



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

ANDRÉIA BISPO DO NASCIMENTO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
INTEREST ENGENHARIA LTDA**

Campina Grande, Paraíba
Outubro de 2014

ANDRÉIA BISPO DO NASCIMENTO

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

ANDRÉIA BISPO DO NASCIMENTO

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

À Deus por ter me proporcionado um bom estágio, assim como Lhe pedi em minhas orações. Por ter me guardado durante todos os dias nos quais estive sozinha e longe dos meus familiares. Por ter me dado sabedoria e maturidade para encarar esta nova etapa da minha vida. E acima de tudo por ter me dado uma família tão maravilhosa.

Aos meus pais, José Bartolomeu e Elisdete Vieira Bispo, que sempre fizeram o possível para me dar conforto, me orientar, e não deixar nada faltar em minha vida. Me deram amor, conselhos e bons ensinamentos.

Às minhas irmãs, Adriele e Adriana Bispo, pelo amor que têm por mim e por tudo que fizeram por nossa família.

Ao meu namorado, André Felipe, por sua companhia, seu amor, carinho e paciência.

Aos Srs. Luís Sérgio, José Linhares e Osvaldo Matubara pela oportunidade que me deram em fazer parte da INTEREST Engenharia, depositando em mim confiança e me dando todo o suporte necessário para ser uma profissional em engenharia.

À Dayanne, Katsume, Junior César, Petrócio, Ulisses, José Mario e Jorginho por todos os conhecimentos compartilhados, pelos conselhos, pela paciência e pelo apoio diário.

Ao professor e orientador Edson Guedes por tudo o que me ensinou e me proporcionou durante a graduação.

À coordenação de Engenharia Elétrica pela dedicação ao trabalho e por nos dar a oportunidade de concretizar nossa sede de conhecimento.

Àqueles que torceram por mim e por minhas aspirações até então conquistadas.

*“O conhecimento torna a alma jovem e diminui a amargura da velhice. Colhe,
pois, a sabedoria. Armazena suavidade para o amanhã.”*

- Leonardo da Vinci

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Hierarquia da Empresa.....	4
Figura 3.2: Arranjo Físico – Planta.....	7
Figura 3.3: Arranjo Físico – Cortes.....	8
Figura 3.4: Canaletas e Eletrodutos – Planta.....	10
Figura 3.5: Instalação Elétrica –Planta.....	16
Figura 3.6: Detalhe de Instalação.....	19
Figura 3.7: Medição de Resistividade do Solo.....	20
Figura 3.8: Locação de Pontos para Medição de Resistividade.....	21
Figura 3.9: Rotina Para Cálculo de Esticamento de Cabos.....	23
Figura 3.10: Planta de Esticamento de Cabos.....	24
Figura3.11: Estruturas Metálicas – Planta.....	26
Figura 3.12: Estruturas – Cortes.....	27
Figura 3.13: Estruturas Metálicas - Isométrico.....	28

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Apresentação da Empresa.....	2
3	O Estágio.....	3
3.1	Atividades Desempenhadas	4
3.1.1	Arranjo Físico.....	5
3.1.2	Canaletas de Cabos e Eletrodutos.....	9
3.1.3	Iluminação e Tomadas.....	11
3.1.4	Listas de Materiais.....	16
3.1.5	Detalhe de Montagem de Equipamentos	17
3.1.6	Malha de Terra	19
3.1.7	Esticamento de Cabos.....	21
3.1.8	Estruturas e Suportes	23
3.2	Visita Técnica	27
4	Conclusão.....	28
	Bibliografia.....	29

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade expor as atividades realizadas pela estagiária Andréia Bispo 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 será apresentada a empresa, o mercado de trabalho no qual ela atua, as tarefas por ela realizada e sua hierarquia. Em seguida, será mostrado em que área da empresa a aluna desempenhou suas tarefas, quais as principais atividades que ela exerceu, as habilidades que se destacaram, quais conhecimentos foram de fundamental importância, experiência em convívio em grupo, como encarar problemas reais de engenharia, visitas técnicas realizadas, entre outros. Para finalizar, serão apresentados os pontos positivos e construtivos que ela pode agregar a sua carreira profissional ao longo do semestre.

