandam as linhas de 230kV e os barramentos A, B e C. Como o próprio nome menciona, ele possui duas interfaces.

Na parte frontal do painel, atuando tanto nos equipamentos da subestação quanto nos equipamentos da seção retificadora, encontram-se os seguintes dispositivos:

- Indicadores e mostradores: monitoramento de tensão, corrente, potências ativa e aparente, fator de potência, etc.;
- Chaves e interruptores: controle das ações e dos equipamentos;
- Luzes e alarme: indicam o estado de funcionamento e eventuais falhas.

Na parte traseira estão localizados todos os dispositivos que atuam como proteção do sistema contra falhas na linha, como relés eletro-mecânicos.

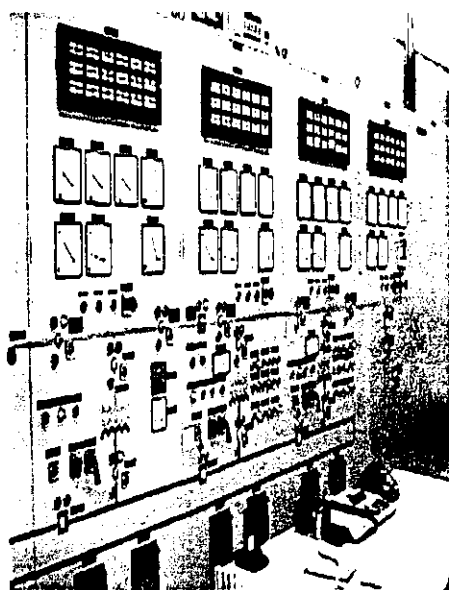


Figura 3.3.2.2: Painel Duplex – Parte frontal



Figura 3.3.2.3: Painel Duplex – Parte traseira

Cubículos

Atuam juntamente com o Painel Duplex. Assim como o Painel Duplex é responsável por fazer a troca de informações com os operadores, os Cubículos 13,8kV são responsáveis pela troca de informações entre o Painel Duplex (operadores) e os próprios equipamentos.

Em alguns desses cubículos encontramos os relés microprocessados, que são responsáveis pela proteção exclusiva do equipamento que está monitorando.

Carregador de Baterias

São dispositivos que mantêm energizadas baterias que são utilizadas como energia emergencial para os equipamentos críticos da sala de controle no caso de queda no fornecimento de energia. Funcionam como grandes no-breaks.

Vale lembrar que, em caso de interrupção da alimentação, as baterias só supririam equipamentos como terminais, painéis ou medidores. Para os equipamentos de grande e médio porte, como motores, compressores ou bombas, utiliza-se como fonte auxiliar os grupos geradores a diesel, que veremos mais adiante.

Banco de Capacitores

Os bancos de capacitores são utilizados para proteger o sistema funcionando como um filtro de harmônicas, mais precisamente a 5ª e a 11ª, as mais críticas para o sistema.

Outra finalidade desse dispositivo é fazer a correção do fator de potência, permitindo que planta opere dentro da margem estipulada pela concessionária, que é de no mínimo 0,92 indutivo, evitando assim o pagamento de multas e taxas adicionais.

Cada barramento de 13,8kV possui seu banco de capacitores. A capacidade de potência é de 5MVar para os bancos dos barramentos A e B. Por ser um equipamento instalado mais recentemente, a capacidade do banco do barramento C chega a 20MVar.

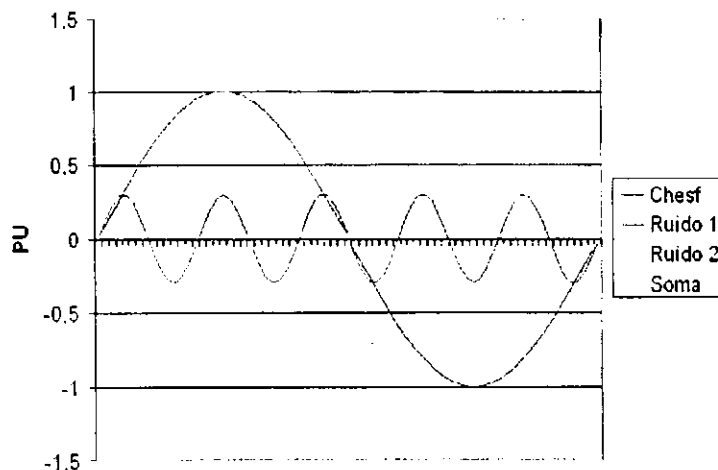


Figura 3.3.2.4: Interferência de ruídos (harmônicas)



Figura 3.3.2.5: Banco de capacitores C – 20MVA

Sala de Operação

A sala de operação possui um ambiente climatizado, com dois terminais interligados diretamente aos painéis e cubículos, mostrando em tempo real todas as informações importantes ao operador. Esses terminais também estão conectados diretamente com a concessionária, no caso a Chesf, e com a rede interna da Braskem.

Isso torna o sistema mais confiável, reduzindo a quantidade de falhas e o tempo de diagnóstico dos eventos.

3.4. Retificadores

Os retificadores são equipamentos que convertem a tensão alternada proveniente da subestação em tensão contínua, necessária para suprir as casas de células. Os transformadores principais da subestação alimentam os três barramentos de 13,8kVca que fornecem energia para o sistema retificador.

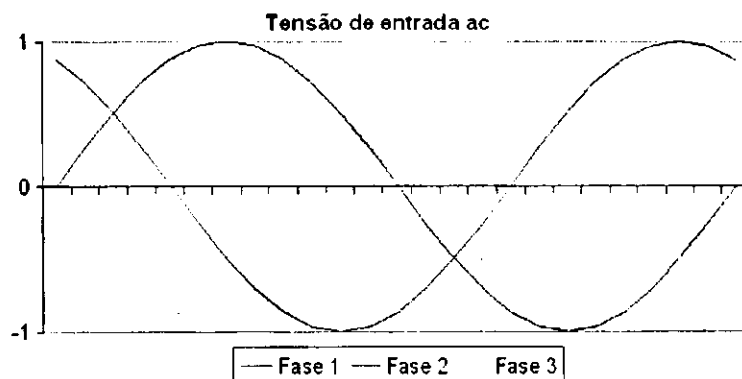


Figura 3.4.1: Sinal – Tensão alternada

A planta Braskem CS-AL possui seis transformadores retificadores, sendo dois para cada barramento. Cada transformador possui uma capacidade de 30MVA de potência, e transformam a tensão de 13,8kVca em 480Vcc.



