



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

ESTÁGIO INTEGRADO

Aluna: Dayanne Rocha Barbosa

Matrícula: 20421224

Professor Orientador: Leimar de Oliveira

Campina Grande, Paraíba.

Março de 2010

DAYANNE ROCHA BARBOSA

PROJETOS DE SUBESTAÇÕES – EPASA

Relatório de estágio integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Campina Grande, Paraíba.

Março de 2010

DAYANNE ROCHA BARBOSA

PROJETOS DE SUBESTAÇÕES – EPASA

Data de Aprovação: __ / __ / __

BANCA EXAMINADORA:

Leimar de Oliveira
Universidade Federal de Campina Grande
Professor Orientador

Professor Convidado
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Campina Grande – Paraíba
Março de 2010

Dedico este trabalho aos meus queridos pais e irmãs.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e ao meu pai, pelo exemplo de vida e família, e por todo apoio dado durante toda graduação.

Às minhas irmãs, por toda a amizade e companheirismo.

Aos Srs. Antonio Caetano e Hamilton Vilela, pela oportunidade que me deram em fazer parte da Empresa ABA Engenharia, depositando em mim confiança e me iniciando como uma profissional em engenharia.

Aos meus amigos de trabalho, Romero Ferreira, José Mário Moreira, Normando Inácio e Leonardo Rodriguez, que sempre me ajudaram e estavam disponíveis para tirar dúvidas e passar conhecimento, e por fazerem da ABA um ótimo ambiente de trabalho.

À Ruy, que esteve ao meu lado durante as etapas finais do curso, me ajudando sempre nos momentos mais difíceis.

À todos os meus amigos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu êxito na graduação, com um agradecimento especial para Camila Abrantes, Giovanna Feitosa, Maiara Jihane, Lilian Guimarães, Bruno Cláudio, Manoel Ramos, Wellinsilvio Santos, Marcos Aurélio, entre outros.

E ao professor Leimar Oliveira, pela orientação e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Uma Subestação é uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica.

Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando como pontos de entrega para consumidores industriais.

Neste trabalho serão apresentados os principais equipamentos de uma subestação, como elas podem ser classificadas e por fim será explicado como é feito o projeto de uma subestação.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 – Organograma da ABA Engenharia	12
Figura 2.1 – Subestação Elevadora	14
Figura 2.2 – Transformador Elevador 80/95 MVA	16
Figura 2.3 – Pára-Raios	17
Figura 2.4 – Transformador de Corrente	18
Figura 2.5 – TP's	19
Figura 2.6 – Chaves Seccionadoras terrestre e de by pass	21
Figura 2.7 – Disjuntores.....	22
Figura 4.1 – Planta de situação e localização das subestações	26
Figura 4.2 – Planta- Subestação EPASA	27
Figura 4.3 – Casa de Comando	28
Figura 4.4 – Anéis para bases	29
Figura 4.5 – Estruturas de Concreto	30
Figura 4.6 – Terraplanagem – Planta	31
Figura 4.7 – Execução da Terraplanagem	31

SUMÁRIO

	Pág.
CAPÍTULO I – Introdução	10
1.1 Estágio Integrado	10
1.2 ABA Engenharia Ltda	11
1.2.1 Estrutura Organizacional da ABA Engenharia	12
CAPÍTULO II – Subestações	13
2.1 Descrição Geral de uma subestação	13
2.1.1 Função	13
2.1.1.a Subestações Elevadoras	13
2.1.1.b Subestações de Distribuição	14
2.1.1.c Subestações de Manobra	14
2.1.1.d Subestações Conversoras	14
2.1.2 Tipo de Instalação	15
2.1.1.a Subestação Externa ou ao Tempo	15
2.1.1.b Subestação Interna ou Abrigada	15
2.2 Equipamentos de uma subestação	15
2.2.1 Transformadores de Força	15
2.2.2 Pára – Raios	16
2.2.3 Transformadores de Corrente	17
2.2.4 Transformadores de Potencial	19
2.2.5 Chaves Seccionadoras	20
2.2.6 Disjuntores	21
CAPÍTULO III – O projeto de uma subestação	23
3.1 Gerenciamento do Projeto	23
3.2 Etapas do Projeto	23
3.2.1 Projeto Elétrico	24
3.2.2 Projeto Eletromecânico	24
3.2.3 Projeto Civil	24

3.2.4 Projeto Arquitetônico	24
CAPÍTULO IV – EPASA	25
4.1 O Empreendimento EPASA	25
4.2 Projeto Civil	27
4.3 Projeto Eletromecânico	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXO 1	36
ANEXO 2	37
ANEXO 3	38
ANEXO 4	39

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 – Estágio Integrado

Um sistema elétrico de potência necessita de grandes unidades geradoras para suprir uma grande quantidade de consumidores (residências, lojas, indústrias, etc.). No entanto, estas unidades geradoras geralmente não se localizam próximas aos centros consumidores, sendo necessária a utilização de linhas de transmissão para conduzir a energia gerada até eles e, muitas vezes, fazer a interligação com outras unidades geradoras. Além disso, os níveis de tensão ideais para geração, transmissão e distribuição são diferentes um dos outros.

As subestações elétricas, ou SEs, são parte importante no sistema elétrico, pois são nelas que começam e/ou terminam as linhas e ainda convertem os níveis de tensão para os ideais, técnica e economicamente, através do uso de transformadores. São nelas também que são instalados os equipamentos para proteção das linhas bem como os equipamentos para manobras, que aumentam a confiabilidade do sistema.

Apesar de sua importância, no Brasil, as SEs não receberam grandes investimentos até meados da década de noventa. A partir daí, as concessionárias começaram a investir intensamente na melhoria e automação de suas subestações, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do sistema, reduzir custos operacionais, melhorar a qualidade das previsões de investimentos e melhorar os índices de qualidade.

O projeto de uma subestação é dividido em quatro partes: Projeto Civil, Projeto Eletromecânico, Projeto Elétrico e Projeto Arquitetônico.

Na estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, o aluno tem a oportunidade de realizar um estágio, seja ele supervisionado ou integrado, na intenção de aliar o conhecimento teórico ao prático e também proporcionar ao aluno um primeiro contato com a realidade a ser enfrentada após o término do curso.

O presente relatório refere-se ao estágio integrado realizado pela aluna do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande

(UFCG), Dayanne Rocha Barbosa, no projeto das subestações EPASA, TERMOPARAIBA, TERMONORDESTE e MUSSURÉ pela empresa ABA Engenharia Ltda. O estágio teve vigência durante o período de 03/10/09 a 01/04/10 sob orientação do professor Leimar de Oliveira.

1.2 – ABA Engenharia Ltda.

A ABA ENGENHARIA é uma empresa dedicada à elaboração de projetos de engenharia, com ênfase para a área elétrica. Seu corpo técnico tem elaborado projetos para empresas geradoras, transmissoras e distribuidoras de energia, além de empresas industriais e órgãos públicos.

