



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



RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Montagem Industrial e de Painéis Elétricos

Aluno: Ney Marcos Souza

Orientador: George Rossany Soares de Lira, M.Sc.

Campina Grande
Setembro de 2010

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

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Montagem Industrial e de Painéis Elétricos

Relatório de Estágio Integrado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial às exigências para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista.

ALUNO: _____

Ney Marcos Souza

ORIENTADOR: _____

George Rossany Soares de Lira

Campina Grande
Setembro de 2010

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

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Montagem Industrial e de Painéis Elétricos

Estagiário: Ney Marcos Souza

Empresa: BM Engenharia

Período de Estágio: Maio/2010 a Agosto/2010

Orientador: George Rossany Soares de Lira, M.Sc.

Campina Grande
Setembro de 2010

Agradecimentos

A Deus que me deu forças nas horas mais difíceis e esperança nos momentos de angústia.

A toda minha família, especialmente meu pai Sinval e mãe Terezinha, por me incentivarem e me ajudarem ao longo da minha vida.

A Elizabeth por toda paciência, ajuda, compreensão e incentivo a mim dedicados.

Ao professor George Rossany, pela participação valiosa em minha formação acadêmica.

Ao engenheiro Ivson Bandeira pela oportunidade que me concedeu e paciência na transmissão de conhecimentos durante o período de estágio na BM Engenharia.

Aos amigos Carlos Alberto, Luiz, Alberto Henrique, por me apoiarem nas horas que mais precisei ao longo da minha formação acadêmica.

Apresentação

O estágio integrado foi realizado na BM Engenharia. A realização do estágio foi possível através de um convênio firmado entre a BM Engenharia e a Universidade Federal de Campina Grande.

Foram realizadas atividades de orçamento de obras, acompanhamento de montagem industrial e de painéis em geral e participação dos programas de segurança do trabalho.

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
1. INTRODUÇÃO	10
2. ATIVIDADES REALIZADAS.....	10
3. BM ENGENHARIA.....	10
4. APRECIÇÃO DE PROJETOS ELÉTRICOS.....	11
5. ORÇAMENTAÇÃO.....	14
5.1. QUADRO DE COMANDO	18
5.2. BARRAMENTO DE COBRE	19
5.3. DISJUNTOR EM CAIXA MOLDADA	19
5.4. USO DO PETG.....	20
6. ACOMPANHAMENTO DE MONTAGEM DE PAINÉIS ELÉTRICOS.....	20
6.1. PAINÉIS DE DISTRIBUIÇÃO E SUB-DISTRIBUIÇÃO	21
6.2. CCM – CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES	23
6.3. PAINÉIS DE CONTROLE	23
6.4. PAINÉIS PARA ACIONAMENTOS - <i>DRIVES</i>	23
7. ACOMPANHAMENTO DE MONTAGEM DE ENCAMINHAMENTOS	24
7.1. ELETRODUTOS	24
7.2. CANALETAS	25
7.3. PERFILADOS.....	26
7.4. ELETROCALHAS	26
7.5. LEITO.....	27
7.6. DUTOS DE BARRA	27
8. ACOMPANHAMENTO DE MONTAGEM INDUSTRIAL.....	29
8.1. CHAVE SECCIONADORA	29
8.1.1. Seccionadora de abertura central com lâmina de terra	30
8.2. TRANSFORMADOR DE POTENCIAL INDUTIVO	33
8.3. TRANSFORMADOR DE CORRENTE	35
8.3.1. Transformador de Corrente para serviço de medição.....	35
8.3.2. Transformador de Corrente para serviço de proteção	35
8.4. TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA.....	37
8.5. RESISTOR DE ATERRAMENTO.....	38
8.6. DISJUNTOR A GÁS HEXAFLUORETO DE ENXOFRE (SF ₆).....	40
8.7. PARA-RAIOS.....	41
8.8. SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - SPDA	42
8.8.1. Captor	43
8.8.2. Mastro ou haste.....	44
8.8.3. Base de ferro fundido para mastros	44
8.8.4. Condutor de descida	44
8.8.5. Eletrodo de terra	44
8.8.6. Ligações equipotenciais.....	45

8.9. ILUMINAÇÃO DE EXTERIORES.....	45
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
BIBLIOGRAFIA	47

Lista de Figuras

Figura 1 - Unifilar Serviço Auxiliar	12
Figura 2 - Diagrama Trifilar	13
Figura 3 - Leito para passagem de cabos.....	15
Figura 4 - Cabo unipolar.....	16
Figura 5 - Quadro de Força	16
Figura 6 - Quadro de tomadas	17
Figura 7 - Aplicações de Painéis BT	21
Figura 8 - Vista interna de um painel de distribuição.....	22
Figura 9 - Eletrocalhas maciça e perfurada	26
Figura 10 - Leito de MT	27
Figura 11 - Exemplo de aplicação de duto de barra	28
Figura 12 - Detalhes de montagem.....	30
Figura 13 - Seccionadora de abertura central	31
Figura 14 - TP Indutivo	34
Figura 15 - Transformador de corrente.....	36
Figura 16 - Resistor de Aterramento	39
Figura 17 - Captor de Descargas Atmosféricas	43
Figura 18 - Detalhe da fixação dos projetores.....	45

Lista de Tabelas

Tabela I - Distância máxima entre elementos de fixação de eletrodutos	25
Tabela II - Componentes para montagem da seccionadora.....	32
Tabela III - Dados técnicos da seccionadora de abertura central com lâmina de terra. .	33
Tabela IV - Requisitos elétricos do TPI	34
Tabela V - Requisitos elétricos do TC.....	36
Tabela VI - Informações do Trafo de Força	38
Tabela VII - Principais componentes do resistor de aterramento.....	39
Tabela VIII - Características do Resistor de Aterramento	40
Tabela IX - Especificações técnicas do disjuntor Hexafluoreto de Enxofre	41
Tabela X - Especificações técnicas do para-raios de ZnO	42

1. Introdução

O estágio integrado é a última etapa do curso de Engenharia Elétrica. Esta atividade propiciou experiências únicas, tais como o convívio corporativo, acompanhamento e execução de atividades relacionadas à profissão do Engenheiro Elétrico.

As atividades desenvolvidas na BM Engenharia foram de fundamental importância para o complemento do conhecimento teórico adquirido durante a graduação do curso de Engenharia Elétrica.

2. Atividades Realizadas

As principais atividades realizadas durante o período de estágio foram as seguintes:

- Apreciação de projetos elétricos em geral;
- Orçamento de obras e painéis em geral;
- Acompanhamentos da montagem de painéis elétricos;
- Acompanhamento de montagem de encaminhamentos;
- Acompanhamento de montagem de equipamentos elétricos, tais como: chave seccionadora, transformador de potencial, transformador de corrente, transformador de força e Sistema de Proteção Contra Descargas atmosféricas;
- Acompanhamento do sistema de iluminação externa.

3. BM Engenharia.

Fundada em novembro de 2007, pelos Engenheiros Eletricistas, Ivson Bandeira e José Muniz, diretor técnico e diretor de implantação respectivamente, atuando na área de geração de energia, realizando montagens de PCH'S, UHE'S, Termoelétricas e de Painéis Elétricos.

Para isto investe na formação de mão de obra, com vista na qualidade, organização e segurança de todos os colaboradores.

Tem por missão fornecer serviços e produtos com qualidade, prezando pela ética profissional, agilidade na resolução dos problemas e satisfação dos clientes.

A BM Engenharia atua nas áreas de montagem industrial e de painéis elétricos em baixa, média e alta tensão e representação de produtos elétrico-eletrônicos, nas áreas de medição, análise e proteção de redes elétricas, de média e baixa tensão.

Dentre os principais serviços realizados pela BM Engenharia se destacam a montagem de uma subestação de 138 kV e da Casa de Força da UHE de Barra do Braúna, instalação de cinco geradores diesel na Usina JB e a montagem de mais de 150 Painéis para o Estaleiro Atlântico Sul.

4. Apreciação de projetos elétricos

No estágio vários projetos elétricos, compostos por diagrama unifilar e memorial descritivo, foram analisados, estes eram elaborados por outras empresas que atuam na área de projetos. A análise tinha como objetivo averiguar a correta discriminação dos materiais envolvidos para a implementação da montagem, além de familiarizar e tornar rápida a leitura de projetos futuros. Geralmente, o diagrama unifilar representava os seguintes elementos:

- Chaves fusíveis, seccionadores, condutores e disjuntores com as suas respectivas capacidades nominais e de interrupção;
- Indicação da seção dos condutores dos circuitos terminais e de distribuição e dos respectivos tipos (monofásico, bifásico e trifásico);
- Dimensão da seção dos barramentos dos Quadros de Distribuição;
- Indicação da corrente nominal dos fusíveis;
- Indicação da corrente nominal dos relés, a sua faixa de ajuste e o ponto de atuação;
- Potência, tensões primária e secundária, tapes e impedância dos transformadores da subestação;
- Para-raios, muflas, buchas de passagem etc.;
- Transformadores de corrente e de potencial com as respectivas indicações de relação de transformação;
- Posição da medição de tensão e correntes indicativas com as respectivas chaves comutadoras, caso haja;
- Lâmpadas de sinalização.

O detalhamento do projeto analisado era conseguido através do memorial descritivo, que continha informações do tipo:

- Finalidade do projeto;
- Endereço comercial da indústria e o endereço do ponto de entrega da energia;
- Carga prevista e demanda justificadamente adotada;
- Tipo de subestação (abrigado em alvenaria, blindado, ao tempo);
- Proteção e comando de todos os aparelhos utilizados, desde o ponto de entrega de energia até o ponto de consumo;
- Características completas de todos os equipamentos de proteção e comando, transformadores, cabos, quadros, etc.;
- Memorial de calculo;
- Relação completa de material.

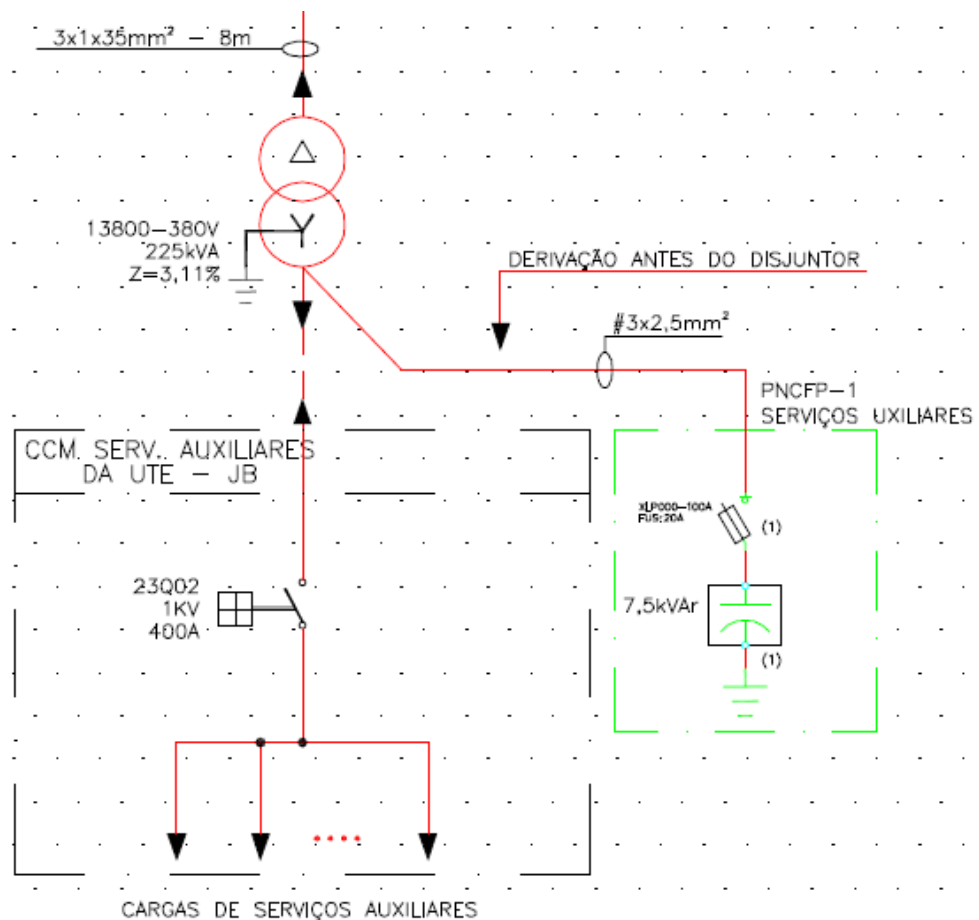


Figura 1 - Unifilar Serviço Auxiliar

A figura 1 ilustra o diagrama unifilar para a instalação de um painel de correção de fator de potência para a Usina JB e a figura 2 representa o diagrama trifilar de um quadro de iluminação do projeto do Estaleiro Atlântico Sul. Estes são exemplos de projetos avaliados no estágio.

