



**Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica**

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Wesley José Nóbrega Aires e Costa

Orientador:

Edson Guedes da Costa, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba, Brasil
Abril de 2012

Relatório de Estágio Integrado

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

Wesley José Nóbrega Aires e Costa
Aluno

Edson Guedes da costa, D. Sc.
Orientador

Campina Grande, Paraíba, Brasil
Abril de 2012

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus por ter me dado força, vitalidade e coragem para suportar todos os momentos difíceis, foram vários anos de luta, perseverança, desistências, e em todos eles tive grandes pessoas ao meu lado, agradeço a ele também por ter me inserido dentro dessa família completa e capaz de me dar todo o apoio necessário.

Aos meus pais, José Antônio e Rosângela, meu total agradecimento por estarem ao meu lado em todos os momentos, me apoiando quando certo, recriminando-me quando errado e aconselhando-me quando necessário.

A minha irmã, Isabel, por fazer parte do alicerce da minha vida, sem ela definitivamente não teria conseguido.

Agradeço a minha namorada, Mariana Farias, uma das grandes responsáveis por eu estar aqui concluindo o curso, sempre me dando força, carinho e atenção, me incentivando e apoiando em todos os momentos.

Agradeço também a toda minha família, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para eu chegar a esta etapa da minha vida.

A todos aqueles que fizeram parte da minha trajetória, na faculdade, em todos os momentos, amizades reais e verdadeiras que levarei pra toda a vida.

Ao grupo Energy, meu total agradecimento por terem me dado a oportunidade, fundamental para o meu crescimento profissional, especialmente ao Eng. Bruno Porto por me ajudar na compreensão de muitas etapas da construção.

Agradeço ao professor orientador, Edson Guedes, por ter aceitado colaborar com a atividade e auxiliar na construção do relatório.

Aos queridos, Tchai e Adail, meu total agradecimento por todos os momentos de atenção, carinho, pelas sábias palavras proferidas nos momentos difíceis, expresso aqui minha total admiração pelo comprometimento a instituição UFCG e principalmente ao curso de Engenharia Elétrica.

Enfim, agradeço a todos aqueles que passaram de alguma forma por minha vida e de alguma maneira me ajudaram a chegar até este momento.

APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem por finalidade descrever as atividades realizadas durante o estágio integrado na empresa Energy Eletricidade LTDA, empresa no ramo de construção de linhas de transmissões e subestações.

O estágio foi realizado na obra de construção da linha de transmissão que ligará a subestação de Paulo Afonso III a subestação de ZEBU II, localizada na cidade de Delmiro Gouveia – AL, no povoado de Barragem Leste, o mesmo transcorreu no período de 11 de julho a 18 de novembro. A obra tinha como cliente a Companhia Hidrelétrica de São Francisco (Chesf), a ABB ganhou a licitação da construção e subcontratou a Energy para a execução do serviço.

Sob supervisão dos Engenheiros Eletricistas Bruno Patrício Silva Porto e Alfredo de Carvalho Silva, foram realizadas atividades de supervisão e execução de projetos, nos serviços de topografia, escavação, concretagem, montagem e lançamento de cabos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
1. SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL.....	1
1.1. VISÃO GLOBAL DO SISTEMA ELÉTRICO.....	1
2. LINHAS DE TRANSMISSÃO	1
2.1. INTRODUÇÃO	1
2.2. COMPONENTES PRINCIPAIS DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO.....	2
2.3. CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO	5
3. ESTÁGIO	10
3.1. EMPRESA.....	10
3.2. AMBIENTE DO ESTÁGIO	10
3.2.1. CARACTERÍSTICAS DA LINHA.....	11
3.3. CONSTRUÇÃO LT 230 kV - SE PAULO AFONSO III – SE ZEBU II	12
3.3.1. ACOMPANHAMENTO DA OBRA	13
3.3.2. ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO.....	14
3.3.2.1. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	14
3.3.2.2. LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	15
3.3.2.3. ABERTURA E LIMPEZA DE FAIXA	16
3.3.2.4. ESCAVAÇÕES.....	19
3.3.2.5. CONCRETAGEM DE ESTRUTURAS.....	22
3.3.2.6. MONTAGEM DAS ESTRUTURAS	25
3.3.2.7. LANÇAMENTO DE CABOS	28
3.3.2.8. COMISSIONAMENTO	33
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - DIAGRAMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA SIMPLIFICADO	1
FIGURA 2.1 - MAPA DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL EM 2010 COM HORIZONTE PARA 2012 (ONS, 2012).....	2
FIGURA 2.2 - (A) CADEIA DE SUSPENSÃO "I" (B) CADEIA DE SUSPENSÃO "V" (C) CADEIA DE ANCORAGEM	4
FIGURA 2.3 - EXEMPLOS DE ESTRUTURAS COM CIRCUITOS SIMPLES.....	5
FIGURA 2.4 - EXEMPLO DE ESTRUTURA COM CIRCUITO DUPLO	6
FIGURA 2.5 - ILUSTRAÇÃO DE ESTRUTURAS TIPO SUSPENSÃO	7
FIGURA 2.6 - FOTOGRAFIA DE ESTRUTURA COM A CADEIA DE ANCORAGEM.....	8
FIGURA 2.7 - FOTOGRAFIA DE UMA ESTRUTURA ESTAIADA, LINHA DE 500 kV	9
FIGURA 3.1 - DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO DA REGIÃO ONDE SERÁ INSTALADA A SE 230/69kV ZEBU A LT PAULO AFONSO III – ZEBU (ANEEL, 2009).....	11
FIGURA 3.2 - FORMULÁRIO DE ACOMPANHAMENTO FÍSICO DE UMA LT (ANEEL, 2009).....	12
FIGURA 3.3 - FORMULÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DIÁRIO DE ATIVIDADES ENERGY/ABB ..	13
FIGURA 3.4 - FORMULÁRIO DE PROGRAMAÇÃO DE EXECUÇÃO DIÁRIA ENERGY/ABB	14
FIGURA 3.5 - ILUSTRAÇÃO DE LOCAÇÃO DAS CAVAS DA ESTRUTURA S21D (CHESF, 2007)	15
FIGURA 3.6 - FOTOGRAFIA DA LOCAÇÃO DE ESTRUTURAS.....	16
FIGURA 3.7 - FOTOGRAFIA DA ABERTURA DE FAIXA MANUAL	18
FIGURA 3.8 - FOTOGRAFIA DA ESTRADA DE ACESSO E SUA CORRESPONDENTE SINALIZAÇÃO	18
FIGURA 3.9 - DETALHE DA ESCAVAÇÃO DE UMA ESTRUTURA A21D (CHESF, 2009)	20
FIGURA 3.10 - FOTOGRAFIA DA UTILIZAÇÃO DO ROMPEDOR NA ESCAVAÇÃO	20
FIGURA 3.11 - (A) FOTOGRAFIA DA MALHA DE DETONAÇÃO (B)FOTOGRAFIA DO ABAFAMENTO DA EXPLOSÃO.....	21
FIGURA 3.12 - (A) DETALHE DE ARMAÇÃO DO TUBULÃO, ESTRUTURA A21D (CHESF, 2009) (B) FOTOGRAFIA DO TUBULÃO ARMADO	22
FIGURA 3.13 - DETALHE "A" - ATUB, ESTRUTURA A21D (CHESF, 2009)	23
FIGURA 3.14 - FOTOGRAFIA DA APLICAÇÃO DE CONCRETO USINADO.....	24
FIGURA 3.15 - (A) FOTOGRAFIA DO <i>SLUMP TEST</i> (B) FOTOGRAFIA DO CORPO DE PROVA... 24	
FIGURA 3.16 - FOTOGRAFIA DA PRÉ-MONTAGEM COM UTILIZAÇÃO DE GUINDASTE	25
FIGURA 3.17 - FOTOGRAFIA DA MONTAGEM DE ESTRUTURAS UTILIZANDO OS "FACÕES".....	26
FIGURA 3.18 - FOTOGRAFIA DA MONTAGEM DE ESTRUTURA UTILIZANDO GUINDASTE	27
FIGURA 3.19 - FOTOGRAFIA DA PRAÇA DE LANÇAMENTO	29
FIGURA 3.20 - FOTOGRAFIA DA ESTRUTURA 2/2, S21D, "BANDOLADA"	29
FIGURA 3.21 - FOTOGRAFIA DA Prensagem da extremidade do cabo na luva de ANCORAGEM	30
FIGURA 3.22 - FOTOGRAFIA DE UM MONTADOR PRENDENDO O CABO AUXILIAR (ORMEZO) . 30	
FIGURA 3.23 - FOTOGRAFIA DE MONTADORES REALIZANDO MANOBRAS DE GRAMPEAÇÃO . 31	
FIGURA 3.24 - FOTOGRAFIA DE EMPANCADURAS COM ANDAIMES	32
FIGURA 3.25 - FOTOGRAFIA MOSTRANDO DUAS TRAVESSIAS, AO FUNDO UMA TRAVESSIA DE 138 kV, A FRENTE UMA TRAVESSIA DE 13,8 kV	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TABELA DE TORQUE PARA OS PARAFUSOS LT 230 kV PAF III - ZEBU II (CHESF, 2009)	27
--	----

1. SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL

1.1. VISÃO GLOBAL DO SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico de potência segundo a NBR5460 é definido como um sistema que compreende a geração a transmissão e distribuição de energia elétrica, podendo ser melhor expresso de acordo com a Figura 1.1.

