



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

FELIPE QUEIROGA MACEDO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
INTEREST ENGENHARIA LTDA

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2014

FELIPE QUEIROGA MACEDO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
INTEREST ENGENHARIA LTDA

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

Área de Concentração: Eletrotécnica, Subestação de Energia Elétrica

Orientador:

Professor Edson Guedes da Costa, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2014

FELIPE QUEIROGA MACEDO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
INTEREST ENGENHARIA LTDA

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

Área de Concentração: Eletrotécnica, Subestação de Energia Elétrica

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Edson Guedes da Costa, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Agradecimentos

Agradeço aos meus familiares por todo o apoio dado e por sempre acreditarem no meu potencial.

Agradeço a minha noiva, Catharina, por toda ajuda e paciência.

Agradeço ao professor Edson Guedes, por ter me orientado nesta jornada final, e por me proporcionar os meios de concluí-la com sucesso.

Agradeço a todos que fazem parte da Interest Engenharia, por me proporcionar uma experiência inigualável.

“[...] paz no coração de quem ta lendo.”

- Autor desconhecido

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Planta de Arranjo Físico.....	15
Figura 3.2. Cortes de Arranjo Físico.....	16
Figura 3.3. Planta de Instalação Elétrica.....	21
Figura 3.4. Planta de instalações elétricas – Casa de Comando – SE Ceará Mirim II....	22
Figura 3.5. Planta de iluminação do pátio – Setor 500kV – SE Ceará Mirim II.....	23
Figura 3.6. Esquema com detalhe de Instalação.....	24
Figura 3.7. Planta de malha de terra – Setor 500kV – Campina Grande III.....	26
Figura 3.8. Interface para recebimento de dados do software.....	27
Figura 3.9. Planta de estiramento de cabos.....	28
Figura 3.10. Planta de estiramento de cabos – Setor 230kV – Chapada II.....	29
Figura 3.11. Planta de Estruturas metálicas.....	31
Figura 3.12. Cortes de Estruturas Metálicas.....	32
Figura 3.13. Esquema Isométrico das Estruturas metálicas.....	33
Figura 3.14. Vistas laterais do SPDA.....	35

SUMÁRIO

Lista de Figuras	6
Sumário.....	7
Resumo	8
1 Introdução	9
2 Apresentação da Empresa	11
3 O Estágio.....	13
3.1 Atividades Desempenhadas	13
3.1.1 Arranjo Físico.....	13
3.1.2 Instalações Elétricas de Baixa Tensão	17
3.1.3 Detalhe de Montagem de Equipamentos.....	23
3.1.4 Malha de Terra	25
3.1.5 Estiramento de Cabos.....	26
3.1.6 Cálculo de Esforços em Estruturas de Suporte	29
3.1.7 Proteção contra Descargas Atmosféricas	34
4 Conclusão.....	36
Bibliografia.....	37

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade expor as atividades realizadas pelo estagiário Felipe Queiroga Macedo na empresa Interest Engenharia LTDA – PE, durante o período de seis meses, cumprindo a carga horária de 660 horas exigida pela disciplina Estágio Integrado, disponibilizada pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Neste relatório serão apresentadas as atividades realizadas, além de um visão geral a respeito da empresa concessionária do estágio.

Palavras-chave: Eletrotécnica, Subestação de Energia Elétrica, AutoCAD.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica ocorre de forma articulada e coordenada, por meio de um sistema altamente conectado, chamado de Sistema Interligado Nacional (SIN). O órgão responsável pelo controle e coordenação das operações do mesmo, o Operador Nacional do Sistema (ONS), define-o como “... um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários”, uma vez que o sistema é formado por empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste, e parte da região Norte, com apenas 1,7% da energia requerida pelo país sendo produzida fora dele, em pequenos sistemas de geração isolados, localizados principalmente na região amazônica.

Para que um sistema tão complexo e fortemente conectado possa ser constituído, faz-se necessário o uso de diversas subestações, que são instalações elétricas de alta potência com a função de servirem de ponto de transferência e controle, no auxílio à transmissão e à distribuição da energia elétrica. A crescente demanda, devido ao crescimento sócio-econômico atual do país, gera investimentos em geração e transmissão, e, conseqüentemente, a criação de novas subestações.

Neste cenário, fica claro que o projeto de subestações é de grande importância para o desenvolvimento do sistema.

Para se efetuar a construção de subestações de energia elétrica é preciso se ter um projeto bem estruturado, que especifique de forma clara como a mesma deve ser arquitetada e construída. Projeto este que deve conter diversos documentos especificando todas as facetas relativas à instalação.

Todos estes documentos são elaborados por empresas especializadas em consultoria e realização de projetos de engenharia de transmissão e geração de energia elétrica. Elas possuem, em sua maioria, um corpo técnico composto por engenheiros, técnicos, desenhistas e projetistas.

A empresa concessionária do estágio que é foco do presente trabalho, Interest Engenharia LTDA, localizada no Recife, é uma empresa que se enquadra no padrão

acima mencionado. Ela desenvolve projetos de subestações de alta e extra-alta tensão, presta consultoria e assessoria técnica, assim como atua na engenharia de campo.

Logo, este trabalho visa apresentar as atividades realizadas no âmbito de estágio na citada empresa, no ramo anteriormente mencionado, de projeto de subestações. Para tanto será feita uma rápida análise dos pontos referentes a estes projetos onde o estagiário realizou alguma atividade, além de apresentar a empresa como um todo.

2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A INTEREST Engenharia, fundada em 1990, é uma empresa de projetos, consultoria, acompanhamento e fiscalização de obras, referentes a sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

O seu escopo técnico é formado por engenheiros e técnicos especialistas, com reconhecida experiência, que se destacaram durante sua carreira profissional, nas áreas de estudos, projetos e implantação de sistemas elétricos de potência, envolvendo-se diretamente com vários empreendimentos de destaque da engenharia nacional.

A INTEREST está localizada na cidade do Recife, contando com infraestrutura adequada à sua área de atuação, ocupando 230 m² de escritórios, rede de aproximadamente 40 estações de trabalho e *softwares* de engenharia de última geração. Possui três equipes e atuação: civil, eletromecânica e elétrica.

As áreas de atuação podem ser divididas em dois grupos, sendo um destes atuante na elaboração de projetos e estudos de engenharia, e o outro focado na parte de engenharia de campo. Na primeira área, a INTEREST fornece diversos serviços referentes à:

- Subestações de alta e extra-alta tensão, tais como: projeto básico e projeto executivo; projetos de recapitação para substituição de sistemas de proteção eletromecânicos ou estáticos por sistemas digitais; especificações de sistemas de medição, proteção, comando, controle e supervisão, assessoria no processo de aquisição de equipamentos e materiais, etc.
- Usinas hidrelétricas e termelétricas, tais como: projeto básico e projeto executivo de medição, proteção, comando, controle e supervisão; projetos de recapitação para substituição de sistemas de proteção eletromecânicos ou estáticos por sistemas digitais, estudo de coordenação e seletividade de proteções, etc.
- Sistemas industriais e de média e baixa tensão, tais como projetos de instalações elétricas industriais, projetos de estações de bombeamento e

tratamento de água para saneamento e irrigação, especificação de equipamentos, etc.

Já na área de engenharia de campo, oferece os seguintes serviços: gerenciamento e acompanhamento de obras, fiscalização de usinas e subestações em operação, fiscalização de montagem; recapitação para substituição de sistemas de proteção eletromecânicos ou estáticos por sistemas digitais; inspeção técnica de materiais e equipamentos elétricos, comissionamento de equipamentos.

Dentre seus principais clientes pode-se citar a Alstom Grid, Alstom Power, Areva T&D, CELP, CHESF, COMPESA, Eletronorte, GE Energy, Siemens, Termobahia, entre outros.

A INTEREST Engenharia possui a seguinte política de qualidade: “Comprometimento de toda a organização com a melhoria contínua dos Serviços” de Engenharia e do Sistema de Gestão da Qualidade, visando a satisfação dos clientes e colaboradores.

3 O ESTÁGIO

O estágio integrado teve carga horária semanal de 40 horas realizadas durante o período de seis meses, compondo um total de 912 horas, com vigência de 22 de abril à 17 de outubro de 2014.

Dentre as atividades desenvolvidas pelo estagiário, pode-se destacar:

- Participação na elaboração de projeto eletromecânico de subestação constando de:
 - Arranjo físico;
 - Cálculo de esforços em estruturas de suporte;
 - Cálculo de estiramento de cabos;
 - Malha de terra;
 - Instalações elétricas de baixa tensão;
 - Iluminação de pátio;
 - Detalhe de montagem de equipamentos;
 - Proteção contra descargas atmosféricas;
 - Elaboração de memórias de cálculo e relatórios técnicos.

3.1 ATIVIDADES DESEMPENHADAS

Serão apresentadas de forma breve as atividades realizadas pelo estagiário no decorrer dos últimos seis meses.

3.1.1 ARRANJO FÍSICO

O arranjo físico de uma subestação consiste em um documento contendo informações a respeito da disposição da aparelhagem, estruturas e edificações contidas na subestação projetada, na qual será possível observar a localização exata de todos os equipamentos, os limites físicos do empreendimento, a posição das edificações constituintes – casa de relés, casa de comando, casa do grupo motor gerador -, distância entre fases, posição dos barramentos, o arranjo dos cabos e estruturas, os arruamentos e

estradas de acesso, a entrada e saída da linha, e os setores da subestação que são diferenciados pelo valor do nível de tensão, etc.