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

1 INTRODUÇÃO

Devido à elevada demanda por energia elétrica, surge, então, a necessidade de aumentar a capacidade do sistema elétrico brasileiro. Esta premência pode ser sanada por meio de algumas medidas, seja pela busca de novas fontes de conversão de energia elétrica, pela repotencialização das usinas de geração atualmente em funcionamento ou pelo incentivo à busca por eficiência energética.

Nos casos em que se opta por construir novas fontes de geração de energia elétrica, ou quando se deseja transmitir mais energia para determinadas localidades ou suprir uma carga específica é preciso que haja subestações de energia elétrica para que se possa efetuar a transmissão e distribuição da energia.

Para se efetuar a construção de subestações de energia elétrica é preciso que se tenha de antemão projetos, croquis, plantas, listas, memórias de cálculo e estudos que exponham todos os detalhes e informações sobre a subestação e determinem como será estruturada.

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, sejam eles civis, eletricitistas, mecânicos ou por técnicos, desenhistas e projetistas.

Desta forma, a Interest Engenharia LTDA, localizada no Recife, é uma empresa com as características acima citadas. Ela desenvolve projetos de subestações de alta e extra-alta tensão, presta consultoria e assessoria técnica, assim como atua na engenharia de campo.

Por conseguinte, este trabalho irá apresentar as atividades desempenhadas por uma estagiária da Interest Engenharia, que atuou na área de elaboração de projetos de subestações, ao cursar a disciplina Estágio Integrado. E, então, expor todos os tópicos que são cruciais e exigidos ao se construir subestações.

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 230m² de escritórios, aproximadamente 40 estações de trabalho e *softwares* de engenharia de última geração. Possui três equipes de atuação: civil, eletromecânica e elétrica.

As áreas de atuação podem ser divididas em duas: a primeira é na área de projetos e estudos de engenharia e a segunda é a de engenharia de campo. Na primeira área, a INTEREST fornece diversos serviços referentes a:

- Subestações de alta e extra-alta tensão, tais como: projeto básico e projeto executivo; projetos de recapacitação 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 recapacitação 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; recapacitação para substituição de sistemas de proteção eletromecânicos ou estáticos por sistemas digitais; inspeção técnica de materiais e equipamentos elétricos, bem como, 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 905 horas, com vigência de 22 de abril à 17 de outubro de 2014.

Dentre as atividades desenvolvidas pela estagiária, pode-se destacar:

- Participação na elaboração de projeto eletromecânico de subestação composto por:
 - Arranjo físico – planta e cortes;
 - Diagrama de esforços nas estruturas e suportes;
 - Esticamento de cabos;
 - Canaleta de cabos e eletrodutos;
 - Malha de terra;
 - Iluminação e tomadas – pátio e edificações;
 - Detalhe de montagem de equipamentos e
 - Lista de materiais.
- Visitas técnicas às subestações localizadas na região metropolitana do Recife.

3.1 ATIVIDADES DESEMPENHADAS

Durante a primeira semana de estágio a empresa solicitou ao engenheiro Dilson, que estava prestes sair da INTEREST, para que ele repassasse aos estagiários, Felipe Queiroga e Andréia Bispo, um pouco das atividades que ele como engenheiro desempenhava. Portanto, esta primeira semana foi basicamente de estudos.

Foi possível se familiarizar com o programa Excel, aprender a ter acesso aos arquivos e projetos já feitos ou em fase de construção, os quais se encontram disponíveis na rede de computadores. Estudou-se normas e memórias de cálculo, ambientação com o programa AutoCAD, além disso, o entrosamento com a equipe, empresa e funcionários.

Após este momento compartilhado com Dilson, os responsáveis direto pelos estagiários na equipe eletromecânica foram a engenheira Dayanne Rocha e o senhor Katsume. A Figura 3.1 ilustra o fluxograma da hierarquia da empresa, iniciando pelos diretores, Luis, Linhares e Matubara, além das respectivas equipes que eles coordenam.

