



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - PB
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

THIAGO TEIXEIRA DE LIMA BARBOSA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

CAMPINA GRANDE – PB

2018

THIAGO TEIXEIRA DE LIMA BARBOSA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

*Relatório de estágio supervisionado
submetido à Coordenação do Curso 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: Transmissão de Energia Elétrica

Orientador:

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.

CAMPINA GRANDE – PB

2018

THIAGO TEIXEIRA DE LIMA BARBOSA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de estágio submetido à
Coordenação do Curso 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: Transmissão de Energia Elétrica

Aprovado em / /

Professor Roberto Silva Siqueira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor Leimar Oliveira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico esse trabalho a todos que confiaram no meu potencial e me deram confiança para chegar até aqui.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, por me possibilitar esta oportunidade que muitos querem na vida. Posteriormente, mas não menos importante, agradeço a meus pais, que me deram apoio durante toda a minha vida, e que não mostraram desconfiança do meu potencial em momento algum, ao contrário, mesmo quando eu não me sentia confiante, eles me mostravam que era possível.

Agradeço a minha companheira, que sempre esteve ao meu lado, e que me apoiou e me deu forças para continuar na caminhada.

Agradeço também a minha irmã, que sempre me deu apoio e incentivo, e sempre confiou em mim.

Agradeço ao meu professor orientador, Leimar Oliveira, que me proporcionou esta oportunidade e me orientou a seguir o caminho correto, para atingir meus objetivos.

Agradeço também aos professores da graduação que despertaram o meu interesse nos assuntos abordados e me proporcionaram conhecimentos que me acompanharão para o resto da vida.

E por fim, agradeço a meus amigos, que me acompanharam nesta trajetória de sucessos e insucessos, alegrias e tristezas, mas sempre com a confiança de que atingiríamos o nosso objetivo.

Resumo

O presente relatório visa descrever as atividades realizadas por Thiago Teixeira de Lima Barbosa durante o estágio integrado na empresa Energy Eletricidade LTDA, bem como apresentar uma visão geral das obras as quais o estágio foi mobilizado. O estágio foi realizado no período entre 17 de setembro e 15 de dezembro de 2018, e compreendeu o acompanhamento da construção de uma Subestação Coletora 34,5/69kV e uma Linha de Transmissão 69kV pertencentes ao projeto UFV SOL DO FUTURO – Atlas, localizados na cidade de Aquiraz – CE. Sob supervisão dos Engenheiros Eletricistas Leonardo de Medeiros Ramos e Dayvson Faber Alcantara Silva e do Engenheiro Civil Paulo Ubiratan Menezes Vasconcelos, foram acompanhadas atividades de preenchimento de relatórios diários de obra, acompanhamento do recebimento dos projetos executivos da SE, acompanhamento de execução de obras civis e eletromecânicas de uma SE de 69kV e desenvolvimento de atividades administrativas.

Palavras-chave: Subestação, Linha de Transmissão, Estruturas.

Abstract

This report has the objective of describe the activities realized by Thiago Teixeira de Lima Barbosa during his stage at Energy Eletricidade LTDA, as well as present a general vision of the work that the intern has done. The stage was realized from 17 of September to 15 of December of 2018, and comprehend an attendance of a construction of a SE Collector 34,5/69kV and a transmission line 69kV belonging to UFV- SOL DO FUTURO localized at Aquiraz-CE. Under the supervision of the Electrical Engineers Eletricistas Leonardo de Medeiros Ramos e Dayvson Faber Alcantara Silva and the Civil Engineer Paulo Ubiratan, was attended activities of job diary report, attended the executive projects from SE, attended the execution of civil and electromechanical activities of an SE 69kV and developed administrative activities.

Lista de Ilustrações

FIGURA 1: FIGURA ILUSTRATIVA DE UM CAA- COM ALMA.....	17
FIGURA 2: FIGURA ILUSTRATIVA DE ISOLADORES POLIMÉRICOS PARA ALTA TENSÃO.....	18
FIGURA 3: EXEMPLO DE ÂNGULO FORMADO ENTRE ESTRUTURAS.....	19
FIGURA 4: POSTE TIPO SUSPENSÃO – SF9	20
FIGURA 5: POSTE TIPO ANCORAGEM - SF10.	21
FIGURA 6: FIGURA ILUSTRATIVA DE UM CABO OPGW.....	22
FIGURA 7: FIGURA ILUSTRATIVA DAS REAÇÕES DO SOLO CALCULADAS PELO MÉTODO DE SULZBERGER.	23
FIGURA 8: MÉTODOS MATEMÁTICOS DESENVOLVIDOS POR SULZBERGER.....	24
FIGURA 9: PROCEDIMENTO DE ESCAVAÇÃO COM RETROESCAVADEIRA.....	28
FIGURA 10: PROCEDIMENTO DE ESCAVAÇÃO COM CAMINHÃO PERFURATRIZ.	29
FIGURA 11: PROCEDIMENTO DE PRIMEIRA FASE DE CONCRETAGEM.....	30
FIGURA 12: IMPLANTAÇÃO DE POSTE COM CAMINHÃO MUNCK.	31
FIGURA 13: IMPLANTAÇÃO DE POSTE COM CAMINHÃO GUINDASTE REALIZADA COM DESLIGAMENTO DE REDE DE BAIXA TENSÃO.	32
FIGURA 14: SEGUNDA FASE DE CONCRETAGEM.	33
FIGURA 15: POSTES APARELHADOS.	34
FIGURA 16: LANÇAMENTO DE CABOS COM USO DE TRAVESSIA.....	35
FIGURA 17: FIGURA ILUSTRATIVA DA TABELA DE INTERLIGAÇÃO DOS PAINÉIS.....	36
FIGURA 18: FIGURA ILUSTRATIVA DA PASSAGEM DE CABOS DOS PAINÉIS.....	37
FIGURA 19: CONEXÃO ENTRE BARRAMENTOS E EQUIPAMENTOS REALIZADA.	38
FIGURA 20: FIGURA ILUSTRATIVA DO RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA.	39
FIGURA 21: FIGURA ILUSTRATIVA DO RELATÓRIO DE INSPEÇÃO.	39
FIGURA 22: RELATÓRIO DE CONCRETO.	40
FIGURA 23: TEMPORIZAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA PERFURATRIZ EM CONJUNTO COM A EQUIPE DE ESCAVAÇÃO	41

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABB	Asea Brown Boveri
AL	Alagoas
BA	Bahia
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Continua
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CE	Ceará
ENEL	Ente Nazionale per l'energia Elettrica
LT	Linha de Transmissão
MWp	Mega Watt-pico
OPGW	Optical Ground Wire
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
RIV	Rádio Interferência
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SE	Subestação
SE	Sergipe
UFV	Usina Fotovoltaica
kV	Quilovolt