Figura 3.4.2: Transformadores retificadores

Devido a sua importância, esses equipamentos raramente são desenergizados, e, assim como os transformadores principais, vários mecanismos de proteção são utilizados: monitores de temperatura, exaustores e refrigeradores dos circuitos retificadores, trocadores de calor água/óleo, monitores de tensão e de corrente, etc.

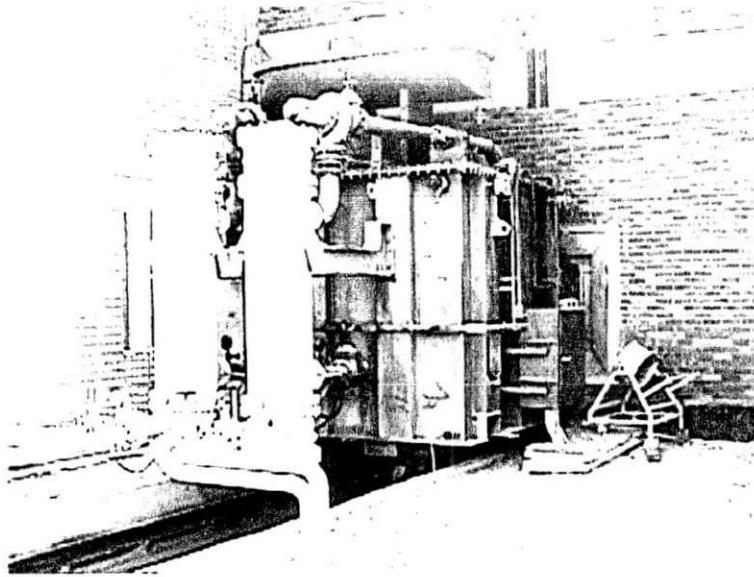


Figura 3.4.3: Transformadores retificadores - Trocadores de calor água/óleo

Ao analisar os circuitos retificadores, podemos perceber dois tipos diferentes de transformadores retificadores:

- Transformadores retificadores 1, 2, 3 e 4: circuito retificador à diodo;
- Transformadores retificadores 5 e 6: circuito retificador à tiristor;

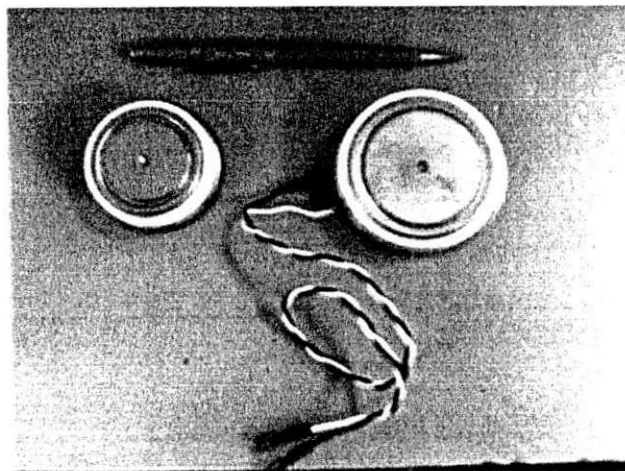


Figura 3.4.3: O diodo (esquerda) e o tiristor (direita)

3.4.1. Retificadores à Diodo

Dos seis transformadores retificadores, quatro possuem o circuito retificador implementado a diodo. Cada transformador possui 96 diodos, sendo 16 por barra.

Fornecem energia para as casas de células 1 e 2, e o seu sistema de refrigeração utiliza trocadores de calor água/óleo. Por serem equipamentos que elevam bastante a temperatura, esse resfriamento muitas vezes é feito com água gelada, forçando assim a dissipação da temperatura. Os circuitos são resfriados por meio de ventiladores e exaustores.

Para a regulação da tensão de entrada utiliza-se novamente o Comutador de TAP's.

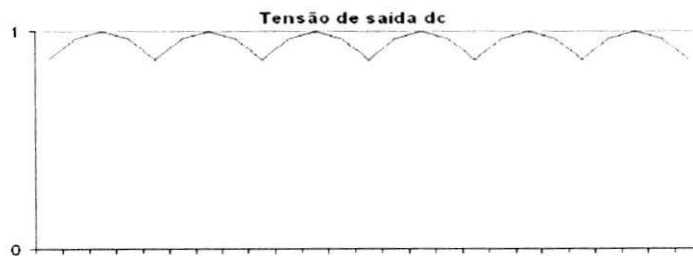


Figura 3.4.1.1: Retificador à diodo – Tensão contínua (saída)

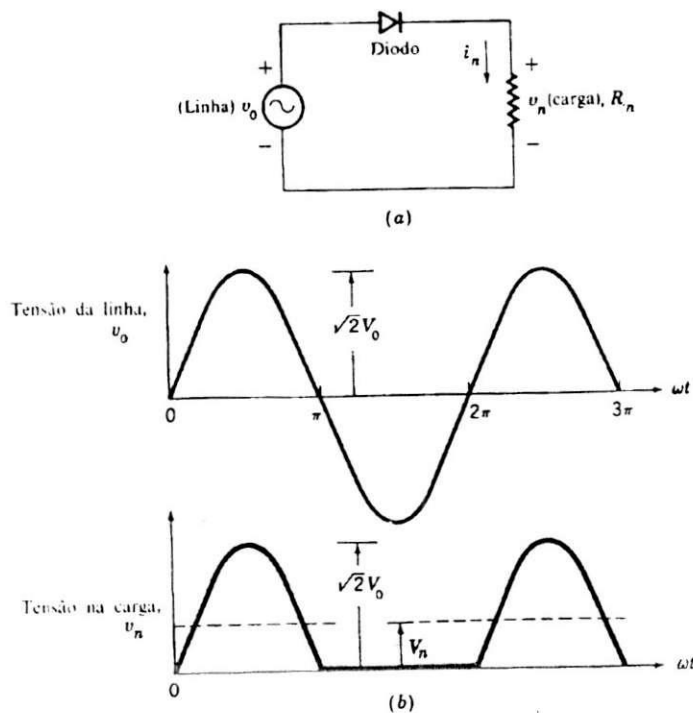


Figura 3.4.1.2: Retificador à diodo – Circuito retificador

3.4.2. Retificadores à Tiristor

Existem dois transformadores retificadores a tiristor, que fornecem energia para a casa de células 3. Cada um possui 120 tiristores, sendo 20 por barra.

Estes transformadores também utilizam o sistema de refrigeração por trocadores de calor água/óleo, juntamente com os ventiladores e exaustores.