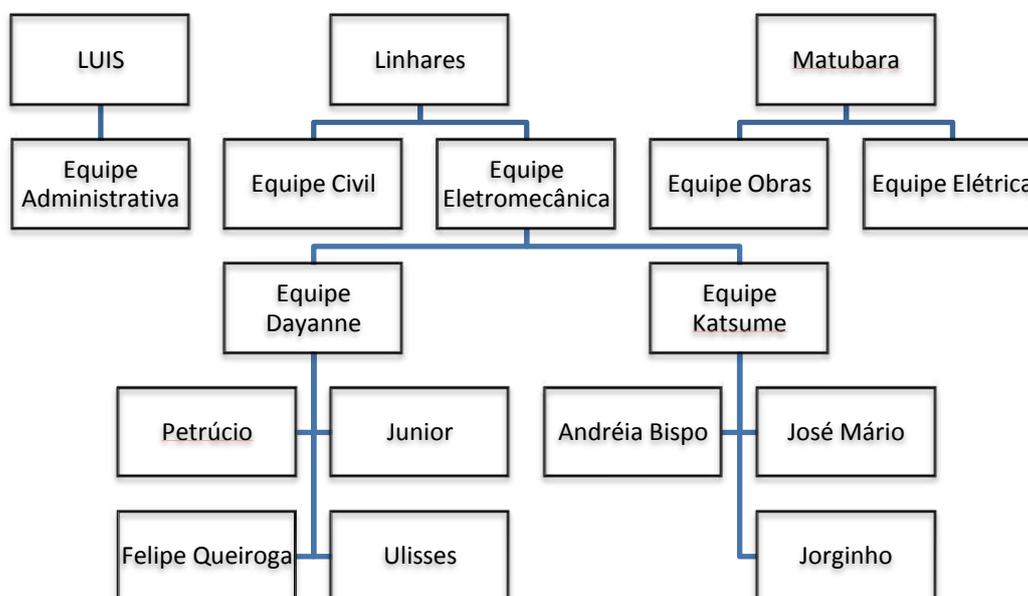


Figura 3.1 :Hierarquia da Empresa

As equipes de Katsume e Dayane se diferenciam apenas pelos clientes a serem atendidos, porém as atividades e projetos são os mesmos, relacionados à construção de subestações.

Uma vez pertencendo a uma equipe passou-se a designar tarefas aos estagiários. As tarefas eram as mesmas que são realizadas por profissionais já experientes na equipe, a diferença estava o grau de dificuldade como também nas exigências. Para sanar dúvidas e obter orientação era possível recorrer a qualquer pessoa das equipes, os quais estavam sempre dispostos a auxiliar.

Inicialmente, faziam-se apenas desenhos, arranjos, cortes para que fosse possível se ambientar com o AutoCAD. No decorrer do semestre as exigências se elevaram, não eram feitos projetos apenas com o intuito de aprendizado, mas sim projetos que seriam revisados e emitidos.

Dentre todos os projetos que envolvia a construção de uma subestação não houve um tópico que ficou sem ser feito ou visto. Logo, é possível dizer que as atividades desenvolvidas ao longo do estágio foram todas realizadas pela equipe de eletromecânica, arranjo físico, malha de terra, esticamento de cabos, cadeias e cabos, instalações elétricas, iluminação do pátio, detalhe dos equipamentos, entre outros.

No decorrer do texto será explicado o que consiste cada uma destas tarefas.

3.1.1 ARRANJO FÍSICO

Dá-se o nome de arranjo de uma subestação ao seu *lay-out*, ou seja, as formas de se conectarem entre sí, linhas, transformadores e cargas de uma subestação.

Consiste na sua vista superior, na qual é 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, além disso, os setores da subestação que são diferenciados pelo valor do nível de tensão.

Os cortes são as vistas laterais da subestação que permitem observar a altura do barramento, altura dos equipamentos, posicionamento das estruturas metálicas e concreto. Todos os equipamentos e materiais são enumerados e uma lista é elaborada, identificando cada item e seu respectivo quantitativo, necessários à instalação da subestação. Além disso, as vistas laterais permitem observar os pontos de conexão dos equipamentos aos cabos que passam sobre eles, o posicionamento das hastes e cabos para-raios.

Todos os projetos são feitos no AutoCAD®, compreendendo os desenhos Já as memórias de cálculo são produzidas no Word e as listas de materiais no Excel..

O AutoCAD é um software do tipo CAD — ComputerAidedDesign ou desenho auxiliado por computador - criado e comercializado pela Autodesk desde 1982. É utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e para criação de modelos tridimensionais (3D). Além dos desenhos técnicos, o software disponibiliza em suas versões mais recentes, vários recursos para visualização em diversos formatos. É amplamente utilizado em arquitetura, design de interiores, engenharia civil, engenharia mecânica, engenharia geográfica, engenharia elétrica e em vários outros ramos da indústria.