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 A EMPRESA	14
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 LINHAS DE TRANSMISSÃO	16
2.1.1 CONDUTORES	16
2.1.2 ISOLADORES	17
2.1.3 FERRAGENS	18
2.1.4 ESTRUTURAS	19
2.1.4.1 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO	20
2.1.4.2 ESTRUTURAS DE ANCORAGEM	21
2.1.5 CONDUTORES PARA-RAIOS	22
2.1.6 FUNDAÇÕES	22
2.2 SUBESTAÇÕES	24
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	27
3.1 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DA LINHA DE TRANSMISSÃO	27
3.1.1 ESCAVAÇÃO	28
3.1.2 INSERÇÃO DE FERRAGENS	29
3.1.3 PRIMEIRA FASE DE CONCRETAGEM	30
3.1.4 PROCEDIMENTO DE IMPLANTAÇÃO DE POSTE	30
3.1.5 SEGUNDA FASE DE CONCRETAGEM	32
3.1.6 APARELHAMENTO DE ESTRUTURAS	33
3.2 LANÇAMENTO DE CABOS	34
3.3 SUBESTAÇÃO	36

3.3.1 INTERLIGAÇÃO DE PAINÉIS	36
3.3.2 INTERLIGAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO	37
3.4 ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS E PLANEJAMENTO	38
3.4.1 RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA	38
3.4.2 RELATÓRIO DE RECEBIMENTO DE MATERIAIS.....	39
3.4.3 RELATÓRIOS DE CONCRETO	40
3.4.4 PLANEJAMENTO E ANÁLISE DO TRABALHO DO CAMINHÃO PERFURATRIZ	41
3.4.5 PLANO DE LANÇAMENTO DE CABOS	41
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43

1. Introdução

Mediante aos avanços tecnológicos que ocorrem cada vez mais ao redor do mundo, o consumo de energia aumenta exponencialmente com o passar do tempo. Devido ao aumento de consumo, a geração de energia também necessita de avanços, para atender a demanda global de energia.

Como uma das soluções para controlar o problema da geração de energia de forma que atenda aos requisitos do consumo de energia, o homem apresenta os sistemas fotovoltaicos como uma solução que é renovável, e que na escala terrestre de tempo, é considerada inesgotável.

No Brasil, a preocupação com as fontes de energia, está possibilitando ao passar do tempo um aumento da geração de energia no país, com investimentos do governo no setor. No Nordeste, os governos investem fortemente em fontes de energia renováveis. No último certame que a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) realizou voltado para a geração fotovoltaica, o governo do Ceará se tornou responsável pela realização de quatorze projetos.

O aumento da demanda de geração, aumenta conseqüentemente a demanda de segmentos que possibilitem a transmissão da energia gerada, ou seja, promove a necessidade de desenvolvimento da capacidade da infraestrutura energética, como realizando um aumento das subestações e linhas de transmissão do sistema.

Com esta demanda, na cidade de Aquiraz – CE, foi construída uma subestação elevadora, de 34,5kV para 69kV, que é interligada a um bay, o qual possibilita a entrada na subestação Aquiraz, que é a principal responsável por atender a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

Neste documento são relatadas as atividades desenvolvidas no Estágio Supervisionado realizado na obra UFV SOL DO FUTURO, que é gerida pela Energy Eletricidade. Esse estágio é curricular e obrigatório cuja carga horária cumprida foi de 385 horas dentro de um período compreendido entre os dias 17/09/2018 e 15/12/2018. As atividades foram supervisionadas pelo Engenheiro Eletricista Leonardo Medeiros Ramos.

1.1 Objetivos

O trabalho a seguir tem como objetivo descrever as experiências que o aluno teve a oportunidade de vivenciar durante o período que realizou o estágio supervisionado na empresa Energy Eletricidade, assim como revisar conceitos teóricos para melhor entendimento das atividades desenvolvidas durante este período, como procedimentos nos quais o aluno desenvolveu estudos para análise de rendimento das atividades realizadas visando um melhor aproveitamento do corpo da obra, ou acompanhamento de atividades para melhor entendimento do procedimento de acordo com o cenário apresentado na obra.

1.2 A Empresa

A empresa Energy Eletricidade Ltda foi fundada em 1995 pelo engenheiro Luiz Alberto Leite, na cidade de Campina Grande – PB (Figura 1). A Energy Eletricidade desde sua criação realiza projetos em instalações elétricas de baixa, média e alta tensão. Ela construiu uma trajetória de superação de desafios desde quando a empresa foi criada. Sendo pioneira, em Campina Grande, no ramo de projetos e execução de Linhas de Transmissão, Subestação e Redes de Distribuição de Energia.

Na sede administrativa da empresa estava concentrado todo o capital humano para suporte administrativo e financeiro da obra e também, muitas vezes, era responsável pelo fornecimento parcial ou total de materiais e equipamentos para as obras, já que a empresa possui um significativo aparato de máquinas e de ferramentas.

Nos princípios éticos da empresa tem como política e qualidade, planejar, executar e supervisionar a construção de obras civis, eletromecânicas e elétricas sob a responsabilidade da mesma, o que é atingido com o contínuo desenvolvimento dos procedimentos realizados, sempre buscando melhoria nas atividades executadas para atender ao cliente, para possibilitar a satisfação no momento da entrega da obra ao contratante.

A Energy apresenta experiência ampla no ramo de construção de linhas de transmissão e subestações, desde sua fundação até hoje várias obras neste segmento foram realizadas, dentre elas:

- LT 230 kV P. Afonso III – BA/Zebu – AL;
- LT 69 kV Igarassu/Alcoa – Celpe – PE;
- LT 69 kV Campina Grande I/Catolé – Celb– PB;
- LT 69 kV Rio Tinto/Santa Rita – Energisa– PB;
- SE 69kV – 5MVA -Gramame – Cagepa– PB.
- SE 69kV – 5MVA -Porto da Folha – Energipe SE.
- SE 69kV – 10MVA- Millennium Geradora Eólica Mataraca– PB.
- SE 69kV – 80 MVA- Vale dos Ventos Geradora Eólica Mataraca– PB.
- SE de 230 kV em Brotas de Macaubas – BA.

1.3 Estrutura do Trabalho

O Capítulo 1 apresenta aspectos que introduzem o objetivo e a necessidade da realização da obra na qual o estagiário participou além de apresentar aspectos mais específicos da obra e da empresa na qual o estágio foi realizado.

O Capítulo 2 trata de apresentar conceitos teóricos que são necessários para o entendimento do desenrolar do relatório considerando aspectos eletromecânicos e civis para a construção de uma linha de transmissão e uma subestação.

O Capítulo 3 apresenta as atividades desenvolvidas pelo estagiário no decorrer do estágio, que contempla acompanhamento de atividades executivas, execução de relatórios, dentre outras atribuições.

O Capítulo 4 contempla uma conclusão final dos principais aspectos abordados no documento, do ponto de vista da experiência proporcionada ao estagiário.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo consiste na revisão de conceitos que possibilitam o entendimento dos procedimentos utilizados durante o trabalho, para que o leitor com o conhecimento adquirido desfrute de uma leitura mais clara do trabalho.

2.1 LINHAS DE TRANSMISSÃO

Linhas de transmissão são circuitos elétricos através dos quais a energia elétrica é transportada de um terminal emissor a um receptor. As linhas de transmissão são construídas com o intuito de atender a critérios técnicos e econômicos de modo a tornar viável o transporte de energia elétrica das fontes geradoras aos centros de distribuição.