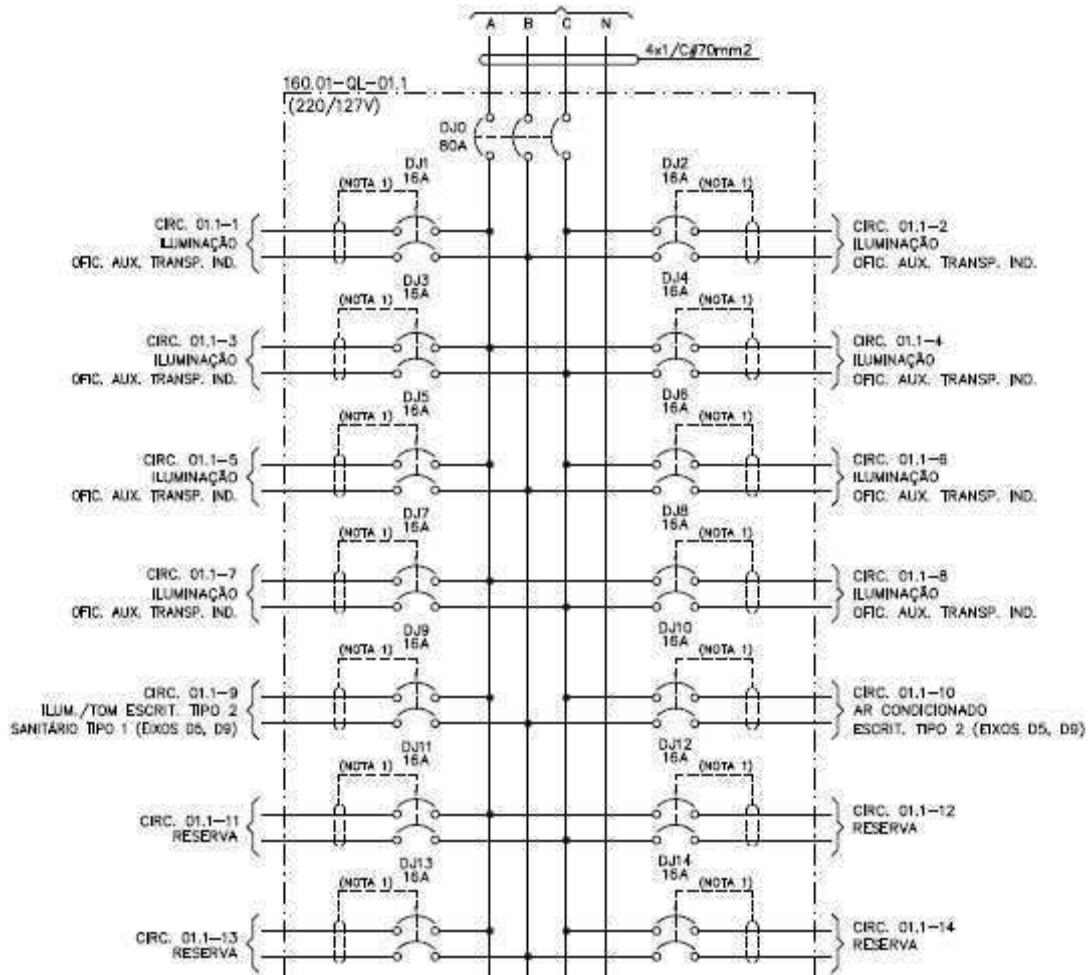


Figura 2 - Diagrama Trifilar

A segunda etapa do estágio foi realizada na Usina São José do Pinheiro, onde acompanhei a montagem de uma subestação de 69 kV e da casa de força. Para executar a instalação as informações eram representadas através da planta baixa da obra em questão. Esta planta baixa continha os seguintes elementos:

- A localização dos pontos de consumo de energia elétrica, seus comandos e indicações dos circuitos a que estão ligados;
- A localização dos quadros e centros de distribuição;
- O trajeto dos condutores e sua projeção mecânica (inclusive dimensões dos condutos e caixas);

- Um diagrama unifilar discriminando os circuitos, seção dos condutores, dispositivos de manobra e proteção;
- As características do material a empregar, suficientes para indicar a adequabilidade de seu emprego tanto nos casos comuns, como em condições especiais.

5. Orçamentação

Dá-se o nome de orçamentação ao processo de traduzir, em termos monetários, as conseqüências esperadas de uma decisão que se pretende tomar relativa a ações futuras. Em outras palavras, a orçamentação consiste em determinar quanto vai custar uma decisão que se pretende tomar e quais serão os resultados financeiros esperados se as decisões forem implementadas.

A essência de qualquer orçamento é a transformação de quantidades físicas em valores monetários. As quantidades são uma lista de tudo que se pretende fazer, medidas em unidades físicas. Os valores (despesas ou receitas) são o produto destas quantidades físicas pelos respectivos preços.

Na BM Engenharia foi realizado orçamento na área de montagem industrial e de painéis elétricos. Um dos projetos elétricos analisados para orçar, consistia na instalação de 5 (cinco) geradores diesel na USINA JB. O projeto elétrico compunha-se do *layout* das instalações e da lista de matérias necessários para a implementação da montagem. A partir da discriminação dos materiais elétricos necessários realizava-se uma pesquisa de mercado para transformação das quantidades físicas em valores monetários. Estes valores eram lançados numa planilha eletrônica, padrão da empresa, para gerar o montante final do orçamento.

Sempre que necessário, tinha que ser feitas alterações no projeto, com autorização do projetista, para atender de forma satisfatória o cliente final. Como se verifica na situação descrita na figura 3, abaixo.

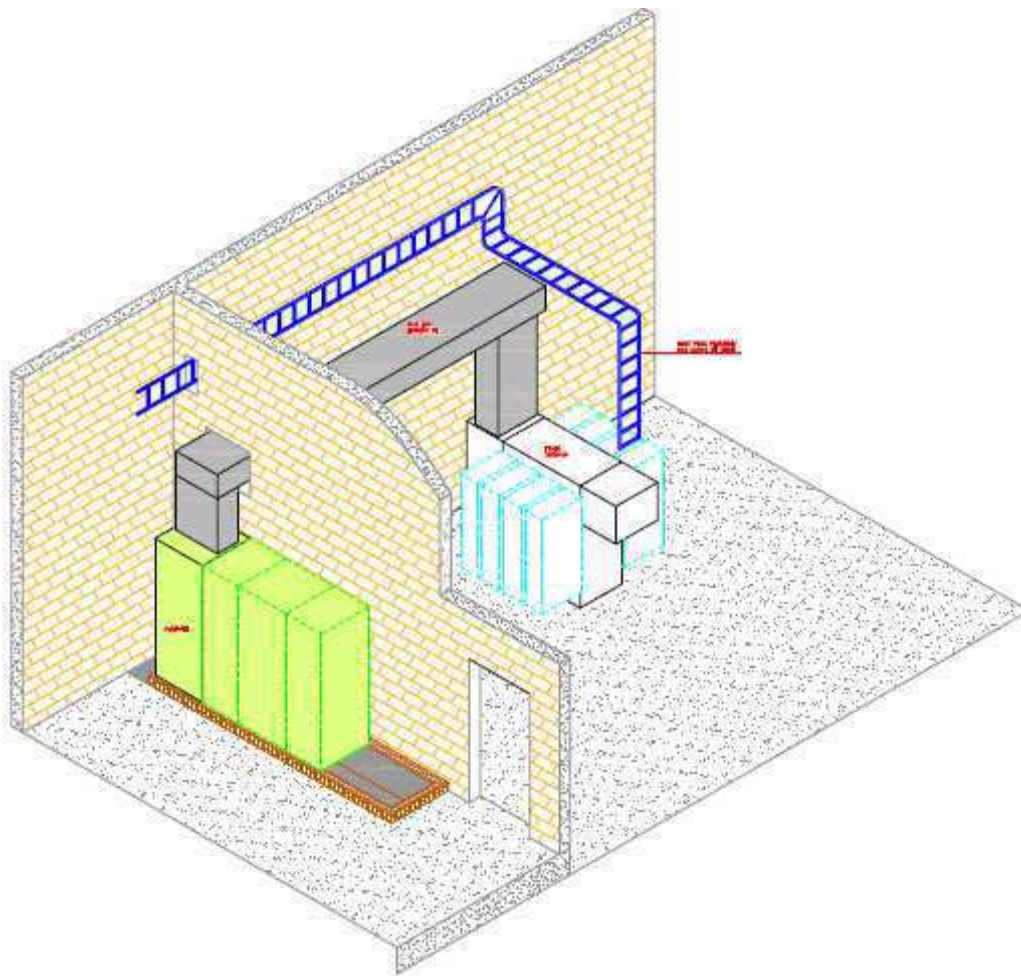


Figura 3 - Leito para passagem de cabos

Observa-se, neste caso, que um trecho do leito ficará exposto às intempéries físicas, o que implica obrigatoriamente na adoção de um leito galvanizado a fogo. Esta foi uma das sugestões repassadas ao projetista por parte do estagiário.

Outra situação de modificação sugerida está relacionada à especificação de um cabo de baixa tensão para passagem em leito com isolamento de 750 V, quando na verdade para este tipo de lançamento deve-se utilizar cabos com isolamento de 0,6/1kV, pois, este tipo de cabo possui uma cobertura de composto termoplástico, como se observa na figura abaixo 4.

Este orçamento realizado para a Usina JB foi aprovado depois de algumas negociações, porém não houve minha participação na execução da montagem.