Criada em janeiro de 2002 a partir da reunião de um grupo de engenheiros que já trabalhavam juntos desde a década de 80, a empresa desenvolveu trabalhos relevantes iniciando com o projeto de quatro subestações de transmissão de energia para o Grupo Hot-Line na tensão de 230 kV. Foi contratada pela Prefeitura do Recife, através do Departamento de Iluminação Pública para analisar e efetuar modificações no projeto de embutimento de cabos de energia e para distribuição de força (em 15 kV) e no projeto de iluminação pública para o Bairro do Recife (Projeto Luz no Recife Antigo). Para a FERBASA, indústria siderúrgica da Bahia, desenvolveu projeto de ampliação da subestação de entrada em 230 kV, para instalação do quarto transformador 230/13,8 kV – 100 MVA, incluindo o projeto de flexibilização de alimentação da Barra de Utilidades que passou a poder ser alimentada a partir de qualquer dos quatro transformadores.

Desenvolveu os projetos das Linhas de Transmissão em 230 kV para conexão da Usina Eólica Bons Ventos (65 km) e das Usinas Eólicas Alegria I e II (85 km). Para a SIIF, desenvolveu os projetos das Subestações Elevadoras das Usinas Eólicas Praia Formosa (34,5/230 kV – 120MVA) e Icaraizinho (34,5/230 kV – 60MVA), além da Subestação Seccionadora Massapé (230 kV). Para as usinas termoelétricas Muricy I e Arembepe desenvolveu o projeto da subestação Pólo (230 kV) e das linhas de transmissão associadas. Atualmente Desenvolve:

- ✓ O projeto básico e executivo civil e eletromecânico da subestação elevadora das usinas eólicas Alegria I e Alegria II, da linha de transmissão em 230 kV (85 km) entre esta subestação e a subestação Açú II da CHESF e da entrada de linha na subestação Açú II.

- ✓ Os Projetos Básico e Executivo Eletromecânico e Civil das Subestações Suape II (500/230 kV – 600 MVA) e Suape III (230/69 kV – 200 MVA) para a CHESF.
- ✓ Os projetos Básico e Executivo Eletromecânico e Civil das subestações elevadoras das usinas termoeletricas Termo Paraíba (13,8/230 kV – 200 MVA) e Termo Nordeste (13,8/230 kV – 200 MVA), a subestação concentradora/seccionadora destas duas usinas (SE EPASA – 230 kV) e a conexão (230kV) desse sistema ao SIN na subestação Mussuré II (CHESF).

1.2.1– Estrutura Organizacional da ABA Engenharia

À frente da ABA Engenharia estão três diretores, o diretor administrativo, o Engenheiro Eletricista, Antônio Caetano da Costa Lima, responsável pela gerência de toda a empresa, o diretor de engenharia, o Engenheiro Eletricista, Hamilton Vilela Júnior, que é responsável pelo encaminhamento das atividades de engenharia e o diretor de projetos civis, o Engenheiro Civil, Gustavo Fernandes da Costa Lima, responsável pelos projetos civis de todas as subestações elétricas e linhas de transmissão até 500 kV, no caso dos Engenheiros Eletricistas, apesar de tal divisão ambos se relacionam diretamente com seus funcionários e exercem um a função do outro se for necessário. Abaixo desta direção, a ABA é composta por um corpo de eletrotécnicos e projetistas, além de um grupo de consultores independentes. Na figura 1.1 é mostrado o organograma da empresa.

ABA Engenharia Ltda.



Figura 1.1 – Organograma da ABA Engenharia

CAPÍTULO 2

Subestações

2.1 – Descrição Geral de uma Subestação

Uma Subestação é uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica. Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando como pontos de entrega para consumidores industriais. As subestações podem ser classificadas das seguintes maneiras:

- ✓ Quanto à função;
- ✓ Quanto ao tipo de instalação;

2.1.1 – Função

2.1.1.a – Subestações Elevadoras

As subestações elevadoras estão localizadas geralmente na saída das usinas geradoras e tem como função elevar a tensão para os níveis de transmissão e subtransmissão, a tensão é elevada para facilitar o transporte da energia, diminuição das perdas do sistema e melhorias no processo de isolamento dos condutores.



Figura 2.1 – Subestação Elevadora

2.1.1.b – Subestações de Distribuição

As subestações de distribuição estão localizadas geralmente dentro do perímetro urbano das cidades e tem como função abaixar o nível de tensão ate o patamar característico de sua distribuição na cidade. Uma subestação de distribuição comumente recebe linhas de transmissão trifásicas que fornecem energia nas tensões de 69 kV ou 138 kV e abaixa a tensão, usando transformadores, para níveis padronizados de 11,9 kV, 13,8 kV, 23 kV ou 34,5 kV, considerando tensão de linha (fase-fase).

2.1.1.c – Subestações de Manobra

As subestações de manobra interligam circuitos sob o mesmo nível de tensão, possibilitando assim a sua multiplicação. É responsável pelo chaveamento de linhas de transmissão, pois possibilita o seccionamento de circuitos, permitindo sua energização em trechos sucessivos de menor comprimento.

2.1.1.d – Subestações Conversoras

As subestações de manobra estão associadas a sistemas de transmissão em CC (SE Retificadora e SE Inversora).

2.1.2 – Tipo de Instalação

2.1.2.a – Subestação Externa ou ao tempo

São subestações construídas em locais amplos ao ar livre. Os equipamentos são instalados ao tempo e sujeitos portanto às condições atmosféricas desfavoráveis, de temperatura, chuva, poluição e vento, as quais desgastam os materiais componentes, exigindo portanto manutenção mais freqüente e reduzem a eficácia do isolamento.

2.1.2.b – Subestação Interna ou abrigada

São subestações construídas em locais abrigados. Os equipamentos são instalados ao abrigo do tempo, podendo tal abrigo consistir de uma edificação ou de uma câmara subterrânea.

2.2 - Equipamentos de uma subestação

2.2.1 - Transformadores de Força

Na entrada das subestações geralmente são encontrados transformadores que são responsáveis por elevar ou baixar a tensão. A utilização de tais transformadores facilitou na transmissão em níveis elevados de tensões, possibilitando grandes economias nas linhas de transmissão.



Figura 2.2 – Transformador Elevador 80/95 MVA

2.2.2 – Pára-Raios

O pára-raios é um dispositivo protetor, que tem a função de eliminar os valores dos surtos de tensões provenientes de descargas atmosféricas (curta duração) e manobras no sistema elétrico (longa duração).

Por estarem permanentemente ligados aos circuitos elétricos aos quais se destinam a proteger os pára-raios não devem permitir, nas condições normais de operação do sistema, o escoamento da corrente elétrica para a terra e uma vez absorvida a energia associada a um surto, o pára-raios deverá voltar à sua condição de isolamento.

Um pára-raios é constituído de um elemento resistivo não linear associado ou não a um centelhador em série. Em operação normal, o pára-raios é semelhante a um circuito aberto. Quando ocorre uma sobretensão o centelhador dispara e uma corrente circula pelo resistor não linear, impedindo que a tensão nos seus terminais ultrapasse um determinado valor. É possível a eliminação do centelhador, utilizando-se somente o resistor não linear, se este material apresenta uma característica suficientemente adequada para esta finalidade.