O arranjo físico é geralmente dividido em um desenho com vista superior, uma planta, e desenhos contendo vistas laterais da subestação, denominados de cortes, estes permitem observar a altura do barramento, altura dos equipamentos, e posicionamento das estruturas metálicas e de concreto. Nestes desenhos do arranjo físico são mostradas a numeração de todos os equipamentos e materiais para que se possa elaborar uma lista que discrimina a quantidade de cada item identificado que serão necessários na instalação da subestação. É possível também, observar os pontos de conexão dos equipamentos aos cabos que passam sobre eles, o posicionamento das hastes e cabos para-raios.

Os desenhos constituintes do arranjo físico são elaborados na ferramenta AutoCAD®, que é um software de auxílio a desenho técnico. Antes de ser enviado para o cliente, ou para a empresa responsável pela execução do projeto, é preciso que estes documentos sejam verificados, na intenção de eliminar possíveis erros. Todas as vistas superiores e laterais dos equipamentos são disponibilizadas pelos fabricantes dos mesmos.

Nas Figuras 3.1 e 3.2 estão ilustrados um exemplo de planta e cortes do arranjo físico da subestação de Ceará Mirim, no Rio Grande do Norte, que servirá de ponto de conexão de parques eólicos da região com o SIN (Sistema Interligado Nacional).

No âmbito de elaboração de arranjos físicos, o estagiário acompanhou o trabalho dos engenheiros responsáveis, contribuindo com modificações nos desenhos de arranjo desenvolvidos, quando cabíveis, e elaboração de memórias de cálculo de dimensionamento de barramentos. Pode-se citar as subestações de Pindaí II, Ceará Mirim II, Campina Grande III, Chapada I, Chapada II e Caetés II, cujos projetos de arranjo físico tiveram participação deste estagiário.

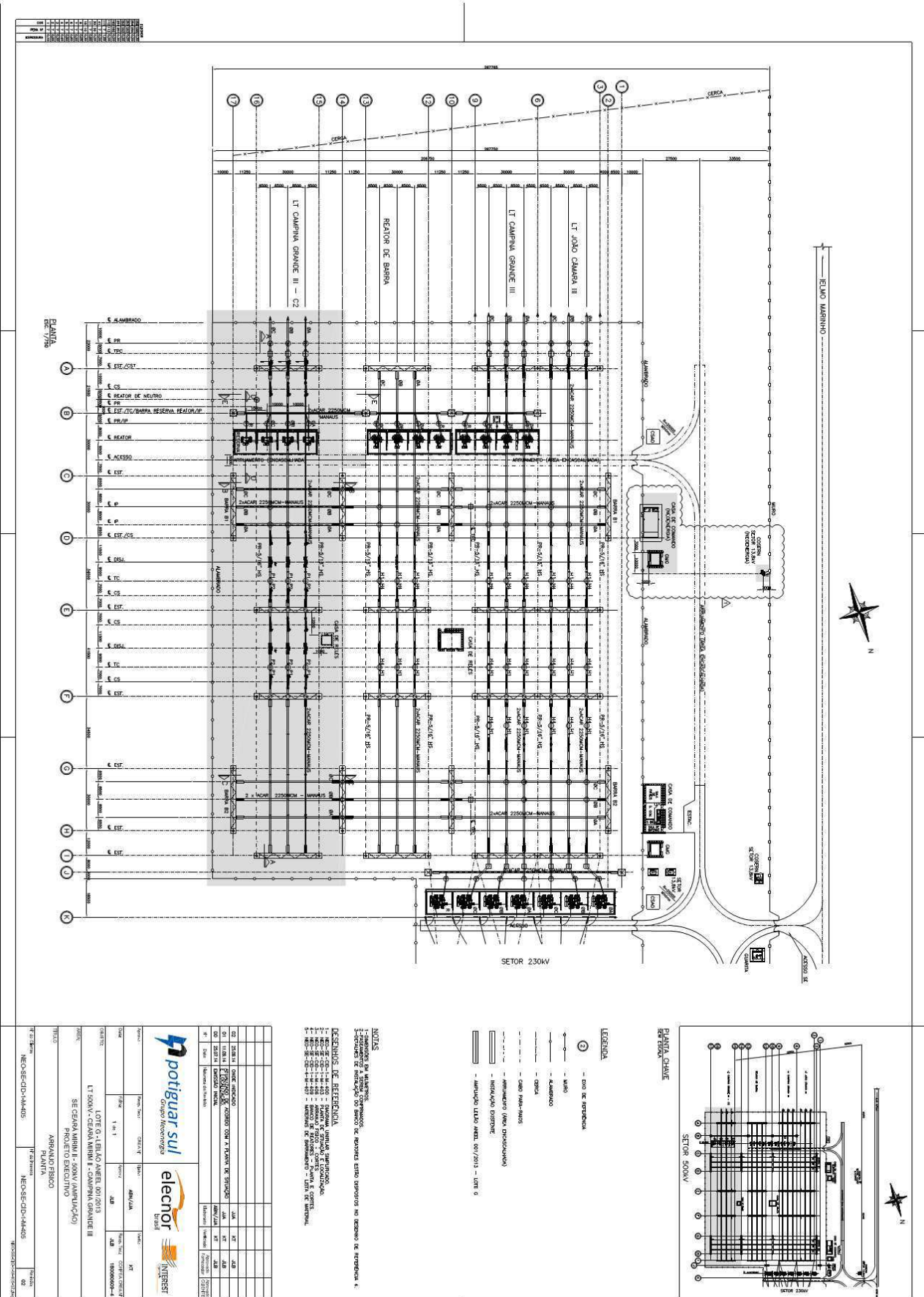


Figura 3.1. Planta de Arranjo Físico.

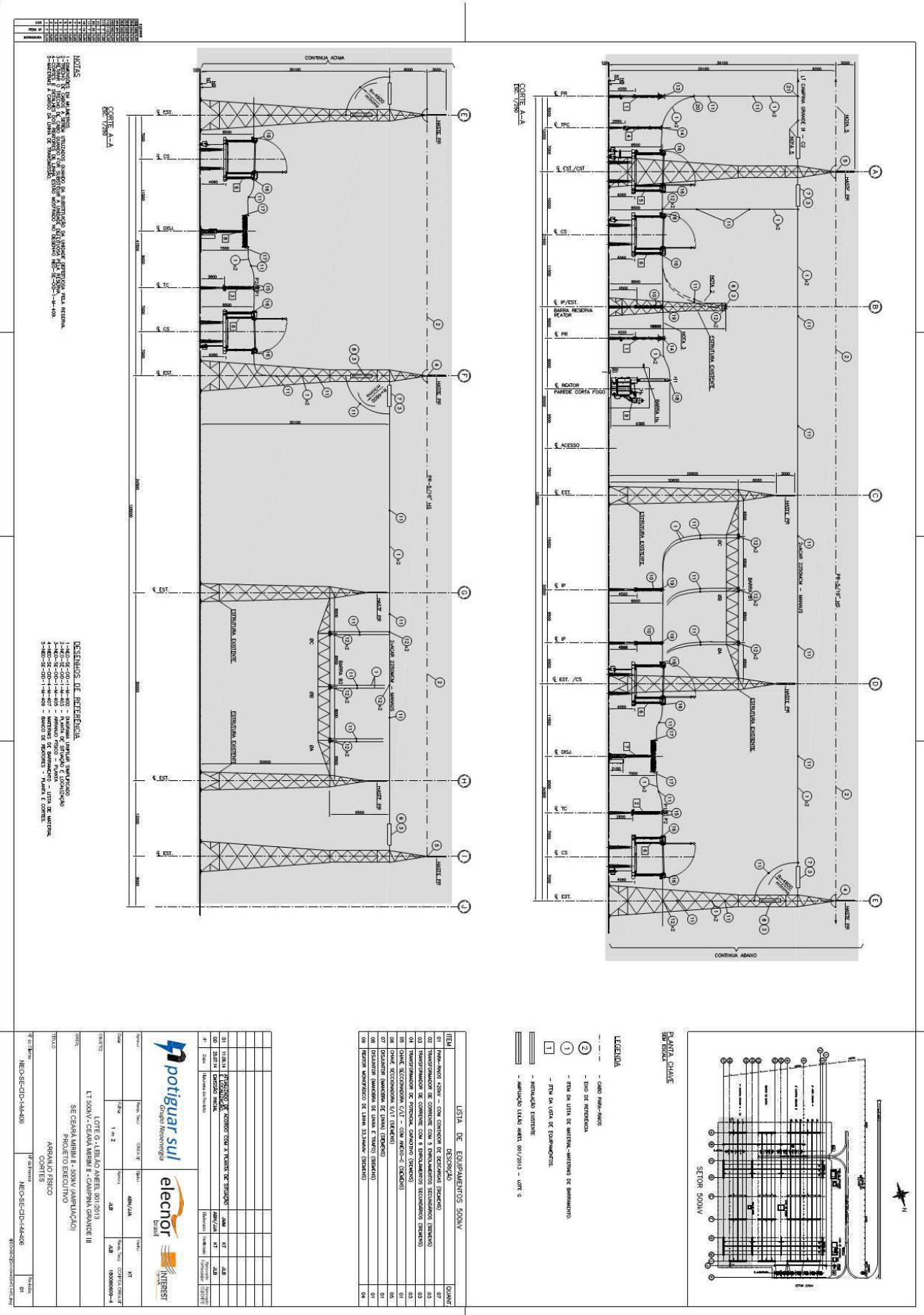


Figura 3.2. Cortes de Arranjo Físico.

3.1.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

No projeto de instalações elétricas de baixa tensão referentes às edificações contidas na subestação (casa de comando, casa do grupo motor gerador, casa de relés, guarita, dentre outras) necessita-se elaborar uma planta, cortes, cálculo luminotécnico, cálculo da carga térmica, definir as características dos equipamentos de ar condicionado ou de ventilação a serem instalados, além de estabelecer os critérios de dimensionamento de condutores e disjuntores dos circuitos que alimentarão todas estas cargas.