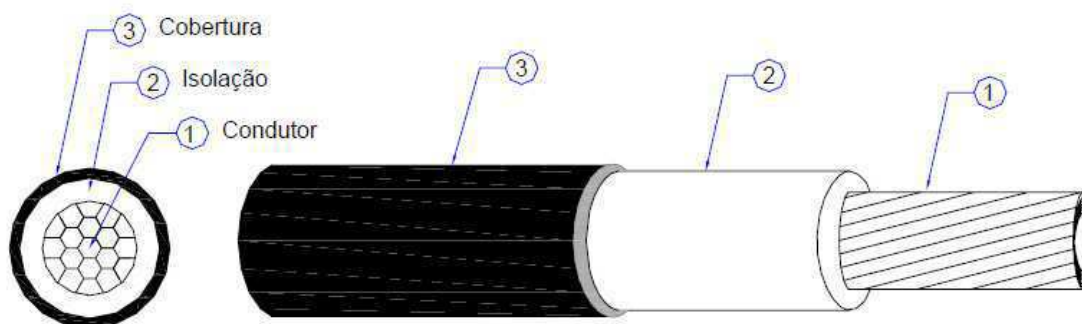


Figura 4 - Cabo unipolar

Na parte de orçamento de painéis tinha-se como ponto de partida o diagrama unifilar fornecido pelo cliente.

Foi realizado o orçamento de uma grande quantidade de painéis de tomada, iluminação e distribuição para o Estaleiro Atlântico Sul. A figura 4 representa o diagrama unifilar de um dos quadros de tomada solicitados. A partir de uma análise criteriosa do diagrama unifilar destes, elaborou-se uma planilha para formação de valor de todos os componentes necessários para a montagem dos mesmos.

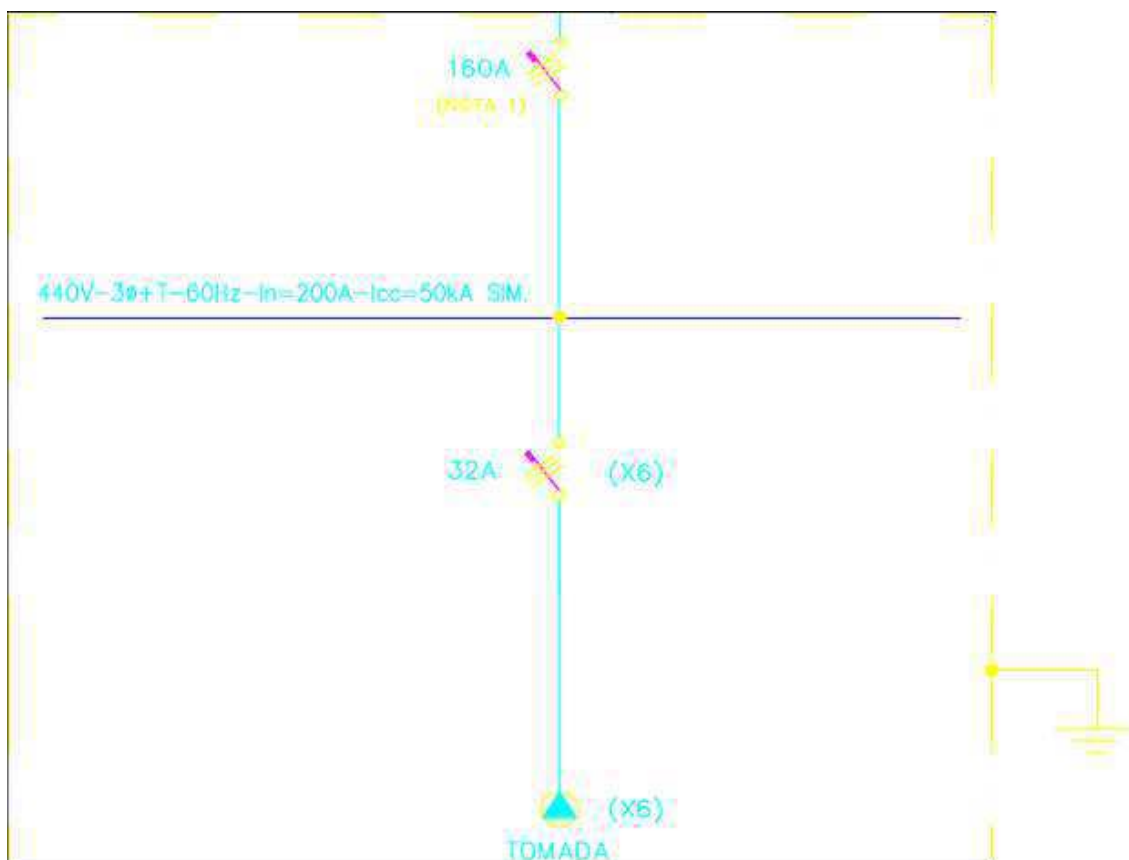


Figura 5 - Quadro de Força

Neste caso uma das exigências do cliente é que todos os disjuntores sejam caixa moldada. Os materiais necessários para a montagem deste quadro são:

- Quadro de comando;
- Disjuntor de entrada, 160A;
- Disjuntor tripolar 32A;
- Tomada 3P+T;
- Petg;
- Barras de cobre;
- Canaleta plástica;
- Isoladores e cabos.

A figura 5 representa um quadro de 8 (oito) tomadas depois de montado.



Figura 6 - Quadro de tomadas

5.1. Quadro de comando

O dimensionamento do quadro tinha se como base a quantidade de disjuntores e as dimensões destes fornecidas através do catálogo do fornecedor.

Um parâmetro importante também a considerar se diz respeito ao grau de proteção. Este reflete a proteção dos invólucros metálicos quanto à entrada de corpos estranhos e penetração de água pelos orifícios destinados a ventilação ou instalação de instrumentos, pelas junções de chapas, portas, etc.

O grau de proteção é um código composto pelas letras IP, seguidas de dois algarismos que significam:

a) Primeiro algarismo

Indica o grau de proteção quanto à penetração de corpos sólidos e quanto a contatos acidentais, ou seja:

- 0 – sem proteção;
- 1 – corpos estranhos com dimensões acima de 50 mm;
- 2 – corpos estranhos com dimensões acima de 12 mm;
- 3 – corpos estranhos com dimensões acima de 2,5 mm;
- 4 – corpos estranhos com dimensões acima de 1 mm;
- 5 – proteção contra acúmulo de poeira prejudicial ao equipamento;
- 6 – proteção contra penetração de poeira.

b) Segundo algarismo

Indica o grau de proteção quanto à penetração de água, ou seja:

- 0 – sem proteção;
- 1 – pingos de água na vertical;
- 2 – pingos de água até a inclinação de 15° com a vertical;
- 3 – água de chuva até a inclinação de 60° com a vertical;
- 4 – respingos em todas as direções;
- 5 – jatos de água em todas as direções;
- 6 – imersão temporária;
- 7 – imersão;
- 8 – submersão.

Através das várias combinações entre os algarismos citados, pode-se determinar o grau de proteção desejado para um determinado tipo de invólucro metálico, em função

de sua aplicação numa atividade específica. Porém, por economia de escala, os fabricantes de invólucros metálicos padronizam seus modelos para alguns tipos de grau de proteção, sendo os mais comuns os de grau de proteção IP54, destinados a ambientes externos, e os de grau de proteção IP53, utilizados em interiores.

Como estes quadros são destinados as proximidades do mar, esta informação deve ser repassada ao fornecedor do painel para que o mesmo sofra um tratamento específico.

5.2. Barramento de cobre

A escolha da seção dos condutores dentro do conjunto é de responsabilidade do projetista. Porém, neste caso, não há uma especificação do condutor a ser utilizado, sendo apenas fornecida a informação do disjuntor de saída. A partir da corrente do disjuntor e da tabela de dimensionamento de condutores é que foi possível obter a bitola do condutor adequado para a montagem do quadro.

Da mesma forma se procedeu para o dimensionamento do barramento de cobre. A partir da corrente nominal do barramento indicada no diagrama unifilar é que se realizava o dimensionamento do barramento com auxílio de tabelas fornecidas pelo fabricante.

O cobre tem vasta utilização em painéis devido às inúmeras propriedades que possui dentre as quais se destacam:

- Fácil manuseio a quente e a frio;
- Resistência a corrosão do ar atmosférico;
- Resistência à ação dos agentes químicos mais comuns;
- Baixa resistividade;
- Alta condutividade térmica;
- Facilidade de emendar e soldar;
- Facilidade de capeamento por outros metais em processos eletroquímicos.

5.3. Disjuntor em caixa moldada

O uso do disjuntor em caixa moldada se justifica porque o mecanismo de atuação e o dispositivo de disparo são montados dentro de uma caixa moldada em

poliéster especial ou fibra de vidro, oferecendo o máximo de segurança de operação e ocupando um espaço bastante reduzido dentro de quadros e painéis.

Este tipo de disjuntor possui isolamento dupla entre as partes vivas (exceto os terminais) e as partes frontais do equipamento, onde o operador trabalha durante a operação normal da instalação. Os acessórios elétricos e a unidade de mecanismo são completamente separados do circuito de energia. Isto evita qualquer risco de contato com as partes vivas.

5.4. Uso do Petg

O uso do Petg se baseia na norma NBR 5410, que fundamenta a medida de proteção contra choques elétricos da seguinte forma: “partes vivas perigosas não devem ser acessíveis”, deste modo, o conceito de “proteção básica” que estar diretamente relacionado ao conceito de “proteção contra contatos diretos” se aplica diretamente aos painéis elétricos. Neste orçamento o Petg é utilizado como barreira para proteger as pessoas contra contatos indesejáveis ao barramento.

O petg (Polietileno Tereftalo Glicol) é uma folha transparente usada extensamente na indústria por possuir excelentes propriedades de acabamento e boa resistência aos impactos. Nos quadros são utilizados como obstáculos para impedir uma aproximação física não intencional das partes vivas, porém, não impede o contato que pode resultar de uma ação deliberada de ignorar ou contornar o obstáculo.

Este orçamento realizado para o Estaleiro Atlântico Sul também foi aprovado e sua execução ainda está em andamento, porém eu não participei da montagem dos quadros devido ao fato de que estava acompanhando a instalação na Usina de São José do Pinheiro.

6. Acompanhamento de montagem de painéis elétricos

O acompanhamento da montagem dos painéis elétricos tinha como finalidade observar o quantitativo de mão de obra empregada e do tempo necessário para a execução da montagem. Estas informações são fundamentais para realizar orçamentos futuros.

De maneira geral o diagrama abaixo representa os tipos básicos de painéis de baixa tensão em que eu acompanhei a montagem.