As linhas de transmissão podem ser aéreas, subterrâneas ou subaquáticas. Uma linha de transmissão aérea é aquela na qual o principal meio isolante é o ar. Já em uma linha subterrânea, são empregados cabos isolados e enterrados no solo, enquanto em uma linha subaquática são empregados cabos isolados lançados no leito do corpo de água a ser transposto. As linhas de transmissão aéreas apresentam custo comparativamente menor que os demais tipos de configuração.

2.1.1 CONDUTORES

Condutores tem a responsabilidade de realizar o deslocamento das cargas elétricas, nas primeiras linhas de transmissão a matéria prima dos condutores era principalmente o cobre, por possuir elevado índice de condutividade.

Atualmente eles são em sua maioria compostos por alumínio, seja na forma de liga ou em conjunto com o aço. O principal fator que ocasionou a mudança do material utilizado, foi a observação de um menor custo deste material, em relação ao cobre ou outros condutores.

Os condutores de alumínio nu com alma de aço que é composto por um fio de aço e um grupo de fios de alumínio dispostos concentricamente em torno do fio, como pode ser visto na Figura 1, são os mais utilizados nas linhas de transmissão do Brasil devido a sua elevada condutividade e considerável resistência mecânica. Apesar de possuírem resistência mecânica regular, o uso das ligas de alumínio tem se intensificado, pois apresentam boa condutividade e maior resistência a ambientes agressivos.

Figura 1: Figura Ilustrativa de um CAA- com alma.



Fonte: <http://neocable.com.br/caa-com-alma/>.

2.1.2 ISOLADORES

Elemento que têm a função de conter os cabos e mantê-los eletricamente isolados das estruturas. O número de isoladores por cadeia é determinado de acordo com a tensão da linha e o isolamento deve suportar tensões maiores que a tensão normal de operação, resistindo, inclusive, a surtos atmosféricos e de manobras. Têm também como função: suspensão, ancoragem ou separação dos condutores. Existem diversos tipos de isoladores, como pode ser visto na Figura 2.

Quanto às solicitações mecânicas, os isoladores estão sujeitos a verticalmente a forças pelo peso dos condutores, e horizontalmente a forças axiais para suspensão e horizontais transversais pela ação do vento.

Figura 2: Figura Ilustrativa de Isoladores Poliméricos para Alta Tensão



Fonte: <http://www.balestro.com.br/wp-content/uploads/2015/05/Isoladores-Polim%C3%A9ricos-para-Alta-Tensao.pdf>

2.1.3 FERRAGENS

As ferragens das linhas de transmissão são constituídas de elementos metálicos, e são projetadas tanto para resistir aos esforços eletromecânicos, quanto para reduzir efeitos oriundos de fenômenos elétricos, como rádio interferência (RIV) e corona. Dispõe-se de diversos tipos de ferragens com funções específicas nas linhas de transmissão, mas seus dimensionamentos e geometria dependem do fabricante, os quais devem atender a requisitos normativos e dependendo da situação, atender a necessidade do cliente como em casos onde devido ao ângulo forte o esforço das forças do cabo na estrutura, ocasionam a necessidade de ferragens mais fortes para suportar.

2.1.4 ESTRUTURAS

As estruturas das torres de LT podem ser construídas em vários materiais, sendo os mais usuais as estruturas metálicas de aço revestido com zinco (aço galvanizado), as de concreto armado, as de madeira e as de fibras de vidro.

A escolha do tipo de estrutura considera o tipo de suporte a ser utilizado pelos cabos condutores, as classificando em estruturas de alinhamento ou suspensão e estruturas de ancoragem.

Outro aspecto que afeta a escolha do tipo de estrutura, é o ângulo ao qual os cabos conectados a estrutura apresentarão, dependendo da força do ângulo, o esforço do poste é maior, o que faz com que varie a estrutura de acordo com o ângulo formado. Na Figura 3, o poste do meio representa um poste que considera o ângulo formado entre as estruturas para sua escolha, este poste foi nomeado SF2, é um poste de tipo ancoragem que forma um ângulo menor que 30° entre os cabos.

Figura 3: Exemplo de Ângulo Formado Entre Estruturas.

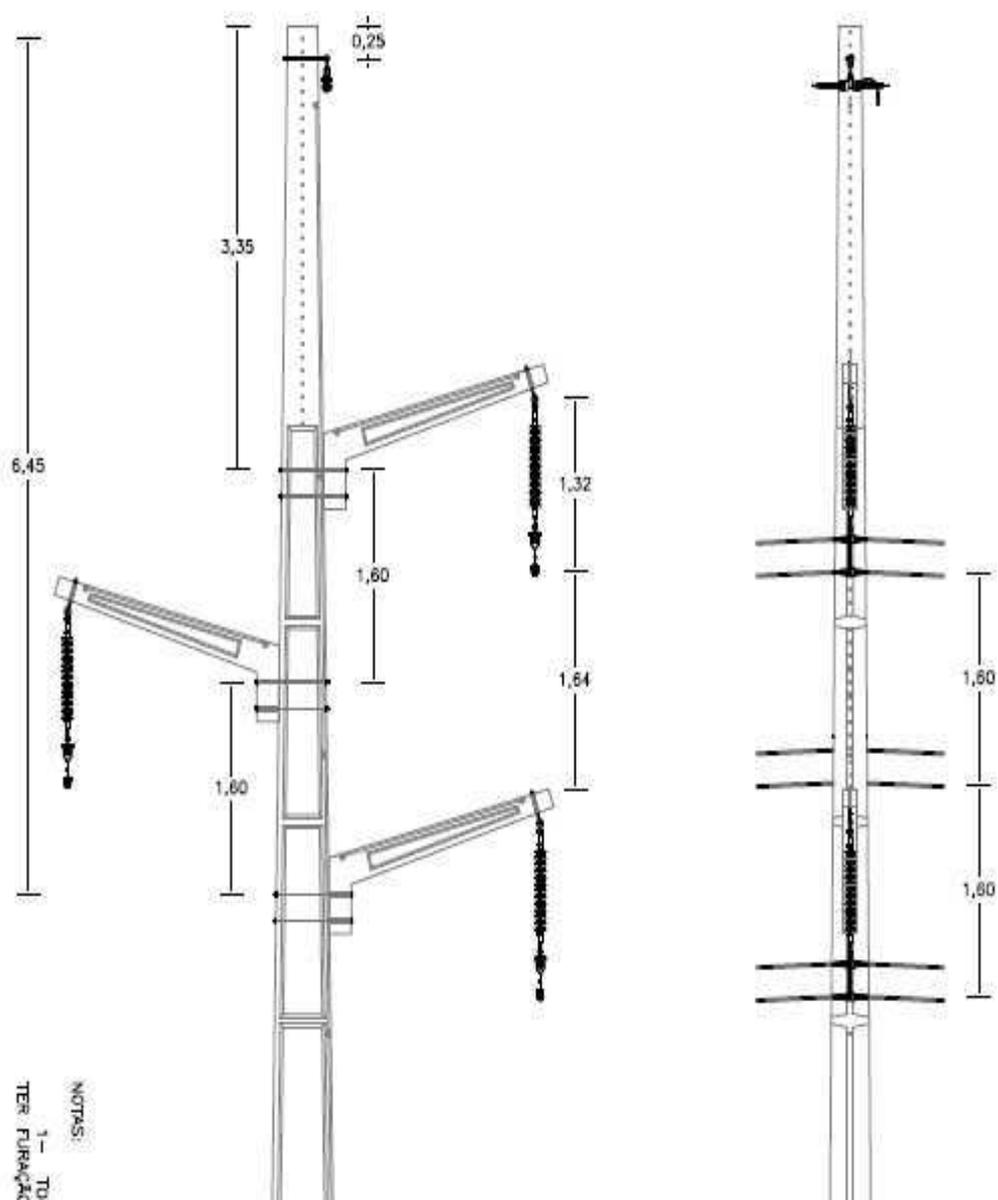


Fonte: Próprio Autor.