Figura 2.3 – Pára-Raios

2.2.3 - Transformadores de Corrente

Um transformador de corrente ou simplesmente TC é um dispositivo que reproduz no seu circuito secundário, uma amostra da corrente que circula no enrolamento primário. Esta corrente tem proporções definidas e conhecidas, sem alterar sua posição vetorial. Os transformadores de corrente têm seu enrolamento primário ligado em série com o circuito de alta tensão. A impedância do transformador de corrente, vista do lado do enrolamento primário, é desprezível, comparada com a do sistema ao qual estará instalado, mesmo que se leve em conta a carga que se coloca em seu secundário. Desta forma, a corrente que circulará no primário dos transformadores de corrente é ditada pelo circuito de potência, chamado de circuito primário.

Tal equipamento é necessário porque o sistema elétrico de potência exige o uso de correntes e tensões cada vez mais elevadas, para que sejam controlados e protegidos, estes sistemas utilizam instrumentos de medição e proteção que necessitam receber informações destas grandezas. Como é inviável economicamente o uso de instrumentos que meçam diretamente as tensões e correntes de linha, utilizam-se os transformadores de correntes.



Figura 2.4 – Transformadores de Corrente

Os TC's podem ser classificados como de medição ou de proteção.

Os TC's para serviço de medição possuem maior precisão e possuem um núcleo dimensionado de tal forma que ele sature não permitindo que a corrente no secundário ultrapasse o valor nominal protegendo assim os equipamentos de medição, além disso devem manter o seu erro de sua classe de exatidão para correntes de carga na faixa indicada abaixo:

$$0,1I_{\text{nominal do TC}} \leq I_{\text{carga}} \leq I_{\text{nominal do TC}}$$

Suas classes mais usuais são de 0,3, 0,6 e 1,2%.

Os TC's para serviço de proteção possuem uma menor precisão, e o secundário pode ultrapassar o valor nominal, quando numa situação de falta, para o sistema de proteção atuar instantaneamente ou depois de alguns instantes dependendo da intensidade e duração da falta. Portanto, o núcleo magnético do TC de proteção deve ter seção transversal grande, para não saturar no instante do curto-circuito.

2.2.4 - Transformadores de Potencial

Os transformadores de potencial são equipamentos que têm como finalidades isolar o circuito de baixa tensão (secundário) do circuito de alta tensão (primário), de reproduzir os efeitos transitórios e de regime permanente aplicados ao circuito de alta-tensão, o mais fielmente possível, no circuito de baixa tensão e reduzir a tensão de um determinado circuito para valores que sejam compatíveis com os instrumentos de medição e com os relés de proteção. Normalmente em sistemas acima de 600V, as medições de tensão não são feitas diretamente da rede primária, mas sim, através desses equipamentos. Os TP's podem ser classificados quanto ao tipo :

- ✓ Transformadores indutivos (TPI): é como um transformador de força conectado a uma pequena carga;
- ✓ Transformadores capacitivos (TPC) ou Divisores capacitivos: são constituídos basicamente de dois capacitores cujas funções são o de divisor de tensão e de acoplar a comunicação via “carrier” ao sistema de potência;
- ✓ Divisores resistivos: são como os capacitivos, mas usando resistores;
- ✓ Divisores mistos (capacitivo e resistivo): como o próprio nome diz, são um misto de dos dois anteriores.



Figura 2.5 – TP's

2.2.5 - Chaves Seccionadoras

A chave seccionadora é um dispositivo mecânico de manobra que podem desempenhar diversas funções nas subestações, 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 nos mesmos. Neste último caso, as chaves abertas, que isolam o componente em manutenção, devem ter uma suportabilidade entre terminais às solicitações dielétricas de forma que o pessoal de campo possa executar o serviço de manutenção em condições adequadas de segurança.

As chaves podem ser classificadas de acordo com as funções que desempenham em subestações de alta tensão:

✓ **Seccionadoras:**

1. Funcionar como “By-pass” de equipamentos: disjuntores e capacitores série para a execução de manutenção ou por necessidade operativa;
2. Isolar equipamentos: disjuntores, capacitores, barramentos, transformadores, reatores, geradores ou linhas para a execução de manutenção;
3. Manobrar circuitos: transferência de circuitos entre os barramentos de uma subestação.

✓ **Chaves de Terra:**

1. Aterrar componentes do sistema em manutenção: linhas de transmissão, barramentos ou bancos de capacitores em derivação.

✓ **Chaves de operação em carga:**

1. Abrir e/ou fechar determinados circuitos em carga: reatores, capacitores, geradores e circuitos de distribuição.

✓ **Chaves de aterramento rápido:**

1. Aterrar componentes energizados do sistema no caso de defeitos em reatores não manobráveis ligados a linhas de transmissão sem esquemas de proteção com transferência de disparo, ou no caso de linhas

terminadas por transformador sem disjuntor no outro terminal da linha e para proteção de geradores contra sobretensões e auto-excitação. Estas chaves necessitam de tempos de operação extremamente rápidos, exigindo, acionamento com explosivos. Este tipo de chave é raramente aplicado nas redes.



Figura 2.6 – Chaves seccionadoras terrestres e de by pass

2.2.6 - Disjuntores

O disjuntor é um dispositivo que pode interromper um circuito mesmo em condições anormais de tensão ou corrente. Sempre estão associados aos relés que servem como sensores e indicam se o disjuntor deve abrir ou não. Se não estiver em comunicação com algum relé, o disjuntor realiza tarefa similar à de uma chave de manobra. A principal função dos disjuntores é a interrupção de correntes de falta tão rapidamente quanto possível, de forma a limitar a um mínimo os possíveis danos aos equipamentos pelos curtos-circuitos.

Além das correntes de falta, o disjuntor deve ser capaz de interromper correntes normais de carga, correntes de magnetização de transformadores e reatores e as correntes capacitivas de bancos de capacitores e linhas em vazio.

O disjuntor deve ser capaz também de fechar circuitos elétricos, não só durante condições normais de carga, como na presença de curtos-circuitos, o que pode ocorrer

no caso de religamento. Algumas falhas podem ser temporárias, como por exemplo, um galho de árvore que cai sobre a linha de distribuição, fecha curto-circuito e cai no chão retirando o curto, e por este motivo é feita tentativas de religar o sistema algumas vezes, mas caso o defeito persista é feito o desligamento definitivamente.



Figura 2.7 – Disjuntores a SF₆

Os disjuntores são classificados quanto ao tipo construtivo de acordo com os meios que utilizam para extinguir o arco elétrico quando ocorre a interrupção da corrente elétrica. Outra classificação dos disjuntores é de acordo com o sistema de acionamento.

CAPÍTULO 3

O Projeto de uma subestação

3.1 – Gerenciamento do Projeto

Para se iniciar um projeto o mesmo deve passar por aprovação do cliente, e quando conectado ao SIN (Sistema Interligado Nacional), pela aprovação da concessionária de energia local. Para isso é enviado a mesma um memorial descritivo da área do projeto e uma descrição sucinta do empreendimento.