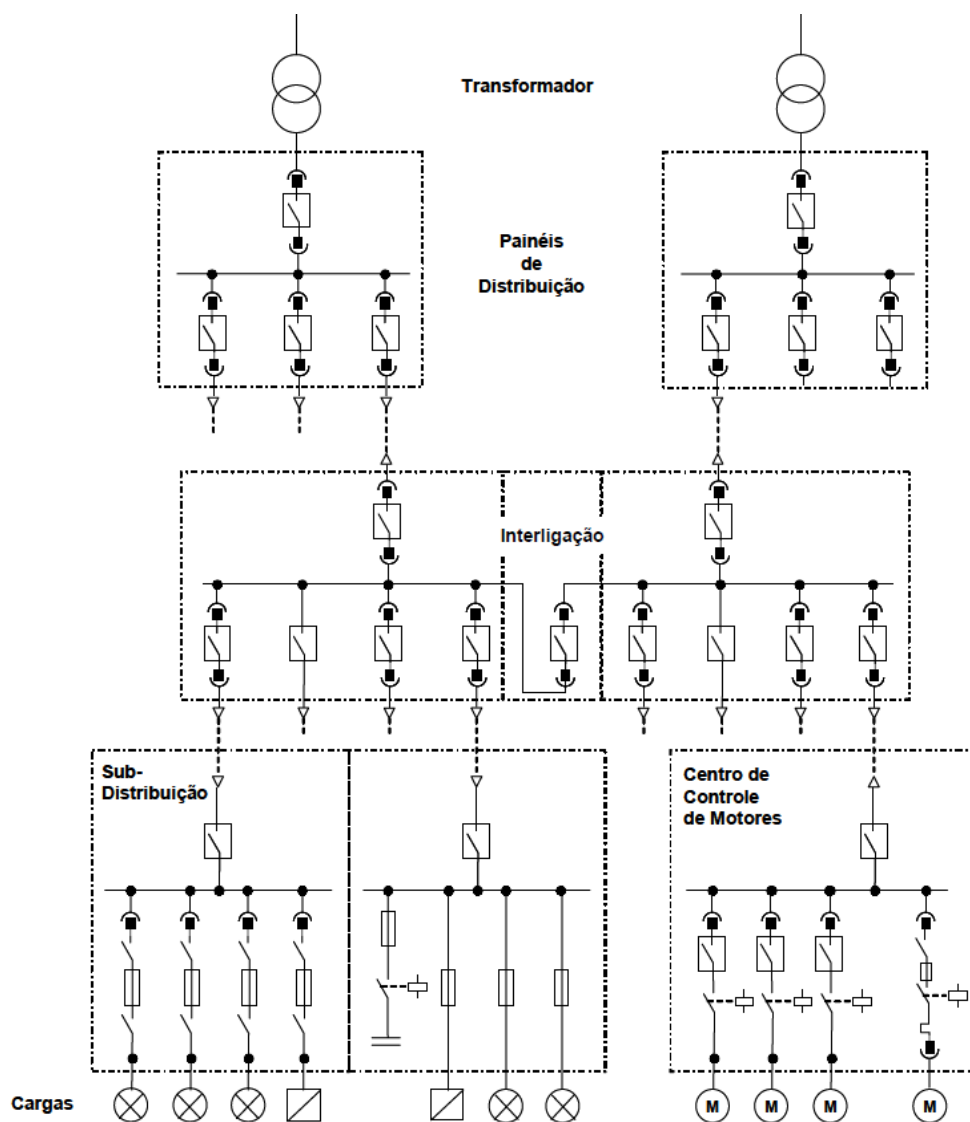


Figura 7 - Aplicações de Painéis BT

6.1. Painéis de distribuição e sub-distribuição

Painéis completos que acomodam equipamentos para proteção, seccionamento e manobra de energia elétrica. As aplicações vão desde painéis de pequeno porte, como aqueles utilizados nas entradas das residências, até painéis de grande porte, como painéis auto-portantes formados por diversas colunas, sendo parte integrante dos sistemas de distribuição de energia em unidade residenciais (prédios, shopping-center, hospitais, etc.) e industriais.

Em uma instalação elétrica de grande porte é comum encontrarmos vários níveis de painéis de distribuição desde o transformador até as cargas. Muitas vezes existe um painel de distribuição principal conectado diretamente ao transformador, com o objetivo

de alimentar vários outros painéis de distribuição (Sub-distribuição), e estes alimentar painéis sucessivos até o nível das cargas

Nos painéis de distribuição é comum encontrar diversas funções montadas na mesma estrutura, mas também podemos encontrar colunas com funções específicas como: entrada, interligação e saída.

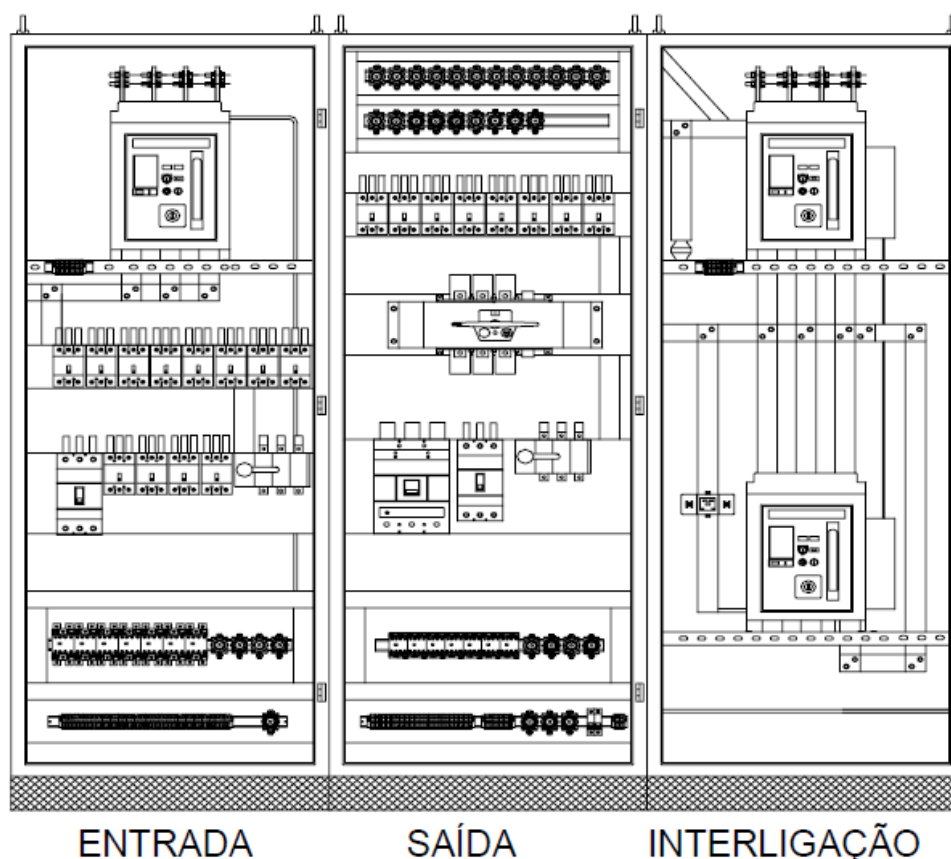


Figura 8 - Vista interna de um painel de distribuição

Estas funções em colunas poderão ser montadas em um único painel ou em painéis separados fisicamente, porém interligados eletricamente.

O painel ou coluna que recebe os cabos ou dutos de barras para alimentação de todo o conjunto é normalmente conhecido como ENTRADA. Esta coluna geralmente abriga um disjuntor (disjuntor geral), ou uma chave seccionadora com fusíveis (chave geral). O painel ou a coluna onde são alocados equipamentos para conexão de dois conjuntos de barramentos independentes é conhecida como INTERLIGAÇÃO. O painel ou a coluna de SAÍDA é a qual a energia elétrica é fornecida a um ou mais circuitos de saída.

6.2. CCM – Centro de controle de motores

CCM's são painéis montados que acomodam equipamentos de proteção, seccionamento e manobra de cargas. Tem uma função específica nos sistemas de distribuição de energia elétrica em unidades comerciais e industriais. São os painéis onde estão conectados os cabos provenientes das cargas. Apesar de aproximadamente 85% das cargas industriais serem motores (motivo do nome “Centro de Controle de Motores”), o termo “cargas” é abrangente, podendo significar qualquer equipamento que consuma energia elétrica, como estufas, resistores, etc.

6.3. Painéis de controle

Painéis de controle são conjuntos montados com equipamentos de controle digital (ex: Controladores Lógicos Programáveis - CLP) ou, simplesmente com contadores e relés com a função de controlar e intertravar um determinado processo ou aplicação.

Os painéis de controle geralmente têm a função específica de alocar este tipo de equipamento. Em grandes aplicações, os painéis de controle são encontrados como uma ou mais colunas de conjuntos fechados, podendo estar ou não fisicamente conectados às colunas dos painéis que contêm equipamentos de potência. Os equipamentos de controle também podem ser instalados em compartimentos de painéis de distribuição e CCM's, por exemplo. Devido aos efeitos da compatibilidade eletromagnética (EMC) e perturbação nas redes de alimentação, não é recomendável que se tenha equipamentos de controle e potência instalados dentro de um mesmo compartimento em um conjunto. Entretanto, em sistemas pequenos, é comum encontrarmos este fato, tornando-se necessário neste caso, um cuidado redobrado no projeto de alocação de componentes e de cabos de potência e controle dos mesmos.

6.4. Painéis para acionamentos - *Drives*

Conjuntos montados com equipamentos específicos para controle de velocidade de motores, junto com os equipamentos de alimentação, proteção e controle dos

mesmos. Os *drives* trabalham com altas frequências internas, sendo um dos grandes emissores de poluição eletromagnética e um dos grandes geradores de harmônicas nas redes industriais. Outra característica é a de necessitarem de requisitos específicos com relação à dissipação térmica gerada pelo seu funcionamento. Por este motivo, a instalação de um *Drive* (*soft – start*, inversor de frequência, conversor de frequência, etc.) precisa seguir uma série de requisitos técnicos para garantir seu funcionamento correto e minimizar as influências causadas por ele. As características dos Painéis para *Drives* não são especificamente relativas à estrutura (chaparia, barramentos, etc.), mas sim relativos à correta aplicação dos conceitos de engenharia para esta aplicação.

Os principais cuidados que devem ser tomados ao se instalar um *Drive* em um painel são:

- Correta disposição de componentes na placa de montagem, de modo a garantir as dissipações de calor de cada equipamento no interior do painel;
- Correta disposição dos cabos de comando e de potência;
- Correta seleção de filtros de entrada e saída;
- Correta especificação das proteções elétricas dos *Drives*;
- Correto cálculo da dissipação térmica, de modo a verificar a necessidade de arrefecimento ou ventilação forçada do painel.

7. Acompanhamento de montagem de encaminhamentos

Nesta atividade realizada no estágio buscou solucionar problemas que surgiam no momento da montagem e coordenar as equipes montadoras de maneira a executar os serviços no menor tempo possível. O conhecimento dos materiais envolvidos na montagem dos encaminhamentos é essencial para uma aplicação adequada dos mesmos, considerando as condições ambientais. A seguir há um breve detalhamento dos principais materiais empregados na montagem dos encaminhamentos.

7.1. Eletrodutos

São utilizados eletrodutos de PVC ou de ferro galvanizado. Os primeiros são, em geral, aplicados embutidos em paredes, pisos ou tetos. Os segundos são geralmente

utilizados em instalações aparentes, ou embutidos, quando se necessita de uma proteção mecânica adequada para o circuito. A utilização de eletrodutos deve seguir os seguintes critérios:

- ✓ Dentro de eletrodutos só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares, admitindo-se a utilização de condutor nu em eletroduto isolante exclusivo quando tal condutor destinar-se a aterramento;
- ✓ Os eletrodutos aparentes devem ser firmemente fixados a uma distância máxima de acordo com a Tabela I.

Tabela I - Distância máxima entre elementos de fixação de eletrodutos

Tamanho do eletroduto em polegadas	Distância máxima entre elementos de fixação (m)
1/2 – 3/4	3,00
1	3,70
1 1/4 – 1 1/2	4,30
2 – 2 1/2	4,80
Maior ou igual a 3	6,00

Os eletrodutos de ferro galvanizado não devem possuir costura longitudinal e suas paredes internas devem ser perfeitamente lisas, livres de quaisquer pontos resultantes de uma galvanização imperfeita. Também, cuidados devem ser tomados quanto às luvas e curvas. Quaisquer saliências podem danificar a isolação dos condutores.

