



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

ERICK BARRETO XAVIER LEITE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande, Paraíba
março de 2012

ERICK BARRETO XAVIER LEITE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

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

Orientador:

Professor Genoilton João de Carvalho Almeida, M. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Março de 2012

ERICK BARRETO XAVIER LEITE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

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

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Genoilton João de Carvalho Almeida, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha família, que me apoiou desde o momento que peguei as malas, sai pela porta e disse “vou me formar em elétrica, lá longe”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, acima de tudo, pela oportunidade que me deram de sair de casa e cursar elétrica, as palavras de carinho e apoio que foram ditas quando necessário e quando não também.

A minha vó querida por todo o suporte que me deu, de coração aberto me recebeu em sua casa e tornou a minha permanência em Campina Grande mais tolerável.

A Vanne Marques pelo kit de sobrevivência que me deu de presente, sem ele, não teria sobrevivido as duras condições do estágio, talvez até tivesse sobrevivido, mas estaria uns 15 anos mais velho.

A Gustavo Galindo, Tarcísio Palmeira, Leonardo Medeiros, Luiz Alberto, enfim, a toda a equipe da Energy que me acolheu e transformou o meu estágio em uma escola acompanhada de bons amigos que espero levar pro resto da vida.

Enfim, agradeço de todo coração a ele, que além de engenheiro eletricista que serve de espelho, é o meu grande mentor, amigo, irmão, e que de agora em diante, será meu companheiro de trabalho, Crisóstomo Pereira Leite, que além de tudo isso, é meu grande pai e exemplo. Obrigado por tudo.

“Um mago nunca está atrasado, ou adiantado. Ele sempre chega quando é necessário.”

Gandalf, o Branco

RESUMO

O presente relatório tem como objetivo descrever as atividades realizadas durante o estágio supervisionado na Energy Eletricidade LTDA, empresa do ramo de execução de projetos elétricos, bem como apresentar uma visão geral da obra.

O estágio foi realizado no período entre 05 de dezembro de 2011 a 18 de fevereiro de 2012, na cidade de Santa Rita – Paraíba, situada a 13km da capital paraibana, João Pessoa. No local, encontra-se em construção a subestação abaixadora Santa Rita II, que fornecerá energia elétrica a Santa Rita e municípios de regiões vizinhas. Para a sua energização, foi projetada a construção de uma linha de transmissão de 230 kV, a partir do seccionamento de uma linha já existente, LT Goianinha – Mussuré II, toda a obra é de poder do governo federal, sob fiscalização da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF).

As atividades realizadas no estágio estiveram ligadas a construção da linha de transmissão, LT 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II, desde a programação de atividades e logística, ao acompanhamento da execução do projeto. Sob acompanhamento dos engenheiros eletricitas Alfredo de Carvalho Filho, Leonardo de Medeiros Ramos e Gustavo Barbosa Galindo, foram acompanhadas as atividades de construção civil, desde a locação das estruturas à concretagem da fundação das mesmas, à montagem das estruturas metálicas e implantação dos postes.

Palavras-chave: Linha de transmissão, construção de linhas, eletricidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Mapa do Sistema Interligado Nacional em 2011 com horizonte para 2012.....	1
Figura 2 : Desenho da estrutura S21d (MKI, 1976b).	4
Figura 3 : Desenho da estrutura A21d (MKI, 1977).....	5
Figura 4: Desenho da estrutura AF2d (MKI, 1977).....	6
Figura 5 : Perfil de projeto da estrutura do tipo 2DT, composta por 2 postes duplo “T” 36m/2400kgf(COMPRENOR, 2011).	6
Figura 6 : Estrutura Autoportante em Nossa Senhora do Socorro - SE.....	7
Figura 7 : Terrômetro MTD-20KWe – utilizado para medição de resistência de aterramento.....	14
Figura 8 : Diagrama unifilar simplificado da região de instalação da subestação Santa Rita II e da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré – Santa Rita II (ANEEL, 2009).	16
Figura 9: Area prevista para implantação da SE Santa Rita II, contemplando o trecho de LT 230 kV entre a SE Santa Rita II e o seccionamento da LT 230 kV Goianinha – Mussuré II (ANEEL, 2009).	18
Figura 10: Relatório Diário de Obra Energy/ABB/Chesf.	19
Figura 11: Relatório Diário de Obra Energy/ABB/Chesf – Observações e comentários.	19
Figura 12: Programação de Execução Diária Energy/ABB/Chesf.	20
Figura 13: Relatório Mensal Energy/ABB.	20
Figura 14: Esquema: Vão entre duas estruturas e flecha de um condutor.	21
Figura 15: Localização de cavas da estrutura 2/2 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II....	22
Figura 16: Concretagem da estrutura 6/1 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.....	23
Figura 17: Limpeza de Faixa e Estrada de acesso da estrutura 7/1 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.	23
Figura 18: Mata a ser suprimida da estrutura 2/2 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.	24
Figura 19: Retroescavadeira realizando escavações da estrutura 1/2 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.	25
Figura 20: Estrutura 1/2 alagada devido as chuvas.....	25
Figura 21: Mangueira da bomba d’água auxiliando na remoção da água do interior da cava.	25
Figura 22: Detalhe da sapata para solo tipo A de estrutura metálica autoportante AF2d (Chesf, 2009). ...	26
Figura 23: Detalhe dos corpos de prova moldados durante a aplicação do concreto na fundação da estrutura 13/4.....	27
Figura 24: Detalhe da aplicação e moldagem do concreto na fundação da estrutura 6/1.	27
Figura 25: Detalhe da sapata após a remoção dos moldes da estrutura 3/2.	28
Figura 26: Detalhe da montagem da extensão para a base da estrutura 10/1.....	28
Figura 27: Detalhe da montagem da base da estrutura 10/1.	29
Figura 28: Detalhe da montagem do tronco comum da estrutura 10/1.....	29
Figura 29: Detalhe do poste duplo “T” da estrutura 1/1.	30
Figura 30: Içamento do poste duplo “T” da estrutura 1/1.....	31
Figura 31: Implantação do poste da estrutura 1/1 com auxílio dos montadores.	32