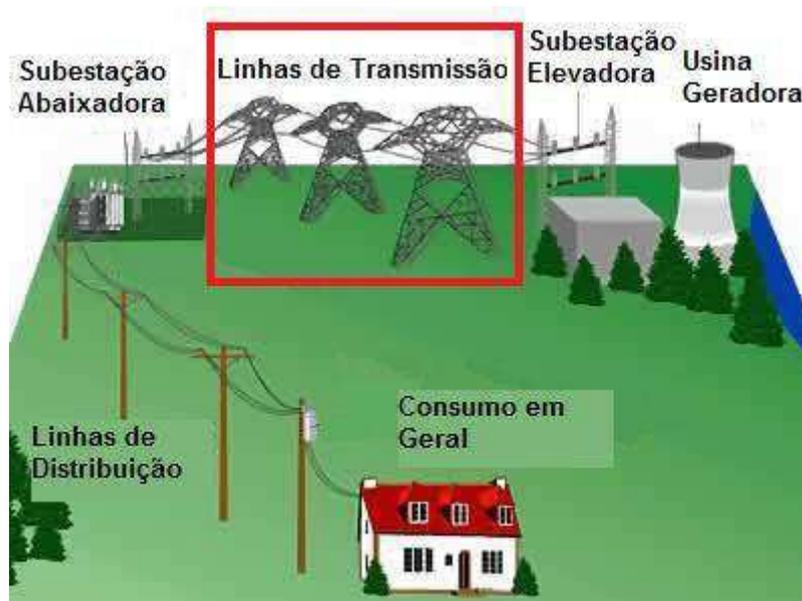


Figura 1.1- Diagrama elétrico de potência simplificado

O foco do trabalho é a descrição da construção de uma linha de transmissão, deixando um pouco de lado as outras fases que compõem o sistema elétrico.

2. LINHAS DE TRANSMISSÃO

2.1. INTRODUÇÃO

As unidades geradoras necessitam de um caminho de passagem de energia elétrica até as unidades consumidoras, esse circuito elétrico é chamado de Linha de Transmissão (LT). A grande extensão da rede de transmissão no Brasil é explicada pela configuração do segmento de geração,

Cabos Condutores: São os responsáveis pela condução da energia de um local ao outro, antes o material fundamental para sua fabricação era o cobre, entretanto devido ao alto custo, novos metais foram utilizados. Atualmente os cabos utilizados são formados por fios encordoados em camadas concêntricas, em torno de um fio central. Pode-se classificar os cabos condutores em:

- **Cabos de alumínio com alma de aço (CAA):** Composto por fios encordoados em torno de um cabo de aço (alma), que tem a função de aumentar a resistência mecânica do cabo. EXEMPLO: GROSBEAK, BLUE JAY.
- **Cabos de Alumínio (CA):** Constituídos por fios de alumínio. Exemplo: ORCHID
- **Cabos de Alumínio-Liga (CAL):** Compostos por liga de alumínio, a diferença par ao anterior é a capacidade de resistência mecânica maior.

Cabos Para-raios: Tem a função primordial de proteção da linha, podendo também ser incrementado com a comunicação através da fibra óptica. Os principais tipos são:

- **Cabos de aço Galvanizado:** Composto por fios de aço encordoados e com alta resistência mecânica.
- **Cabos CAA:** Possuem as mesmas características dos cabo condutores CAA.
- **Cabos OPGW (*Optical Ground Wire*):** Compostos por fios de alumínio encordoados, em torno do núcleo composto por fibras ópticas. Sua função é de permitir a transmissão de informações, aumentando assim a confiabilidade do sistema.

Isoladores: Tem a função de suspensão, ancoragem ou separação dos condutores, estão sujeitos a esforços mecânicos variáveis, que irão depender de sua utilização. Já em relação aos esforços elétricos, devem ser capazes de suportar sobretensões de todos os tipos, por esse motivo, devem ser bem projetados. Quanto ao material isolante, os mesmos podem ser classificados em cerâmicos (porcelana vitrificada ou vidro temperado) ou não cerâmicos (haste de fibra de vidro ou carbono revestida por sais a base de poliméricos).

Ferragens conectoras: São responsáveis pela conexão mecânica entre a cadeia de isoladores e a estrutura e projetadas para resistir aos esforços eletromecânicos a que são submetidos, constituídas de elementos metálicos e usados tanto nos cabos condutores como no para-raios.

São previstas para serem utilizadas em cadeias de suspensão e de ancoragem, como mostrado na figura abaixo.

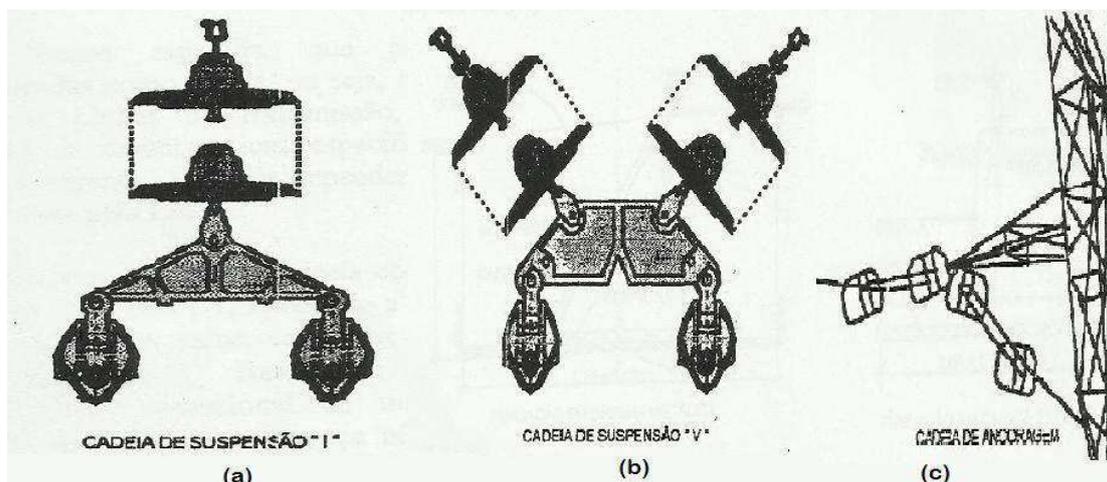


Figura 2.2- (a) Cadeia de suspensão "I" (b) Cadeia de suspensão "V" (c) Cadeia de ancoragem

Acessórios: Utilizados para limitar os efeitos mecânicos da ação do vento sobre os cabos condutores e para-raios:

- **Espaçadores:** Distanciamento dos condutores, evitando os contatos.
- **Amortecedores:** Absorção da vibração dos cabos, evitando a fadiga do mesmo.
- **Espaçadores-Amortecedores:** Acumulam ambas as funções.

Estruturas: Podem ser metálicas, de concreto armado ou madeira, as metálicas são revestidas com zinco (galvanizado) para evitar a corrosão e são utilizadas em toda a alta tensão. As estruturas de concreto são utilizadas até 230 kV, sua utilização, devido ao peso das estruturas e o comprimento, dependem muito do acesso, enquanto que as de madeiras são pouco usadas. Devido a grande importância das estruturas em uma LT, o tópico seguinte foi utilizado para classifica-las.

2.3. CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO

Vários parâmetros são utilizados para classificação das estruturas de linhas de transmissão, que vão desde a disposição física dos condutores até a capacidade de resistência a esforços mecânicos e elétricos, abaixo serão citadas algumas dessas classificações.