7.2. Canaletas

São de larga utilização em indústria com grande número de máquinas dispostas regularmente e cujo ponto de alimentação seja relativamente próximo ao piso. Sua utilização deve satisfazer os seguintes princípios:

- ✓ Não é conveniente a utilização de canaletas em locais em que haja a possibilidade da presença de água ou de outros líquidos no piso, como no caso de curtumes, setor de lavagem e engarrafamento de indústria de cerveja e congêneres.

- ✓ Os cabos devem, de preferência, ser dispostos em uma única camada, podendo-se, no entanto, utilizar prateleiras em diferentes níveis.

7.3. Perfilados

Existe uma ampla utilização de perfilados em painéis e tetos. São particularmente aplicados em iluminação de grandes galpões, na alimentação de motores instalados no corpo das máquinas com altura superior a 2,50 m, na distribuição de circuitos de alimentação de CCM e QDL quando esta alimentação é feita pela parte inferior dos quadros.

7.4. Eletrocalhas

As eletrocalhas devem ser utilizadas em locais de serviços elétricos ou dentro de tetos falsos não-desmontáveis.

Nas eletrocalhas podem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares. Não se admite a instalação de condutores nus. A figura 9 mostra três diferentes tipos de eletrocalhas.

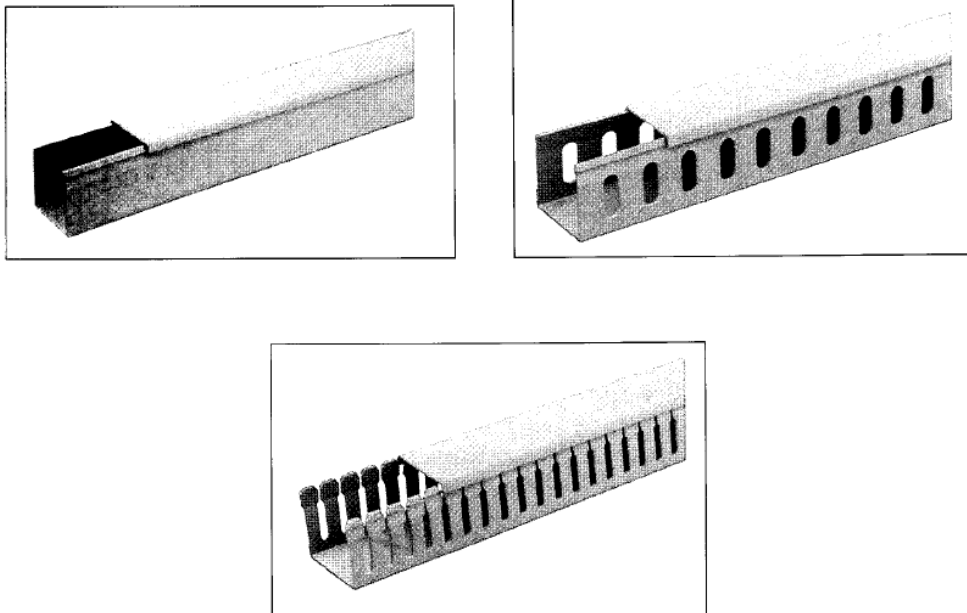


Figura 9 - Eletrocalhas maciça e perfurada

7.5. Leito

Em sistema de instalação requer os mesmos princípios de utilização dispensados às eletrocalhas. A figura 10 mostra o trecho de um leito que foi montado na Usina São José do Pinheiro.

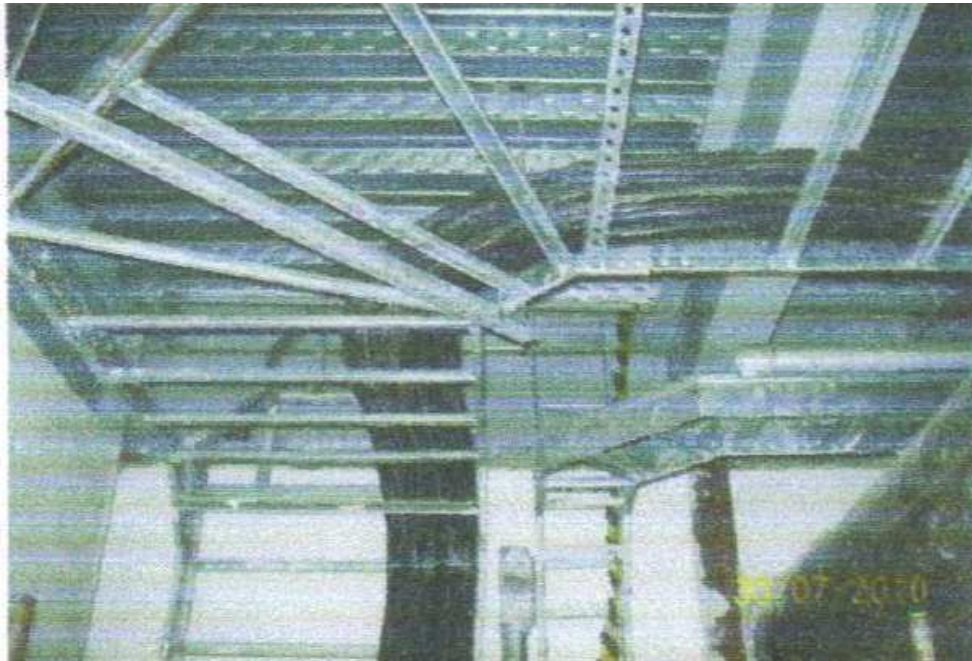


Figura 10 - Leito de MT

7.6. Dutos de barra

Durante o período de estágio, foi realizado o orçamento de um duto de barra para a Usina JB. A figura 3 ilustra o referido duto. Geralmente, os dutos são fabricados em alumínio sendo as barras suportadas por isoladores apropriados.

Os dutos de barra, muitas vezes chamados de *busway*, são fabricados em tamanhos padronizados e possuem vários acessórios complementares, tais como: curvas, ângulos, emendas, todos também modulares.

São muitas as variedades de construção, podendo os condutores ser constituídos de barras retangulares, cilíndricas ocas ou maciças. Também, os condutores podem ser recobertos por uma fina camada de prata em toda a sua extensão ou somente nos pontos de conexão.

Os dutos de barras podem ser ventilados ou não, dependendo do local de sua utilização. Somente devem ser empregados em instalações aparentes.

Em geral, os dutos de barra têm emprego na ligação entre o Quadro de Distribuição Geral e os Quadros de Distribuição de Circuitos Terminais. Os dutos de barra têm a vantagem de apresentar baixa impedância e, conseqüentemente, baixa queda de tensão.

Devido ao seu custo elevado, somente devem ser aplicados em circuitos com elevada corrente de carga, quando essa relação de custo diminui. A figura 11 mostra a aplicação prática de um duto de barra.

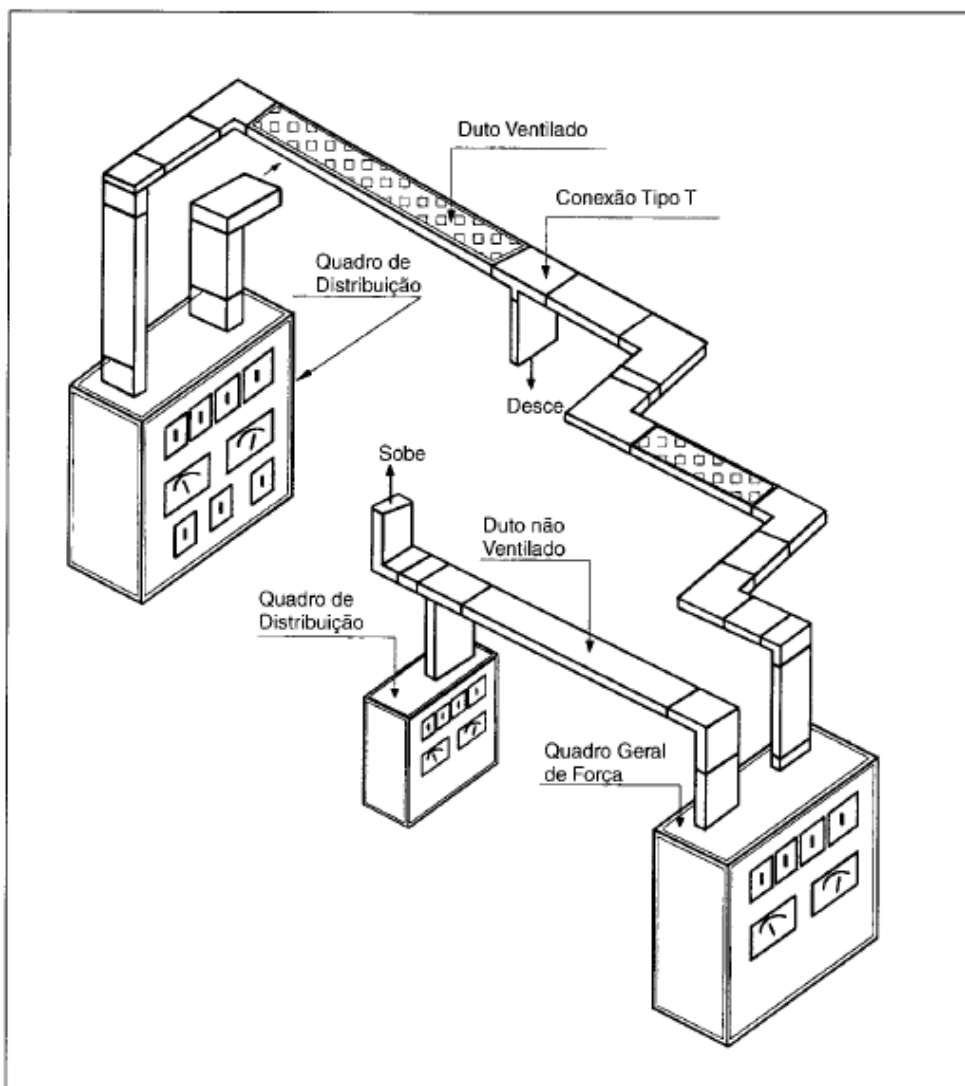


Figura 11 - Exemplo de aplicação de duto de barra

8. Acompanhamento de montagem industrial

Nesta etapa de realização de atividade no estágio, o objetivo geral foi entender os equipamentos utilizados na montagem, coordenar as equipes de montagem e de lançamentos de cabos. Foi acompanhada a montagem dos seguintes equipamentos:

- Chave seccionadora;
- Transformador de potencial;
- Transformador de corrente;
- Transformador de força;
- Disjuntor;
- Para-raios;
- SPDA.

8.1. Chave seccionadora

As chaves podem desempenhar nas subestações diversas funções, sendo a mais comum a de seccionamento de circuitos por necessidade operativa, ou por necessidade de isolar componentes do sistema (equipamentos ou linhas) para a realização de manutenção dos mesmos.

As chaves podem ser classificadas de acordo com as funções desempenhadas, são classificadas em:

a) Seccionadores

Os seccionadores têm a função de contornar (“*by-pass*”) equipamentos, como disjuntores e capacitores série, para execução de manutenção ou por necessidade operativa. Também têm a função de manobrar circuitos, ou seja, transferir circuitos entre barramentos de uma subestação.

b) Chaves de terra

Esse tipo tem a função de aterrar componentes do sistema em manutenção, linhas de transmissão, barramentos ou bancos de capacitores em derivação.

c) Chaves de operação em carga

Esse tipo de chave tem a função de abrir e/ou fechar determinados circuitos em carga, como também manobrar bancos de reatores e capacitores.

d) Chaves de aterramento rápido

Esse tipo tem a função de aterrar determinados componentes energizados, normalmente com o objetivo de provocar uma falta intencional na rede, de forma a sensibilizar esquemas de proteção.