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Lista de Figuras	viii
Sumário	ix
1 Linhas de Transmissão	1
1.1 Introdução	1
1.2 Componentes de uma Linha de Transmissão	2
1.2.1 Estrutura da LT 230kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II	3
1.2.2 Classificação das Estruturas Quanto à Forma de Resistir	7
1.3 Especificação Técnica para Serviços de Linha de Transmissão - CHESF	8
1.3.1 Abertura e Limpeza de Faixa	8
1.3.2 Topografia	9
1.3.3 Escavações	10
1.3.4 Controle Tecnológico do Concreto	10
1.3.5 Reaterros	11
1.3.6 Montagem das Estruturas	12
1.3.7 Sistema de Aterramento	12
1.4 Características Elétricas e Requisitos Básicos – Especificações da ANEEL	15
2 O Estágio	17
2.1 A Empresa	17
2.2 Atividades Iniciais	17
2.3 LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II	18
2.4 Acompanhamento da Obra	18
2.4.1 Nomenclatura	20
2.5 Atividades de Construção	21
2.5.1 Topografia	22
2.5.2 Limpeza de Faixa e de Área da Torre	23
2.5.3 Escavações	24
2.5.4 Concretagem das Sapatas	26
2.5.5 Montagem das Estruturas e Implantação dos Postes	28
2.5.6 Lançamento de Cabos	32
3 Considerações Finais	33
Bibliografia	34

1 LINHAS DE TRANSMISSÃO

1.1 INTRODUÇÃO

Linhas de Transmissão (LT) são circuitos elétricos utilizados para transmitir energia elétrica de um terminal emissor a um terminal receptor. As linhas de transmissão no Brasil estão sendo interconectadas para que a confiabilidade no sistema de transmissão brasileiro cresça. Pode ser observado o mapa SIN 2011 com horizonte para 2012, indicado pelas linhas tracejadas, na Figura 1.