Quanto ao número de circuitos:

Podem ser classificadas como estrutura de circuito simples e de circuito duplo, apresentadas, respectivamente, nas Figuras 2.3 e 2.4.



Figura 2.3 - Exemplos de estruturas com circuitos simples



Figura 2.4 - Exemplo de estrutura com circuito duplo

Quanto ao tipo de suporte:

As estruturas são classificadas de acordo com a força que sobre elas é exercida, forças horizontas e verticais devendo ser capazes a resistir, com segurança às solicitações que são submetidas (LABEGALINI, 1992).

Suspensão ou Alinhamento: 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 e transversais decorrentes da pressão do vento sobre os cabos, isoladores e seus próprios elementos. (LABEGALINI, 1992). Nesse tipo de estrutura, as cadeias de isoladores são dispostas na vertical, o que diferencia visualmente das demais classificações, como é representado na Figura 2.5.

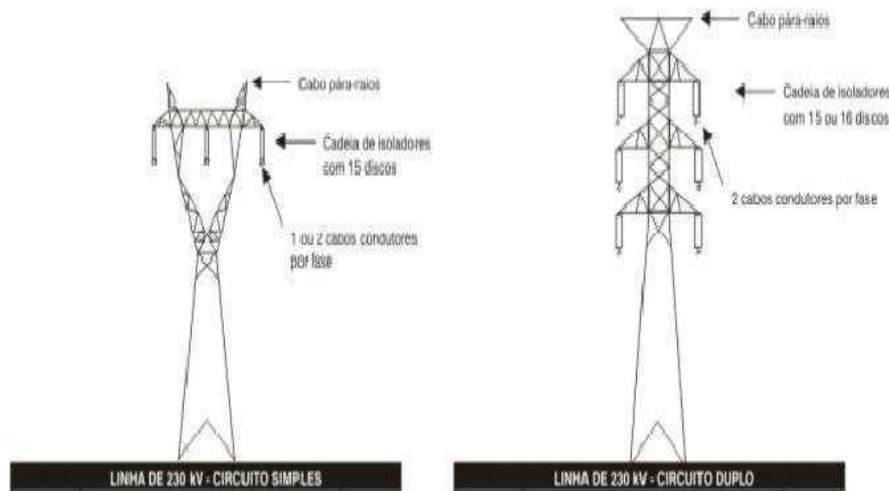


Figura 2.5 - Ilustração de estruturas tipo suspensão (RANGEL, 2009)

Ancoragem: São empregados no meio das linhas, com trações longitudinais equilibradas, tanto nos vãos de frente como nos vãos de ré. Devem resistir unilateralmente aos esforços decorrentes do tensionamento dos cabos durante a montagem, ou após a ruptura de alguns deles. Muitos projetistas recomendam a utilização desse tipo de suporte em intervalos regulares ao longo das linhas, a fim de facilitar o retensionamento dos cabos quando necessário. (LABEGALINI, 1992)

Ancoragem “Total” ou “terminal”: São suportes utilizados no início e no fim das linhas, cabendo-lhes a responsabilidade de manter os cabos esticados. São mais solicitados, sendo, portanto os mais reforçados. São usados com cadeias de isoladores em tensão (de ancoragem), mesmo em linhas de tensões mais baixas que empregam isoladores de pino ou pedestal. (LABEGALINI, 1992)

Ângulo: São estruturas responsáveis por suportar as forças resultantes de tração dos cabos, devido ao ângulo, bem como os esforços verticais e transversais.

Existe uma diferenciação visual, assim como nas estruturas de suspensão, das três classificações citadas acima com relação à cadeia de isoladores, observa-se que a cadeia é “amarrada” na estrutura horizontalmente,

e existe um “jump” que faz a interconexão entre os dois vãos podendo ser melhor representada na Figura 2.6.



Figura 2.6 – Fotografia de estrutura com a cadeia de ancoragem.

Derivação: Estruturas projetadas especificamente para a situação, quando se deseja alimentar uma outra linha, sem a necessidade de pátio de seccionamento ou manobra. A figura 2.2-5 representa uma estrutura desse tipo.

Transposição ou Rotação de fases: Utilizadas quando existe a necessidade de rotacionar as fases, para diminuir as perdas na linha, são feitas por estruturas diferenciadas. Tais rotações acontecem mais em linhas de 500 kV acima, onde normalmente cada fase possui mais de um cabo.

Quanto à forma de resistir:

As estruturas podem também ser classificadas, de acordo com a forma que os esforços a que são submetidos são transmitidos ao solo, basicamente pode-se citar duas classificações, são elas:

Estruturas Autoportantes: Transmitem todo o seu esforço ao solo através de suas fundações, compostas por uma parte piramidal na base e um tronco

comum reto acima. A Figura 2.4 representa uma estrutura metálica autoportante com circuito duplo.

Estruturas Estaiadas: São empregados estais para suportar os esforços horizontais transversais e longitudinais (LABEGALINI, 1992). Economicamente são mais fáceis de montar, porém o cuidado com a fundação deve ser maior, tanto do estai como do mastro central. A Figura 2.7 ilustra uma torre tipo estaiada.



Figura 2.7 - Fotografia de uma estrutura estaiada, linha de 500 kV.

3. ESTÁGIO

3.1. EMPRESA

A Energy Eletricidade LTDA é uma empresa que atua no ramo de execução de projetos elétricos, localizada em Campina Grande na Paraíba, tem como ponto de atuação principal a construção de linhas de 69 kV e subestações. Atualmente procura diversificar sua área de atuação, dessa maneira investindo em construção de linhas de transmissão de 230 kV, e parques eólicos.

Hoje, a empresa possui as seguintes obras, de grande porte em fase de construção:

- Construção da Linha de transmissão de 230 kV – Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II;
- Construção da Linha de Transmissão de 230 kV – SE Paulo Afonso III – SE Zebu II;
- Construção de Linhas de 69 kV no estado de Sergipe;
- Construção de Parque Eólico em Brotas de Macaúbas – BA;
- Construção de Parque Eólico em Acaraú – CE;

3.2. AMBIENTE DO ESTÁGIO

O estágio foi realizado no povoado de Barragem Leste, na cidade de Delmiro Gouveia – AL, consistiu na construção de uma Linha de Transmissão de 230 kV, formada por estruturas metálicas autoportantes, que ligará a SE de Paulo Afonso III até a SE abaixadora de ZEBU II, está última por sua vez também se encontra em construção. A duração do estágio correspondeu a 660 horas, iniciado dia 11 de Julho à 18 de Novembro de 2011.

O intuito do estágio foi de acompanhar todas as etapas de construção da obra, tentando absorver o máximo de informações e ao mesmo tempo fiscalizando os procedimentos e as manobras, atentando sempre para a segurança dos indivíduos participantes.

3.2.1. CARACTERÍSTICAS DA LINHA

Como dito anteriormente, a linha é de 230 kV, sua extensão é de 6,0 Km em circuito duplo. Na figura abaixo, está representado o diagrama unifilar simplificado da região onde será instalada a SE 230/69kV Zebu a LT Paulo Afonso III – Zebu. A SE de ZEBU II será suprida por meio de duas linhas de transmissão oriundas de Paulo Afonso III.