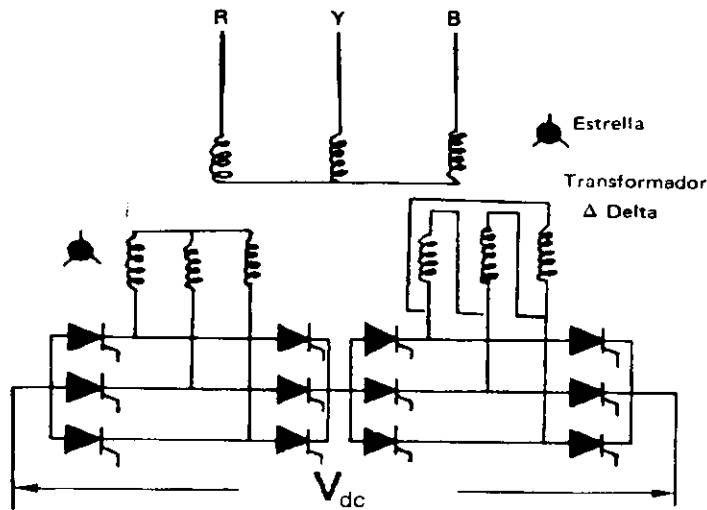


Figura 3.4.2.1: Retificador à tiristor – Esquema elétrico

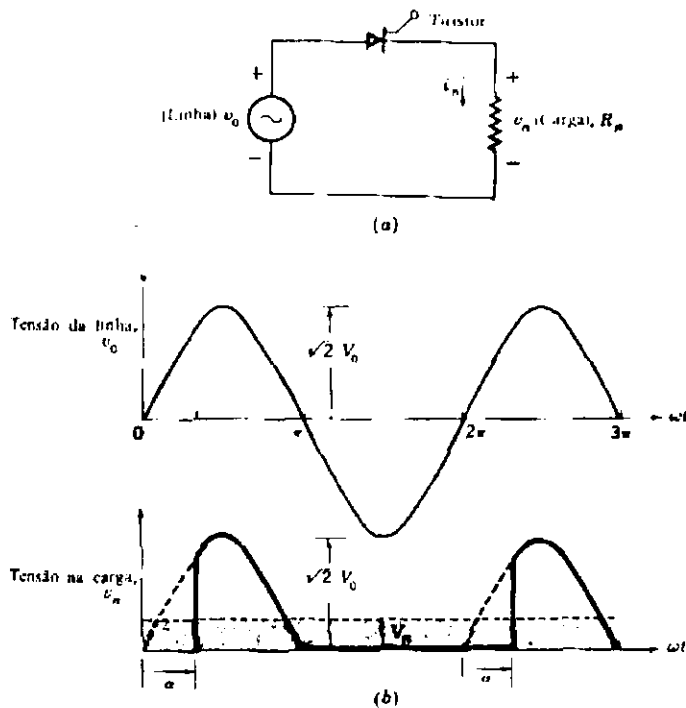


Figura 3.4.2.2: Retificador à tiristor – Circuito retificador

3.4.3. Subestações Secundárias

Existe na Braskem CS-AL 14 subestações secundárias, totalizando 41 trafos. Essas subestações abaixam a tensão de 13,8kV para 2,4kV ou 480V. Essas tensões alimentam os CCM's que controlam todos os motores elétricos, bombas e compressores do setor de produção, onde a capacidade de potência de carga é em torno de 18MW.

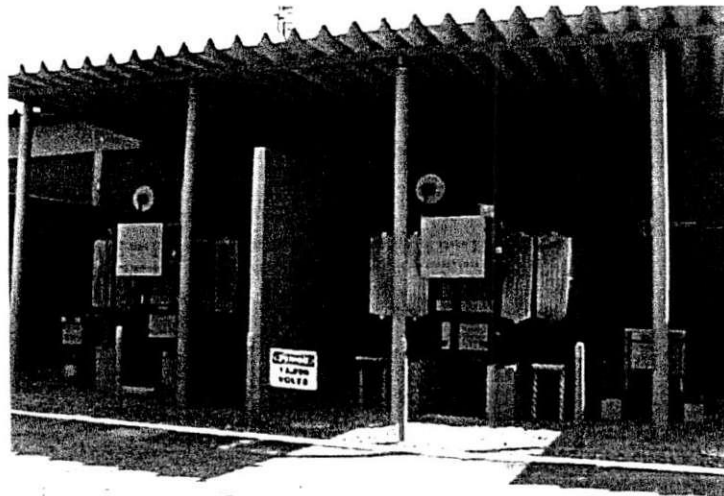


Figura 3.4.3.1: Subestação secundária

3.4.4. Grupo Motor-Gerador

A planta Braskem CS-AL dispõe de quatro grupos geradores a diesel para situações de emergência, porém esses equipamentos só atendem a cargas essenciais, que representam riscos de acidentes ou perda de produção.

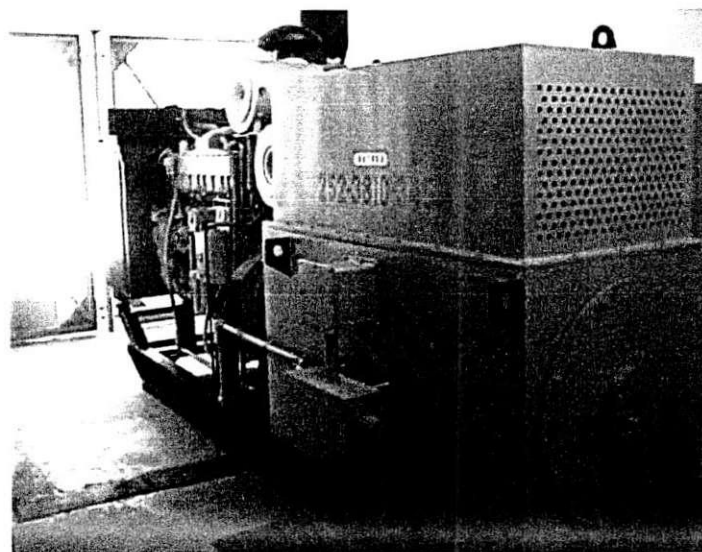


Figura 3.4.4.1: Grupo motor-gerador 400kVA – Betova

Cada grupo gerador possui um painel de controle que detecta automaticamente a falta de energia, acionando assim o motor diesel que movimenta o rotor do gerador. Os testes de verificação desses painéis são realizados semanalmente.

4. Qualidade, saúde, segurança e meio ambiente (QSSMA)

A primeira semana do estágio foi destinada ao treinamento de segurança e integração com todos os setores e unidades presentes em Maceió. Consistiu basicamente em conhecer todas as pessoas envolvidas no processo produtivo bem como saber qual atividade elas exerciam dentro da cadeia produtiva.