No arranjo elétrico da Usina de Pinheiros foi montada uma chave seccionadora de abertura central com lamina de terra.

8.1.1. Seccionadora de abertura central com lâmina de terra

A chave seccionadora com abertura central é composta por duas colunas de isoladores, ambas rotativas e ligadas a uma única base. O movimento de abertura e fechamento da lâmina é seccionada em duas partes fixadas ao topo das colunas rotativas, ficando o contato macho na extremidade de uma das partes da lâmina e a fêmea na outra. Apresenta como principais vantagens operação suave e flexibilidade operativa. As figuras 12 e 13 mostram os detalhes da montagem da seccionadora com abertura central que foi instalada na Usina São José do Pinheiro.

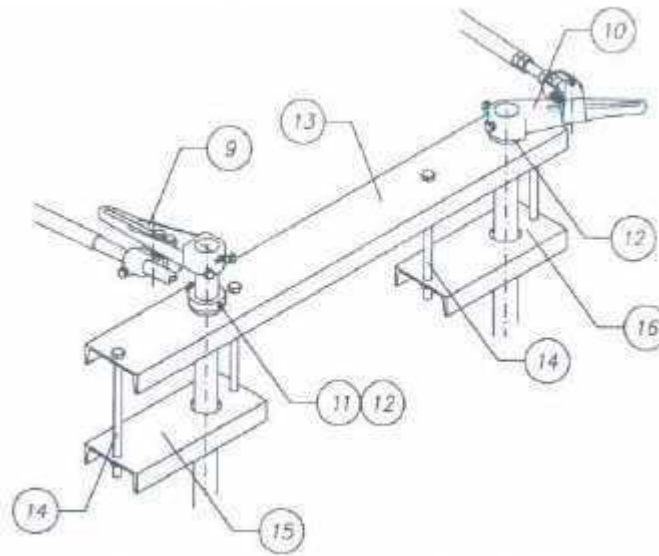


Figura 12 - Detalhes de montagem

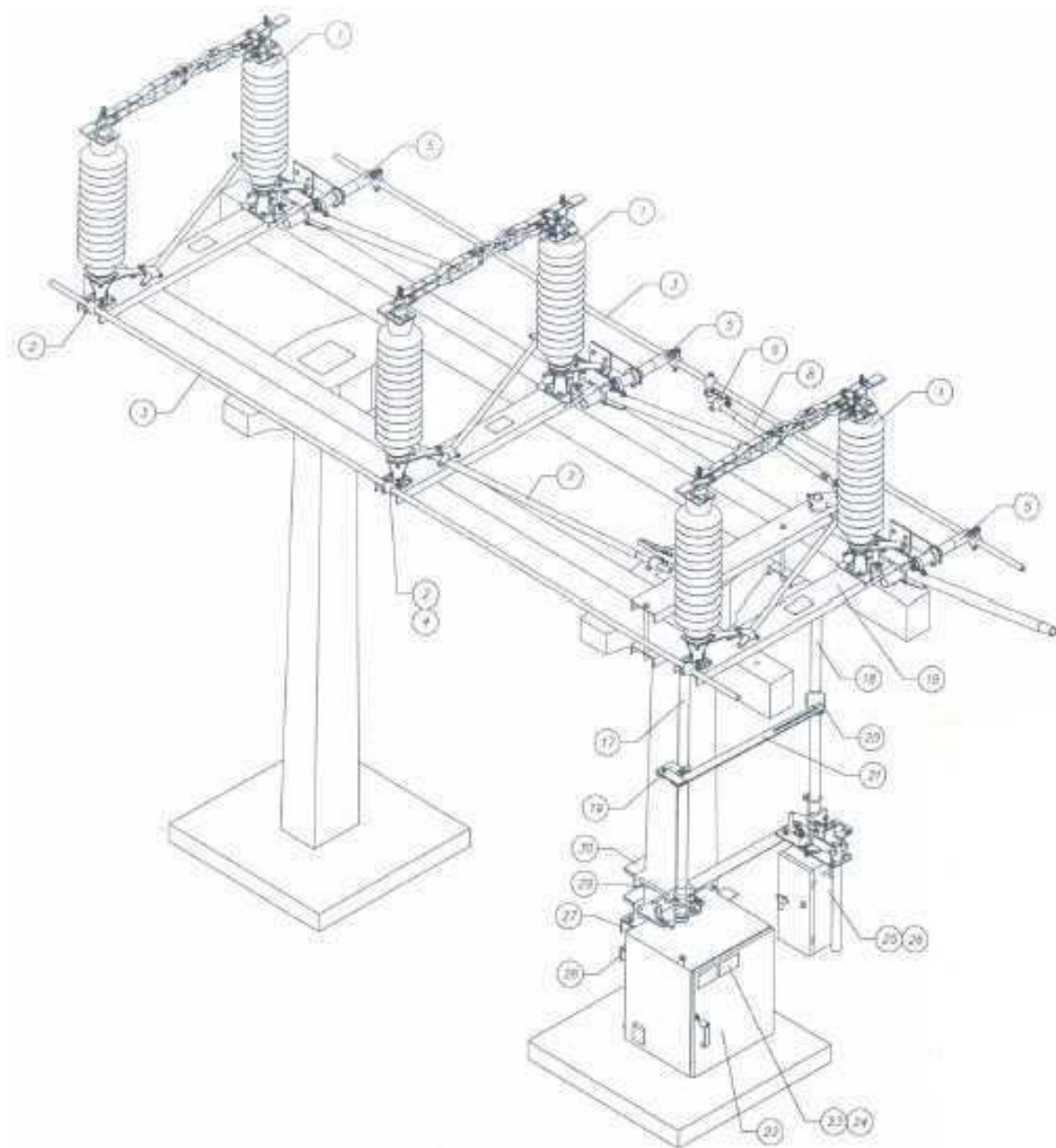


Figura 13 - Seccionadora de abertura central

A tabela II descreve as partes constituintes da seccionadora de abertura central.

Tabela II - Componentes para montagem da seccionadora

Item	Descrição	Item	Descrição
1	Detalhe do pólo	17	Tubo de descida - LP
2	Conj. Acoplam. Simples	18	Tubo de descida – LT
3	Tubo entre fase	19	Conj. Biela intertravamento menor
4	Biela auxiliar	20	Conj. Biela intertravamento maior
5	Conj. Articulação LT c/ acoplamento	21	Haste do intertravamento mecânico
6	Conj. Acoplam, + União Tipo “A”	22	Comando motorizado
7	Tubo articulado – LP	23	Placa de identificação
8	Tubo articulado – LT	24	Rebite
9	Conj. Acionam. c/ acoplam.	25	Placa de manobra
10	Conj. Acionam. c/ União	26	Conj. Manobra+CCA+IE
11	Conjunto Retorno	27	Cantoneira diant. De manobra superior
12	Bucha	28	Cantoneira diant. De manobra inferior
13	Base do mancal	29	Cantoneira traseira
14	Parafuso maquina c/ AP+PO	30	Parafuso maquina c/ AP+PO+2AL
15	Placa do mancal indireto	31	Base do polo
16	Placa do mancal indireto		

Os dados técnicos da seccionadora de abertura central com lâmina de terra são mostrados na Tabela III.

Tabela III - Dados técnicos da seccionadora de abertura central com lâmina de terra.

Fabricante		ABB
Modelo		AC – 691206-CM
Tensão nominal do equipamento (tensão máxima operativa) (kV)		72,5 kV
Norma de especificação		IEC 62.271-102/2007
Corrente nominal		1250 A
Capacidade para correntes de curto-circuito	Simétrica	31,5 kA eficaz
	Assimétrica	80 kA crista
Nível de isolamento		350 kV crista

8.2. Transformador de Potencial Indutivo

O transformador de potencial (TP) é um equipamento capaz de reduzir a tensão do circuito para níveis compatíveis com a tensão máxima suportável pelos aparelhos de medição.

A tensão nominal primária do TP é função da tensão nominal do sistema elétrico ao qual está ligado. A tensão secundária, no entanto, é padronizada e tem valor fixo de 115 V. Variando-se a tensão primária, a tensão secundária varia na mesma proporção.

Os transformadores de potencial indutivos (TPIs) são constituídos de um enrolamento primário envolvendo um núcleo de ferro-silício, que é comum ao enrolamento secundário.

Basicamente, todos os TPs para utilização até 138 kV são do tipo indutivo, por apresentarem custo inferior que os do tipo capacitivo, exceto nos casos em que haja necessidade da utilização de “Carrier” (PLC – *Power Line Carrier*) nos esquemas de controle, proteção e comunicação.

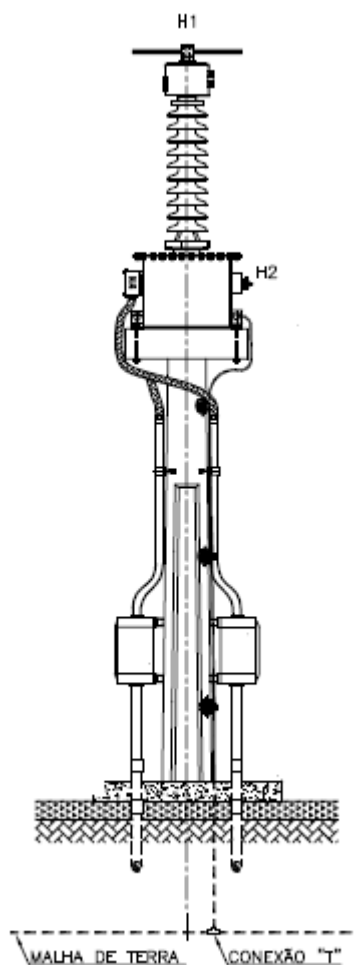


Figura 14 - TP Indutivo

Os dados técnicos do transformador de potencial indutivo são mostrados na tabela IV.

Tabela IV - Requisitos elétricos do TPI

Fabricante	ABB	
Modelo	EMFC 72	
Tensão primária nominal do equipamento (kV eficaz fase-fase)	72,5	
Norma de especificação	NBR6855/92	
Nível de impulso atmosférico, onda plena (1,2 x 50 μ s)	350 kV crista	
Nível de impulso atmosférico, onda cortada (30 μ s)	385 kV crista	
Suportabilidade	Tensão suportável a 60 Hz durante 1 min a seco (valor eficaz)	140 kV eficaz

8.3. Transformador de Corrente

Os transformadores de corrente (TC) são equipamentos que permitem aos instrumentos de medição, controle e proteção funcionarem adequadamente sem que seja necessário possuírem correntes nominais de acordo com a corrente de carga a qual estão ligados.

8.3.1. Transformador de Corrente para serviço de medição

Os transformadores de corrente para serviço de medição devem ser projetados para assegurar a proteção aos aparelhos a que estão ligados (amperímetros, medidores de energia: kWh, kVArh, etc.). Durante a ocorrência de um curto-circuito é necessário que a corrente no secundário do TC não aumente na mesma proporção da corrente primária. Por efeito de saturação do núcleo magnético, a corrente secundária é limitada a valores que não danifiquem os aparelhos, normalmente quatro vezes a corrente nominal.