2.1.4.1 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO

São suportes dimensionados para em condições normais de operação, resistir aos esforços verticais devido ao peso dos cabos, isoladores e suas ferragens. Devem suportar igualmente as forças horizontais transversais decorrentes da pressão do vento sobre cabos, isoladores e sobre seus próprios elementos. Na Figura 4, é ilustrado o projeto para uma estrutura nomeada como SF9, utilizada para suspensão.

Figura 4: Poste Tipo Suspensão – SF9



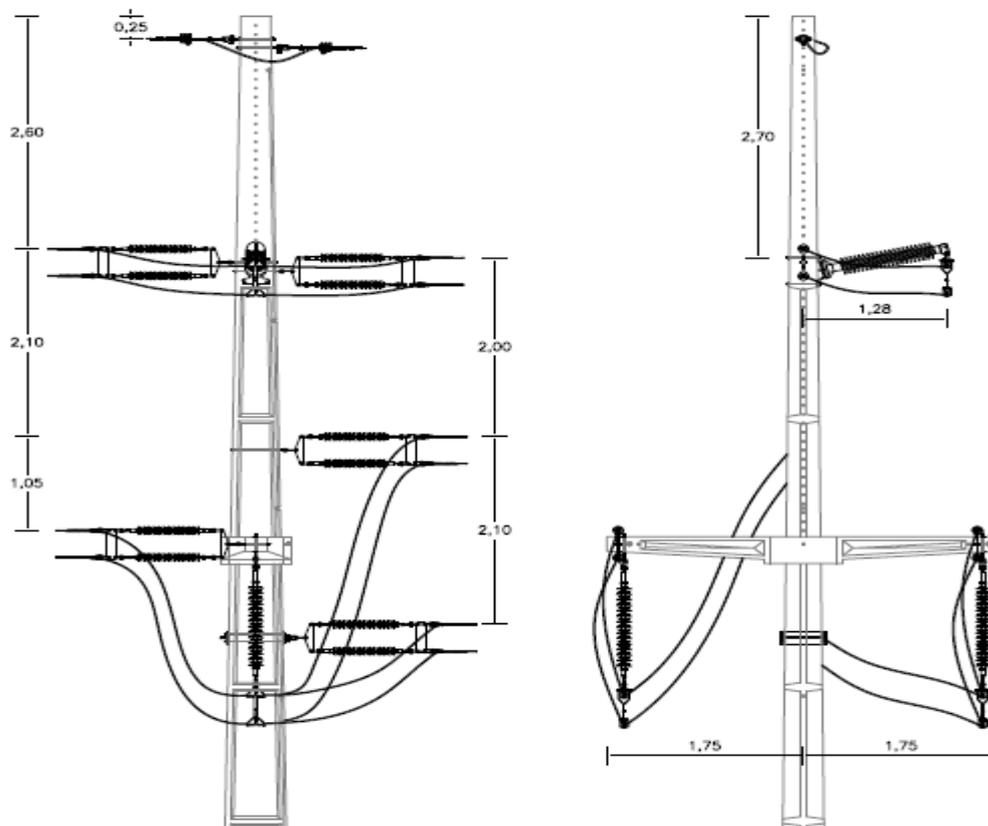
Fonte: 1HBR61844002-007_R0B_LT 69kV AQUIRAZ II – SOL DO FUTURO.

2.1.4.2 ESTRUTURAS DE ANCORAGEM

Devem suportar, além dos esforços decorrentes da suspensão dos cabos, unilateralmente aos esforços decorrentes do tensionamento dos cabos durante a montagem, ou após a ruptura de alguns deles, supondo-se ausência de ventos de máxima intensidade. São utilizados pelos projetistas a intervalos regulares ao longo das linhas, afim de facilitar o tensionamento dos cabos quando necessário.

Na Figura 5, é possível observar uma estrutura do tipo ancoragem, que foi nomeada como SF10. Esta estrutura além de ser de ancoragem, é um tipo de suporte que é utilizado no início, ou no fim da linha de transmissão, ela tem como responsabilidade manter os cabos esticados. São os suportes mais solicitados, necessitando, portanto de um reforço maior do que o das outras ancoragens ao decorrer da linha.

Figura 5: Poste Tipo Ancoragem - SF10.



Fonte: 1HBR61844002-007_R0B_LT 69kV AQUIRAZ II – SOL DO FUTURO.

2.1.5 CONDUTORES PARA-RAIOS

Os condutores neutros são utilizados como proteção da linha, interceptando descargas atmosféricas e, atualmente, é incorporado fibra ótica ao seu núcleo, os chamados OPGW (Optical Ground Wire), utilizados para transmissão de dados e voz pelos serviços de comunicação. Seu material pode ser aço ou ligas de alumínio. Normalmente esses cabos são solidamente aterrados, podendo também ser isolados por isoladores de baixa capacidade de ruptura.

Figura 6: Figura Ilustrativa de um Cabo OPGW.



Fonte: <http://fujikuracabos.com.br/opgw-115mm/>.

2.1.6 FUNDAÇÕES

A profundidade da escavação é de fundamental importância para a fixação do poste após implantado. Dependendo do tipo de fundação a ser utilizada, o poste apresenta um engaste diferente e conseqüentemente uma escolha de fundação incorreta pode ter como consequência um engaste inferior ao necessário possibilitando a queda do poste ou diminuição da área útil do poste.

A profundidade da escavação, obedece a seguinte equação:

$$t = 0.10h + 0,6 \quad \text{Eq.1}$$

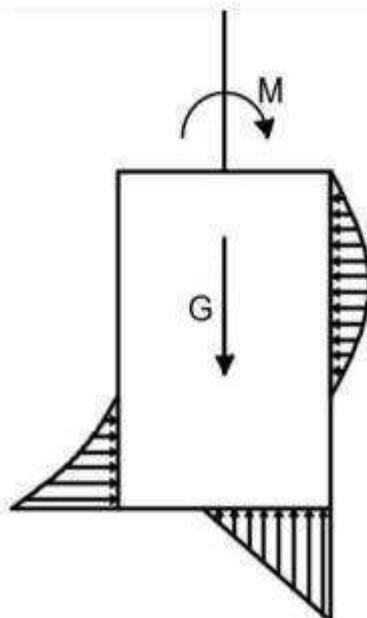
Onde:

- t – Profundidade da fundação em metros;

- h – Altura da estrutura em metros.