Nesse memorial deve conter informações relativas à localização e à área ocupada pelo empreendimento, detalhando seus limites, de modo a permitir um perfeito reconhecimento do mesmo, deve fazer uma descrição da cobertura vegetal, topografia, tipo de solo e corpos d'água existentes, preferivelmente acompanhada de fotografias, deve verificar a existência de áreas protegidas (mata atlântica, mata ciliar, manguezal, etc.) e deve fazer uma descrição sucinta do funcionamento do empreendimento, acompanhada dos objetivos e justificativa do projeto.

A empresa também deve apresentar o cronograma dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade, de forma a permitir a identificação entre a fase atual e o início da implantação do empreendimento.

É importante dizer que cada concessionária tem suas normas, as vezes, são especificações técnicas e burocráticas bem diferentes umas das outras.

Depois de aprovado, inicia-se o cronograma de atividades.

3.2 – Etapas do Projeto

O projeto de uma subestação é dividido em 4 etapas :

- ✓ Projeto Elétrico;
- ✓ Projeto Eletromecânico;
- ✓ Projeto Civil;
- ✓ Projeto Arquitetônico.

3.2.1 – Projeto Elétrico

O projeto elétrico trata de toda parte de proteção e controle da subestação. Esta etapa sofreu grandes mudanças com a vinda da automação. Antes, havia um circuito de comando localizado em um painel e/ou mesa(s) de comando, e outro circuito de proteção, cujos elementos principais eram os relés. Com a automação, estes circuitos se tornaram um só, sendo concentrados em um único painel.

3.2.2 – Projeto Eletromecânico

O projeto eletromecânico trata da elaboração dos circuitos de potência, dimensionamento dos equipamentos elétricos (disjuntor, seccionadoras, transformador, etc.), dimensionamento da malha de terra, das estruturas de sustentação destas e lançamento de canaletas, eletrodutos , etc.

3.2.3 – Projeto Civil

O projeto civil trata de toda estrutura civil da subestação, arquitetura da casa de controle (onde se localizam os relés, computadores e equipamentos de baixa tensão), bases para as estruturas e suportes de barramento e equipamentos, canaletas e eletrodutos complementares para cabos de controle, cercas perimetrais, com detalhes de fechamento e aterramento, drenagem, empedramento do pátio, iluminação e tomadas do pátio, diagramas isométricos com os respectivos esforços, etc.

3.2.4 – Projeto Arquitetônico

O projeto arquitetônico trata da rede lógica de comunicação dos relés digitais entre si, com o(s) computador(es) e com a sala central de computadores. Sendo assim, este tipo de projeto surgiu com a automação, já que antes não havia tal integração. Atualmente, este projeto é elaborado pelos fabricantes dos relés, uma vez que se tenha definido a quantidade destes e o método de transmissão de informação (rede telefônica, fibra ótica, etc.).

CAPÍTULO 4

EPASA

4.1 – O Empreendimento EPASA

O empreendimento EPASA compreende a instalação das Usinas termoeletricas Termoparaíba e Termonordeste, assim como as subestações elevadoras e coletora/seccionadora, a linha de transmissão em 230kV e a conexão ao SIN (Sistema Interligado Nacional) que no caso ocorrerá através de uma entrada de linha na subestação Mussuré II pertencente à Chesf.

Os projetos relativos ao empreendimento contratados com a ABA Engenharia Ltda, compreendem os projetos básico e executivos, civil e eletromecânico das subestações: SE Elevadora Termoparaíba, SE Elevadora Termonordeste, SE Coletora/Seccionadora EPASA e a entrada de linha 230kV na subestação Mussuré II. Foram contratados pela CPFL Serviços, Equipamentos, Indústria e Comércio S.A. sócia majoritária do Empreendimento.

A energia elétrica gerada nas usinas na tensão de 13,8 kV, terá o seu nível de tensão elevado para 230 kV por intermédio de três transformadores-elevadores com potência de 66 , 72 e 77 MVA, sendo diretamente entregue ao barramento das subestações Termoparaíba e Termonordeste .

Apesar de composto por duas barras, o barramento da referida subestação é classificado como barramento simples. A subestação é dividida em três vãos de 230 kV, cada um saindo de um transformador, contendo duas chaves seccionadoras motorizadas, isoladoras de disjuntor. Todo o fluxo de potência fluirá pela barra principal, a barra de auxilio somente será energizada quando ocorrer algum problema em um dos disjuntores. Duas chaves seccionadoras motorizadas são localizadas na barra auxiliar, entre os transformadores, responsáveis por gerar um caminho alternativo para o fluxo de potência, no caso de perda de um dos disjuntores.

A partir do barramento principal de 230 kV a energia gerada pela UTE Termoparaíba e Termonordeste será transportada até a SE Coletora/Seccionadora EPASA.

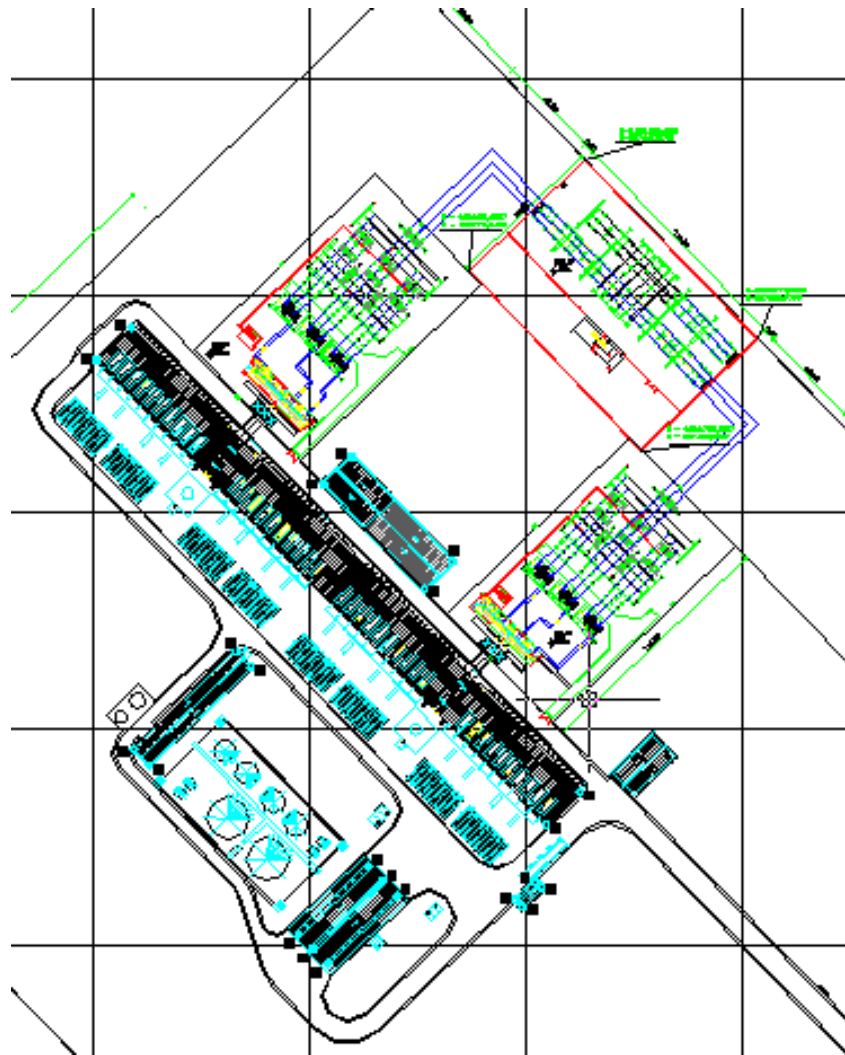


Figura 4.1 – Planta de situação e localização das subestações

A SE EPASA, é composta por dois barramentos na tensão de 230 kV, uma barra principal normalmente em operação e uma barra de transferência, que somente será energizada quando o disjuntor de interligação de barras estiver substituindo qualquer um dos demais. A subestação é dividida em quatro vãos, cada vão de 230 kV conterá três chaves seccionadoras motorizadas, sendo duas isoladoras do disjuntor e uma