Inicialmente é preciso fazer o cálculo de carga térmica, apresentado por meio de um relatório técnico, para que seja definida a quantidade de aparelhos de ar condicionado ou de exaustores/ventiladores a serem instalados nos recintos. Neste relatório são definidas as cargas térmicas provenientes de troca de calor com o ambiente externo, de equipamentos e pessoal, de modo a se chegar a um valor aproximado da carga térmica total necessária do conjunto de refrigeração, para que se atinja de forma ótima, e com o melhor aproveitamento possível dos aparelhos escolhidos, a climatização do ambiente.

Em paralelo, também por meio de um relatório técnico, são realizados os cálculos luminotécnicos das edificações, seguindo a NBR 5410, para se determinar a quantidade de luminárias a ser instaladas, para se atingir os valores mínimos de iluminamento aceitos por norma em cada tipo de ambiente.

Na determinação dos níveis de iluminamento, utiliza-se o método do lúmens.

Utiliza-se o seguinte plano de cálculo para obter o número de luminárias:

$$H = h - p , \quad (1)$$

$$F_{\text{area}} = \frac{(C \times L)}{H \times (C+L)} , \quad (2)$$

$$F_{\text{tot}} = \frac{(C \times L \times I_{\text{lum}})}{F_{\text{util}} \times F_{\text{p}}} , \quad (3)$$

$$N = \frac{F_{\text{tot}}}{F_{\text{unit}}} , \quad (4)$$

em que:

C = Comprimento do ambiente, em m;

L = Largura do ambiente, em m;

I_{lum} = Iluminância do ambiente, em lux;

$F_{\text{área}}$ = Fator de área;

F_{util} = fator de utilização;

F_p = Fator de perdas;

F_{tot} = Fluxo total, em lumens;

h = Altura do ambiente, em m;

p = Plano de trabalho do ambiente, em m;

H = Altura efetiva do ambiente, em m;

N = Número de luminárias;

F_{unit} = Fluxo luminoso unitário da luminária, em lumens.

O fator de utilização é dado por tabelas fornecidas pelos fabricantes de luminárias, em função do fator de área e dos índices de refletância do ambiente.

Conhecido o número total de luminárias, resta distribuí-las uniformemente no recinto. Já o número de tomadas deve ser determinado em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser utilizados, seguindo também critérios estabelecidos na NBR 5410.

Após ser definido os locais e quantidades de luminárias e tomadas, além dos aparelhos de refrigeração, é possível elaborar a memória de cálculo que determinará o dimensionamento de condutores e disjuntores.

Chama-se de dimensionamento técnico de um circuito a aplicação das diversas prescrições da NBR 5410 relativas à escolha da seção de um condutor e do seu dispositivo de proteção. Para que se considere um circuito completo e corretamente dimensionado são necessários três cálculos. Em princípio, cada um deles pode resultar numa seção mínima, e a seção a ser adotada é a maior dentre as seções obtidas. Os critérios de dimensionamento são:

- Seção mínima;
- Capacidade de condução de corrente;
- Queda de tensão

Critério 1 – Seção Mínima

As seções mínimas admitidas pela NBR 5410 são:

- A seção mínima de um condutor de cobre para circuitos de iluminação é de 1,5 mm².
- A seção mínima de um condutor de cobre para circuitos de força, que incluem tomadas de uso geral, é de 2,5 mm².

Critério 2 – Capacidade de Condução de Corrente

A capacidade de condução de corrente é um critério que leva em consideração os efeitos térmicos provocados nos condutores e na sua isolação quando da passagem da corrente elétrica. A expressão geral para o cálculo da corrente de projeto pode ser expressa da seguinte forma para circuitos monofásicos:

$$I = P/(V \times fp) , \quad (5)$$

onde:

I = Corrente de projeto em A;

P = Potência total do circuito em W;

V = Tensão de fase do circuito em V;

fp = Fator de potência da instalação.

A corrente nos cabos e condutores não deve ser superior aos valores apresentados nos catálogos de fabricante.

Critério 3 – Queda de Tensão

Numa instalação elétrica, a tensão aplicada aos terminais das cargas, isto é, dos equipamentos de utilização, deve manter-se dentro de determinados limites. Cada equipamento possui uma tensão nominal (U_n), sendo sempre fixada, seja pela norma respectiva, seja pelo fabricante, uma pequena variação admitida (ΔU_n). Tensões abaixo

do limite, ou seja, inferiores a $U_n - \Delta U_n$, prejudicam o desempenho do equipamento de utilização, podendo reduzir sua vida útil ou mesmo impedir seu funcionamento.

Logo, a queda de tensão deve ser calculada durante o projeto, sendo o dimensionamento dos circuitos feito de modo a mantê-la dentro dos valores máximos fixados pela NBR 5410.

A expressão geral para a queda de tensão no circuito pode ser expressa da seguinte forma :

$$K = \Delta U / (\sum I_n \times d_n) , \quad (6)$$

sendo,

$$\Delta U = (\Delta U\% \times V) / 100, \quad (7)$$

onde:

k = Queda de tensão unitária em V.A/m;

ΔU = Queda de tensão no circuito em V;

$\Delta U\%$ = Porcentagem da queda de tensão máxima do circuito;

V = Tensão do Circuito em V;

I_n = Corrente por trecho em A;

d_n = Comprimento do trecho em Km.

Dimensionamento de Disjuntores:

Conforme a NBR 5410/2004, devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos antes que esta possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação, às ligações, aos terminais ou às vizinhanças das linhas.

Sendo o disjuntor um equipamento de proteção contra sobrecargas ou curto-circuito, para o seu dimensionamento é necessário conhecer a corrente nominal do circuito que ele irá proteger e a corrente máxima do condutor.

Por fim, a planta da edificação deve conter as luminárias e seu posicionamento, o caminho dos condutores ao longo das paredes e teto - podendo ser embutidos ou aparentes, de acordo com as exigências do cliente e da norma vigente-, a identificação de cada circuito, posicionamento de interruptores e tomadas, detalhes dos quadros de distribuição, entre outros.

Na Figura 3.3 está ilustrado um exemplo de planta da subestação Chapada II, localizada no Piauí, para atender os parques eólicos que serão construídos na região.

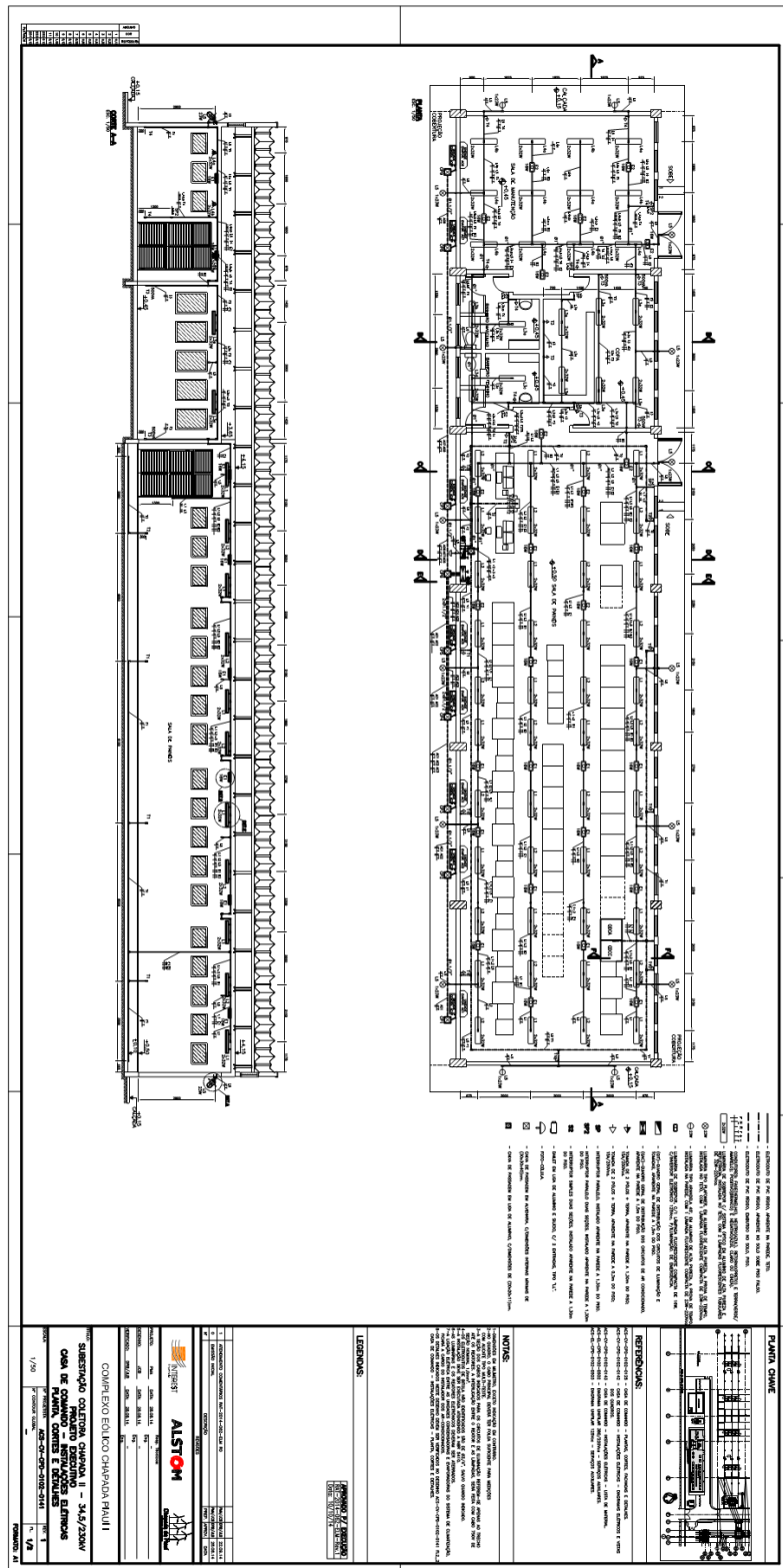


Figura 3.3. Planta de Instalação Elétrica

Os mesmos critérios de dimensionamento de condutores e disjuntores é realizado quando da elaboração do projeto de iluminação do pátio, diferenciando-se apenas pelo uso de um software de auxílio ao desenvolvimento de projeto de iluminação, chamado CalcuLux, no qual é possível dispor os refletores e postes de iluminação no pátio e nos acessos, e observar as curvas de isolux, para comparar os resultados obtidos aos exigidos em norma.