O técnico de segurança foi o responsável pelo treinamento de segurança, onde é evidenciada uma série de itens, desde a política de segurança, toques e sinais de alarme, riscos pertinentes ao processo e práticas de disposição final de resíduos entre outros.

Todo o processo é cercado de práticas de segurança, tais como: Regras de utilização de EPI (Equipamento de proteção individual), EPC (Equipamentos de proteção coletiva), Plano de controle de emergências (PCE), Plano de auxílio mútuo (PAM), treinamentos em segurança, divulgação das características dos produtos manuseados e integração da fábrica com as comunidades circunvizinhas.

A Braskem está comprometida com o desenvolvimento sustentável, por acreditar que o uso responsável dos recursos naturais e a qualidade de vida das comunidades em que atua são fatores essenciais para alcançar níveis de crescente competitividade e de excelência.

Mantém como princípios de atuação a valorização do ser humano, a ética permanente no relacionamento com clientes, fornecedores, investidores, acionistas e comunidade e a responsabilidade social. Desta forma, garante atendimento personalizado a seus clientes; defende a cooperação e parceria com fornecedores e o relacionamento estreito e construtivo com as comunidades.

A empresa tem, ainda, compromissos com a melhoria contínua de produtos, processos e serviços, o atendimento a padrões legais e voluntários, além da atuação preventiva em relação à qualidade de produtos e serviços, qualidade de vida, segurança dos processos e de informações e no uso racional dos recursos naturais.

A área de qualidade, saúde, segurança e meio ambiente da Braskem está certificada pelas normas ISO 9000 e ISO 14001, numa demonstração de como vem atingindo seus objetivos de crescer, mantendo-se fiel à qualidade de produtos e serviços, bom relacionamento com a comunidade e respeito ao meio ambiente.

Considerando que os cuidados com Saúde, Segurança e Meio Ambiente são valores empresariais básicos para a Braskem, cada um dos integrantes deve atuar conforme os seguintes princípios:

- As pessoas são único elo capaz de manter a empresa no caminho da excelência empresarial, portanto, os cuidados com sua postura, com a comunicação e com a gestão de suas competências serão sempre fundamentais.
- As questões de SSMA são responsabilidades de todos e de cada um. Cabe aos Líderes zelar pelo exercício dessa responsabilidade, ressaltando que os cuidados com as questões de saúde, segurança e meio ambiente são importantes para avaliação de cada integrante, e devem ser considerados em toda e qualquer tomada de decisão.
- Todas as ações dos integrantes da Braskem são orientadas para alcançar a excelência nas questões de Saúde, Segurança e Meio Ambiente.
- As questões de SSMA são consideradas, sempre, no relacionamento com todas as partes interessadas nas nossas operações: clientes, fornecedores, acionistas, investidores, órgãos governamentais, comunidade próxima aos nossos pontos operacionais e a sociedade em geral. A comunicação será sempre adequada e transparente.

4.1. Normas e Segurança

Um dos quesitos mais abordados e cobrados aos trabalhadores dentro das instalações da Braskem foi a segurança no trabalho. A empresa constantemente está promovendo treinamentos e apresentações sobre a importância do uso das ferramentas de segurança, como as PT's, o uso dos EPI's, etc.

Outro tema que aborda constantemente o tema segurança é a implantação e adequação da Braskem nos padrões da nova Norma Regulamentadora Nº.10.

O objetivo da nova NR-10 é garantir a segurança dos trabalhadores com ênfase em eletricidade. O texto base foi apresentado pelo MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) e está em vigor desde dezembro de 2004.

4.2. A NR -10

A NR-10 é uma Norma Regulamentadora apresentada pelo MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) como proposta de atualização da atual política de segurança e saúde no trabalho com atividades envolvendo energia elétrica. Essa nova versão da norma está em vigor desde dezembro de 2004.

A importância da NR-10 diz respeito ao que representa hoje o risco elétrico nas estatísticas de acidentes do trabalho, especialmente os fatais, envolvendo todos os setores produtivos do país, tornando-se um dos ramos de atividade mais preocupantes.

Portanto esta Norma Regulamentadora estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, sempre observando as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais.

4.3. Medidas de Controle

Em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco, de forma a garantir a segurança e a saúde no trabalho.

4.4. Medidas de Proteção Coletiva

Em todos os serviços executados em instalações elétricas devem ser previstas e adotadas, prioritariamente, medidas de proteção coletiva aplicáveis, mediante procedimentos, às atividades a serem desenvolvidas, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores.

4.5. Medidas de Proteção Individual

Nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individual específico e adequados às atividades desenvolvidas, em atendimento ao disposto na NR-06.

4.6. Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção

Nos trabalhos e nas atividades referidas devem ser adotadas medidas preventivas destinadas ao controle dos riscos adicionais, especialmente quanto à altura, confinamento, campos elétricos e magnéticos, explosividade, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes, adotando-se a sinalização de segurança.

Nos locais de trabalho só podem ser utilizados equipamentos, dispositivos e ferramentas elétricas compatíveis com a instalação elétrica existente, preservando-se as características de proteção, respeitadas as recomendações do fabricante e as influências externas.

4.7. Proteção Contra Incêndio e Explosão

As áreas onde houver instalações ou equipamentos elétricos devem ser dotadas de proteção contra incêndio e explosão, conforme dispõe a NR-23.

Os materiais, peças, dispositivos, equipamentos e sistemas destinados à aplicação em instalações elétricas de ambientes com atmosferas potencialmente explosivas devem ser avaliados quanto à sua conformidade.

4.8. Sinalização de Segurança

Nas instalações e serviços em eletricidade deve ser adotada sinalização adequada de segurança, destinada à advertência e à identificação, obedecendo ao disposto na NR-26 – Sinalização de Segurança, de forma a atender, dentre outras, as situações a seguir:

- Identificação de circuitos elétricos;
- Travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos;
- Restrições e impedimentos de acesso e delimitações de áreas;
- Sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação;
- Sinalização de impedimento de energização;
- Identificação de equipamento ou circuito impedido.

5. A Engenharia de Manutenção e Confiabilidade

O estágio foi desenvolvido no setor de Engenharia de Manutenção e Confiabilidade, ligado à área de instrumentação. Este setor foca as ações no melhor entendimento das funções e características dos ativos (equipamentos e sistemas), colocando em prática estratégias e políticas pró-ativas de confiabilidade de equipamentos para reduzir a probabilidade e consequência das falhas.

Esta abordagem permite o desenvolvimento de políticas efetivas, com a utilização de técnicas de análise baseadas em risco recomendando-se políticas específicas para equipamentos críticos e políticas genéricas para equipamentos de baixo risco. Ao qualificar o impacto representado pela falha de cada equipamento, são consideradas alternativas para mitigar o risco total para o negócio através de mudanças nas práticas de manutenção, políticas operacionais ou projeto.