Para apresentar um engastamento com precisão e segurança, é utilizado o método de Sulzberger. Publicado em 1945 pela Associação Suíça de Eletricistas, o método apresenta um modelo para o cálculo do momento resistente do solo, provocado por peças enterradas sujeitas a esforços de tombamento. Calcula-se os momentos resistentes e pressões de contato na base e na superfície lateral, considerando a peça rígida imersa num meio elástico linear, como representado na Figura 7.

Figura 7: Figura Ilustrativa das Reações do Solo Calculadas Pelo Método de Sulzberger.

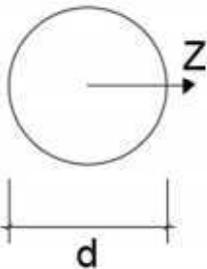


Fonte: Sulzberger (1945).

O método de Sulzberger propõe que, ao se carregar uma fundação enquanto que o atrito estático não é superado, o eixo de rotação se situa aproximadamente no nível da base da fundação. A partir do momento que o atrito estático é superado, o nível de rotação se eleva até que o momento resistente lateral provoque um equilíbrio dos esforços. A nova altura do nível de rotação dependerá da razão entre os coeficientes de reação horizontal ao longo da profundidade da fundação, ou seja, se considerarmos que o coeficiente de reação horizontal é zero na superfície e linearmente variável com a profundidade, o nível de rotação estará a uma

profundidade de dois terços da fundação. Para modelos de seção circular, matematicamente, podemos calcular as fundações considerando um coeficiente de reação horizontal nulo na superfície e variando linearmente com a profundidade, os métodos da Figura 8 podem ser utilizados.

Figura 8: Métodos Matemáticos Desenvolvidos por Sulzberger.

<p>Seção circular</p> 	Momento de reação de engastamento lateral M_s		
	$\tan \alpha$	1ª fase M_s (kgf.cm)	2ª fase M_s (kgf.cm)
	$\frac{8,8 \mu G}{d t^2 K_h}$	$\frac{d t^3}{17,6} K_h \tan \alpha$	$\frac{d t^3}{52,8} K_h \tan \alpha$
	Momento de reação na base M_b		
	$\tan \alpha$	1ª fase M_b (kgf.cm)	2ª fase M_b (kgf.cm)
	$\frac{5,1 G}{d^3 K_v}$	$\frac{\pi d^4}{64} K_v \tan \alpha$	$c d G$ $0,30 \leq c \leq 0,35$

Fonte: Adaptado de Sulzberger (1945).

2.2 SUBESTAÇÕES

Uma subestação (SE) é uma instalação elétrica que é responsável pela transferência de energia elétrica de uma ou mais fontes para vários centros de consumo. O projeto de uma subestação envolve a seleção do tipo de circuito, planejamento das cargas, sistemas de chaves e sistemas de proteção. É uma instalação elétrica de alta potência contendo um conjunto de máquinas, aparelhos e circuitos cuja finalidade é modificar os níveis de tensão e corrente.

Para realizar um projeto de uma subestação, os seguintes procedimentos básicos são necessários:

- Seleção do tipo de circuito básico e sua configuração, que fornecerá energia elétrica com características definidas a cada centro de consumo;

- Especificação dos equipamentos, condutores, ferragens, isoladores e estruturas, relacionando tipos, modelos, dimensões, capacidade e outras características;
- Correlação das duas etapas anteriores dentro das dimensões físicas das áreas disponíveis, mostrando claramente localizações, detalhes, perfis e se algum componente requer atenção especial.

Quanto à função, podem ser classificadas como:

- **Subestação de manobra:** interliga circuitos de mesma tensão;
- **Subestação elevadora:** instalada junto às centrais geradoras, aumenta o nível de tensão para viabilizar a transmissão de energia elétrica;
- **Subestação abaixadora:** instalada em relativa proximidade aos centros consumidores, reduz a tensão a níveis adequados à distribuição e consumo da energia.

A disposição dos equipamentos da subestação é determinada pelo tipo de instalação, nível de tensão, potência e confiabilidade esperada. Os principais equipamentos que podem estar presentes em uma subestação típica são:

- Transformador de potência;
- Transformador de corrente;
- Transformador de potencial;
- Disjuntor;
- Chave seccionadora;
- Para-raios;
- Isoladores de pedestais;

- Gerador de emergência;
- Capacitores;

A subestação pode ser dividida em um setor de potência, no qual os equipamentos do circuito de potência serão instalados, e um setor de comando constituído da casa de comando na qual estão abrigadas os relés, painéis e mostradores de comando, medição, faturamento e proteção.

A construção de uma subestação pode ser dividida em etapas civil e eletromecânica. As principais atividades da etapa civil são:

- Preparação e terraplanagem;
- Construção das fundações dos postes e dos equipamentos;
- Implantação dos pórticos e pedestais;
- Escavação para as malhas de aterramento e construção das canaletas para o circuito de comando;
- Construção do prédio da casa de comando.

E no que diz respeito a parte eletromecânica consiste em:

- Montagem das ferragens e isoladores;
- Montagem dos equipamentos elétricos;
- Fixação dos cabos condutores e implantação da malha de aterramento;
- Instalação dos cabos de comando e medição nas canaletas, desde os equipamentos até a casa de comando;
- Montagem dos painéis e circuitos da casa de comando;
- Montagem dos circuitos de serviços auxiliares CA/CC;
- Instalação do banco de baterias e seu circuito;

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A Usina Fotovoltaica Sol do Futuro, de propriedade da Atlas Renewable Energy, está localizada na região do município de Aquiraz no estado do Ceará e foi planejada com o propósito de participar do 8º Leilão de Energia de Reserva (LER), ocorrido em novembro de 2015.

O projeto tornou-se vencedor e conta com três lotes nominais de 27 MWp e terá uma capacidade total instalada de 81MWp, equivalente a soma de todas as potências dos 233.280 módulos fotovoltaicos repartidos entre três parques que somaram uma área total de 190 hectares.

A Energy Eletricidade em consórcio com a ABB está trabalhando na implantação de uma subestação coletora que fará a transformação da energia gerada em 34,5 kV para 69 kV. O mesmo consórcio também é responsável pela construção do Bay de conexão na Subestação de Aquiraz II, assim como também a linha de transmissão em 69 kV conectando a Subestação coletora ao Bay, com aproximadamente 9,6 km de comprimento.

A mobilização do Canteiro de Obras da Energy Eletricidade deu-se início no mês de fevereiro, juntamente com a terraplanagem do terreno da SE coletora. O estagiário foi enviado para obra no dia 03 de junho de 2018, e permaneceu mobilizado na obra até a conclusão do estágio.

3.1 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DA LINHA DE TRANSMISSÃO

Durante o estágio foi possível o acompanhamento de todas as etapas do processo de implantação dos postes após a alocação dos pontos. As etapas até a implantação dos postes são: escavação, implantação de ferragens, 1º fase de concretagem. Após a implantação do poste, é realizada a segunda fase de concretagem.