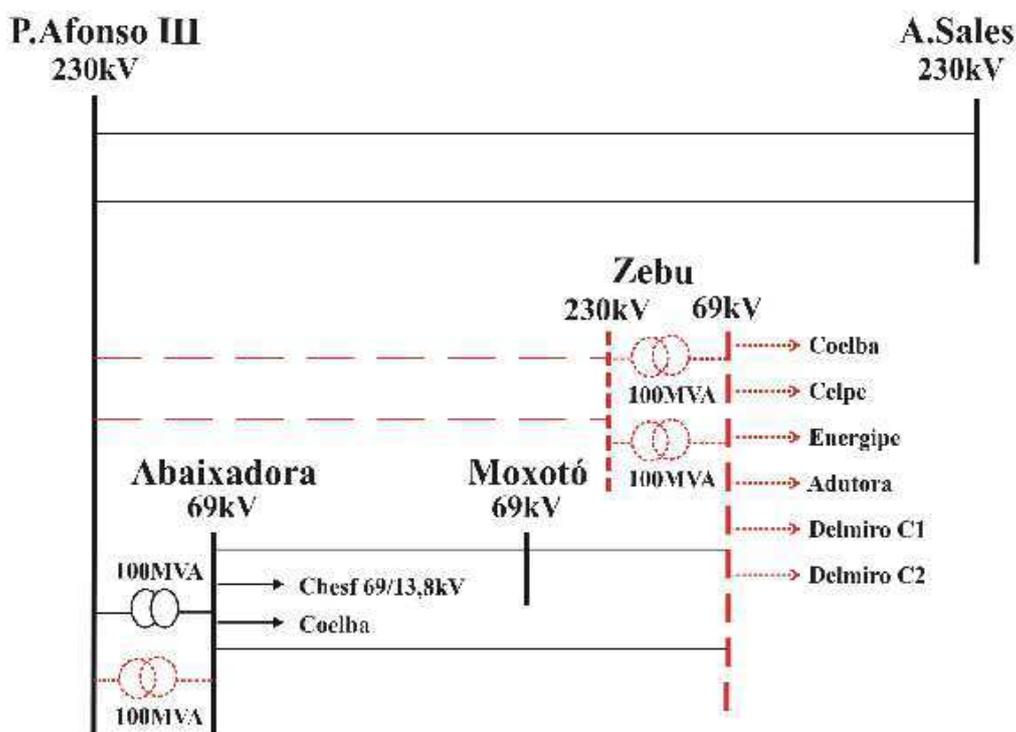


Figura 3.1 - Diagrama unifilar simplificado da região onde será instalada a SE 230/69kV Zebu a LT Paulo Afonso III – Zebu (ANEEL, 2009).

Com relação a corrente, a linha deve ter capacidade de operação de longa duração de 631 A e em condição de emergência, não deve ultrapassar 795 A, conforme regulamento da ANEEL. Está definido na NBR 5422 que capacidade de corrente de longa duração, significa a linha funcionando em condições normais de operação, enquanto que a condição de emergência existe no momento de uma falta (ANEEL, 2009).

No edital de leilão da LT é especificado o valor da resistência de sequência positiva por unidade de comprimento, para frequência nominal de

60 Hz e temperatura de 50°C, que deve ser igual ou inferior a 0,103 Ω/km (ANEEL, 2009).

3.3. CONSTRUÇÃO LT 230 kV - SE PAULO AFONSO III – SE ZEBU II

A construção de uma LT segue o seguinte roteiro básico:

1. Levantamento topográfico;
2. Abertura e limpeza de faixa;
3. Escavações;
4. Concretagem;
5. Reaterro;
6. Montagem das Estruturas;
7. Lançamento dos Cabos;
8. Comissionamento.

De uma forma mais geral, a ANEEL sugere o acompanhamento da obra através de um formulário, mostrado na Figura 3.2.

NOME DA EMPRESA:													
LINHA DE TRANSMISSÃO:													
DATA:		MESES											
Nº	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO	1	2	3							20	21	22
1	PROJETO BÁSICO												
2	ASSINATURA DE CONTRATOS												
2.1	EPC – Estudos, projetos e construção												
2.2	CCT – Acordo Operativo												
2.3	CCI – Acordo Operativo												
2.4	CPST												
3	IMPLANTAÇÃO DO TRAÇADO												
4	LOCAÇÃO DE TORRES												
5	DECLARAÇÃO DE UTILIDADE PÚBLICA												
6	LICENCIAMENTO AMBIENTAL												
6.1	Termo de Referência												
6.2	Estudo de Impacto Ambiental												
6.3	Licença Prévia												
6.4	Licença de Instalação												
6.5	Autorização de Supressão de Vegetação												
6.6	Licença de Operação												
7	PROJETO EXECUTIVO												
8	AQUISIÇÕES												
8.1	Pedido de Compra												
8.2	Estruturas												
8.3	Cabos e Condutores												
9	OBRAS CIVIS												
9.1	Canteiro de Obras												
9.2	Fundações												
10	MONTAGEM												
10.1	Montagem de Torres												
10.2	Lançamento de Cabos												
11	ENSAIOS DE COMISSONAMENTO												
12	OPERAÇÃO COMERCIAL												
OBSERVAÇÕES:		DATA DE INÍCIO							DURAÇÃO				
		DATA DE CONCLUSÃO											
		ASSINATURA							CREA Nº				
		ENGENHEIRO							REGIÃO				

Figura 3.2 – Formulário de acompanhamento físico de uma LT (ANEEL, 2009).

3.3.1. ACOMPANHAMENTO DA OBRA

A construção de linha necessita de todo um aparato documental, a fim de resguardar todos os envolvidos, que nesse caso específico são Chesf (Cliente), ABB (Contratante) e ENERGY (Empreiteira). Esse aparato é feito através de acompanhamentos diários e mensais, dentro dos quais são descritos as atividades realizadas, o material que será utilizado, a quantidade de colaboradores trabalhando. Além do acompanhamento diário, é feito também uma programação para o dia seguinte, a fim de nivelar todos os envolvidos na construção.

RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA

Como descrito acima, tem fundamental importância para nivelamento de informação com todos os envolvidos na construção, do que foi feito durante o dia de serviço, existe um modelo de formulário pré-definido como representado na figura abaixo.

DIÁRIO DE OBRA						MÊS: jul-11		DIA: 20				
						seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom
OBRA: Construção LT 230 kV Paulo Afonso III / Zebu								X				
Cliente: ABB						PERÍODO DA OBRA (DIAS)		PASSARAM (DIAS)		RESTÃO (DIAS)		
Efetivo: Pessoal / Equipamentos												
EFETIVO PESSOAL:			EFETIVO VEÍC. / EQUIPTOS.:			RELATÓRIO DE PRODUÇÃO DIÁRIA						
Administ. Financeiro / Pessoal	01		- Binóculo									
Almoxarife			- Bobina Cabo Piloto									
Aux. de Topografia			- Caminhão Carroc. Aberta			Finalização da limpeza de faixa e das estruturas						
Aux. Serv. Gerais	01		- Caminhão Carroc. aberta tipo 3/4									
Pedreiro			- Caminhão Guindaste									
Aux. Administrativo			- Caminhão Pipa									
Armador			- Caminhoneta 4 x 4									
Carpinteiro			- Carro Apoio 4 x 2	01								
Chefe de turma			- Catraca Capacidade 1,5Ton									
Chefe de Instalação de Cabos			- Catraca Capacidade 3,0Ton									
Chefe de Desmontagem Estruturas			- Catraca Capacidade 4,5Ton									
Enc. de Pátio			- Compressor c/ Acessórios									
Enc. Escavação			- Camião 795									
Enc. Montagem			- Prensa Hidraulica									
Encarregado	01		- Estação total									
Cozinheiro			- Freio Tensionador									
Engenheiro Auxiliar			- Guincho Caçador p/ Trator									
Engenheiro Residente			- Kit Compactador Pneumático									
Eletricista			- Motosserra 051									
Marteleteiro			- Puller									
Montador I			- Morsete									

Figura 3.3 – Formulário de acompanhamento diário de atividades Energy/ABB.

PROGRAMAÇÃO DIÁRIA DE ATIVIDADES

Neste formulário, é elaborado um planejamento do que ocorrerá na obra no dia subsequente, sujeito a aprovação da fiscalização (Chesf e ABB). Assim como o Relatório Diário de Atividades, existe um formulário pré-definido representado na Figura 3.4.

PROGRAMA DE EXECUÇÃO DIÁRIA			
OBRA: Construção da linha Paulo Afonso III / Zebu			
SERVIÇO	PREVISTO PARA O DIA: 26/01/2012	EXECUTADO EM: 25/01/2012	OBSERVAÇÕES
TOPOGRAFIA			
Conferencia Topografica			
Locação de Cavas			
Marcação de Cavas			
FAIXA			
Limpeza de Faixa			
Limpeza da Área da Torre			
Recup. Estrada de Acesso			
Abertura Estrada de Acesso			
ESCAVAÇÃO			
Escavação de Torre			
Escavação de Estai			
FERRAGENS			
Armação das Ferragens			
Instalação nas Cavas			
STUBS			
Pintura da Área de Transição			
Nivelamento dos Stubs			
CONCRETO			
Concretagem			
REATERRO			
Reaterro com Solo Local			
Reaterro com Solo Import.			
MONTAGEM			

Figura 3.4 – Formulário de programação de execução diária ENERGY/ABB.