As ações em Manutenção e Confiabilidade devem atender às seguintes expectativas:

- Garantia de integridade e extensão de vida útil dos equipamentos/postergação de substituição;
- Redução de custos de mão de obra, materiais e serviços;
- Minimização de paradas e extensão das campanhas das plantas industriais;
- Redução de perdas de produtos e/ ou degradações decorrentes;
- Aumento da disponibilidade e otimização do desempenho dos ativos;
- Aumento da confiabilidade dos equipamentos e sistemas;
- Redução na geração de resíduos e efluentes;
- Redução da exposição ocupacional das pessoas;
- Atendimento aos requisitos legais e voluntários, quanto à segurança de processo, das pessoas, à saúde, à higiene ocupacional e ao ambiente.

6. A Instrumentação Industrial

Instrumentação é a ciência que aplica e desenvolve técnicas para adequação de instrumentos de indicação, registro e controle de variáveis físicas em equipamentos nos processos industriais.

Nas indústrias de processos tais como: petroquímica, siderúrgica, alimentícias, têxtil de papel etc., a instrumentação é responsável pelo rendimento máximo de um processo, fazendo com que toda energia cedida seja transformada em trabalho, na elaboração do produto desejado. Entre as grandezas que traduzem transferências de energia no processo, pode-se citar: pressão, nível, vazão, etc, ou seja, as variáveis de um processo.

O objetivo de se medir e controlar as diversas variáveis físicas em processos industriais é obter produtos de alta qualidade, com melhores condições de rendimento e segurança, a custos compatíveis com as necessidades do mercado consumidor.

Classes de Instrumentos

Os instrumentos e dispositivos utilizados em instrumentação podem ser classificados de acordo com a função que os mesmos desempenham no processo:

- **Indicador** - Instrumento que dispõe de um ponteiro e de uma escala graduada, na qual podemos ler o valor da variável. Existem também indicadores digitais, que indicam a variável em forma numérica, com dígitos.
- **Registrador** - Instrumento que registra a variável, através de um traço contínuo ou pontos, em um gráfico.
- **Transmissor** - Instrumento que determina o valor de uma variável do processo através de um elemento primário, tendo o mesmo sinal de saída (pneumático ou eletrônico os mais usados), cujo valor varia apenas em função da variável do processo.
- **Transdutor** - Instrumento que recebe informações na forma de uma ou mais quantidades físicas, modifica, caso necessário, as informações e fornece um sinal de saída resultante. Dependendo da aplicação o transdutor pode ser um elemento primário, um transmissor ou outro dispositivo.

- **Controlador** - Instrumento que compara a variável controlada com um valor desejado e fornece um sinal de saída, a fim de manter a variável controlada em um valor específico ou entre valores determinados. A variável pode ser medida diretamente pelo controlador ou, indiretamente, através do sinal de um transmissor.
- **Elemento final de controle** - Instrumento que modifica diretamente o valor da variável manipulada de uma malha de controle.

Os principais tipos de instrumentos medição da planta estão descritos a seguir:

- **Medição de pressão:**

Este é o mais importante padrão de medição, pois as medidas pressão diferencial, vazão, nível, etc podem ser feitas utilizando-o. Normalmente a pressão é medida em relação à pressão atmosférica existente no local, e neste caso é chamada de pressão efetiva, pressão relativa ou pressão manométrica e pode ser positiva ou negativa.

A pressão menor que a pressão atmosférica é chamada Vácuo. A pressão absoluta é a pressão positiva a partir do vácuo perfeito, ou seja, a soma da pressão atmosférica do local e a pressão efetiva.

Correspondendo respectivamente no tipo de pressão a que se destina a medição, existem três categorias de medidores de pressão:

- Medidores de pressão absoluta: para pressões baixas;
- Medidores de pressão efetiva: chamados manômetros e vacuômetros;
- Medidores de pressão diferencial.

- **Medição de temperatura**

Nos diversos segmentos de mercado, sejam eles químicos, petroquímico, siderúrgico entre outros, a monitoração da variável Temperatura é fundamental para a obtenção do produto final especificado.

Sensores, detectores ou elementos primários de temperatura, são transdutores que alteram algumas de suas características físicas ao se equalizar com o meio a ser determinada a temperatura. Como exemplo poder-se citar a dilatação do mercúrio num termômetro de vidro, a geração de tensão num termopar, a variação de resistência ôhmica num termistor entre outras.

Dos inúmeros tipos de sensores de temperatura existentes, como termômetros de vidro, termômetros bimetálicos, termômetros a gás, termistores, termômetros de quartzo, termopares, termoresistência, termômetros de germânio e outros; os mais utilizados industrialmente e em laboratórios são os termopares e as termoresistências.

- **Medição de Vazão**

A medida da vazão é tão importante quanto a do consumo de energia elétrica, para fins contábeis e para verificação do rendimento do processo.

A medição de vazão é a única que deve ser feita em movimento, ao passo que todas as outras medições, como as de pressão, de temperatura e de nível podem ser feitas em fluidos no estado estático.

Para medir a vazão, na maioria dos casos, deve-se colocar algum obstáculo ao fluxo na tubulação, o que irá provocar perturbação no mesmo, causando perdas de carga.

- **Medições de Nível**

Os dispositivos de medida de nível medem ou a posição da superfície do líquido sobre um ponto de referência ou a altura hidrostática criada pelo líquido cuja superfície se deseja conhecer.

Com isso tem-se que os principais medidores de níveis são: os visores de nível, bóias, contatos de eletrodos, caixa de diafragma, termistor entre outros.

7. Atividades Desenvolvidas

As atividades realizadas durante o estágio estiveram ligadas diretamente à área de instrumentação. Inicialmente foi elaborado um plano de ação onde foram definidas as atividades a serem desenvolvidas durante o estágio. Assim os principais tópicos deste plano de ação foram:

1. Treinamentos de informática;
2. Treinamentos de normas técnicas;
3. Acompanhamento do setor de manutenção;
4. Participação em reuniões técnicas e em análises de falhas;
5. Avaliação dos sistemas de medição de pressão, temperatura, vazão e nível.

7.1. Treinamentos de Informática

Foram oferecidos alguns treinamentos em informática para a utilização dos softwares utilizados no setor de trabalho. Houve instrução de utilização da Intranet, a rede interna de informações, do MÁXIMO, programa de acompanhamento de ordens de serviço e do SCB, programa utilizado para se ter acesso à folha de dados de equipamentos e informações em geral da planta.