Antes do projeto serapresentado para o cliente é preciso que sejam feitas várias verificações, realizadas, de preferência, por projetistas diferentes daquele que elaborou o desenho, na intenção de eliminar possíveis erros.Todas as vistas superiores e laterais dos equipamentos são disponibilizadas pelos fabricantes dos mesmos.

Na Figura 3.2 estão ilustrados exemplos de planta e cortes do arranjo físico da subestação Ceará Mirim, no Rio Grande do Norte, que atenderá aos parques eólicos lá existentes.

A Figura 3.3 representa o Corte A-A do arranjo físico, como a subestação ´extensa, por questão de escala do desenho, o corte encontra-se particionado em dois, os eixos indicam a orientação do corte.

3.1.2 CANALETAS DE CABOS E ELETRODUTOS

Um projeto de canaletas consiste em desenhar uma planta da subestação, similar ao arranjo físico, porém sem tantos detalhes, de modo a ilustrar o caminho percorrido ao longo da subestação por todos os cabos provenientes dos equipamentos. Equipamentos tais como, transformador de corrente, transformador de potencial, disjuntores, chaves seccionadoras e transformadores são importantes no sistema elétrico e utilizam métodos para monitorar seu funcionamento, controlar suas operações e auxiliar na proteção do sistema.

Desta forma, eles precisam constantemente enviar e receber dados de uma central de comando. E todos estes sinais são encaminhados por meio de cabos. Assim, para arranjá-los de forma organizada ao longo da subestação faz-se necessário a construção de canaletas.

De acordo com a norma NBR 5410 a taxa de ocupação das canaletas e eletrodutos pode ser de no máximo 40%, 53% ou 31% de sua totalidade, dependendo do número de condutores. Ou seja, o somatório das áreas de todos os cabos que estarão dentro da canaleta deve corresponder a taxa exigida.

As canaletas também deverão ser identificadas com as iniciais “A”, “D”, “C”, entre outros. Este padrão é definido pela equipe que lida com projetos relacionados a engenharia civil e fazem referência à capacidade da canaleta, ou seja, a quantidade de cabos que ela poderá suportar.

Para os equipamentos que não estão próximo às canaletas, é preciso utilizar eletrodutos, que são basicamente condutos, tubos, que irão abrigar os cabos provenientes do equipamento e levá-los até o ponto mais próximo da canaleta. Assim como, utilizar caixas de passagem para facilitar na manutenção dos cabos.

Da mesma forma que as canaletas, os eletrodutos também precisam ser identificados, de modo a fazer a diferenciação entre seu tipo: rígido, flexível, de PVC, PEAD, entre outros.

Na Figura 3.4 é possível observar como foram dispostas as canaletas na subestação de Ceará Mirim.

3.1.3 ILUMINAÇÃO E TOMADAS

Um projeto de iluminação de edificações consiste em elaborar a planta, cortes, cálculo luminotécnico, cálculo da carga térmica e definir as características dos equipamentos de ar condicionado a serem instalados, estabelecer os critérios de dimensionamento de condutores e disjuntores dos circuitos de iluminação e tomadas.

Inicialmente é preciso fazer o cálculo de climatização para que seja possível saber a quantidade de ar condicionado que será útil no ambiente. A partir de então será possível dimensionar cabos e tomadas para tais equipamentos.

Em seguida, precisamos fazer a classificação do ambiente e selecionar a iluminância específica utilizando critérios estabelecidos na norma NBR 5410/2004 e NBR 5413 tais como analisar a tarefa a ser realizada no recinto, a idade das pessoas que irão trabalhar, a velocidade e a precisão do trabalho, assim como a refletância do fundo da tarefa.

A próxima etapa consiste na escolha da luminária que será utilizada, a qual dependerá de vários fatores, tais como, objetivo da instalação, fatores econômicos, facilidade de manutenção, tipo de ambiente (interno, ou externo, sujeito a corrosões ou não, elevadas temperaturas), entre outros. Para este objetivo, torna-se indispensável a consulta a catálogos de fabricantes.

Uma vez atendidas as etapas anteriores, pode-se determinar o número de luminárias necessárias para o nível de iluminamento desejado.

Na determinação dos níveis de iluminamento, optou-se por utilizar o método dos lúmens.

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

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

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

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

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

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.

Assim, após a definição dos locais e quantidades de luminárias e tomadas necessárias é possível elaborar a memória de cálculo que determinará o dimensionamento de condutores e disjuntores.