RELATÓRIO MENSAL DE ATIVIDADES

Neste relatório é feito uma síntese geral mensal do que ocorreu na obra, fazendo também uma programação para o mês subsequente. A diferença maior com relação aos anteriores é a presença de fotografias evidenciando ainda mais o ocorrido na obra.

3.3.2. ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO

3.3.2.1. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Antes do levantamento topográfico, são feitos estudos para escolher o melhor traçado para a LT, levando em consideração aspectos técnicos,

econômicos e ambientais como, por exemplo, o tipo de solo, as desapropriações, as travessias e proximidade com áreas populosas, toda essa análise é feita no local da construção e contribui diretamente para a elaboração da planta perfil onde serão locadas as estruturas em pontos adequados.

Inicialmente são feitas locações em campo para levantamentos das diagonais e conseqüente definição das estruturas e são indicados todos os obstáculos existentes para a construção, tais como rios, matas, cercas, travessias. Vale salientar que em paralelo as análises topográficas são feitos estudos meteorológicos, geotécnicos e ambientais que culminam na elaboração do projeto.

Após a elaboração completa, o projeto segue para análise e conseqüente providências jurídicas, entrando na nova fase de construção a ser especificada no item subsequente.

3.3.2.2. LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS

A locação das estruturas é feita também pela equipe de topografia, então são marcados o centro da estrutura e os centros de cavas, de acordo com o que é pedido pelo projeto. Abaixo se encontra um projeto de locação de uma estrutura S21D, onde são mostradas as distâncias de centro de cava ao piquete central, as diagonais e as distâncias laterais, ou seja, tudo o que é necessário para a locação.

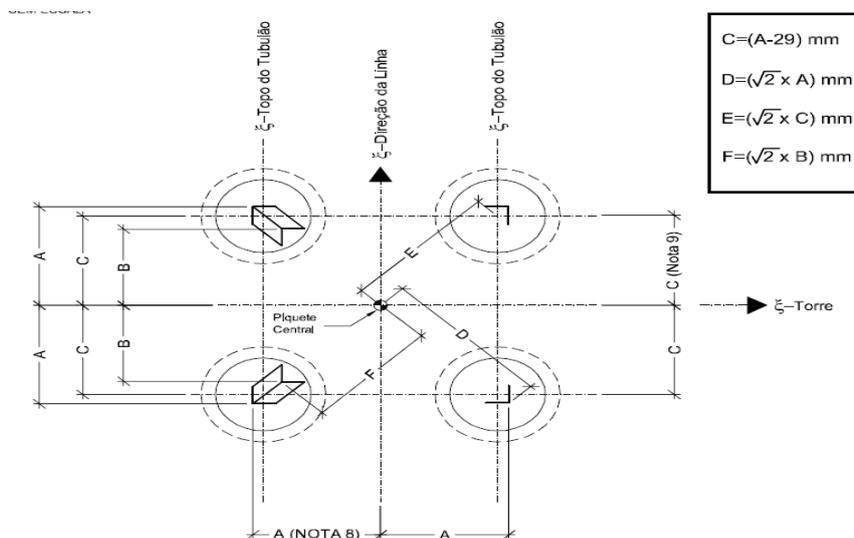


Figura 3.5 - Ilustração de Locação das cavas da estrutura S21D (Chesf, 2007).

O acompanhamento da locação das estruturas foi uma das atividades iniciais do estágio, como representado na Figura 3.6.

Merece destaque também, a nomenclatura que tem as estruturas, com relação ao trecho que está relacionado, por exemplo, a estrutura K/N, o primeiro número (K) representa o quilômetro no qual se insere a estrutura, quilômetro este que tem como referencial inicial, de onde a linha sai e como referencial final onde a linha chega, já o segundo número, após a barra (N), representa a quantidade de estruturas inseridas dentro do quilometro apontado (GALINDO, 2011).



Figura 3.6 - Fotografia da locação de estruturas.

3.3.2.3. ABERTURA E LIMPEZA DE FAIXA

Para a instalação de uma LT é necessário à abertura de espaços na vegetação, que tem por finalidade a liberação da área para as manobras de construção. Entretanto, não é feita de forma aleatória e desordeira, existem especificações próprias, que visam o menor impacto ambiental e menor número de empecilhos físicos e judiciais para a execução do serviço.

Algumas definições ajudam a identificar a melhor maneira de se abrir a faixa, são elas:

SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO

Definida como o corte de espécies para abertura da faixa de segurança e limpeza da área, com arrumação e remoção do material extraído, para o limite da borda da faixa (Chesf, 2004).

FAIXA DE SERVIDÃO

A área onde será implantada a linha de transmissão, para qual a Chesf disponibilizará licenças ambientais para supressão vegetal e direitos de passagens, junto aos proprietários das terras (Chesf, 2004).

FAIXA DE SEGURANÇA

É a área dentro da faixa de servidão, onde será executada a supressão da vegetação, esta área é definida de acordo com a característica da linha, em linhas de 230 kV, a faixa é variável de 30 a 45 m (Chesf, 2004).

Para a linha em questão, a abertura da faixa foi feita de forma manual, como é recomendado pela Chesf e mostrado na Figura 3.7, possuía uma largura máxima de 40 m, definido por projeto e uma área de 900 m² no local da instalação da estrutura. A vegetação predominante no local é a caatinga, favorecendo assim o trabalho manual.



Figura 3.7 - Fotografia de abertura de faixa manual.

Além de definir o trecho onde a linha vai ser instalada, a Chesf define a maneira como se faz o acesso as estruturas, ou seja, a supressão vegetal fora da faixa de segurança. Deve possuir largura máxima de 4,0 m e estar acordada com o proprietário, caso seja dentro de zona privada, exige também que as mesmas estejam sinalizadas, identificando como chegar e a estação das estruturas. A figura abaixo representa um exemplo de sinalização de estrada de acesso.



Figura 3.8 – Fotografia de estrada de acesso e sua correspondente sinalização.

3.3.2.4. ESCAVAÇÕES

A Chesf antes de decidir o melhor projeto para escavação das cavas, faz estudos visando identificar e classificar o tipo de solo, de acordo com suas especificações, apresentadas abaixo (Chesf, 2009):

CATEGORIA “A”: Escavações em solos tais como: Areia, argila rija ou seca, massapê, piçarra e solos com pedras roladas, com o uso normal de pás e picaretas.

CATEGORIA “B”: Escavações em rocha branda, solos concrecionados, solos lateríticos, regiões de blocos de rochas e outros solos que exijam o uso de alavancas ou material pneumático, sem o uso de explosivos.

CATEGORIA “C”: Escavações em rochas pouco alterada e sã, blocos de rocha de grande dimensão, e outros tipos de solos que necessitam o uso de explosivos.

CATEGORIA “D”: Abrange escavações em solos alagadiços e que atinjam nível de água subterrâneo, onde necessitam de bombeamento e escoramento.

Após o término de estudos, e definição de projetos, os mesmos são fornecidos a empreiteira, e dar-se-á início as escavações, vale salientar que todos os processos de construção aqui apresentados, não necessitam do término completo para que o próximo passo seja dado, ou seja, existe um paralelismo entre as atividades.

Acima foi citado um projeto de locação de cavas, mostrando como as mesmas são dispostas para a formação da base da estrutura, a figura 3.3-8, mostra como é um projeto de escavação de uma estrutura A21D (ancoragem), em solo tipo “C”, rocha sã, tipo tubulão.

O projeto mostra que a profundidade mínima de escavação é de 2,00m, que é a profundidade em rocha, caso antes da camada de rocha sã, exista uma camada de solo, deve ser somado aos 2,0 m, totalizando a profundidade da cava.