para transferência de barras. O vão do disjuntor de interligação de barras será a exceção, tendo apenas as duas chaves isoladoras.

A partir do barramento principal de 230 kV da SE EPASA e por meio de uma linha de transmissão relativamente curta (6 km), a energia gerada pelas UTEs Termoparaíba e Termonordeste será transportada até a SE Mussuré II, integrante da rede básica do Sistema Interligado Nacional, operado pelo ONS.

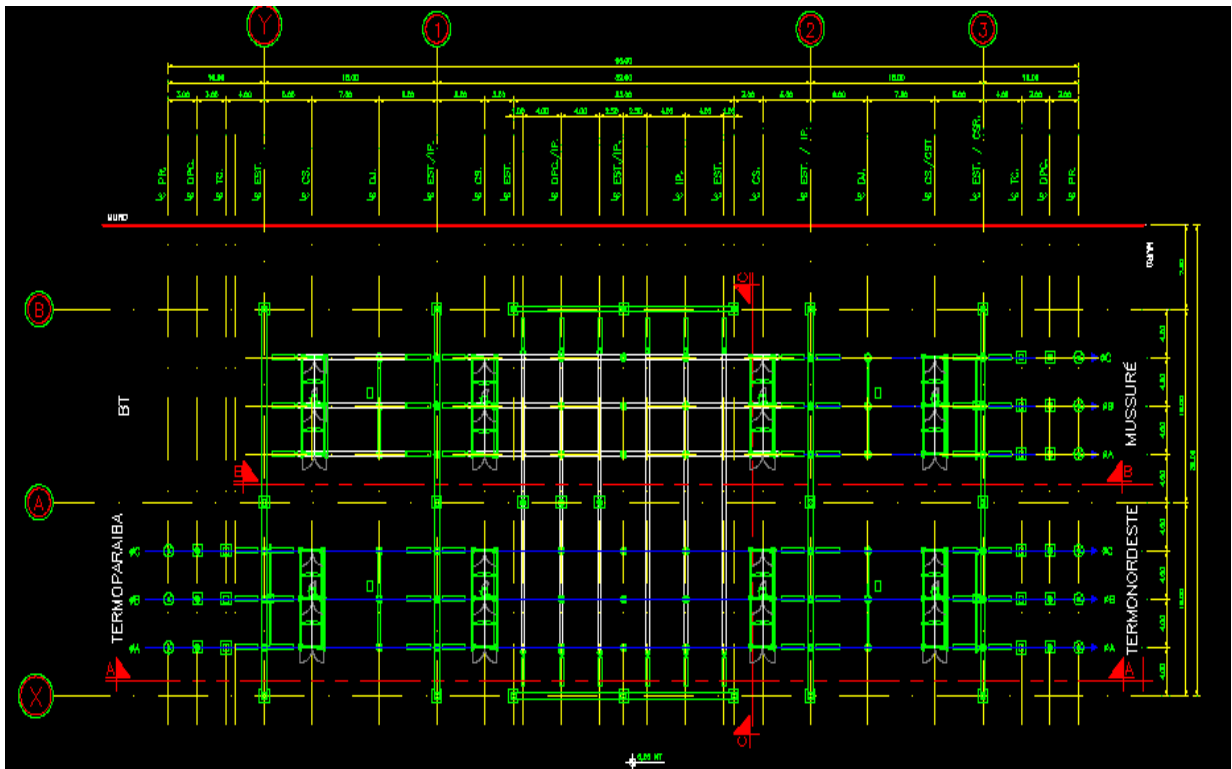


Figura 4.2 – Planta Subestação EPASA

4.2 – Projeto Civil

Como dito anteriormente o projeto civil trata de toda estrutura civil da subestação. Nessa etapa do projeto foram confeccionados os seguintes desenhos:

- ✓ Planta e Corte - Casa de comando
- ✓ Detalhes – Casa de comando (Figura 4.3)

✓ Esquadrias (Detalhes) – Casa de comando

Na casa de comando ficam localizados os painéis de proteção da subestação e de medição bruta. Dados enviados através de cabos, pelos equipamentos, chegam à casa de comando através de canaletas, e são conectados aos painéis. Portanto no projeto da casa de comando deve ser feita toda a estrutura para a passagem de canaletas, assim como toda a iluminação e refrigeração para a conexão dos painéis.