O dimensionamento técnico de um circuito é 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 diferente, e a seção a ser finalmente 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 1,5mm².
- A seção mínima de um condutor de cobre para circuitos de força, que incluem tomadas de uso geral, é de 2,5mm².

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 componentes do circuito pela passagem da corrente elétrica em condições normais (corrente de projeto). 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 linha do circuito em V;

fp = Fator de potência da instalação.

A corrente nos cabos e condutores não deve ser superior aos valores estabelecidos na norma.

Critério 3 – Queda de Tensão

Numa instalação elétrica, a tensão aplicada aos terminais das cargas, isto é, aos 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 :

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

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

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.

Dando continuidade aos critérios a serem avaliados em um projeto de instalação elétrica, tem-se também:

Dimensionamento de Disjuntores:

Ainda conforme a NBR 5410, 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 suportável pelo 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

É importante ressaltar que todos os critérios acima citados também são utilizados quando se deseja fazer um projeto de iluminação e tomadas no pátio da subestação.

3.1.4 LISTAS DE MATERIAIS

As listas de materiais são exigidas para orientar o cliente de quais itens ele precisa comprar para instalar corretamente todos os equipamentos e edificar a subestação. São listados, por exemplo, parafusos, arruela, cabos, conectores, luminárias, condutores, eletrodutos, entre outros.

As listas são feitas com base em catálogos de fabricantes. Estes também são indicados na lista para facilitar a compra e por apresentarem boa qualidade, durabilidade e bom funcionamento. Geralmente cada grupo de desenho possui sua lista específica. Desenhos de instalações elétricas é uma lista, arranjo físico possui outra, e assim por diante.

A tabela a seguir apresenta um exemplo de lista de material.

Tabela 3.1: Lista de Materiais

 SUBESTAÇÃO COLETORA CHAPADA II - 34,5/230kV PROJETO EXECUTIVO ALMOXARIFADO - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS LISTA DE MATERIAL 					
ITEM	DESCRIÇÃO	QTD	UNID.	REFERÊNCIA	OBSERVAÇÃO
MATERIAIS - ILUMINAÇÃO ALMOXARIFADO - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS					
1	Eletroduto de PVC rígido, diâmetro nominal 25 mm, sem rosca, referência de bitola 3/4", tipo pesado, cor preta, em barras de 3,00 m de comprimento, norma NBR 15465.	28	UN		
2	Eletroduto de PVC rígido, diâmetro nominal 32 mm, sem rosca, referência de bitola 1", tipo pesado, cor preta, em barras de 3,00 m de comprimento, norma NBR 15465.	1	UN		
3	Curva 90° de PVC rígido, diâmetro nominal 32 mm, sem rosca, referência de bitola 1", tipo pesado, cor preta, norma NBR 15466.	1	UN		
4	Luva de PVC rígido, diâmetro nominal 32 mm, sem rosca, referência de bitola 1", tipo pesado, cor preta, norma NBR 15466.	4	UN		
5	Bucha terminal de liga de alumínio de elevada resistência mecânica e à corrosão, para eletroduto de diâmetro nominal 3/4", sem rosca.	2	UN	BT 034 DAISA OU SIMILAR	
6	Bucha terminal de liga de alumínio de elevada resistência mecânica e à corrosão, para eletroduto de diâmetro nominal 1", sem rosca.	4	UN	BT 100 DAISA OU SIMILAR	
7	Prensa-cabo macho, de liga de alumínio de elevada resistência mecânica e à corrosão, bitola nominal 3/4", diâmetro do furo entre 7 e 10 mm.	2	UN	PM 034-P DAISA OU SIMILAR	
8	Arruela de liga de alumínio de elevada resistência mecânica e à corrosão, para eletroduto de diâmetro nominal 3/4", sem rosca.	4	UN	AU 034 DAISA OU SIMILAR	

3.1.5 DETALHE DE MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS

Em posse de todos os desenhos dos equipamentos, disponibilizados pelo fabricante, é possível fazer os desenhos que simulem 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 caixas 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 que precisam ser comprados, entre outros.

A Figura 3.6 ilustra o detalhe de instalação da chave seccionadora com lâmina de terra.

3.1.6 MALHA DE TERRA

O projeto de malha de terra consiste em fazer a planta que conterà os pontos necessários para a medição da resistividade do solo, abrangendo toda a área da subestação. É utilizada, portanto, a norma NBR 7117 como orientação para elaboração do desenho.