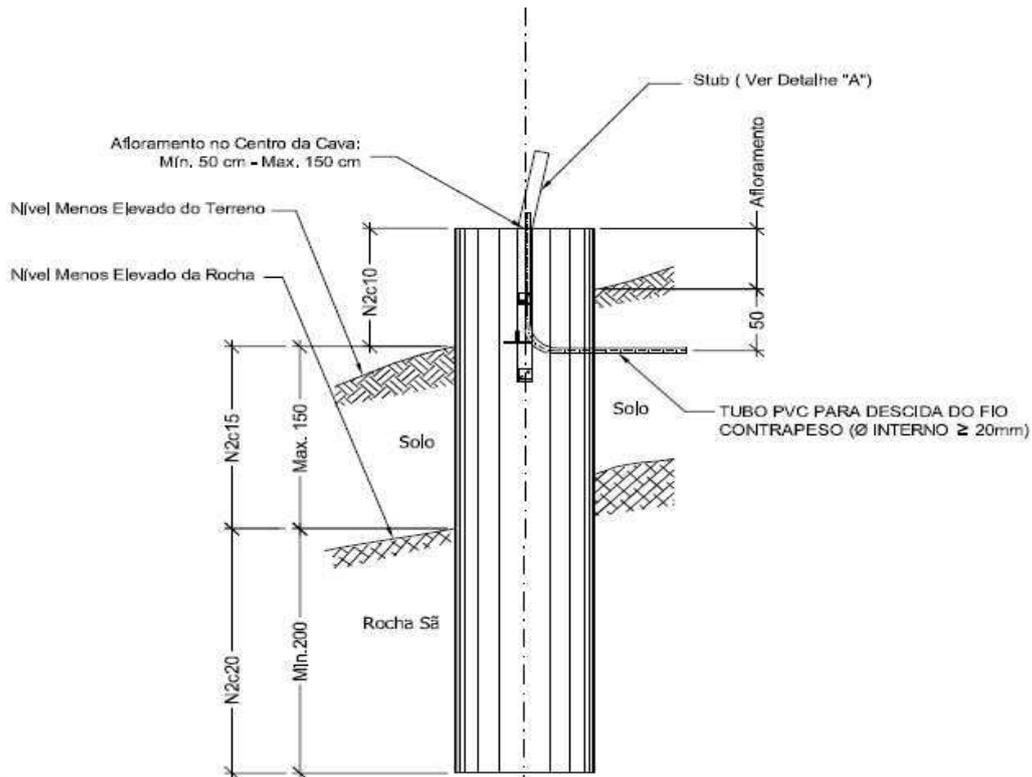


Figura 3.9 - Detalhe da escavação de uma estrutura A21D (Chesf, 2009).

A linha PAF III – ZEBU II apresentou uma série de dificuldades no tocante a escavação, devido a característica do solo, por ser rochoso, variando sua classificação entre as categorias “B” e “C”. Existiu a necessidade da utilização de equipamentos pneumáticos como também da utilização de explosivos em grande escala. A figura abaixo mostra a utilização do rompedor.



Figura 3.10 - Fotografia da utilização do rompedor na escavação.

Para existir utilização de explosivos, várias providências devem ser tomadas, tudo deve ser comunicado a prefeitura local, ao exército que é o órgão responsável pela fiscalização deste tipo de material. O transporte interestadual deve ser comunicado e o mais importante, a pessoa responsável pela utilização, necessita de um curso de capacitação, onde receberá o título de Detonador.

Além dos trâmites legais, a utilização do explosivo não é feita aleatoriamente, deve existir um projeto de detonação, feito por uma pessoa competente, a explosão deve ser abafada evitando que materiais sejam lançados e venham a provocar danos pessoais e materiais. A Figura 3.11 ilustra a malha de detonação e o aterro utilizados.



Figura 3.11 - (a) Fotografia da malha de detonação. (b) Fotografia do abafamento da explosão.

O problema maior encontrado pós-detonação é que a cava fica completamente disforme, precisando assim ser redesenhada para que haja menor prejuízo na próxima etapa da construção, que é a concretagem dos pés das estruturas. A solução encontrada para a redefinição da cava foi a utilização de estruturas de arrimo, que consistem em pedras aglutinadas com um leve traço de cimento.

3.3.2.5. CONCRETAGEM DE ESTRUTURAS

Para que haja a concretagem, algumas atividades são feitas em paralelo as escavações, dinamizando assim o processo da construção, são elas:

ARMAÇÃO

A equipe de armadores é responsável pela formação da armação de ferro, que forma a base da estrutura. Na Figura 3.12 (a), encontra-se um exemplo do projeto de uma armação, o mesmo define o diâmetro do ferro a ser utilizado, bem como sua disposição no molde. Na Figura 3.12 (b) está representado o tubulão já pronto.

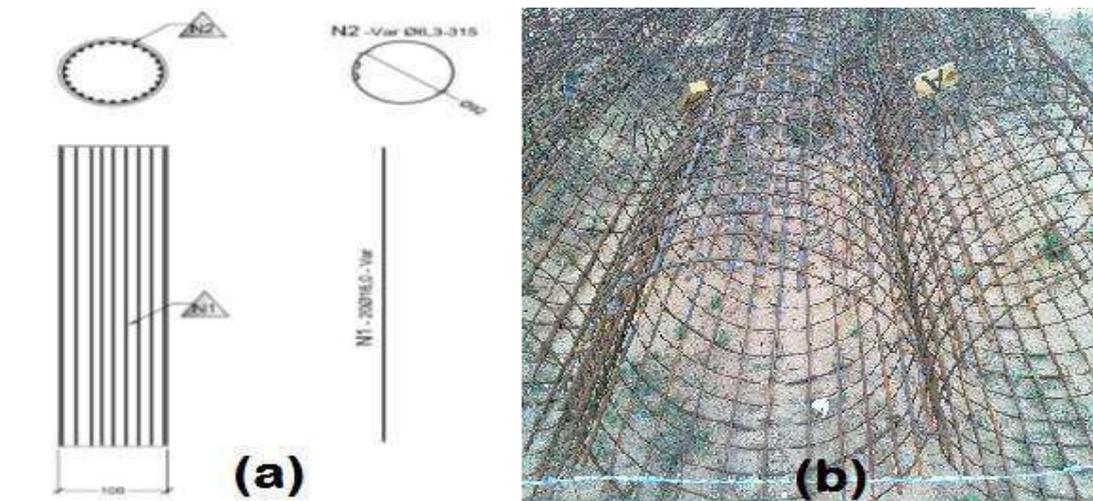


Figura 3.12 - (a) Detalhe do projeto de armação de um tubulão (Chesf, 2009).
(b) Fotografia de um tubulão armado

CARPINTARIA

A equipe de carpintaria é responsável pela preparação da estrutura para concretagem, ou seja, de toda a armação de madeira que suspende a ferragem, atendendo as especificações Chesf.

Outra atividade de fundamental importância é o nivelamento do *STUB*, que é peça da estrutura responsável pela transferência dos esforços mecânicos ao concreto, é desempenhada pela equipe de topografia.

Após a instalação do tubulão armado na cava, a fiscalização verifica se tudo está de acordo com a especificação, observando principalmente o comprimento da ferragem, os recobrimentos laterais (5 cm) e de fundo de cava (10cm) e as distâncias entre as extremidade dos *STUB*'s. Abaixo está representado na figura, o detalhe do projeto.

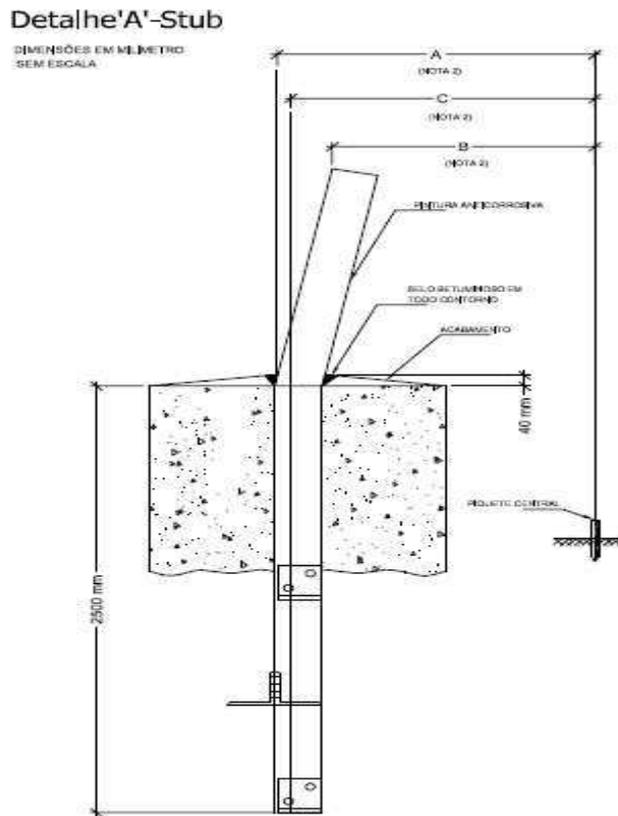


Figura 3.13 Detalhe "A" - STUB, estrutura A21D (Chesf, 2009)

Durante a aplicação do concreto, são coletadas amostras para análise *“in loco”*, e amostras para análises posteriores com a finalidade de verificar a resistência do concreto em relação a trações verticais e horizontais. O traço do concreto é analisado previamente, verificando se a aplicação está de acordo com o determinado pela Chesf. A Figura 3.14 ilustra a aplicação de concreto usinado e na figura subsequente, a retirada o *slump test* e do corpo de prova.