The screenshot shows a web-based search interface for documents. The header includes the Braskem logo and navigation links for 'ENGENHARIA', 'MEMÓRIA', and 'NORMAS E PADRÕES'. The main content area is titled 'ENGENHARIA - PESQUISA DE DOCUMENTO' and is divided into several sections: 'Documento' (Document) with search criteria like Site, Código, and Título; 'Classificação' (Classification) with fields for Tipo, Área, Classe, and Especialidade; 'Relacionamentos' (Relationships) with fields for Palavra-Chave and TAG; 'Projeto' (Project) with fields for Projeto, Fornecedor, Sub. Fornecedor, and Cód. Fornecedor, and checkboxes for Original and Revisor; 'Seleção' (Selection) with checkboxes for 'Somente Revisão Vigente', 'Somente Empréstados', 'Inclusive Multipáginas', and 'Checkout'; and 'Nota de Cadastro' (Registration Note) with a text area. At the bottom, there are 'Pesquisar' (Search) and 'Limpar' (Clear) buttons.

Figura 7.1.1: Tela do SCB

Acompanham. de Ordem de Serv.

Arquivo Editar Visualizar Ações Inserir Navegar Configurações Ajuda

Planos Utilizados Custos Hierarquia de OS Plano de Segurança Relatório de Falha Documentos Associados

Ordem de Serviço: 0090907 Efeituá reparação de óleo na Bb de circulação do 1º esteira

Posição/Tag: 03AL028-0305-018 BOMBA CIRC 10 EFETIVO

Equipamento: 00755 BOMBA CIRC 10 EFETIVO Equipamento Ativo?

Solicitante: ELIFATC Data Solicitação: 06/11/2006 Prioridade da OS: [] Class. Oper: []

Status: APROV Data do Status: 06/11/2006 Tipo de Serviço: 00 Classe: []

Grupo de Áreas: 0306 Cond. Liberação: ROTINA Sist. Operacional: []

Área: 03AL028 Cód.Parada: [] Orçamento Base Zero: []

Plano de Trabalho: [] Árvore de Falha: 00NB00EN Tp.Vazam: [] Isolamento: []

Plano Segurança: [] Problema: [] Espec.Linha: [] Tp.Válv: []

Manut. Planejada: [] Falha em Equipamento?: Diâm.Linha: [] Espec.Serv:

Contrato Serviço: [] Data da Falha: [] Ação: [] Andaime?:

Tipo Plano: [] Pintura: []

Área Supervisão: [] Gravidade: [] Orgão Exec: []

Data Marcada: [] Urgência: [] GUT Total: []

Início: [] Conclusão: [] Tendência: [] Data do GUT: []

Data Prevista: [] OS Originária: [] Por: ECBERTO

Data Programada: [] Tem Serviço?: Data: 06/11/2006

Data Efetiva: [] OS Referência: [] Status Integração: []

Duração Estimada: 0000 Conta GL: 554068-554068-099

Duração Restante: [] Contratada: CEGELEC

Figura 7.1.2: Tela do Máximo

7.2. Treinamentos de normas técnicas

Atualmente a Braskem encontra-se em fase de adequação a nova Norma Regulamentadora 10 (NR10) que estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Desta forma, foi ministrado um treinamento onde se tratou sobre os diversos riscos que a eletricidade oferece, assim como as medidas de prevenção de acidentes, de primeiros socorros, além do esclarecimento de todos os itens que a norma trata.

7.3. Acompanhamento do setor de manutenção

Alguns trabalhos de manutenção foram acompanhados durante o período de estágio, nesta etapa foi possível conhecer todo o processo industrial da planta na prática. A seguir tem-se algumas destas atividades:

- **Migração das caixas de ligação e cabos dos instrumentos da área do DCE**

Foi acompanhado o todo o procedimento de substituição de cabos e caixas de ligação, bem como toda a lógica do sistema envolvido, e os procedimentos de segurança para a realização destes serviços.

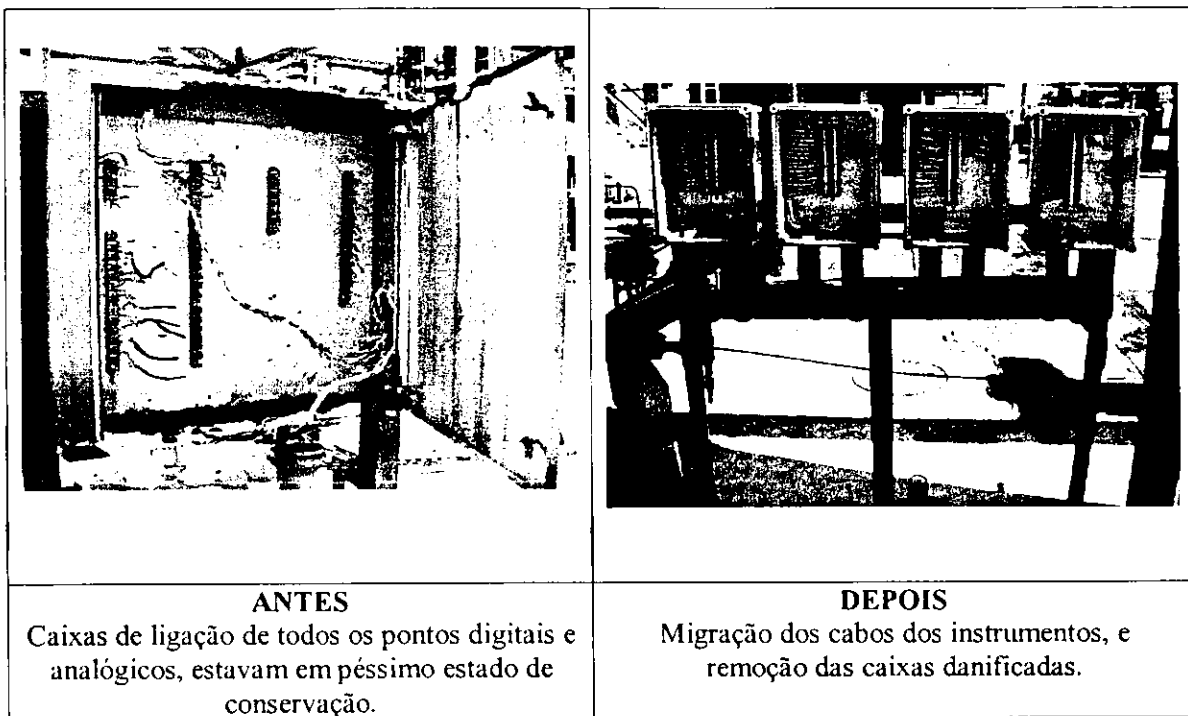


Figura 7.3.1: Migração das caixas de ligação

- **Substituição do painel de controle das bombas de carregamento de eteno**

Neste trabalho foi avaliada a necessidade da substituição dos painéis de controle de campo das bombas de carregamento de eteno, além da reconfiguração da lógica de funcionamento das bombas.