As medições de resistividade devem cobrir toda a área a ser abrangida pelo eletrodo de aterramento.

O número de pontos onde são efetuadas as medições é estabelecido em função da dimensão do terreno.

Geralmente, utiliza-se como 5 (cinco) o número mínimo de pontos para uma área de até 10.000m². A disposição dos pontos tenta seguir o padrão orientado na norma, assim como está ilustrado na figura a seguir.

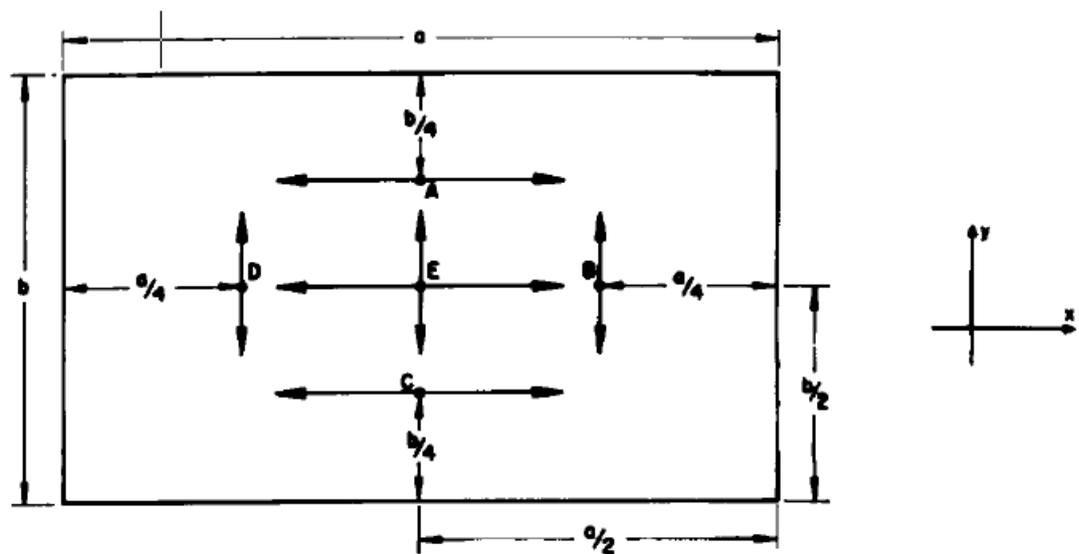


Figura 3.7: Esquema da Medição de Resistividade do Solo.

Onde:

A, B, C, D e E : são os pontos de medição.

x e y : indicam a direção da medição.

Na planta é deixada uma nota explicando que os espaçamentos dos eletrodos devem variar de 1 metro ao maior valor possível. Recomendando-se os seguintes valores (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64)m, bem como indicar o método Wenner para a realização das medições.

3.1.7 ESTICAMENTO DE CABOS

O estudo de esticamento de cabos consiste em determinar o esforço máximo que o cabo irá exercer na estrutura metálica ou de concreto quando estiver submetido a uma temperatura de aproximadamente 75°C e com uma flecha inferior a 3% do comprimento do cabo ao longo do vão.

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

É importante observar que são consideradas estas temperaturas, pois observou-se que são as temperaturas de operação dos cabos.

Nas entradas e saídas de linha estes esforços são determinados pela empresa que faz o estudo da linha.

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 na planilha para determinar o valor do esticamento.

Na Figura 3.9 está ilustrado o programa que é utilizado na INTEREST para efetuar este tipo de cálculo.

Tabela de Esticamento				
t (°C)	T (kg/cm ²)	H (kg)	f (m)	f (%)
*				

Figura 3.9: Rotina Para Cálculo de Esticamento de Cabos.

3.1.8 ESTRUTURAS E SUPORTES

Uma subestação é composta tanto de estruturas metálicas como de estruturas de concreto, seja para suportar equipamentos como para suportar os cabos dos barramentos. A escolha entre estruturas de concreto ou metal depende da sua finalidade, custos, escolha do cliente, como também do nível de tensão da subestação. Geralmente, subestações inferiores a 230kV são 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 suas respectivas quantidades. Em seguida, são feitos cortes da planta, os quais permitem se observar as vistas laterais, das estruturas, alturas, larguras e disposição.