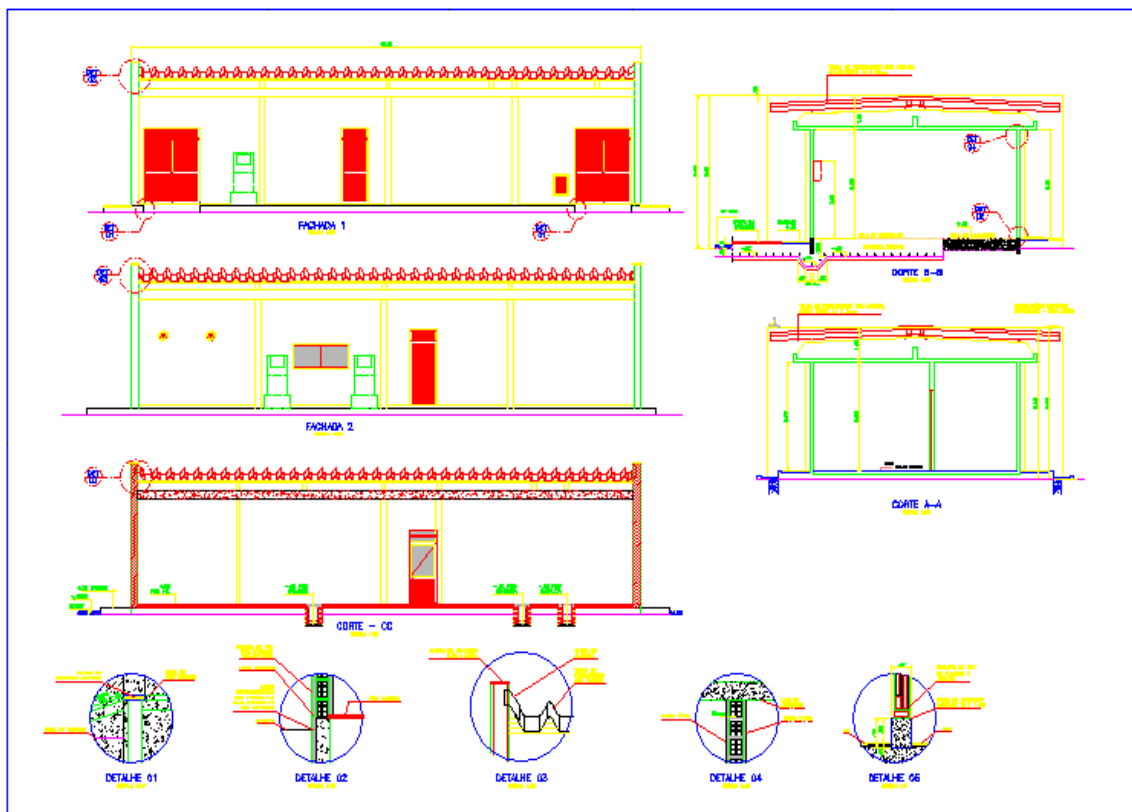


Figura 4.3 – Casa de Comando

- ✓ Base, canaletas e casa de comando – Locação
- ✓ Estruturas de concreto – Planta e Cortes
- ✓ Estruturas de concreto – Isométrico
- ✓ Estruturas de concreto – Isométrico – Esforços

A localização dos equipamentos é baseada em normas técnicas, obedecendo ao mínimo de distância de segurança dos mesmos. Esta distância mínima é formada de dois valores: o primeiro corresponde ao que é chamado de zona de segurança. É estabelecido em função da movimentação livre a ser feita pelo pessoal e da natureza dos trabalhos a serem efetuados, levando em conta alguns dispositivos que serão usados. Foi estabelecido, para esta zona, o valor fixo de 2,25m, que corresponde em média, a uma pessoa de 1,75m de altura, com os braços levantados. O segundo valor foi fixado de modo a evitar o risco de arco elétrico nas condições mais desfavoráveis. É a distância mínima de isolamento, acrescida de um fator que considera a umidade nas instalações; é a distância mínima entre fase e terra ou distância a massa. Para movimentação de pessoal sob os barramentos, a altura mínima sobre o solo foi estabelecida em 3,0m.

A escolha do tipo de estrutura fica por conta do contratante, sendo ela de concreto ou metálica. No projeto das bases, foi feita a escolha por anéis de concreto, uma vez que a qualidade do solo colocava em risco os funcionários na obra. Os anéis de concreto (Figura 4.4) têm a função de proteger contra o desabamento de pedaços de terra na hora da escavação das bases.

No projeto dos isométricos das estruturas de concreto, é feito o estudo sobre qual a maior força que atuará nas estruturas, os esforços que serão feitos por elas, levando em consideração o peso dos equipamentos e do pessoal da manutenção.



Figura 4.4 – Anéis para bases

- ✓ Estruturas de concreto – Pórticos de Entrada – Dimensões e Detalhes
- ✓ Estruturas de concreto – Barramento – Dimensões e Detalhes
- ✓ Estruturas de concreto - PR/TC/TP e IP – Dimensões e Detalhes
- ✓ Estruturas de concreto – Chave seccionadora – Dimensões e Detalhes

As estruturas de concreto são projetadas para suportar todos os esforços que atuam sobre elas. Por isso o dimensionamento e detalhes dessas estruturas devem ser minuciosamente calculados.



Figura 4.5 – Estruturas de concreto

- ✓ Base para estruturas de concreto – Pórticos e Barramentos
- ✓ Base para estruturas de concreto – PR/TP/TC/IP e CSR
- ✓ Base para estruturas de concreto – Chave seccionadora
- ✓ Base para disjuntor – Forma e Armação
- ✓ Casa de comando – Estrutural – Forma
- ✓ Casa de comando – Estrutural – Armação

- ✓ Terraplanagem – Planta
- ✓ Terraplanagem – Seções
- ✓ Drenagem Superficial – Planta
- ✓ Drenagem Superficial – Detalhes

A terraplanagem é um conjunto de operações: Desmatamento e limpeza do perímetro onde a subestação será construída. Destocamento e raspagem da vegetação superficial. Escavação do solo que se encontra acima da cota de projeto. Transporte do material escavado. Compactação dos aterros. Aberturas de valas para serviços de drenagem. Aberturas de cavas para fundações de obras civis. O cálculo de área, volume, classificação e seleção de materiais, a escolha as áreas transversais e o projeto de drenagem foram feitos pelo engenheiro da ABA responsável.

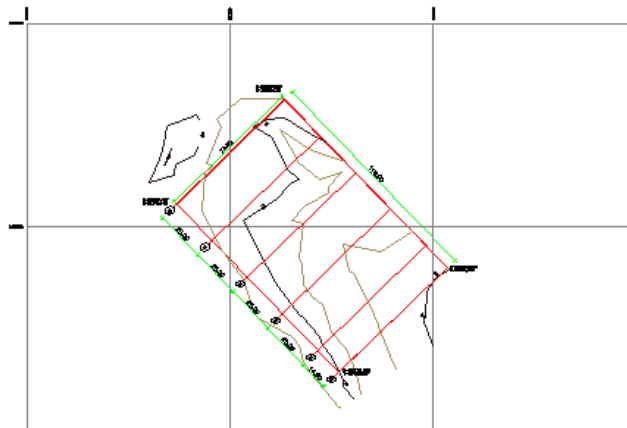


Figura 4.6 – Terraplanagem - Planta



Figura 4.7 – Execução da Terraplanagem

Pra finalizar o projeto civil foram feitos os desenhos de urbanização e sondagem da subestação.

4.3 – Projeto Eletromecânico

O projeto eletromecânico define todos os detalhes de montagem dos equipamentos assim como os seus arranjos de interligações, além do dimensionamento da malha de terra e do lançamento de canaletas e eletrodutos. Nessa etapa do projeto foram confeccionados os seguintes desenhos:

- ✓ Situação e Localização – Planta
- ✓ Diagrama unifilar simplificado

O diagrama unifilar é uma simplificação do sistema de potência, onde os componentes do sistema são representados por símbolos simples. Em um diagrama unifilar, o sistema trifásico é representado por um sistema monofásico (uma das três fases e o neutro). Frequentemente este diagrama é ainda mais simplificado, suprimindo-se o neutro e indicando as partes componentes por símbolos padronizados. A importância do diagrama unifilar é fornecer de maneira concisa os dados mais significativos de um sistema de potência bem como sua topologia. O diagrama unifilar da subestação foi projetado de acordo com o arranjo físico da mesma. No anexo 1, encontra-se o diagrama unifilar da SE EPASA.

- ✓ Arranjo Físico – Planta
- ✓ Arranjo Físico – Corte
- ✓ Lista de Matérias de barramento

Dá-se o nome de arranjo de uma subestação ao seu *lay-out*, ou seja, as formas de se conectarem entre si, linhas, transformadores e cargas de uma subestação. No anexo 2, encontra-se o arranjo físico – corte, da SE EPASA.