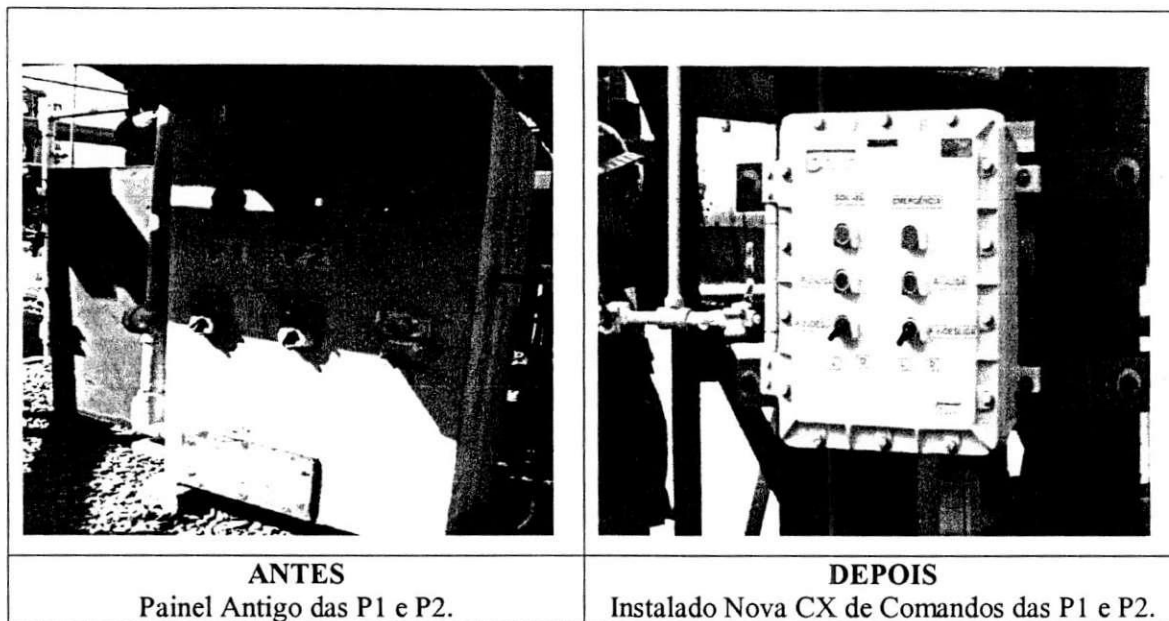


Figura 7.3.2: Substituição dos painéis bombas de carregamento de eteno

- **Substituição e calibração de detectores de Eteno defeituosos**

Foram substituídos e calibrados alguns detectores de eteno que apresentavam problemas eletrônicos, além disso, foram realizados testes com um gás padrão para verificar a eficácia do sistema de abatimento de eteno, a cortina de água.

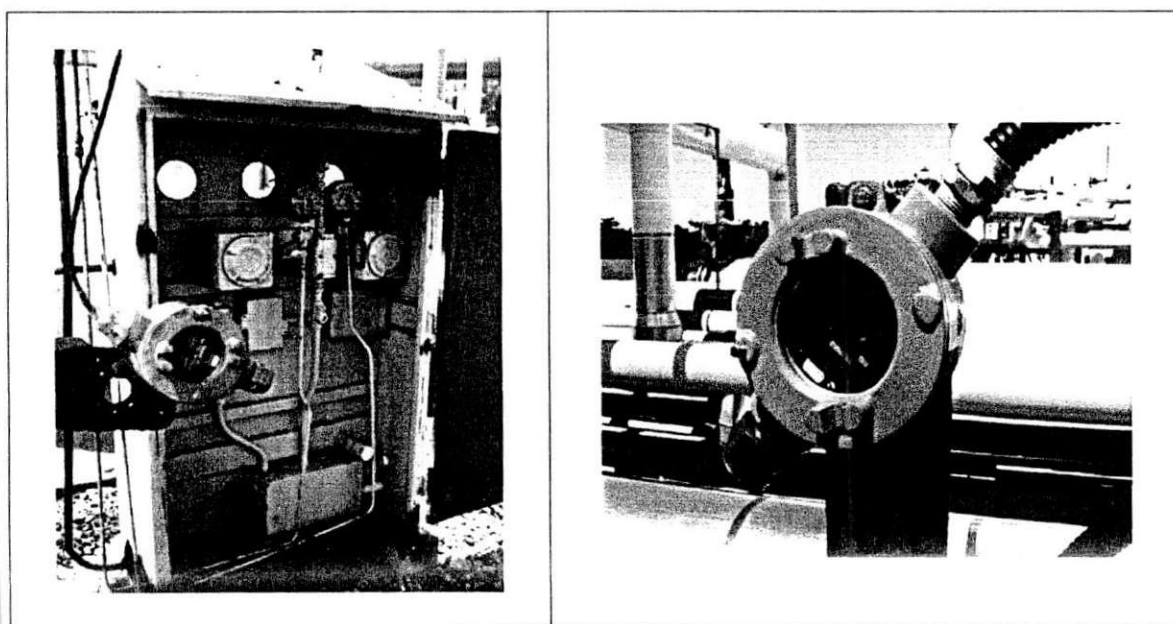


Figura 7.3.3: Substituição e calibração de detectores de eteno

- **Dimensionamento da placa de orifício na linha de hidrogênio para o queimador de uma das caldeiras**

Nesta atividade foram levantados todos os dados do processo para realizar o dimensionamento, do instrumento de medição de vazão da linha, a placa de orifício. Os cálculos foram realizados a partir do programa “*Flowexpert*”. Com isso foi possível adequar o sistema às novas condições de operação, além de aumentar a confiabilidade na medição de combustível para caldeira.