Caso haja cadeia de isoladores, chaves seccionadores ou isoladores de pedestais suspensas – no caso, sobre as estruturas - é preciso ilustrar o local exato em que deve ser feita a furação para que se possa fixá-los.

Já para os suportes dos equipamentos, como chaves seccionadoras, transformadores de potencial, transformadores de corrente, para-raios, reatores, entre outros, é feito detalhe das estruturas especificando modelo, altura, largura, furações para comportar os equipamentos e dimensões dos capteis, como também, o valor dos esforços que esta estrutura estará submetida. São levados em consideração fatores como o peso do equipamento, peso do cabo ligado aos seus terminais, força do vento atuando no equipamento e força de curto circuito nos cabos, seja pela atração ou repulsão dos mesmos, e principalmente o valor máximo de tensionamento que o equipamento suportará, valor este especificado pelo fabricante.

Outro projeto que faz parte deste tema é o desenho isométrico. Ele é constituído por uma memória de cálculo que determinará se a estrutura se classifica entre estrutura passante ou terminal, determina os esforços horizontais e verticais, assim como aqueles obtidos no estudo de esticamento de cabos.

Os esforços horizontais e verticais representam o peso dos cabos e cadeias, a força do vento atuando nos mesmos e sobre a cadeia de isoladores e a força de atração ou repulsão exercida por eles quando submetidos a corrente máxima de curto-circuito. O desenho é uma representação em três dimensões do arranjo das estruturas que suportam os cabos e contém setas que indicam a direção das forças, assim como seus valores.

3.2 VISITA TÉCNICA

A INTEREST Engenharia proporcionou às equipes eletromecânica e civil a oportunidade de realizarem uma visita técnica às subestações Ceará Mirim e João Câmara, localizadas no Rio Grande do Norte.

Esta conjuntura é de grande relevância pois ela permite que todos os engenheiros e técnicos que elaboraram os projetos das subestações possam ver o seu trabalho construído e, então, avaliar quais foram as falhas de projeto, ou as falhas de execução, possam interagir com as equipes responsáveis pela execução da obra e ter uma opinião crítica do seu próprio trabalho.

É bem nítido que há uma grande diferença entre projetar e executar, entre desenhar e montar, então esta viagem faz com que os projetistas tenham uma maior preocupação e pensem mais se o que estão fazendo pode realmente ser executado na prática, ou seja, se é viável, e busquem sempre uma harmonia entre estas duas realidades.

Sendo, portanto, uma experiência construtiva para cada profissional como também para a empresa, pois aumenta a qualidade de projetos futuros, assim como a redução de erros e outras formas de visualizar e desenvolver o projeto.

4 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido durante estes seis meses é bastante construtivo para a carreira profissional de um engenheiro que está recém formado.

Além do contato próximo com profissionais renomados, experientes e que estão há anos atuando nesta área, foi possível aprender com eles e contar sempre com a boa vontade que tiveram de ensinar e orientar, ajudando a aumentar o conhecimento daqueles que não o tem.

Realizar atividades em grupo, conviver diariamente com pessoas dos mais diferentes perfis e níveis de informação, aprender a opinar, contribuir positivamente no que está sendo realizado, se impor e saber encarar as dificuldades diárias de um trabalho. Além de auxílios profissionais, pode-se dizer que todos estes aspectos trouxeram também contribuições pessoais.

Permitiu que parte de todo o conhecimento adquirido durante cinco anos da universidade fosse aplicado em prol de atividades reais, de projetos que são aplicados na realidade. Não houve momento de simulações ou hipóteses.

Ter contato diariamente com o que há de mais atual no mercado, com produtos e fabricantes, e saber utilizar todas as ferramentas disponíveis em busca de realizar o melhor projeto e ser sempre eficaz e eficiente e sempre com o seu diferencial.

Portanto, foram os seis meses mais gratificantes em que um estudante pode sentir o que é ser engenheiro e o que é a sua profissão e perceber o valor de tanta dedicação e esforço que teve pelos estudos ao longo da sua vida.

BIBLIOGRAFIA

[1]Frontin, O. S. **Equipamentos de Alta Tensão – Prospecção e Hierarquização de InovaçõesTecnológicas**. Brasília: Teixeira, 2013.

[2]Associação Brasileira de Normas Técnicas. **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 Elétricas 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-CircuitCurrents – 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 5413: Iluminância de Interiores**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 13 páginas.