- ✓ Esticamento de cabos – Flechas e Tensões
- ✓ Eletrodutos e acessórios – Planta

✓ Iluminação e tomadas de pátio – Planta

No projeto de flechas e tensões, foi usado um programa computacional. Nesse, o usuário entrava com os dados de: tamanho do vão, tipo de cabo, quantidade de cabo, força suportada pelo cabo, quantidade de isoladores e tamanho da cadeia de isoladores, e o mesmo, calculava a tabela de flechas e tensões. Nessas tabelas é fornecido o esticamento máximo que o cabo suporta a uma determinada temperatura e com determinada força. A planta de eletrodutos e acessórios (Anexo 3) é projetada para atender a necessidade de interligação dos equipamentos. Os circuitos elétricos de iluminação são simples, apenas para ligação de refletores e tomadas dentro da subestação.

- ✓ Detalhes de instalação – Chave seccionadora
- ✓ Detalhes de instalação – Disjuntor
- ✓ Detalhes de instalação – TP
- ✓ Detalhes de instalação – TC
- ✓ Detalhes de instalação – PR

No projeto de detalhes de instalações, as ligações dos equipamentos são realizadas de acordo com o diagrama de ligações das placas de identificação dos mesmos, fornecidas pelos fabricantes. Os cabos passarão por canaletas até chegar à casa de comando, onde serão conectados aos painéis de medição e proteção. Esses desenhos têm a função de detalhar todo esse processo, desde os conectores de montagem dos equipamentos até a conexão com os painéis. No anexo 4 encontra-se o desenho de detalhe de instalação de um TC.

Pra finalizar o projeto eletromecânico foram feitos os desenhos das cadeias de ancoragem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio realizado na elaboração dos projetos das SE do empreendimento EPASA foi de extrema importância para o aperfeiçoamento dos conhecimentos, até então, em grande parte teóricos. Foi possível compreender de forma mais clara as relações burocráticas do comércio de energia elétrica e o envolvimento das empresas construtoras, fiscalizadoras e terceirizadas durante a elaboração desses projetos.

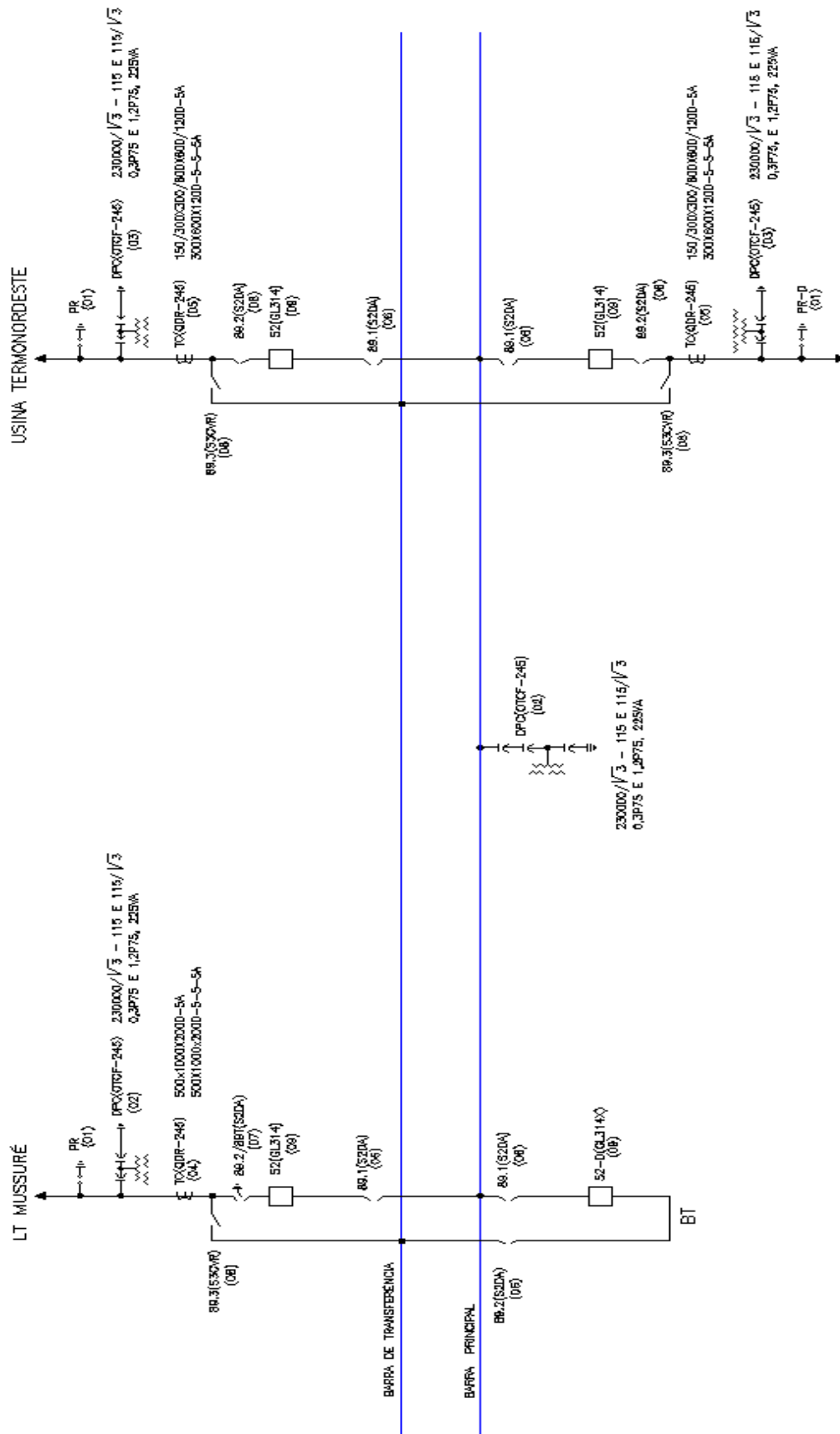
Um projeto de subestação requer muita dedicação e atenção do projetista, é necessário tomar sempre decisões pensando no futuro, e questionando sempre as melhores possibilidades. Um trabalho em equipe é fundamental para que todos os projetos possuam um único padrão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