No referente a projetos de instalações elétricas de baixa tensão e iluminação de pátio, pode-se citar as subestações de Campina Grande III e Ceará Mirim II, onde o estagiário teve participação nos projetos.

Na Figura 3.4 mostrada a seguir, pode-se observar uma planta de instalações elétricas de baixa tensão elaborada pelo estagiário, no projeto da casa de comando da subestação de Ceará Mirim II. Também foi elaborado pelo estagiário o relatório técnico referente a este projeto.

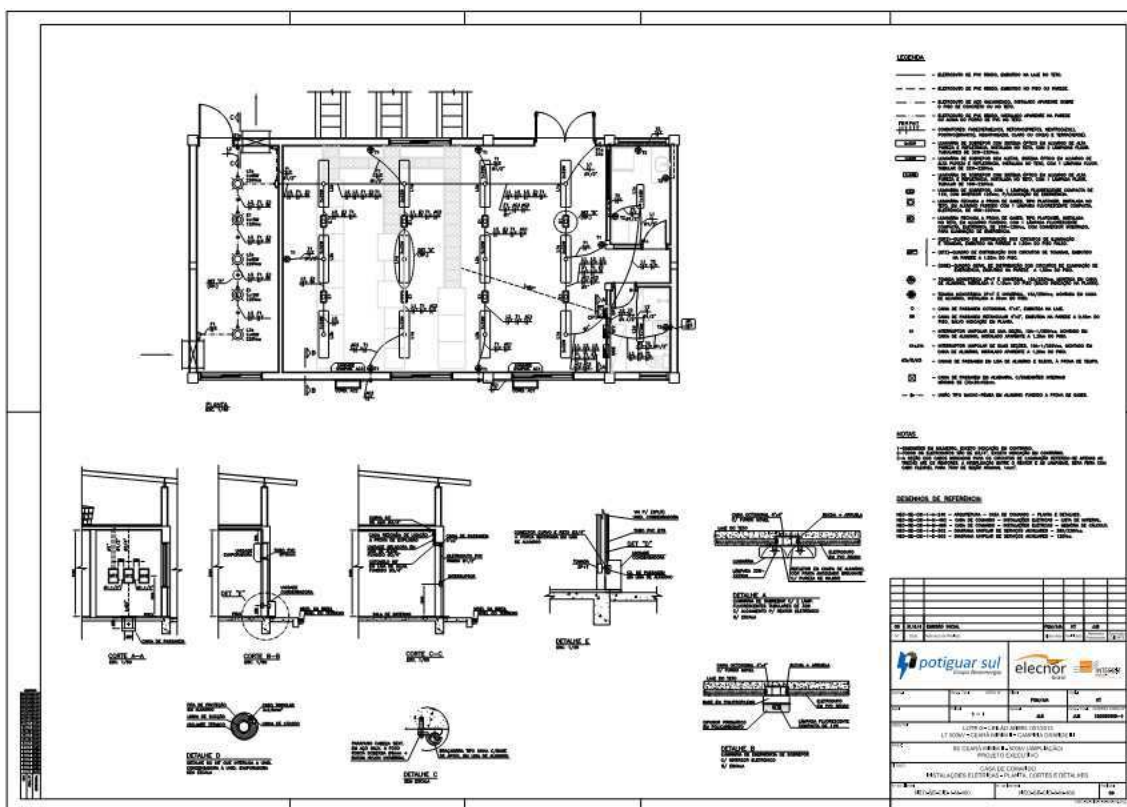


Figura 3.4. Planta de instalações elétricas – Casa de Comando – SE Ceará Mirim II.

Já na Figura 3.5, pode-se observar a planta referente ao projeto de iluminação do pátio de 500 kV da subestação de Ceará Mirim II, também elaborado pelo estagiário.

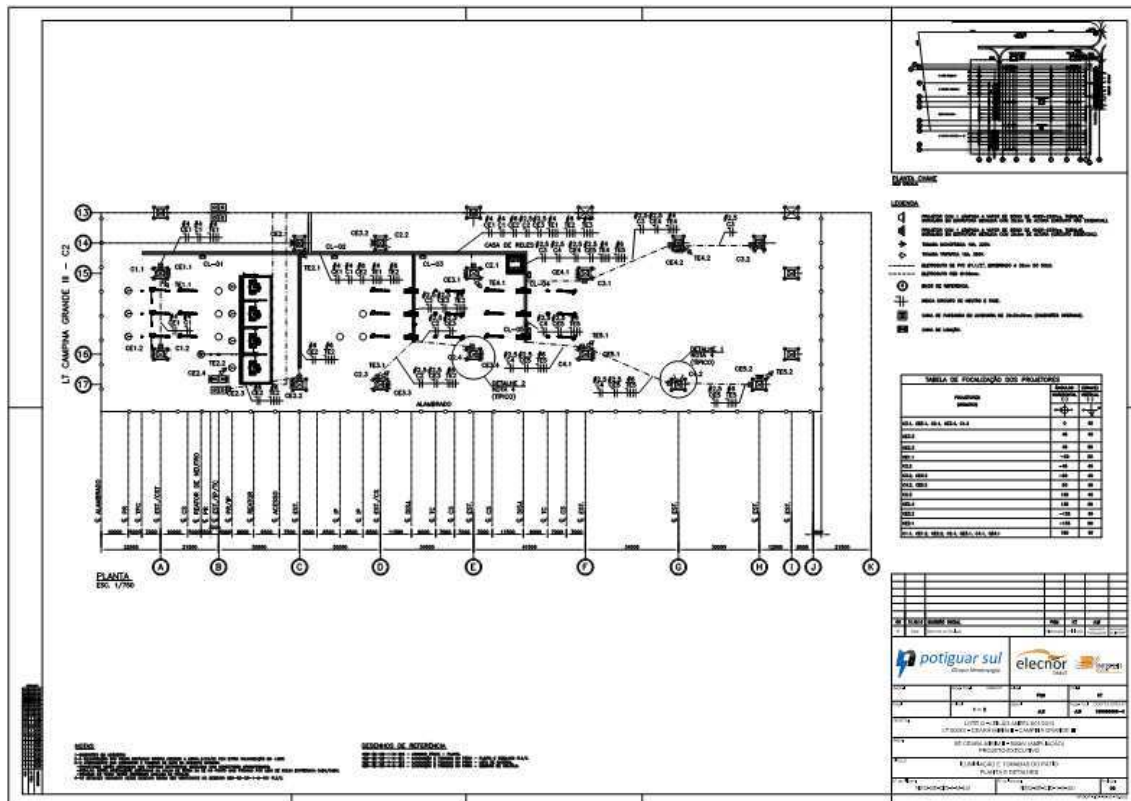


Figura 3.5. Planta de iluminação do pátio – Setor 500 kV – SE Ceará Mirim II.

3.1.3 DETALHE DE MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS

Em posse de todos os desenhos dos equipamentos, disponibilizados pelo fabricante, é possível fazer os desenhos que simulam o equipamento devidamente fixado em sua estrutura. Alguns detalhes são abordados, tais como:

- Fixação do equipamento no capitel da estrutura;
- Entrada de eletrodutos em suas respectivas caixa de comando;
- Detalhes das caixas de passagem que ligam os eletrodutos às canaletas;
- Aterramento do equipamento e da estrutura que o suporta;
- Detalhes de conexão dos cabos nos terminais do equipamento;
- Vistas superior, lateral e frontal;
- Tabela discriminando os materiais extras que precisam ser adquiridos, entre outros.

A Figura 3.6 ilustra o detalhe de instalação de uma chave seccionadora com lâmina de terra, elaborado na empresa.

No referente a elaboração de detalhes de instalação, o estagiário teve participação nos projetos da subestação de Ceará Mirim II, no setor de 500 kV e nos equipamentos de 69 kV do aterramento do neutro dos reatores de linha.