O próximo passo após a implantação dos cabos é o lançamento de cabos, o que também foi possível acompanhar, tanto o lançamento de cabos de força, como também o lançamento do cabo OPGW.

3.1.1 ESCAVAÇÃO

Como descrito no tópico 2.1.6, a fundação é previamente definida, considerando o esforço que o poste suportará. No procedimento de escavação, dois tipos de processos foram utilizados, escavação utilizando a retroescavadeira e também o procedimento de escavação utilizando um caminhão perfuratriz. É possível observar o procedimento utilizando a retroescavadeira na Figura 9, é utilizado um equipamento perfurante, o trado. Já o procedimento utilizando o caminhão perfuratriz, pode-se observar na Figura 10. As escavações eram definidas em diferentes tipos, que variavam de acordo com o diâmetro da fundação e a profundidade.

Existe uma situação na qual a profundidade da escavação pode ser alterada. No caso onde ao realizar a escavação, e antes da profundidade definida encontrar-se uma rocha sã, pode-se finalizar o procedimento de escavação se o engastamento do poste estiver atendido, e apenas completar, caso necessário, o fundo de cava para atingir o engastamento desejado.

É importante respeitar o ponto alocado pelo topógrafo para realizar a escavação, pois caso o ponto escavado esteja incorreto, é possível que seja necessário um retrabalho, já que modificação do posicionamento ocasionará ângulos diferentes dos planejados, modificando o tipo de estrutura, o que é inviável.

Figura 9: Procedimento de Escavação com Retroescavadeira.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 10: Procedimento de Escavação com Caminhão Perfuratriz.



Fonte: Próprio Autor.

3.1.2 INSERÇÃO DE FERRAGENS

Após a finalização da escavação, inicia-se o processo de inserção de ferragens, que basicamente é o posicionamento da ferragem definida para a fundação. O posicionamento é feito com o auxílio de um caminhão munck, e a definição da fundação a ser utilizada, é consequência da fundação escolhida.

Uma situação que necessita de atitudes corretivas, é no caso de afloramento da ferragem, isto pode ocorrer devido a uma escavação com medidas incorretas, ou em caso de ferragens com medidas incorretas. Felizmente, existem processos corretivos para este problema. O primeiro processo que é possível de se realizar, é serrar a ferragem, o que não é o mais indicado pois serrando a ferragem diminui a quantidade de ferro e conseqüentemente, a resistência a torção do poste que pode ser aproveitada, utilizando o segundo método, que é concretar até um nível superior ao da ferragem aflorada.

3.1.3 PRIMEIRA FASE DE CONCRETAGEM

A primeira fase de concretagem, é utilizada para complementar a profundidade da escavação até o nível de engastamento do poste, ela além de servir como a base do poste, também fixa a ferragem, facilitando o procedimento de implantação do poste. É possível observar o procedimento de primeira fase de concretagem da Figura 11.

Figura 11: Procedimento de Primeira Fase de Concretagem.



Fonte: Próprio Autor.

3.1.4 PROCEDIMENTO DE IMPLANTAÇÃO DE POSTE

Para o procedimento de implantação, além dos procedimentos 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3, se faz necessário primeiramente esperar a cura do concreto, que dura no mínimo 72 horas. Além da cura do concreto é necessário a instalação de estaios, para alinhar o poste no momento de sua implantação, este alinhamento é realizado com o auxílio de um topógrafo, que através do equipamento estação total, possibilita resultados satisfatórios. A retirada dos estaios é possível após a finalização da segunda fase de concretagem.

Segundo a Eletrobrás, o estaiamento vai ter uma profundidade de três metros e o tronco necessita de uma espessura de mais ou menos quarenta centímetros.

O procedimento de implantação de poste é um processo que na obra UFV SOL DO FUTURO foi realizado de duas maneiras distintas. No primeiro caso, foi

utilizado o caminhão munck, que têm capacidade de levantar postes com até 12 toneladas para implantação. Este procedimento pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Implantação de Poste com Caminhão Munck.



Fonte: Próprio Autor.

O segundo procedimento utilizado para a realização da atividade, foi com a utilização de caminhão guindaste, procedimento que é mais rápido, e mais prático. Ao utilizar o guindaste, foi disponibilizado um equipamento que suporta 100 toneladas, muito diferente do suportado pelo caminhão munck. Seu ponto negativo era por conta da necessidade de uma área maior para trabalho, um exemplo pode ser visto no caso onde foi necessária a realização de um desligamento por conta da ENEL para posteriormente, ser liberado o trabalho na área. Após o desligamento, devido a requisição do cliente da obra, também se fez necessário o aterramento da rede de ambos os lados, para evitar quaisquer problemas. O procedimento pode ser visto na Figura 13, onde é possível se observar a proximidade do guindaste com a linha de baixa tensão.

Figura 13: Implantação de Poste com Caminhão Guindaste Realizada com Desligamento de Rede de Baixa Tensão.



Fonte: Próprio Autor.

3.1.5 SEGUNDA FASE DE CONCRETAGEM

A segunda fase de concretagem complementa a fundação até o topo, o concreto lançado deve ser devidamente vibrado, de modo que preencha todas as reentrâncias das formas, para evitar que após a finalização da atividade, ocorra o aparecimento de fissuras no concreto. Este procedimento pode ser observado na Figura 14.

Figura 14: Segunda fase de Concretagem.



Fonte: Próprio Autor.

3.1.6 APARELHAMENTO DE ESTRUTURAS

Após implantar o poste, o próximo passo é o aparelhamento das estruturas, atividade que nesta obra utilizou isoladores do tipo Line Post e Cruzetas com isoladores bastão. Este procedimento possibilita a realização da atividade de lançamento de cabos. É possível observar postes equipados com Line Post na Figura 15.

Figura 15: Postes Aparelhados.



Fonte: Próprio Autor.

3.2 LANÇAMENTO DE CABOS

Para o lançamento de cabos são realizados os passos a seguir:

- Análise do tramo onde será lançado;
- Montagem da praça para lançamento de cabos;
- Lançamento de cabos;
- Nivelamento dos cabos com a devida tração;

- Grampeamento do condutor;

Existe um caso onde o lançamento de cabos requer um cuidado maior, são situações onde existem travessias de linhas de transmissão. A Energy Eletricidade adotou um método para realização deste procedimento em casos de travessia superior a linha já existente, que é a utilização de empancaduras. A empancadura consiste em um tronco de madeira, com uma altura superior à da linha existente, sua função se dá em garantir que o cabo que está sendo passado não se aproxime da linha já existente, evitando o risco de choques elétricos para os funcionários que estão realizando a atividade. Na Figura 16 é possível observar que na atividade de lançamento do cabo, foi utilizado o artifício das empancaduras, e que além disso, foi realizado um aterramento temporário para evitar riscos. Os excessos de cabo apresentados no vão, é devido a necessidade para realização dos jumps posteriormente ao nivelamento.

Figura 16: Lançamento de Cabos com Uso de Travessia.



Fonte: Próprio Autor.