Placa de orifício

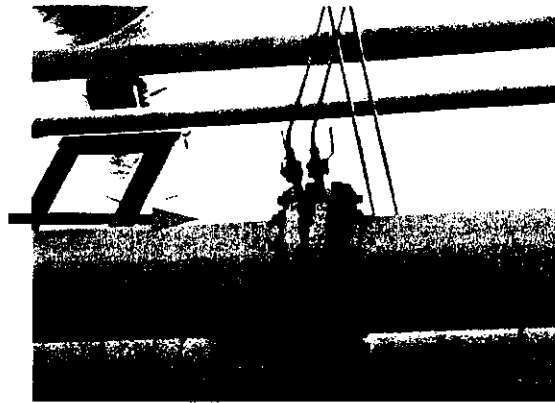


Figura 7.3.4: Placa de orifício da linha de hidrogênio

7.4. Participação em reuniões técnicas e em Análises de Falhas

Durante o período de estágio, foi possível a participação em diversas reuniões técnicas, onde foi possível observar diversas etapas da elaboração de um projeto. Além de acompanhamento de algumas reuniões sobre otimização de determinados processos.

Foram realizadas algumas análises de falha, que nada mais é do que o levantamento das prováveis causas das intervenções em determinados equipamentos. Nos RCA's (*Root Cause Analyses*) eram reunidos o operador que estava presente na hora do evento, um engenheiro da manutenção, o engenheiro responsável pela produção do setor de atuação do equipamento e um engenheiro de Confiabilidade, além desses, poderiam ser convocados engenheiros da instrumentação, da elétrica ou pessoas envolvidas com o processo ou com o funcionamento do equipamento.

Nas reuniões de RCA's são apresentadas hipóteses de falhas, e cobradas evidências para aprovar ou descartar as hipóteses e no final são geradas recomendações para que a falha não volte a ocorrer ou dar uma maior confiabilidade ao equipamento.

A seguir temos a evolução de um RCA feito para um compressor de cloro que saiu de operação devido a surge do compressor, então foi necessário analisar o que teria causado esse problema. Com a equipe de engenheiros e técnicos reunida, levantaram-se hipóteses para a causa da surge do compressor.

Chegou-se a conclusão que as seguintes hipóteses poderiam ter causado o problema: a quebra do terminal de conexão do posicionador, o sinal de controle em "série" para válvulas de controle de pressão de reciclo, configuração inadequada dos posicionadores. Após as hipóteses levantadas os integrantes da reunião devem reunir evidências para que se chegue à conclusão do RCA e para que as recomendações sejam feitas. No caso do compressor de cloro foram recomendadas as seguintes ações: o terminal de conexão foi soldado adequadamente, foi solicitada ao gerente da planta uma autorização para mudança de instalação do sinal de controle de série para paralelo, com isso o controle das válvulas seria independente, e se uma tivesse algum problema, a outra ainda estaria ativa. A seguir tem-se uma ilustração desta análise de falhas.

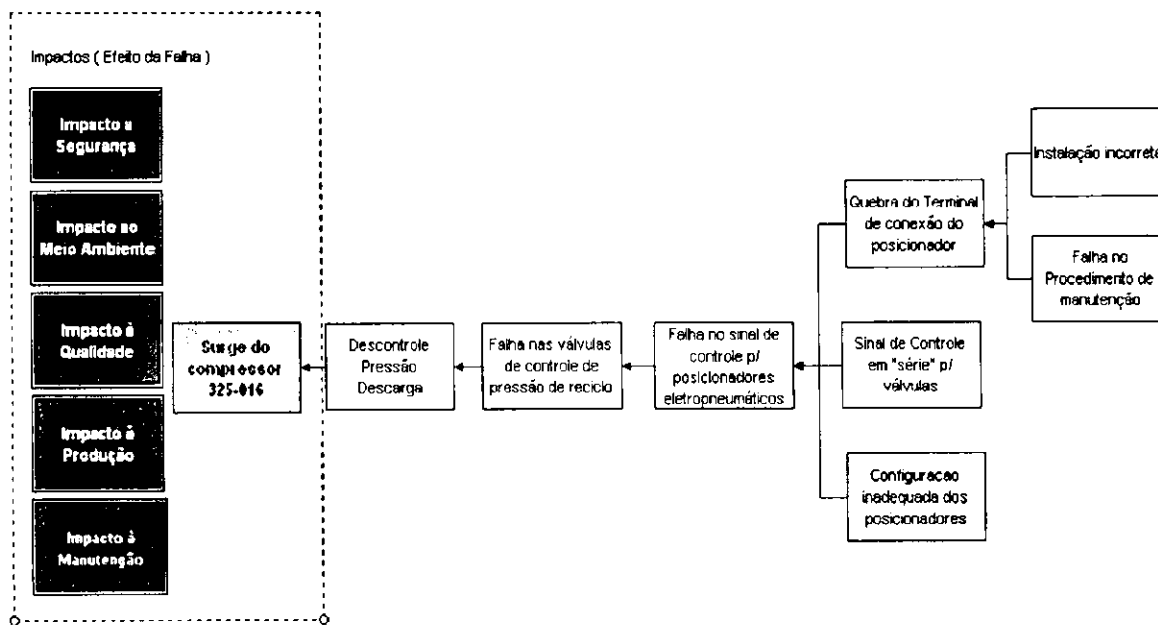


Figura 7.4.1: Análise de falhas do compressor de cloro

7.5. Avaliação dos sistemas de medição de pressão, temperatura, vazão e nível;

Nesta etapa do estágio foram discutidos os principais sistemas de medição da planta, no que se refere aos princípios de medição, os transmissores utilizados para

8. Conclusões

Através do estágio integrado desenvolvido foi possível visualizar as situações reais de fábrica pela qual passa um engenheiro eletricitista no seu dia a dia, conduzindo-o a familiarizar-se com projetos, desenhos, normas, com tomada de decisões e principalmente com o relacionamento humano dentro da empresa.

Através de várias reuniões com integrantes da empresa foi possível adquirir uma visão de gestão de negócios, onde eram transmitidos lições de liderança e posicionamento frente às diversas situações enfrentadas, de forma a sistematizar o estágio com uma visão focada no negócio da empresa.

A participação nas reuniões, RCA's, várias apresentações e estudos, tiveram como objetivo o aumento da disponibilidade dos equipamentos e com isto assegurar campanhas operacionais sem riscos para os integrantes.

Ao final deste estágio foi possível obter uma ampla visão das atividades desenvolvidas, bem como uma familiarização com a prática, não deixando de refletir sempre sobre os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo de anos de estudos acadêmicos.

9. Referencias Bibliográficas

ODEBRECHT, Noberto. **Tecnologia Empresarial ODEBRECHT/ Educação pelo Trabalho**. 1º ed. Salvador, Odebrecht, 1991, 620p.

Coordenação de Engenharia de Confiabilidade e Sistemas. **Manual de Gerenciamento da Manutenção e Confiabilidade**. 1º ed. 2005.

Braskem, Instruções de Trabalho

Norma Regulamentadora N°10

Site da Internet:

1. <http://alcm.8m.com/instru.htm>