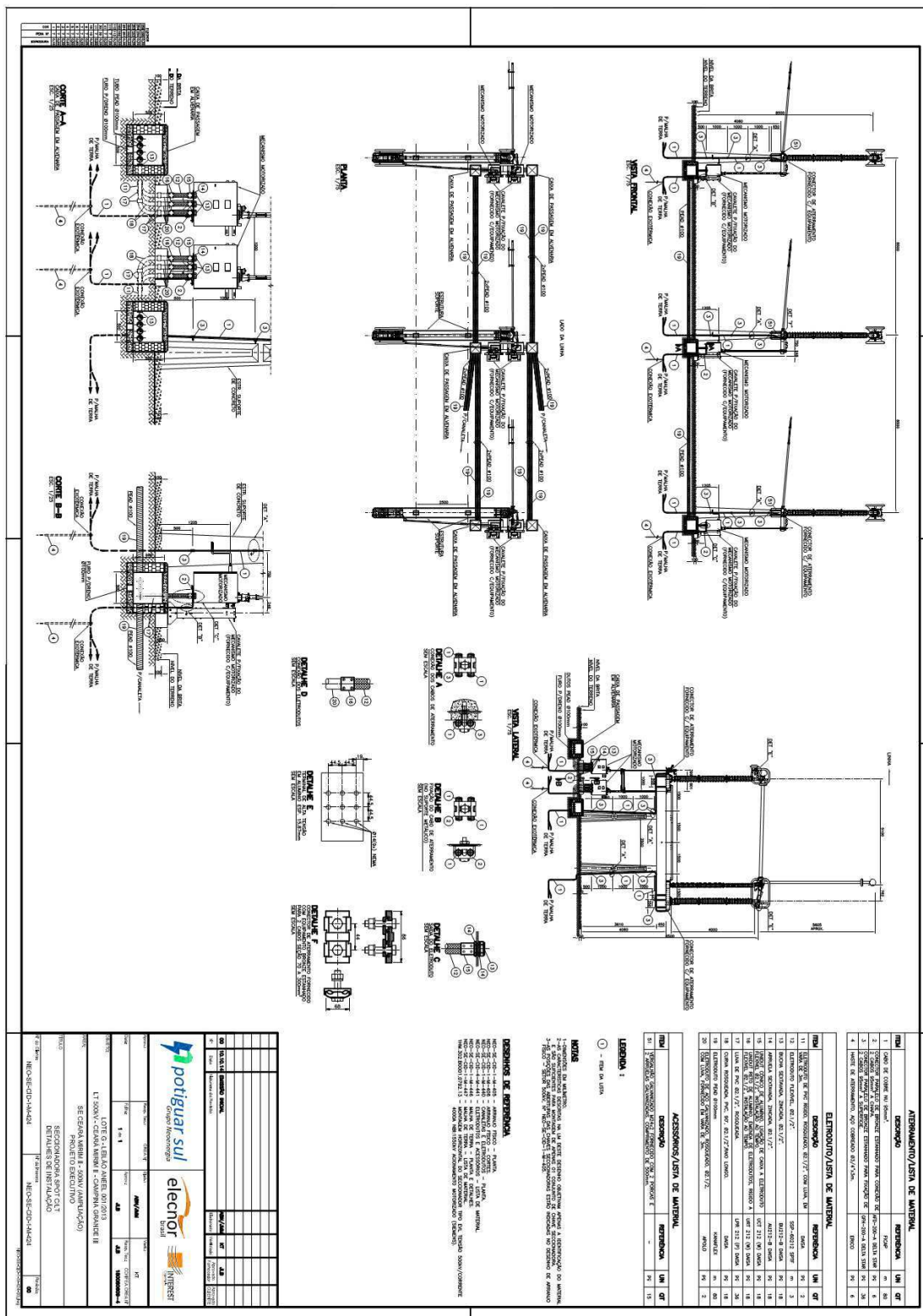


Figura 3.6. Esquema com detalhe de instalação.

3.1.4 MALHA DE TERRA

O projeto de malha de terra consiste na elaboração de um reticulado composto por cabos de cobre nu a ser instalado abaixo da superfície da subestação, onde deverão ser conectados os terminais de terra dos equipamentos, e aterrados todos os outros instrumentos e estruturas pertinentes contidos na área da subestação, de modo a minimizar os riscos para as pessoas e equipamentos da instalação.

O projeto da malha de terra inicia-se com as medições de resistividade do terreno, que servirão de base para a modelagem do mesmo e para o estudo do reticulado a ser desenvolvido.

As medições de resistividade devem cobrir toda a área a ser abrangida pelo eletrodo de aterramento, sendo ela normalmente realizada pela empresa responsável pela construção da subestação, e então enviada à empresa responsável pela elaboração do projeto.

O número de pontos onde são efetuadas as medições é estabelecido em função da dimensão do terreno. Geralmente utiliza-se como 5 o número mínimo de pontos para uma área de até 10.000 m².

Uma vez recebido o resultado das medições de resistividade, inicia-se o processo de elaboração da malha de terra, que é feito com o auxílio do software TecAt Plus 5.0. Neste software, ao introduzirmos os valores medidos de resistividade do terreno, teremos uma modelagem em camadas do mesmo, de modo que, ao desenvolvermos um reticulado e fornecermos as informações de posicionamento, tipo de condutor, hastes e soldas utilizados, tem-se o cálculo dos potenciais de passo e toque máximos, além da resistência da malha elaborada, e da distribuição destes potenciais na mesma.

Assim, analisando as informações proporcionadas pelo software, pode-se ajustar o projeto do reticulado até que se tenha uma disposição otimizada, que garanta a segurança dos operadores e dos equipamentos. É importante resaltar que todo o projeto segue as diretrizes estabelecidas na NBR 15751, que estabelece os critérios para elaboração de projetos de malha de terra em subestações com tensão acima de 1kV.

No tocante a projetos de malha de terra, o estagiário teve participação nos projetos das subestações de Igaporã III, Campina Grande III, Chapada I, Chapada II e João Câmara III.

Na Figura 3.7 a seguir, pode-se observar a planta da malha de terra da subestação de Campina Grande III, que foi em parte elaborada pelo estagiário, juntamente com a memória de cálculo referente à mesma.

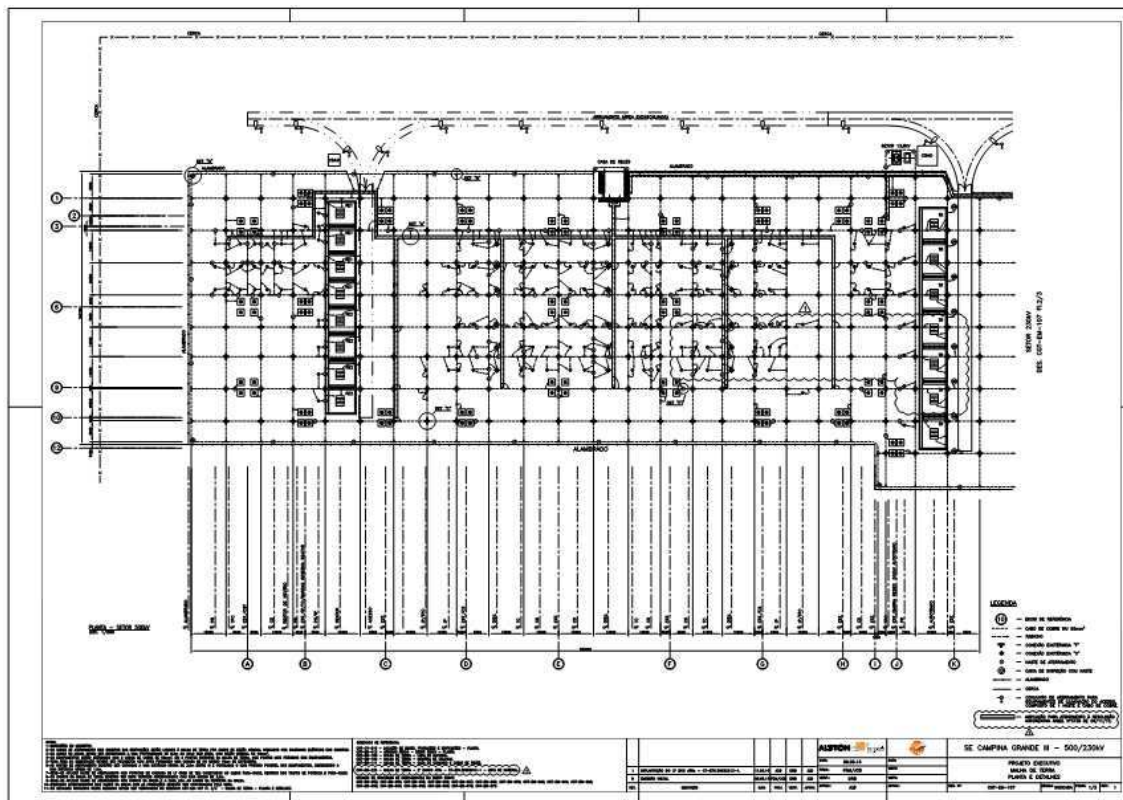


Figura 3.7. Planta de malha de terra – Setor 500 kV – Campina Grande III.

3.1.5 ESTIRAMENTO DE CABOS

O estudo de estiramento de cabos consiste em determinar o esforço de tração que deve ser exercido nos cabos condutores em sua fixação nas estruturas metálicas ou de concreto, para que quando o mesmo estiver submetido a uma temperatura de aproximadamente 75°C , apresente uma flecha inferior a 3% do comprimento do vão.

Para os cabos para-raios este mesmo estudo é feito, porém deve-se levar em consideração o esforço a 35°C , devendo ocorrer uma flecha inferior a 2% do comprimento do cabo.

Nas entradas e saídas de linha estes esforços são determinados pela empresa que faz o estudo da linha, uma vez que normalmente a empresa que projeta a subestação não possui informações a respeito do comprimento dos vãos das linhas de transmissão que se ligam à subestação, nem aos tipos de isoladores utilizado nas mesmas.

Dados, tais como comprimento do vão, tamanho da cadeia de isoladores, quantidade de isoladores, temperatura mínima, temperatura média, temperatura de ocorrência de vento máximo, número de condutores por fase, máxima velocidade do vento, e as informações dos cabos a serem utilizados, como seção do condutor, diâmetro, módulo de elasticidade, peso unitário, carga de ruptura, entre outros, são utilizados em uma planilha para determinar o valor do estiramento.

Na Figura 3.8 está ilustrada a interface do programa que é utilizado, tendo ele sido elaborado na INTEREST, para efetuar este tipo de cálculo.