8.3.2. Transformador de Corrente para serviço de proteção

São equipamentos a que devem ser conectados os relés do tipo ação indireta, ou simplesmente relés secundários.

Os transformadores de corrente, destinados a serviço de relés, dividem-se em duas classes:

- TCs de classe B

São aqueles cujo enrolamento secundário apresenta uma reatância que pode ser desprezada.

- TCs de classe A

São aqueles cujo enrolamento secundário apresenta reatância que não pode ser desprezada.

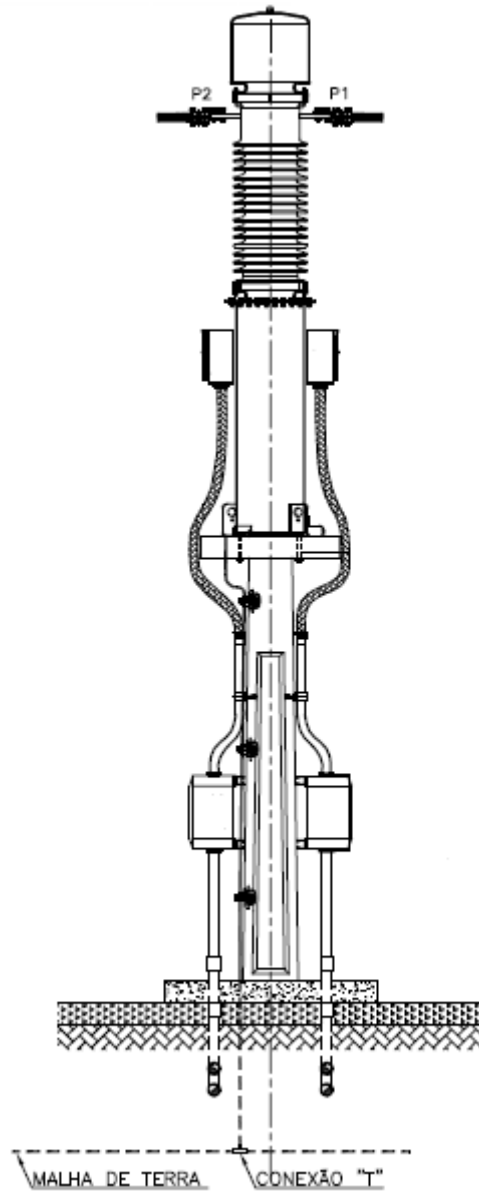


Figura 15 - Transformador de corrente

Os dados técnicos do transformador de corrente montado são mostrados na tabela V.

Tabela V - Requisitos elétricos do TC

Fabricante	ABB
Modelo	IMB 72 A3
Norma de especificação	6856/92
Tensão nominal do equipamento (tensão máxima operativa)	72,5 kV
Corrente nominal (A)	5 A

Fator térmico nominal: Medição / Proteção	1,3
Corrente máxima de curto-circuito simétrica	25 kA
Valor máximo da corrente de curto-circuito assimétrica	62,5 kA

8.4. Transformador de Potência

O transformador é um equipamento de operação estática que por meio de indução eletromagnética transfere energia de um circuito, chamado primário, para um ou mais circuitos denominados, respectivamente, secundário e terciário, sendo mantida a mesma frequência.

A relação de tensão pode ser alterada através de um comutador em vazio estando o transformador desenergizado, ou por um comutador de derivações em carga com o transformador energizado.

A eficiência da refrigeração é um fator fundamental que determina a segurança operacional e o tempo de vida de um transformador. O sistema utilizado com maior frequência em unidades menores é a refrigeração natural (ONAN). O calor é absorvido pelo óleo e dissipado no ar através de radiadores.

No sistema ONAN/ONAF (OA/FA ou OA/FA/FA) os radiadores são adicionalmente refrigerados por meio de ventiladores. O sistema de refrigeração pode também consistir de bancos de radiadores separados ou com trocador óleo/água (OFWF ou FOW). A refrigeração pode ainda ser incrementada por meio do fluxo direcionado do óleo (ODAF ou ODWF).

No caso do transformador de potência apenas a parte de encaminhamento e de lançamento de cabos era de responsabilidade da BM Engenharia, logo, para esses serviços foram distribuídas as equipes necessárias para a execução da montagem.

Os dados técnicos do transformador de potência são mostrados na Tabela VI.

Tabela VI - Informações do Trafo de Força

Fabricante		Weg
Modelo		11251789
Norma de especificação		ABNT - NBR 5356/2007
Tensões nominais (kV)	Alta Tensão	69
	Baixa Tensão	13,8
Líquido Isolante	Óleo mineral Naftênico	
Elevação da temperatura do topo do óleo acima da temperatura ambiente (°C)		65
Elevação da temperatura do ponto mais quente acima da temperatura ambiente (°C)		80
Níveis de isolamento dos enrolamentos (kV crista)	Máxima do equipamento	72,5/15
	Impulso Atmosférico	350/110

8.5. Resistor de Aterramento

Com a finalidade de limitar a corrente de curto-circuito, é comum colocar um resistor ou um reator entre o neutro e o terra.

Em SE's industriais, o neutro do transformador é solidamente aterrado quando seu secundário for em baixa tensão. Entretanto, quando o secundário for em média tensão (2,4 a 15 kV) é comum aterrar o neutro do transformador através de resistor de aterramento, obtendo assim algumas vantagens para o sistema, tais como:

- A corrente de curto-circuito entre fase e terra é de valor moderado, porém suficiente para sensibilizar os relés de terra;
- Segregação automática dos circuitos sujeitos a curto-circuito para terra (atuação mais rápida do relé de terra);
- Facilidade de localização dos curtos-circuitos fase-terra desde que sejam usados relés de terra adequados;

- O custo de manutenção é praticamente igual ao sistema solidamente aterrado, porém os danos nos motores ligados ao sistema são bastante reduzidos;
- Controla a valores moderados as sobretensões devido à ressonância LC e curtos-circuitos intermitentes.

A figura 16 mostra o esquema do resistor de aterramento utilizado na montagem.

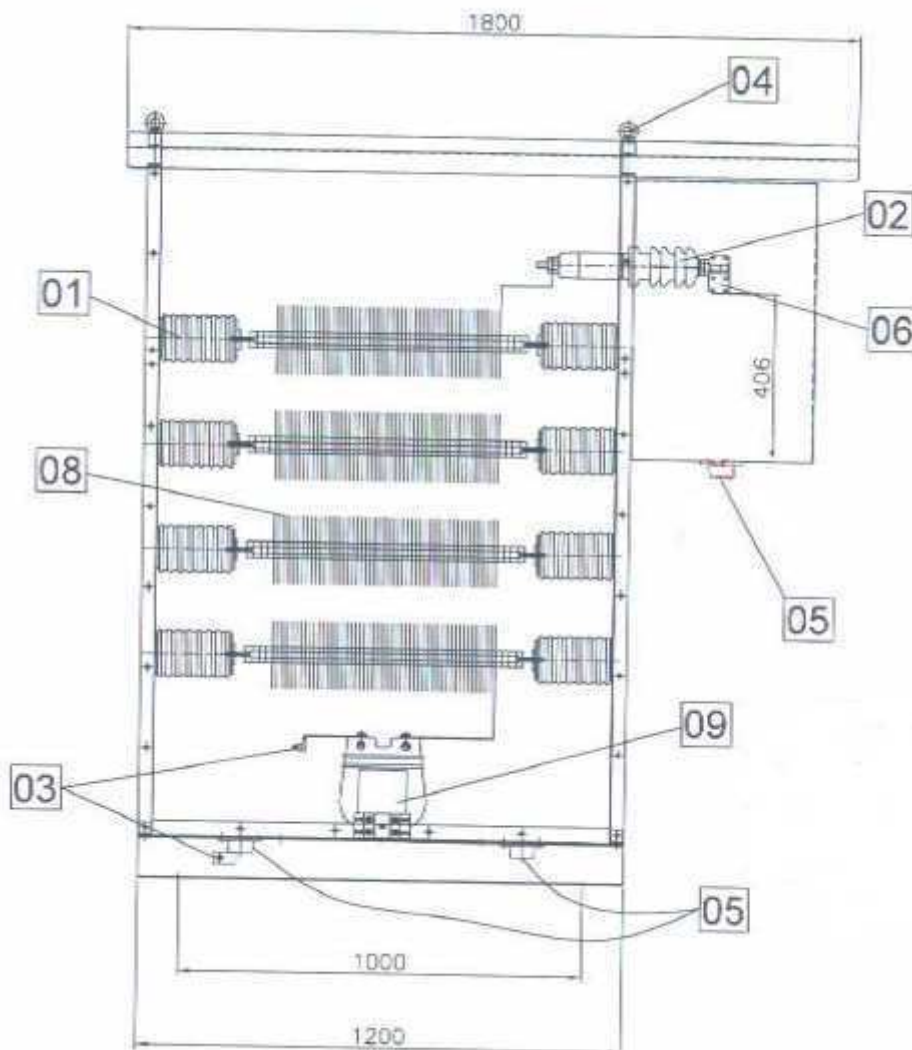


Figura 16 - Resistor de Aterramento

A tabela VII mostra as principais partes constituintes do resistor de aterramento.

Tabela VII - Principais componentes do resistor de aterramento

Item	Descrição	Item	Descrição
1	Isolador em cerâmica tipo suporte	6	Term. para cabos de 50 a 240 mm ²

2	Isolador em cerâmica tipo bucha	7	Placa de identificação em inox
3	Term. de pressão forjado em latão de 95 mm ²	8	Banco de resistências em inox
4	Olhal tipo porca M10	9	Transformador de corrente
5	Flange		

Os dados técnicos do resistor de aterramento são mostrados na Tabela VIII.

Tabela VIII - Características do Resistor de Aterramento

Fabricante	NOVEMP	
Modelo	MBA – 100/80	
Norma de especificação	IEEE - 32	
Tensão nominal	7,97 kV	
Corrente nominal (A)	100 A	
Resistência (Ω)	80	
Frequência (Hz)	60	
Tempo de atuação (s)	10	
Suportabilidade	Temperatura máxima permissível	760° C
	NBI	110 kV
	Grau de Proteção	IP 54

8.6. Disjuntor a Gás Hexafluoreto de Enxofre (SF₆)

Os disjuntores são equipamentos destinados à interrupção e ao restabelecimento das correntes elétricas num determinado ponto do circuito. A função principal de um disjuntor é interromper as correntes de defeito de um determinado circuito em um menor intervalo de tempo possível.

Os disjuntores sempre devem ser instalados acompanhados da aplicação dos relés respectivos, que são os elementos responsáveis pela detecção das correntes elétricas do circuito que, após analisadas por sensores previamente ajustados, podem enviar ou não a ordem de comando para a sua abertura.

Quanto ao sistema de interrupção do arco, os disjuntores são classificados em função do meio extintor utilizado nas câmeras de extinção de arco. Os disjuntores utilizados em sistemas de alta tensão são disjuntores a óleo, a vácuo, ar comprimido e hexafluoreto de enxofre (SF₆).

As informações técnicas do disjuntor SF₆ são mostradas na Tabela IX.