Figura 3.14 – Fotografia da aplicação de Concreto usinado.



Figura 3.15 - (a)Fotografia do *Slump Test*. (b)Fotografia do corpo de prova.

Após a concretagem, o reaterro começa a ser feito com a finalidade de nivelar o terreno próximo aos pés da estrutura, facilitando o trabalho de montagem, o tipo de reaterro escolhido para a linha em questão, foi o solo-cimento com proporção de 1/10 em volume e compactação de 20 em 20 cm.

3.3.2.6. MONTAGEM DAS ESTRUTURAS

A empreiteira é responsável pela escolha das técnicas de montagem utilizada na linha e tem a total responsabilidade sobre o recebimento, conferência e armazenamento da ferragem. A montagem de estruturas metálicas é muito arriscada, por isso existe a forte exigência do cliente, com relação ao treinamento específico dos funcionários bem como a regularização de todo o equipamento de proteção individual (EPI).

Podemos dividir a montagem de estruturas em três etapas:

- Pré-montagem;
- Montagem;
- Revisão;

PRÉ-MONTAGEM

A equipe de pré-montagem tem como função deixar a estrutura armada no solo, para que a equipe de montagem as encaixe em altura, o método de pré-montagem dependerá de como a montagem será feita.

A figura abaixo representa a pré-montagem com utilização de guindaste, observa-se que a estrutura vai parcialmente montada.



Figura 3.16 – Fotografia da pré-montagem para utilização de guindaste.

Essa atividade deverá ser feita no solo com a proteção de superfícies, ou apoios de madeira, impedindo o empenamento das peças, bem como a aderência de sujeira que venham a danificar a galvanização. Em princípio, os parafusos e porcas não necessitarão de muito aperto, apenas o suficiente para a estrutura continuar montada (Chesf, 2009).

MONTAGEM

A LT abordada, utilizou dois métodos para montagem, guindaste e a utilização de “facões” (peças montáveis que auxiliam na elevação dos componentes da estrutura), o primeiro faz com que a estrutura seja montada no solo, em seções pré-montadas, otimizando o tempo de montagem, enquanto que a segunda utiliza a força braçal, içando peça por peça em sistemas de arrevil, com apoio de cordas.

Para a montagem, são dispostos dois montadores por pé, responsáveis por receber e parafusar as peças, na base da torre, dois montadores são responsáveis pelo destacamento das peças e interpretação do projeto, juntamente com o encarregado da turma, que ainda acumula a função de fiscalização. As figuras abaixo representam, respectivamente, a montagem de estruturas com facões e com guindaste.



Figura 3.17 – Fotografia da montagem de estruturas utilizando os "facões".



Figura 3.18 – Fotografia da montagem de estrutura utilizando guindaste.

REVISÃO

A revisão é a etapa responsável pela verificação da montagem das estruturas, apertando os parafusos, verificando as peças, tudo baseado nos projetos.

O ajuste final dos parafusos e porcas deverá ser feito com a chave dinamométrica, respeitando os valores de torque máximo e mínimo, indicados na tabela abaixo (Chesf, 2009). Terminada a etapa de revisão, a estrutura estará pronta para receber os cabos.

Tabela 1: Tabela de torque para os parafusos LT 230 kV PAF III - ZEBU II (Chesf, 2009)

Tipo de parafuso	Torque (Kgf/m)	
	Mínimo	Máximo
1/2"	3,5	5,5
5/8"	7,0	10,5
3/4"	12,0	19,0
7/8"	18,0	30,0
1	25,0	45,0

3.3.2.7. LANÇAMENTO DE CABOS

Última etapa da construção da linha, exigindo um planejamento estratégico, principalmente se houver travessias de outras linhas no seu trajeto. A empreiteira tem que apresentar um plano de lançamento que será submetido a fiscalização da contratante, no caso, a Chesf.

Na LT PAF III – ZEBU II duas formas de lançamento foram utilizadas, a primeira chamada convencional (arrasto) e a segunda aérea, com ajuda de máquinas tensionadoras para lançamento do cabo OPGW, entretanto não houve tempo hábil para acompanhamento do último.

Durante o período de estágio, foram acompanhados alguns lançamentos, incluindo travessias por sobre outras linhas, energizadas e desenergizadas. Por ser mais cauteloso, o lançamento com travessias, merece destaque em sua descrição.

Em Linha de Transmissão, alguns termos são bastante utilizados e aqui serão apresentados:

Vão: denominação dada ao espaço existente, em metros, de duas estruturas.

Tramo: Espaço, em metros, existente entre duas estruturas de ancoragem.

Flecha: distância existente entre o eixo das mísulas, que o cabo está passando, e o ponto de inflexão máxima da sua curva, determinada por uma catenária.

LANÇAMENTO SEM TRAVESSIAS

Inicialmente as estruturas, já revisadas, são preparadas para o recebimento dos cabos pelos montadores, ou seja, são colocadas roldanas presas com a cadeia de isoladores, chamadas vulgarmente de bandolas, que farão a condução do cabo pelas estruturas de suspensão. O lançamento inicia-se com a alocação das bobinas de cabos, posicionando-as de uma maneira estratégica no local chamado de praça de lançamento, representado na Figura 3.19.



Figura 3.19 – Fotografia da praça de Lançamento

Em seguida os cabos são presos ao trator através da camisa de lançamento e conduzidos na faixa, quando o terreno é muito irregular, esse arrasto tem que ser feito manualmente. Chegando à estrutura, a extremidade do cabo é içada, com o auxílio da mão de linha (corda), até a bandola e assim repete-se durante todo o tramo. A figura abaixo representa o “bandolamento” da estrutura 2/2, estrutura de suspensão, denominada S21D.

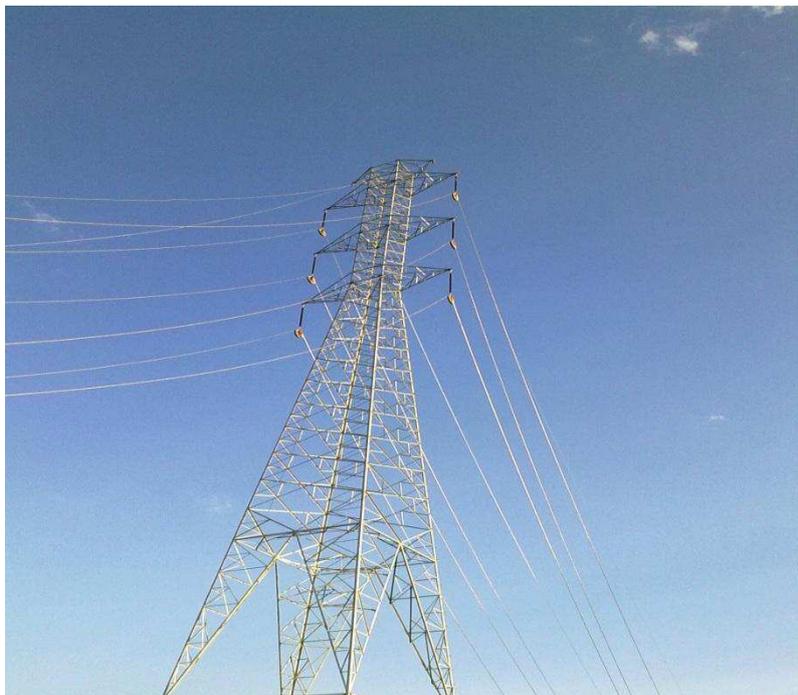


Figura 3.20 – Fotografia da estrutura 2/2, S21D, “bandolada”.

Observando que o lançamento é feito, normalmente, entre duas estruturas de ancoragem, onde o cabo sem peso (cabo morto) é preso na primeira estrutura do tramo, e depois acontece o nivelamento em uma segunda estrutura também de ancoragem. O nivelamento é feito com o dinamômetro, que verifica o peso do cabo, e o topógrafo, que verifica as alturas das flechas, sempre comparando com o designado pelo projeto.

Depois de nivelado, o cabo será preso (encabeçado) a outra estrutura de amarração, a manobra consiste em descer o cabo lançado, para que seja prensado as ferragens de ancoragem, no chão. Isso é feito através da transferência do peso do mesmo para um cabo auxiliar, vulgarmente chamado de “ormezo”. A prensagem está representada na Figura 3.21 e o processo de transferência de peso, na Figura 3.22.