The screenshot shows a software window titled "Esticamento de Cabos". On the left, there is a form with the following fields: "Subestação:" (text box), "Tamanho da cadeia (m):" (text box), "Tamanho do vão (m):" (text box), "Quantidade de isoladores:" (text box), "Peso da cadeia de isoladores (kg):" (text box), "Temperatura mínima (°C):" (text box), "Temperatura média (°C):" (text box), "Temperatura de ocorrência de vento máximo (°C):" (text box), "Velocidade máxima do vento (km/h):" (text box), "Número de cabos:" (text box), "Esforço máximo:" (text box), and "Tipo de Cabo:" (dropdown menu). Below these fields are two buttons: "Calcular" and "Exportar Resultados...". On the right side of the window, there is a table titled "Tabela de Esticamento" with the following columns: "t (°C)", "T (kg/cm²)", "H (kg)", "f (m)", and "f(%)". The first row of the table contains an asterisk (*).

Figura 3.8. Interface para recebimento de dados do software.

Assim, com base nos resultados obtidos da aplicação do software, elaboram-se uma memória de cálculo e desenhos no AutoCAD®, que demonstrem todos os vãos da subestação analisados, como também as tabelas de estiramento de cada um deles, contendo os resultados dos esforços para várias temperaturas e suas respectivas flechas. A Figura 3.9 ilustra este tipo de projeto.

Na elaboração de memórias de cálculo de estiramento de cabos, o estagiário teve participação nos projetos das subestações de Chapada I, Chapada II, Caetés II, Ceará Mirim II e Campina Grande III. Na Figura 3.10 observa-se o a planta de estiramento de cabos da subestação de Chapada II, elaborada pelo estagiário.

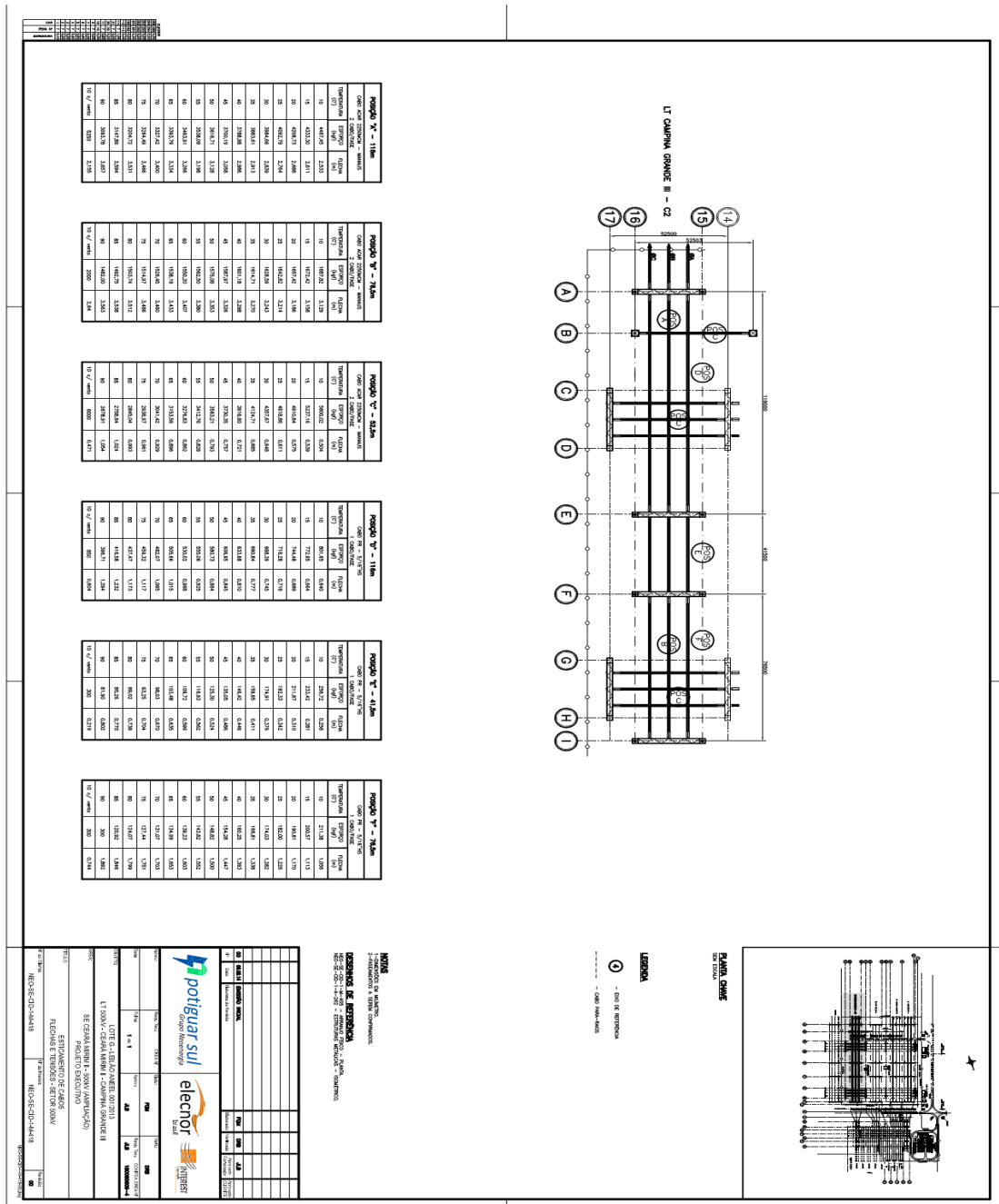


Figura 3.9. Planta de estiramento de cabos.

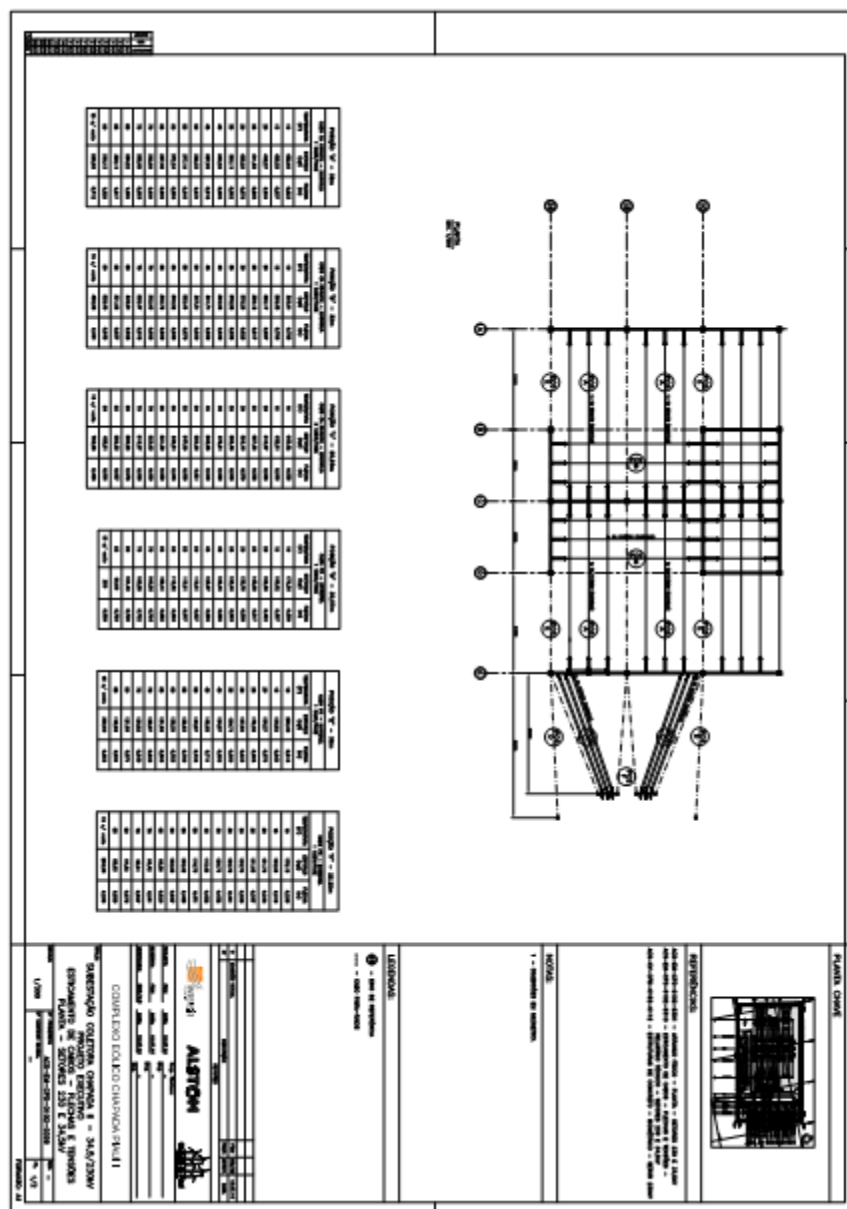


Figura 3.10. Planta de estiramento de cabos – Setor 230 kV – Chapada II.

3.1.6 CÁLCULO DE ESFORÇOS EM ESTRUTURAS DE SUPORTE

Os barramentos e equipamentos são instalados em estruturas de suporte metálicas ou de concreto. A escolha entre os tipos de suporte depende da sua finalidade, custos, escolha do cliente, como também do nível de tensão da subestação. Geralmente, subestações inferiores a 230 kV são todas feitas com estruturas de concreto.

Para abranger todos os detalhes das estruturas, é preciso fazer uma planta, que representa a vista superior da subestação contendo apenas as estruturas e seus posicionamentos, listando a quantidade e o tipo de cada uma delas. Em seguida são feito

cortes da planta, onde se permitem observar as vistas laterais das estruturas, alturas, larguras e disposição.