3.3 Subestação

Ao aluno foi possível acompanhar atividades de lançamento de cabos e interligação dos painéis internos e externos a casa de comando, também foi possível acompanhar a interligação dos equipamentos.

3.3.1 INTERLIGAÇÃO DE PAINÉIS

A interligação dos painéis é realizada a partir do projeto 1HBR33844002-031, que apresenta de onde os cabos devem sair e onde devem chegar na conexão dos painéis. A Figura 17 apresenta o exemplo de parte da tabela de interligação do disjuntor de 69Kv da SE, já na Figura 18 é possível observar os cabos já passados, porém com necessidade de posterior chicoteamento e conexão dos cabos no painel.

Figura 17: Figura Ilustrativa da Tabela de Interligação dos Painéis

		SE SOL DO FUTURO 34,5/69kV								Documento Nº:		
		Tabela de interligação (UFV Sol do Futuro)								1HBR33844002-031		
		INTERLIGAÇÃO EQUIP.: 52L1								Revisão: 00		
TAG	DE					VEIA	PARA			CABO		
	Localização	Equip.	Terminal	Anilha			Anilha	Terminal	Equip.	Localização	Formação	Tipo
2A301	52L1	X2	1	X2:1	01	X7:1	1	X7	PPCL1	12X1.50	Blindado	(E4/041)
		X4	102	X4:102	02	X7:5	5	X7				(D7/041)
		X4	104	X4:104	03	X7:6	6	X7				(D6/041)
		X1	21	X1:21	04	X7:7	7	X7				(D6/041)
		X2	32	X2:32	05	X7:8	8	X7				(D5/041)
		X2	2	X2:2	06	X7:9	9	X7				(D4/041)
		X2	4	X2:4	07	X7:10	10	X7				(D3/041)
		X2	8	X2:8	08	X7:11	11	X7				(D3/041)
		X2	6	X2:6	09	X7:12	12	X7				(D2/041)
		X2	34	X2:34	10	X7:13	13	X7				(D7/042)
		X2	42	X2:42	11	X7:14	14	X7				(D6/042)
				:	12	:						
		:	SH	:	PE	PE						

Fonte: Próprio Autor. Adaptado de 1HBR33844002-031.

Figura 18: Figura ilustrativa da Passagem de Cabos dos Painéis.



Fonte: Próprio Autor.

3.3.2 INTERLIGAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DA SUBESTAÇÃO

A interligação dos equipamentos da subestação foi realizada com a utilização de uma plataforma aérea, possibilitando aos funcionários a segurança necessária para realização de suas atividades. Pode-se observar o resultado da interligação dos equipamentos na Figura 19.

Figura 19: Conexão entre barramentos e equipamentos realizada.



Fonte: Próprio Autor.

3.4 ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS E PLANEJAMENTO

Durante o estágio o aluno teve a responsabilidade de elaboração de relatórios diários de obra, relatórios de concreto, relatórios de recebimento de material, planejamento e análise de desempenho do trabalho do caminhão perfuratriz e planejamento do plano de lançamento de cabos.

3.4.1 RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA

Este relatório, representado na Figura 20, deve ser entregue ao cliente diariamente, compreendendo todos os funcionários, máquinas e equipamentos presentes na obra, além de descrever todas atividades desenvolvidas ao longo do dia anterior e também comentários e problemas que impactaram o andamento da obra.

Figura 20: Figura Ilustrativa do Relatório Diário de Obra.

MÃO DE OBRA DIRETA		EFETIVO = P = Presente F = Falta		MÃO DE OBRA INDIRETA	
Função	P	F	Função	P	F
Mestre Geral	1		Motorista de veículo de carga geral	1	
Encarregado	6		Serralheiro		
Feltor			Maçaqueiro		
Pedreiro	1		Pintor		
Carpinteiro	1		Montador Andaime	1	
Armador			Eletricista	7	
Montador de Andaime			1/2 oficial		
Marteleiro			Operador de equip terraplenagem		
Operador de betonera			Motoristas	6	
			Site Manager/Eng. Eletricista	1	
			Estagiário Engenharia Elétrica	1	
			Site Manager/Engenheiro Civil	1	
			Engenheiro de Segurança		
			Engenheiro Supervisor		
			Técnico Civil / Medição		
			Médico do Trabalho		
			Site Manager	1	
			Tec de Enfermagem	1	
			Auxiliar de Administração		
			Laboratorista		
			Técnico Eletrotécnico		
			Vigia		2
			Porteiro		1
			Motorista Ambulância		
			Auxiliar de Segurança		
			Auxiliar de Almozarife		1
			Supervisor de Obras		1

Fonte: Próprio Autor.

3.4.2 RELATÓRIO DE RECEBIMENTO DE MATERIAIS

Este relatório descreve todos os materiais recebidos na Obra, constando o fornecedor, e as possíveis avarias presentes dos materiais. O relatório deve ser entregue ao setor de qualidade, juntamente com Nota Fiscal e Ordem de Compra, sempre que for realizado um novo recebimento.

Figura 21: Figura Ilustrativa do Relatório de Inspeção.

ABB		Relatório de Inspeção Nº 89/18	
Obra:	SOL DO FUTURO	Cliente:	Atlas
Consórcio:	ABB/ENERGY	Data:	13/11/2018
		Fornecedor:	MOSSORO PREMOLDADOS
Responsável ABB:	Luiz Balbino		
Responsável ENERGY:	Dayvson Faber		
Nota Fiscal:	18161/18158		
Certificado N°:	---		
Liberação de Inspeção de Fábrica:	---		
Numero do Projeto:	NA		
Local de Instalação:	LT		
Local de Descarga:	TRECHO DA LT		
Breve Descrição do Material:	Postes de concreto armado		

Fonte: Próprio Autor.

3.4.4 PLANEJAMENTO E ANALISE DO TRABALHO DO CAMINHÃO PERFURATRIZ

Foi de responsabilidade do estagiário acompanhar o trabalho do caminhão perfuratriz nos primeiros dias para posteriormente, planejar até que dia ele deveria ficar na obra para finalizar as atividades a ele incumbidas. O levantamento da produtividade do equipamento se deu por conta de um levantamento do tempo gasto por para cada etapa do procedimento que ele em conjunto com a equipe de escavação realizaria. Este levantamento foi feito de acordo com a tabela apresentada na Figura 23.

Figura 23: Temporização do Funcionamento da Perfuratriz em Conjunto com a Equipe de Escavação

Funcionamento Perfuratriz (temporização)						
Ponto N°		Perfuratriz		Retro		Ajudante
Ponto a escavar		Patolar	Escavar	Limpeza	Finalização de Perfuração	Cercar e tampar
37	tempo	00:21	00:35:32	00:05:14	00:16:00	
36	tempo	00:03:40	00:27:40	00:07:15	00:18:14	
35	tempo	00:03:54	01:09:27		X	
34	tempo		00:24:03	00:04:00	X	
33	tempo	00:05:50	00:46:21		X	
28	tempo				X	
24	tempo				X	
Reabertura de pontos		Perfuratriz				Ajudante
		Patolar	Escavar			Cercar e tampar
58	tempo					
57	tempo					
55	tempo					
45	tempo					
42	tempo					
41	tempo					

Fonte: Próprio Autor.