Tabela IX - Especificações técnicas do disjuntor Hexafluoreto de Enxofre

Fabricante		ABB
Modelo		EDFSK1 - 1
Tensão nominal do equipamento (tensão máxima operativa) (kV)		72,5
Norma de especificação		ABNT NBR 7118/1994 e IEC 62.271-100/01
Corrente nominal (A)		1250
Capacidade de interrupção nominal de curto-circuito:	Simétrica	25 kA eficaz
	Assimétrica	62,5 kA crista
Nível de isolamento (atmosférico, a seco)		350 kV crista

8.7. Para-raios

Os para-raios também conhecidos como supressores de surtos são dispositivos fundamentais em sistemas de potência atuando na proteção de equipamentos elétricos contra surtos atmosféricos. Auxiliando na coordenação do isolamento de subestações elétricas, sua função é limitar o nível de tensão nos equipamentos, evitando que os mesmos sofram sobretensões inadequadas a sua operação. Eles são conectados entre a fase e a terra e caracterizam-se por uma curva $V \times I$ não-linear, com condução muito baixa para níveis normais de tensão exercendo assim pouca influencia no sistema. Já na presença de surtos, apresentam uma redução brusca da sua resistência, convertendo a energia elétrica absorvida em energia térmica e dissipando-a para o meio ambiente através do efeito Joule.

Os para-raios a base de óxido de zinco são equipamentos constituídos de uma coluna de varistores envolvida por uma coluna de porcelana.

Os varistores a base de ZnO são os principais componentes do para-raios de óxido de zinco sendo responsáveis pela sua não-linearidade. O diâmetro dos varistores é definido pela capacidade de absorção de energia desejada para-raios. Os varistores são produzidos, além de ZnO, com outros óxidos aditivos, tais como óxido de alumínio, antimônio, bismuto e manganês. Os outros óxidos dopantes, principalmente os de bismuto e o de antimônio, são responsáveis pela formação da camada intergranular, ou seja, a camada que separa os grãos de ZnO. O efeito dos dopantes é intensificar as características não-lineares e fornecer estabilidade das suas propriedades no tempo.

As informações técnicas do para-raios de óxido de zinco são mostradas na Tabela X.

Tabela X - Especificações técnicas do para-raios de ZnO

Fabricante	ABB
Tensão nominal do pára-raios (kV eficaz fase-terra)	60
Tensão máxima de operação contínua - MCOV (kV eficaz fase-terra)	48
Norma de especificação	NBR 5287
Corrente de descarga nominal (kA - crista)	10
Tensão residual máxima para corrente nominal de 10 kA, onda 8x20µs (kV – crista)	198
Capacidade máxima de absorção de energia (kJ / kV MCOV)	5,1

8.8. Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPDA

As descargas atmosféricas causam sérias perturbações nas redes aéreas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além de provocarem danos materiais nas construções atingidas por elas, sem contar os riscos de vida a que as pessoas e animais ficam submetidos.

Quando as descargas elétricas entram em contato direto com quaisquer tipos de construção, tais como edificações, tanques metálicos de armazenamento de líquidos, partes estruturais ou não de subestações, são registrados grandes danos materiais que

poderiam ser evitados caso essas construções estivessem protegidas adequadamente por Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA.

Os requisitos básicos para a instalação de um SPDA dependem do tipo de estrutura que se quer proteger. Em edificações residenciais, comerciais e industriais os principais elementos utilizados num SPDA são:

8.8.1. Captor

É o principal elemento do para-raios. É formado normalmente por três ou mais pontas de aço inoxidável ou cobre. É também denominado de ponta. A figura 17 mostra um captor de quatro pontas.

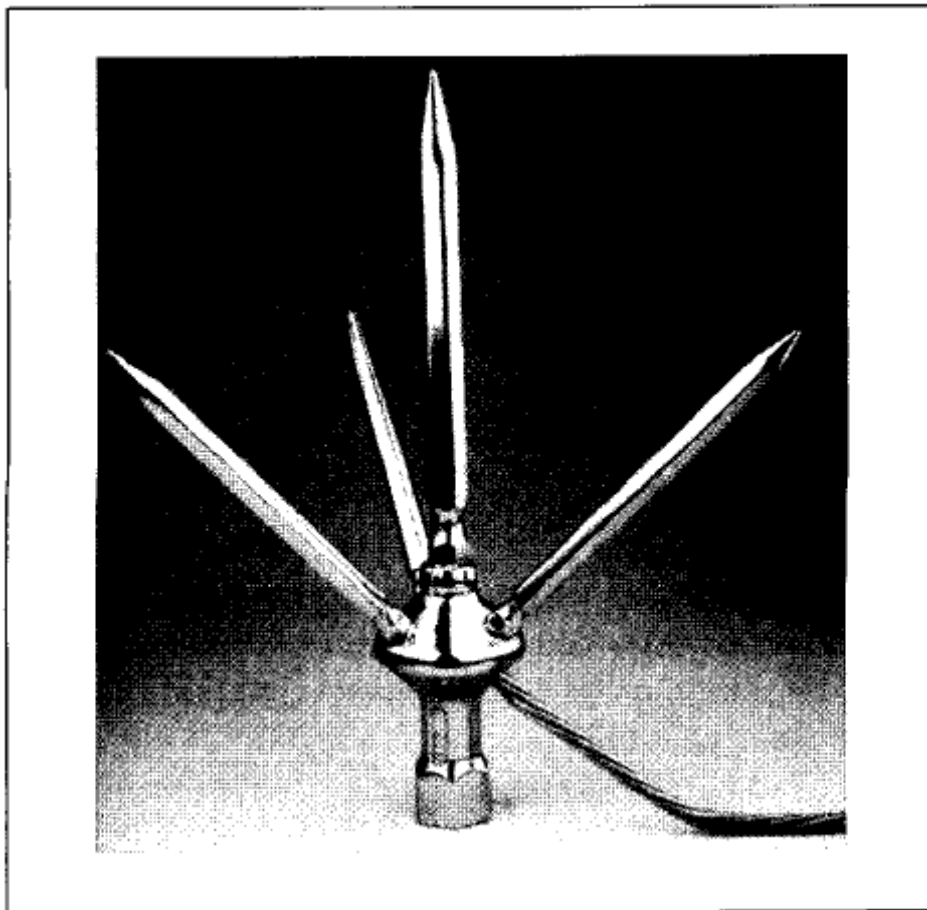


Figura 17 - Captor de Descargas Atmosféricas

8.8.2. Mastro ou haste

É o suporte do captor, constituído de um tubo de cobre de comprimento entre 3 e 5 m e 55 mm de diâmetro. Deve ser fixado firmemente num isolador de uso exterior. A função do mastro é suportar o captor e servir de condutor metálico.

8.8.3. Base de ferro fundido para mastros

É a base de fixação do mastro ou haste. Normalmente é utilizada uma peça de ferro fundido.

8.8.4. Condutor de descida

É o condutor metálico que faz a ligação entre o mastro e o eletrodo de terra. De acordo com a NBR 5419/93 – Proteção de Edificações Contra Descargas Atmosféricas, os condutores de descida podem ser do tipo não-natural e natural.

- Condutores de descida não-naturais

São aqueles constituídos de condutores metálicos de cobre comercial de condutividade mínima 98% para o tipo recozido, ou alumínio, apropriado para utilização como condutor elétrico.

- Condutores de descida naturais

São aqueles constituídos de elementos próprios da estrutura ou que não se enquadrem na condição de condutores naturais.

8.8.5. Eletrodo de terra

São elementos metálicos instalados verticalmente e responsáveis pela dispersão da corrente elétrica de descarga no solo.

O condutor de descida deve ser conectado na sua extremidade inferior aos eletrodos de terra, cujo valor da resistência de aterramento não deverá ser superior a 10 Ω para instalações em geral e 1 Ω para edificações destinadas a materiais explosivos.

8.8.6. Ligações equipotenciais

O SPDA deve ser conectado com os demais sistemas de aterramento, ou seja, com as massas do sistema elétrico

8.9. Iluminação de exteriores

As áreas externas das instalações industriais em geral são iluminadas através de projetores fixados em postes ou nas laterais do conjunto arquitetônico da fábrica. Na Usina de Pinheiro não foi diferente, o projeto indicava a instalação de projetores na subestação. Para tal atividade era de minha competência designar a equipe para realizar a montagem.

Na figura abaixo pode se verificar os detalhes da montagem.

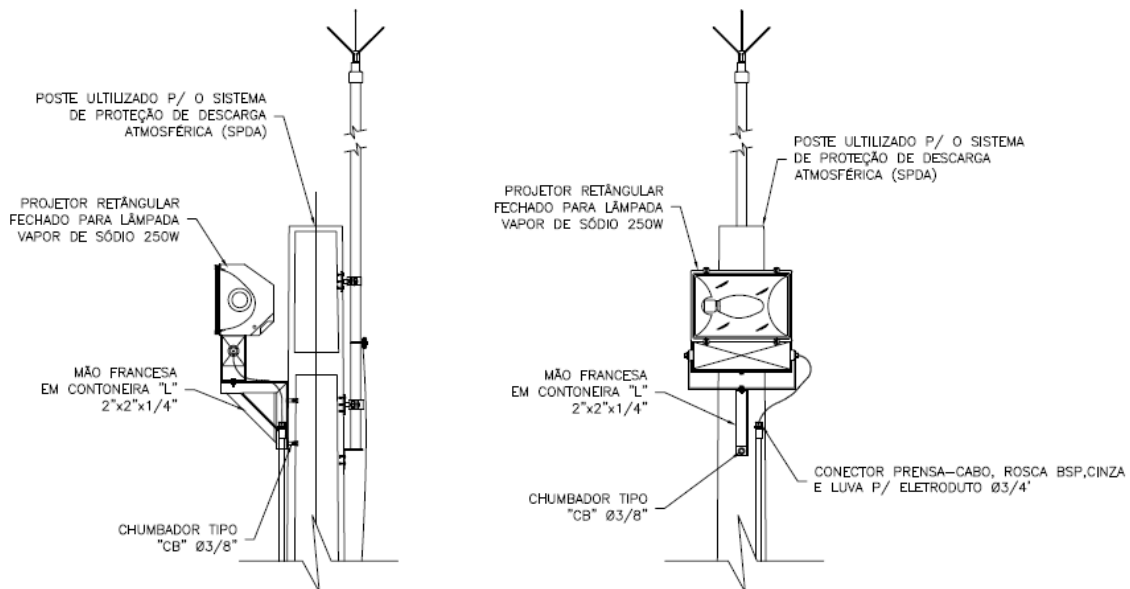


Figura 18 - Detalhe da fixação dos projetores

9. Considerações Finais

A realização de estágio integrado na BM Engenharia foi uma etapa de fundamental importância para a formação profissional. Nele puderam-se aprimorar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de formação, como também conviver com profissionais de vasta experiência no mercado, e ter contato com ferramentas e equipamentos de alta tecnologia.

A orçamentação é parte importante na engenharia, pois, fornece noções básicas ao engenheiro do quantitativo de mão de obra e do quantitativo dos materiais empregados em uma instalação industrial.

Além dos conhecimentos técnicos é exigido do engenheiro de campo uma boa coordenação de equipes para a realização das etapas do serviço com sucesso e no menor tempo possível.

Bibliografia

MAMEDE FILHO, J – *Instalações Elétricas Industriais*, 6ª edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002.

MAMEDE FILHO, J. *Manual de Equipamentos Elétricos*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1993.

SANTANA, R. V. S. *MPCC – Medição, Proteção, Comando e Controle de Subestações Elétricas*, Escola Politécnica de Pernambuco, 2007.

PRYSMIAN. *Manual de Instalações Elétricas*, 2006.

SIEMENS. Catálogo: “Peinéis Elétricos”, 2003.