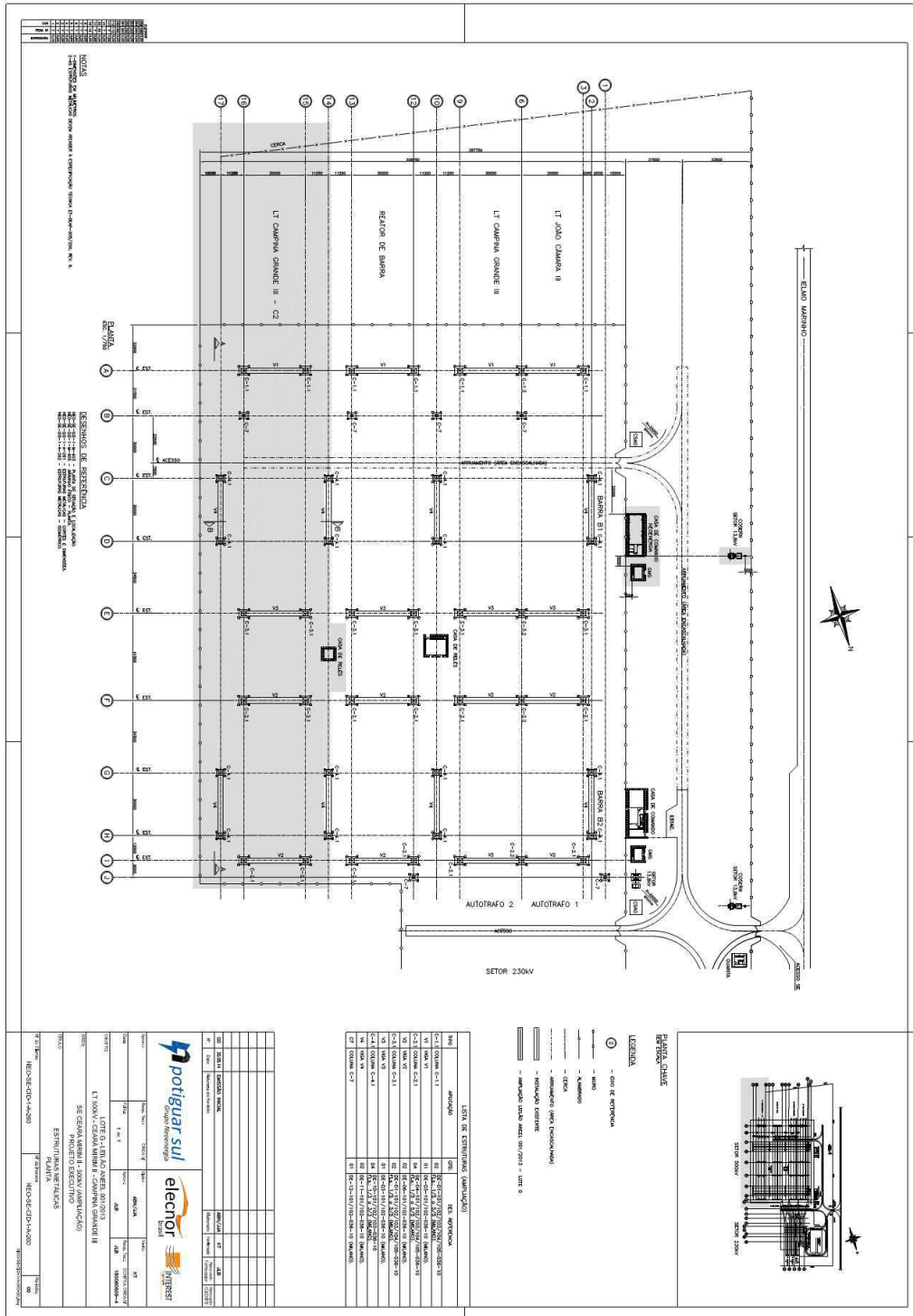
Para que a empresa responsável pelo projeto e fabricação destes suportes possa realizar seu trabalho, faz-se necessário a elaboração de relatórios técnicos contendo a disposição dos esforços que poderão ser exercidos nestas estruturas, como o peso próprio dos condutores e equipamentos, a força do vento atuando nestes, eventuais forças de atração entre fases quando da ocorrência de curto-circuito, e tracionamento de condutores.

Já para os suportes dos equipamentos, como chaves seccionadoras, transformadores de potencial, transformadores de corrente, para-raios, reatores, entre outros, são detalhados modelo, altura, largura, furações para comportar os equipamentos e dimensões dos capteis, como também, os valores dos esforços aos quais estas estruturas estarão submetidas.

Deve-se também elaborar um desenho isométrico, contendo uma representação de todas as estruturas de suporte dos barramentos, com os seus respectivos esforços máximos verticais, transversais e horizontais. Esta representação é tridimensional, onde tem-se indicações das direções dos esforços e seus valores máximos.

Todos estes projetos serão encaminhados para empresas responsáveis pela construção das estruturas e irão auxiliar na fabricação delas, de tal forma que sejam robustas o suficiente para suportar as cargas exigidas, sem que ocorra qualquer circunstância anormal.

As Figuras 3.11, 3.12 e 3.13 representam a planta, os cortes e o isométrico da subestação de Ceará Mirim II. No tocante a elaboração de relatórios de técnicos de esforços em estruturas e desenhos isométricos, planta e cortes, o estagiário teve participação nos projetos das subestações de Ceará Mirim II, Campina Grande III, Chapada I e Chapada II.



NOTAS
 1- OBRAS DE REFORTE NA PAREDE EXTERNA DE ALTA TENSÃO (SEMPRE QUE NECESSÁRIO)
 2- OBRAS DE REFORTE NA PAREDE EXTERNA DE ALTA TENSÃO (SEMPRE QUE NECESSÁRIO)
 3- OBRAS DE REFORTE NA PAREDE EXTERNA DE ALTA TENSÃO (SEMPRE QUE NECESSÁRIO)
 4- OBRAS DE REFORTE NA PAREDE EXTERNA DE ALTA TENSÃO (SEMPRE QUE NECESSÁRIO)
 5- OBRAS DE REFORTE NA PAREDE EXTERNA DE ALTA TENSÃO (SEMPRE QUE NECESSÁRIO)

LEGENDA DE SÍMBOLOS
 - CILINDRO: COLUNA METÁLICA
 - QUADRADO: LAJE DE CONCRETO
 - TRIÂNGULO: LAJE DE ALUMÍNIO
 - RETÂNGULO: LAJE DE CIMENTO
 - LINHA PONTILHADA: LAJE DE ALUMÍNIO
 - LINHA TRAZVIDADA: LAJE DE CIMENTO
 - LINHA SÓLIDA: LAJE DE CONCRETO

ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS
 - COLUNA METÁLICA: 100x100x12mm
 - LAJE DE CONCRETO: 150mm
 - LAJE DE ALUMÍNIO: 30mm
 - LAJE DE CIMENTO: 150mm
 - LAJE DE ALUMÍNIO: 30mm

PROJETO DE ESTRUTURAS METÁLICAS
 LT 300V - CEMAS II - SOUZA MARTINS
 PRIMEIRO EXECUTIVO
 2023
 1:100
 2023

LISTA DE ESTRUTURAS (CONTINUAÇÃO)

NUM	PROJEÇÃO	MATERIAIS	ESPECIFICAÇÃO
101	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
102	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
103	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
104	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
105	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
106	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
107	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
108	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
109	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
110	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
111	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
112	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
113	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
114	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
115	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
116	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
117	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
118	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
119	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm
120	100x100x12mm	100x100x12mm	100x100x12mm

- COLUNA METÁLICA
 - LAJE DE CONCRETO
 - LAJE DE ALUMÍNIO
 - LAJE DE CIMENTO
 - LAJE DE ALUMÍNIO
 - LAJE DE CIMENTO
 - LAJE DE ALUMÍNIO
 - LAJE DE CIMENTO

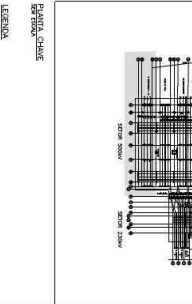


Figura 3.11. Planta de Estruturas Metálicas.