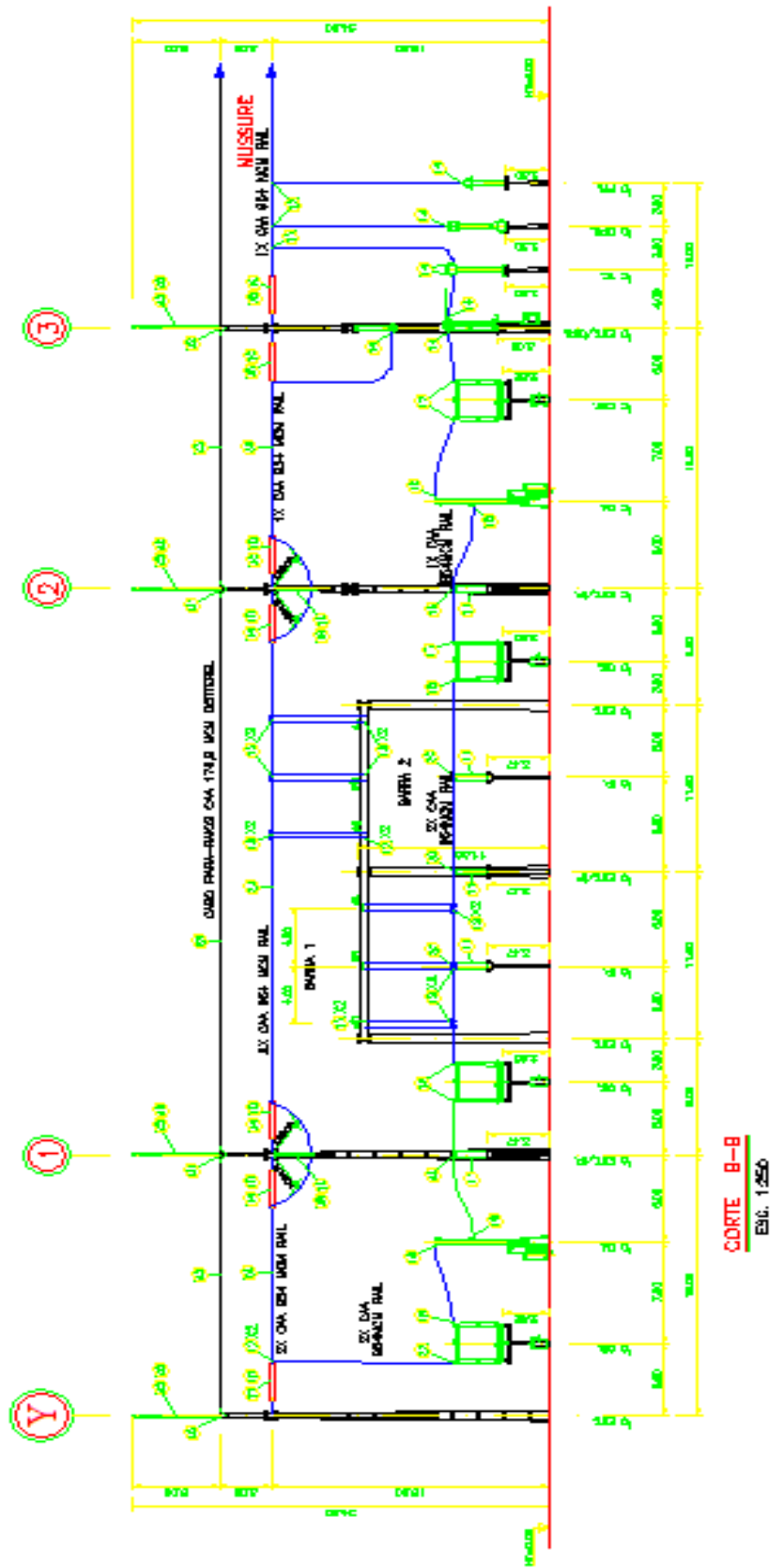
[1] ABA Engenharia

[4] EFACEC & BC Projetos, Especificação Técnica UTE Muricy I, Subestação de 230 kV, 2008.

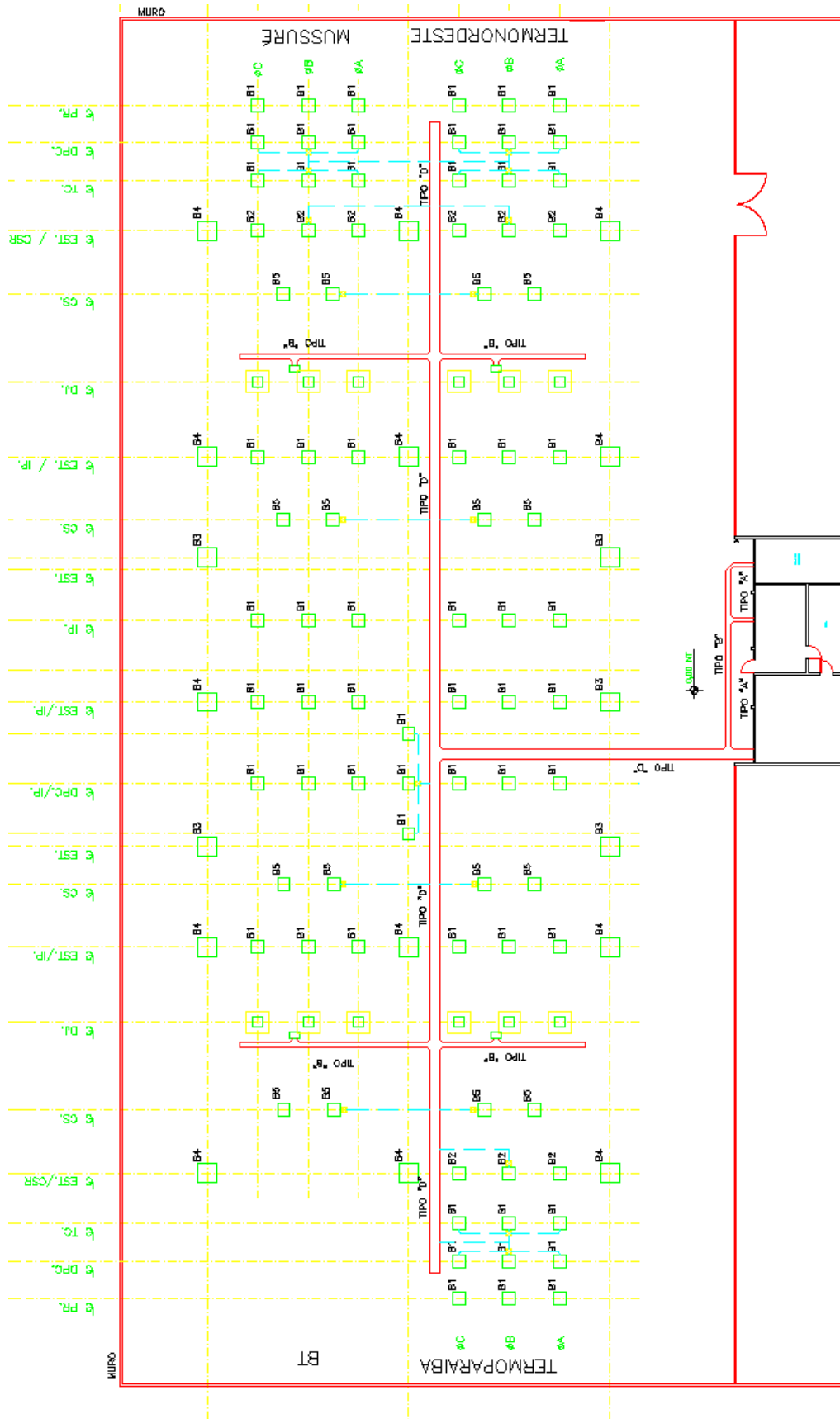
ANEXO 1



ANEXO 2



ANEXO 3



ANEXO 4