Figura 3.21 – Fotografia da prensagem da extremidade do cabo na luva de ancoragem.



Figura 3.22. Fotografia de um montador prendendo o cabo auxiliar (“Ormezo”).

Como dito anteriormente, as estruturas de suspensão ficam bandoladas, então após o nivelamento e o encabeçamento nas estruturas de amarração, as bandolas devem ser trocadas por grampas de suspensão, a manobra consiste em elevar o cabo lançado, usando talhas de arrasto (catracas), com *camelong's* presos em dois pontos do cabo, deixando a roldana livre e podendo montar as grampas. A figura abaixo mostra uma manobra de grampeação.



Figura 3.23 – Fotografia de montadores realizando manobras de Grampeação.

Terminadas as grampeações, o tramo estará lançado e pronto para a análise da fiscalização, que acompanha por todo o tempo o lançamento, verificando as não conformidades.

LANÇAMENTOS COM TRAVESSIAS

Vários tipos de travessias podem ser encontrados, travessias de rios, travessias de estradas, travessias de linhas energizadas e desenergizadas, entretanto o processo de lançamento é basicamente o mesmo, existindo alguns procedimentos básicos que devem ser utilizados.

Na linha abordada, foram feitas travessias em linhas de 13,8, 69 e 138 kV energizadas e em linhas de 230 kV desenergizadas, foram tomadas as devidas precauções nos lançamentos por sobre as linhas, abaixo será descrito alguns dos procedimentos básicos utilizados.

A primeira etapa em um lançamento com travessia é a análise do que vai ser utilizado e onde serão alocadas as empancaduras, estas são amparos para a passagem dos cabos, evitando que os mesmos se aproximem além dos limites de segurança de linhas energizadas, servem também como anteparo físico, impedindo que os cabos lançados danifiquem as linhas atravessadas. Abaixo é mostrado um exemplo de empancaduras com andaime.

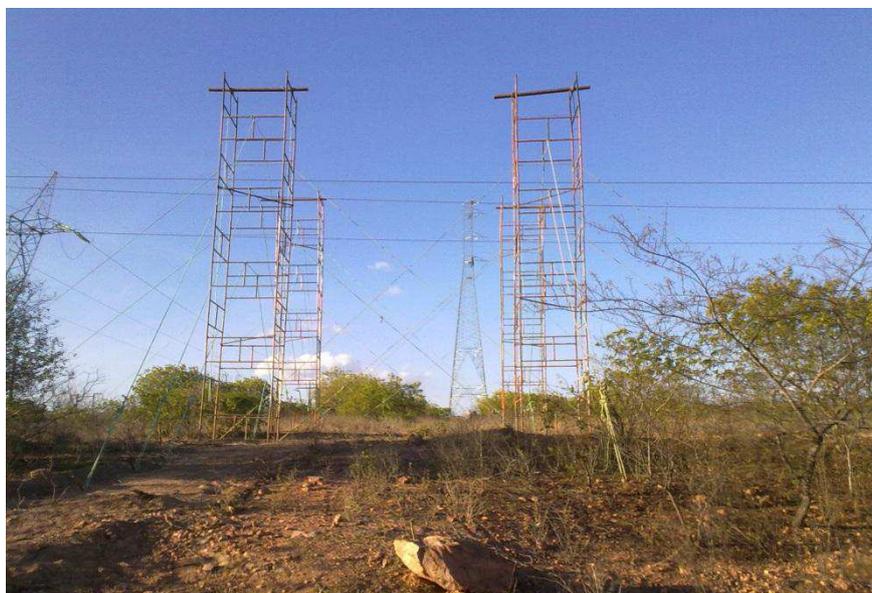


Figura 3.24 – Fotografias de empancaduras com andaimes.

Caso a travessia tenha um grau de dificuldade elevado, deve ser solicitado o desligamento da linha, ou o bloqueio dos religadores automáticos (linha energizada). Concluída a instalação das empancaduras, dar-se-á o processo de passagem do cabo transpassando o obstáculo.

Para o caso de linhas energizadas, um colaborador sob um anteparo, prende um cordão de náilon em um material pesado o suficiente para ser lançado ao outro lado da linha, o náilon é adotado devido as suas propriedades isolantes, um segundo colaborador também alocado sob outro anteparo, conduz o cabo observando sempre as distâncias mínimas de segurança, evitando acidentes. A Figura 3.25 demonstra a situação descrita.



Figura 3.25 - Fotografia mostrando duas travessias, ao fundo uma travessia de 138 kV, a frente uma travessia de 13,8 kV.

Vale ressaltar que todo o processo de lançamento com travessia, onde há desligamento ou bloqueio dos religadores é devidamente programado e previamente analisado pelo engenheiro responsável juntamente com o encarregado do lançamento, todas as manobras são descritas de forma detalhada no Programa Executivo (PEX) que é submetido à aprovação pela fiscalização da empresa competente.

3.3.2.8. COMISSONAMENTO

Etapa em que a fiscalização observa toda a linha, verificando as inconformidades, como por exemplo, a falta de peças nas estruturas, parafusos usados em locais incorretos, posição das ferragens de ancoragem e suspensão, conectores de aterramento, sinalização entre outros. Concluído o comissionamento e corrigidos todos os erros, a linha estará pronta para energização.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O período de estágio é de vital importância para a formação do engenheiro, por ser o primeiro contato direto com a prática da engenharia, onde o aluno começa a aplicar os conceitos aprendidos durante a graduação, dentro de seu campo de atuação. Outro fator importante é a convivência com profissionais das mais variadas áreas, com vastas experiências e grandes conhecimentos, norteando o comportamento diante das adversidades geradas pelo trabalho, culminando em mais aprendizado.

Fazendo uma análise à respeito da grade curricular universitária, analisando em função do que foi visto no estágio, pode-se observar que o curso deixa a desejar em algumas áreas importantes, como análise de projetos, aprendizado de softwares como o AutoCAD, MSProject, que só serão vistos no campo de trabalho.

A oportunidade do estágio na obra descrita neste relatório foi extremamente importante para a minha formação, proporcionando um grande conhecimento sob todas as etapas da construção e o dinamismo necessário para enfrentar situações adversas, aplicando os conceitos aprendidos na Universidade e ao mesmo tempo aumentando a capacidade de gerenciamento de equipes. Atividades de preenchimentos de formulários, acompanhamento de atividades, administração de obra, deram subsídios necessários para o início da minha formação profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica**. NBR 5422. 1985.

ANEEL. **Atlas da Energia Elétrica do Brasil** .3 ed. Brasília : Tdacomunicação, 2008.

ANEEL. **Edital de Leilão No 001/2009-ANEEL, Anexo 6F - Lote F - LTs 230 kV Pau Ferro - Santa Rita II, Paulo Afonso III - Zebu; SEs 230/69 kV Zebu, Santa Rita II e Natal III**. 2009.

CHESF. **Especificação Técnica de Serviços de Linha de Transmissão**. Montagem de Estruturas. Set/2009.

CHESF. **Especificação Técnica de Serviços de Linhas de Transmissão**. Fundação de Estruturas. Set/ 2009.

CHESF. **Especificação Técnica de Serviços de Linhas de Transmissão**.. Abertura e Limpeza de Faixa. 2004.

CHESF. **Fundação em Tubulão- Rocha Sã. Torre tipo A21D. Locação, forma e Armação. DEPL 081/119** . 2009.

CHESF. **Fundação em Tubulão - Solo Tipo "B". Torre tipo S21D. Locação Forma e Armação, DEPL 078/02**. 2007.

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS. **Topografia E Elementos Da Geodésia**. Topografia e Elementos da Geodésia. Abr/1997.

GALINDO G. B. **Relatório De Estágio Integrado** . Campina Grande. 2011.

LABEGALINI P. R. et al. **PROJETOS MECÂNICOS DAS LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO**. 2 ed. [s.l.] : EDGARD BLUCHER, 1992.

ONS. **Operador Nacional do Sistema**. Site da ONS. Jan/2012. Disponível em <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em 10 /01/2012.

RANGEL R. K. **Sistema de Inspeção de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica Utilizando Veículos Aéreos Não-Tripulados**. Brazilian Symposium on Aerospace Eng. & Applications. São José Dos Campos. Set/2009. p. 3.