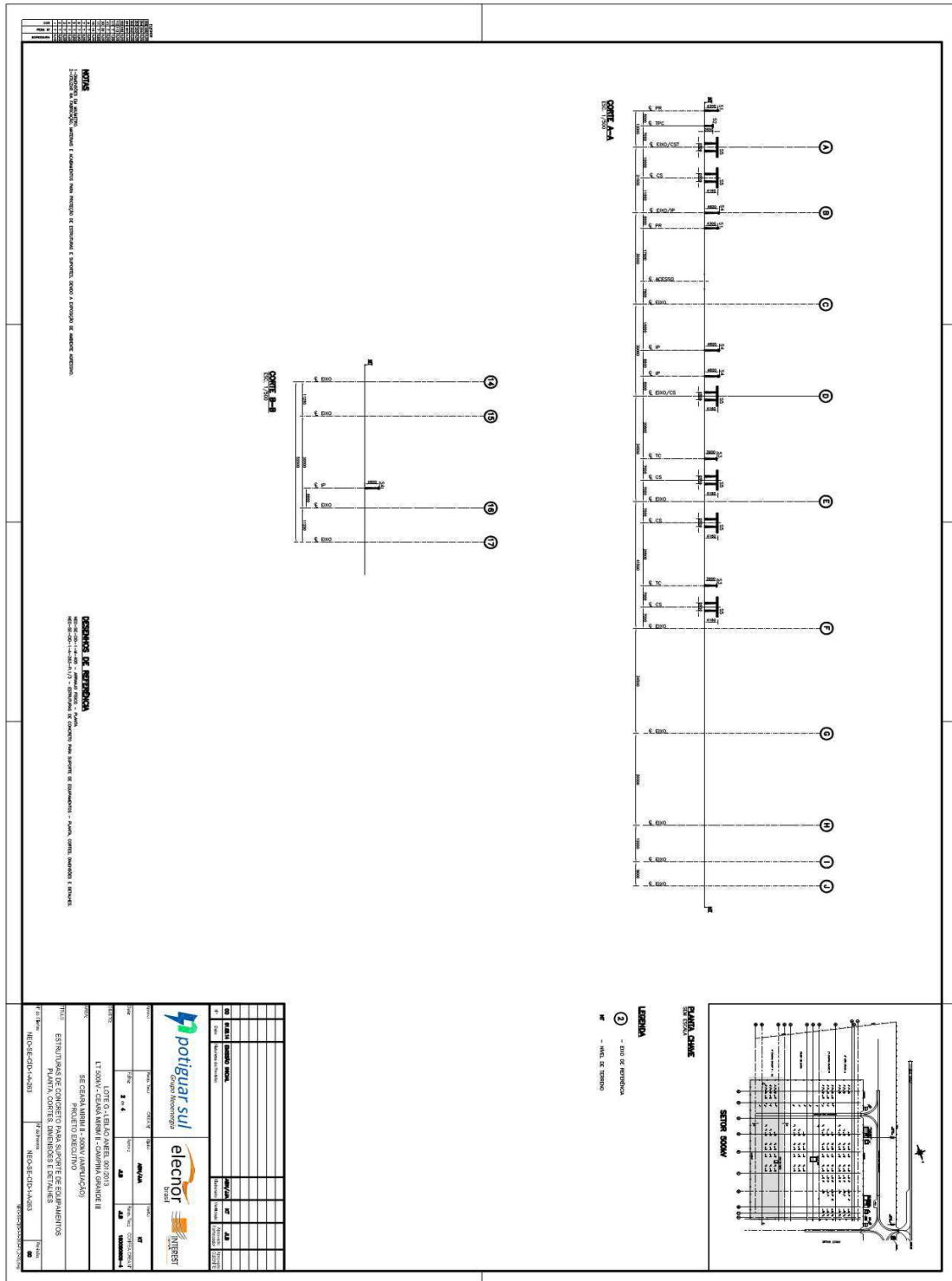


Figura 3.12. Cortes das Estruturas Metálicas.

3.1.7 PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A proteção contra descargas atmosféricas segue as diretrizes estabelecidas na NBR 5419 ou na IEEE 998. Consiste na elaboração de um projeto de captos e cabos guarda para minimizar as chances de descargas atmosféricas nas instalações da subestação, garantindo a segurança dos operadores, e o bom funcionamento dos equipamentos.

Com as vistas e cortes do arranjo físico da subestação, e uma vez definido o método de proteção a ser utilizado, elabora-se o projeto do SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas), dispondo hastes e cabos para-raios de forma a manter toda a subestação em uma área de proteção garantida.

Normalmente utiliza-se o método da esfera rolante, também chamado de método eletrogeométrico. Este método especifica o volume protegido pelos captos e cabos guarda como sendo aquele abaixo da superfície de uma esfera de raio igual à distância média do último salto de uma descarga nociva à instalação, quando a mesma for rolada por cima das hastes e cabos para-raios.

Na NBR 5410, o raio da esfera rolante é definido de acordo com o nível de proteção especificado para cada tipo de instalação. No caso de subestações, define-se o nível de proteção I, de modo que o raio é especificado como sendo de 20 metros. Já na IEEE 998, o raio da esfera rolante deve ser calculado, levando-se em conta diversos parâmetros da subestação, como o nível de isolamento dos equipamentos, altura dos barramentos, quantidade de condutores por fase, distância entre subcondutores, dentre outros.

Na Figura 3.14, observa-se alguns cortes contendo a área protegida pelo método da esfera rolante na subestação de Igaporã III, elaborado pelo estagiário.

A respeito de projetos de SPDA, o estagiário teve participação nos projetos de Igaporã III, Pindaí II, Ceará Mirim II, Campina Grande III, Chapada I, Chapada II e Caetés II.

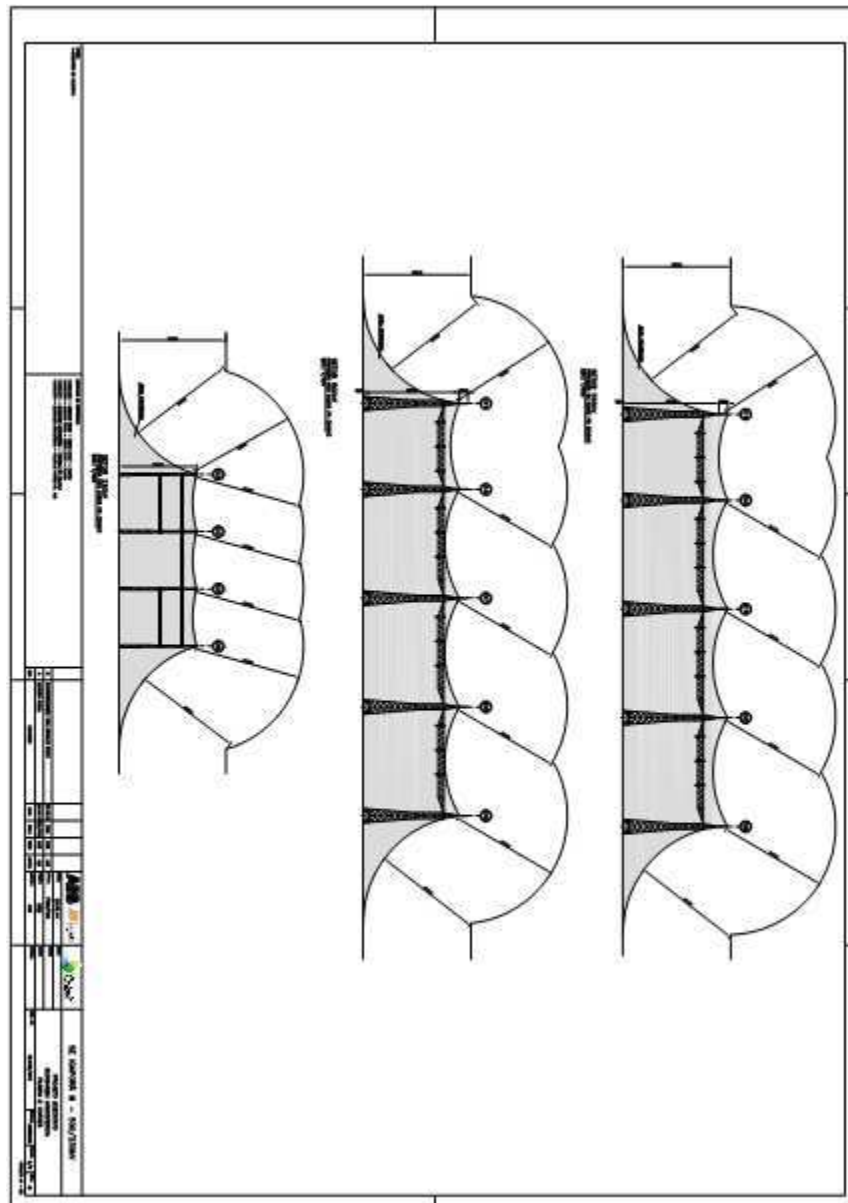


Figura 3.14. Vistas laterais do SPDA.

4 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido contribuiu não só para a formação acadêmica do estagiário, mas também para sua formação profissional. Além de inestimável conhecimento, o estagiário teve oportunidade de por em prática muitos dos aprendizados com os quais teve contato na universidade. As relações pessoais adquiridas também foram de suma importância, sendo fundamentais para a absorção de conhecimento.

Pelo que foi apresentado neste trabalho, pode-se observar que o estagiário de fato realizou bastantes atividades no campo da Engenharia Elétrica, não havendo fuga do escopo inicialmente proposto quando iniciado o estágio. Na sua grande maioria, as atividades foram realizadas em conjunto com profissionais experientes e dispostos a ensinar, de modo que ao final do estágio pode-se notar no aluno a diferença de conhecimento e o aprimoramento das técnicas com que são realizados os trabalhos.

A convivência em ambiente profissional é outro ponto importante de ser mencionado, uma vez que gera uma mudança de perspectivas, conceitos a respeito do mercado de trabalho, e visão geral sobre o papel de um engenheiro em uma empresa ou equipe.

De modo geral, conclui-se que o estágio atingiu seu objetivo de proporcionar uma experiência prática que dificilmente poderia ser oferecida em sua totalidade pela universidade.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Frontin, O. S. **Equipamentos de Alta Tensão – Prospecção e Hierarquização de Inivações Tecnológicas**. Brasília: Teixeira, 2013.
- [2] Associação Brasileira de Normas Tecnicas. **NBR 7117 : Medição da Resistividade e Determinação da Estratificação do Solo**. Segunda Edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 64 páginas.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410: Instalações Elétrica de Baixa Tensão**. Segunda Edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 páginas.
- [4] Creder, H. **Instalações Elétricas**. 15.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.
- [5] Leon, José Aurélio Moreno. **Sistemas de Aterramento** – 4ª edição – 1982;
- [6] Kindermann, G. **Aterramento Elétrico** – 1995.
- [7] Leite, Carlos M, Filho, Mário L, P. **Técnicas de Aterramentos Elétricos** – 1995.
- [8] International Standard. **IEC 60865: Short-Circuit Currents – Calculations of Effects**. 3.0 Edition. IEC, 2011.
- [9] IEEE Power and Energy Society. **IEEE Guid for Bus Design in Air Isulated Substation. IEEE - 605**. New York, 2010.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5419: Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 32 páginas.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15751: Sistemas de Aterramento de Subestações**. Primeira Edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 47 páginas.
- [12] Institute of Electrical and Electronics Engineers. **IEEE 998-1996: Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations**. 1996. 227 páginas.