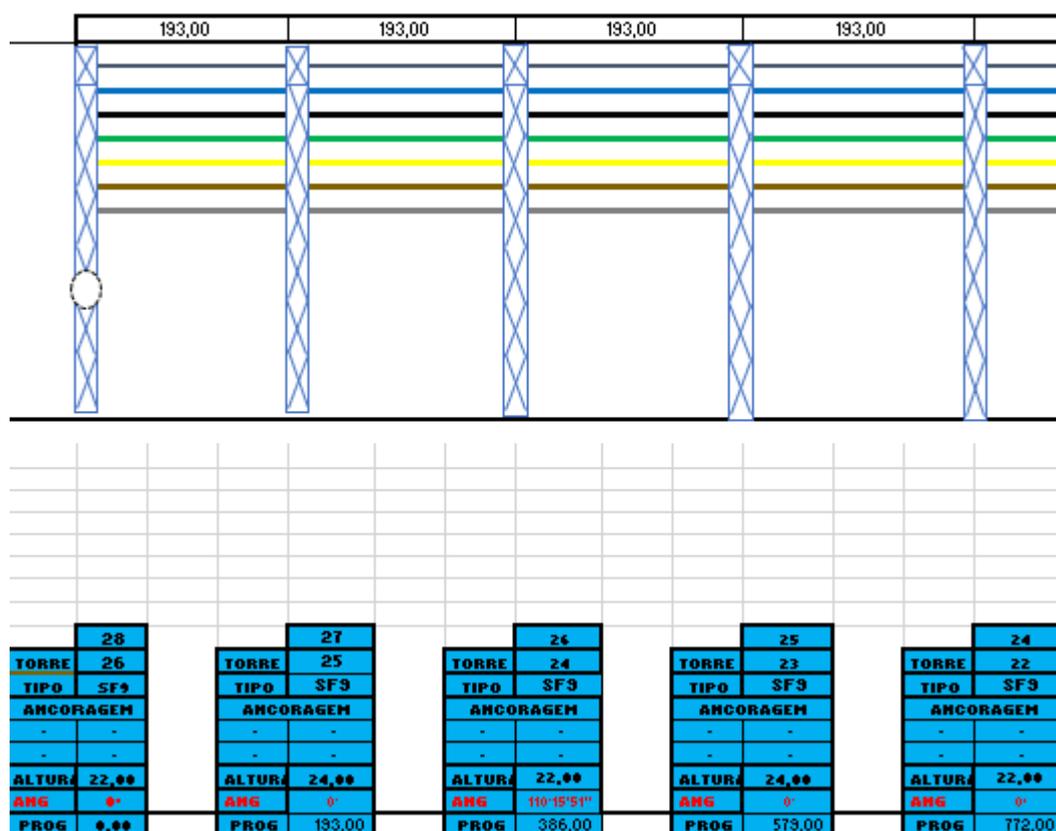
3.4.5 PLANO DE LANÇAMENTO DE CABOS

Foi requerido ao estagiário, a elaboração do plano de lançamento dos cabos de força da linha de transmissão, foram disponibilizadas trinta e duas bobinas, que foram estipuladas em 29 de 2000m e 3 de 1500m, que serão utilizadas ao longo de aproximadamente 6 quilômetros com 2 cabos por fase.

Para definir os pontos de partida e de chegada dos tramos, que são os trechos onde a bobina deve ser lançada, foi levado em conta estruturas de ancoragem, para que fosse realizado o menor número possível de emendas de cabos.

Na figura 24, é possível ver um exemplo de tramo estipulado para lançamento, nele é possível identificar a altura do postem, se é de ancoragem ou suspensão, sua altura, o tipo do poste, e a distância percorrida tanto no vão de poste a poste, como esta distância acumulado, ao longo do tramo.

Figura 24: Trecho de um Tramo do Plano de Lançamento.



Fonte: Próprio Autor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o dia a dia dinâmico de obra, com desafios surgindo a cada momento, apesar do curto período de estágio, apenas dois meses, o estagiário pode ter uma oportunidade única de vivência tanto no ambiente da obra como de vida.

A dinâmica da linha de transmissão instigava o estagiário a todo dia acordar pensando no novo desafio que iria aparecer no dia, com o objetivo de finalizar o trabalho diário de maneira gratificante e atendendo ao que a ele era requerido.

A obra UFV SOL DO FUTURO está em plano de aceleração e por isso o dia a dia se mostrou muito intenso, o que possibilitou ao estagiário mostrar seu empenho de diversas formas e aprender muito, em pouco tempo.

O estágio mostrou que mesmo em momentos onde você não utiliza os conhecimentos adquiridos na sua graduação, é utilizado a habilidade de raciocínio rápido adquirida ao longo do curso para resolver situações, é utilizado a habilidade de utilização de softwares que foi preciso para procedimentos durante a graduação, enfim, só mostra que o conhecimento adquirido e o tempo de aprendizado foram de bom proveito para desenvolvimento do profissional.

Conclui-se que o estágio possibilitou o aprendizado de trabalhar em equipe com pessoas com os mais diferentes níveis de formação, de forma que cada um com seu conhecimento contribuiu de alguma forma com o crescimento do conhecimento do aluno.

É importante ressaltar que a disciplina de Equipamentos Elétricos foi de singular importância para o desenvolvimento das atividades, principalmente na subestação, onde todo o conhecimento desenvolvido pelo aluno na disciplina, ajudou a executar com excelência as atividades atribuídas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 5422-Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.I.]: ABNT. 1985.

ABNT. **NBR 15688 – Redes de distribuição aéreas com condutores nus**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.I.]: ABNT. 2009

ABNT. **NT.31.005 – CRITÉRIOS DE PROJETOS DE LINHAS E REDES DE DISTRIBUIÇÃO**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.I.]: ABNT. 2015.

SULZBERGER, G. Les fondations de supports de lignes aériennes et leur calcul. Association Suisse des Électriciens. Edição nº 10. Maio de 1945.

BOZZI, F.A, SILVA,R.F. (2011). *Subestações elétricas*., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro.

ENERGY. **Energy Eletricidade – Obras em andamento**. Campina Grande, 2018.

MAMEDE FILHO, J. **Manual de equipamentos elétricos**. 3. ed. 2005.

ACL CABLES PLC. **ACSR & AAAC Conductors**. Disponível em: <<http://www.acl.lk/product/acsr-aaac-conductors>>. Acesso em: 11 de novembro de 2018.

Neo Cable. **CAA COM ALMA**. Disponível em: <http://neocable.com.br/caa-com-alma/>.

Acesso em: 10 de dezembro de 2018.

Balestro. **Isoladores Poliméricos Para Alta Tensão**. Disponível em: <http://www.balestro.com.br/wp-content/uploads/2015/05/Isoladores-Polim%C3%A9ricos-para-Alta-Tensao.pdf> . Acesso em: 01 de dezembro de 2018.

ELETROBRAS – ELETROSUL. **ANEXO A - Especificação técnica de segurança para linhas de transmissão**.