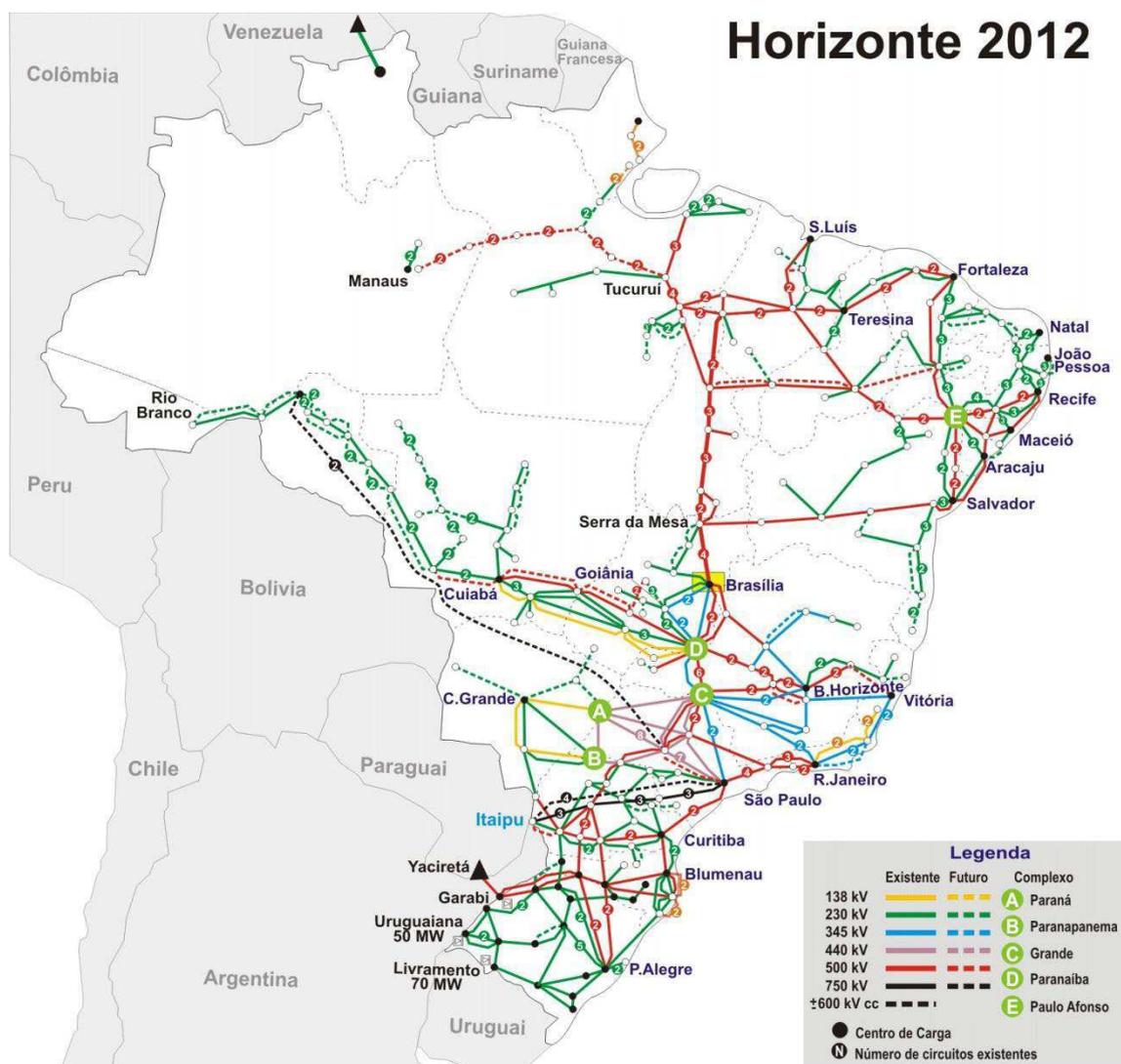


Figura 1 : Mapa do Sistema Interligado Nacional em 2011 com horizonte para 2012.

1.2 COMPONENTES DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO

Os componentes básicos de uma linha de transmissão do tipo aérea, como a linha que foi construída durante o período deste estágio, são: (Leão, 2011)

Condutor: Principal componente da linha de transmissão, que pode ser constituído de:

- **Cobre:** Depois do ferro, o cobre é o material mais utilizado na indústria elétrica, devido a sua boa condutividade elétrica e térmica, depois da prata, e por possuir características mecânicas favoráveis em relação aos outros metais.
- **Alumínio:** Possui propriedades mecânicas e elétricas que o tornam de fundamental importância para aplicações na área de engenharia elétrica, como grande ductibilidade e maleabilidade.
- **Ligas Metálicas:** Que podem ser ligas de cobre (*copperweld*), alumínio (*allumoweld*), cabos de alumínio-Aço (CAA) ou ACSR (*aluminium core steel reinforced*).

Isoladores: Quanto aos condutores, os isoladores têm funções como de suspensão, ancoragem e separação. Devido ao peso dos condutores, os isoladores também estão sujeitos a forças verticais, horizontais axiais para suspensão e transversais pela ação dos ventos. Quanto as solicitações elétricas, eles devem suportar a tensão nominal e sobretensões em frequência industrial, sobretensões de manobras e descargas atmosféricas.

Estruturas: As dimensões e formas das estruturas em uma linha de transmissão dependem de diversos fatores, entre eles, a disposição dos condutores, distância entre os mesmos, dimensões e formas de isolamento, número de circuitos, etc. Elas podem ser construídas em vários materiais, sendo mais utilizado o aço galvanizado, o concreto armado, madeira e fibra de vidro.

Condutores Neutros: Localizados no topo da linha de transmissão, são utilizados como proteção, interceptando descargas atmosféricas que incidiriam diretamente na linha de transmissão. Para auxiliar na transmissão de dados, atualmente, é incorporado ao condutor um núcleo de fibra ótica, conhecido como *OPGW (Optical Ground Wire)*. Seu material pode ser o aço ou ligas de alumínio, normalmente, esses condutores são solidamente aterrados ou isolados por isoladores de baixa capacidade de ruptura.

1.2.1 ESTRUTURA DA LT 230KV GOIANINHA – MUSSURÉ II – SANTA RITA II

Para a construção desta linha de transmissão, foram utilizados 2 tipos de estruturas, postes de concreto armado e torres metálicas. A escolha de cada estrutura varia de acordo com a sua utilização. Em termos de utilização, temos configurações como ângulos na linha de transmissão, derivações de outras linhas existentes, estruturas de fim de linha e estruturas de ancoragem, que servem para suportar a carga dos condutores ao longo de um trecho.

Por fim existem também as definições quanto a resistência à carga e a sua altura em relação ao solo.

Tipos de Suporte

O tipo de suporte dos cabos condutores define as famílias de estruturas, que podem ser classificadas a seguir. (Labegalini et al., 1992)

Suspensão ou de Alinhamento: São suportes dimensionados para, em condições normais de operação, resistir aos esforços verticais do peso dos cabos, isoladores e suas ferragens. Devem suportar também as forças horizontais transversais decorrentes da pressão do vento, isoladores e sobre seus próprios elementos. Na Figura 2 é possível observar uma estrutura projetada para suspensão, a S21d.

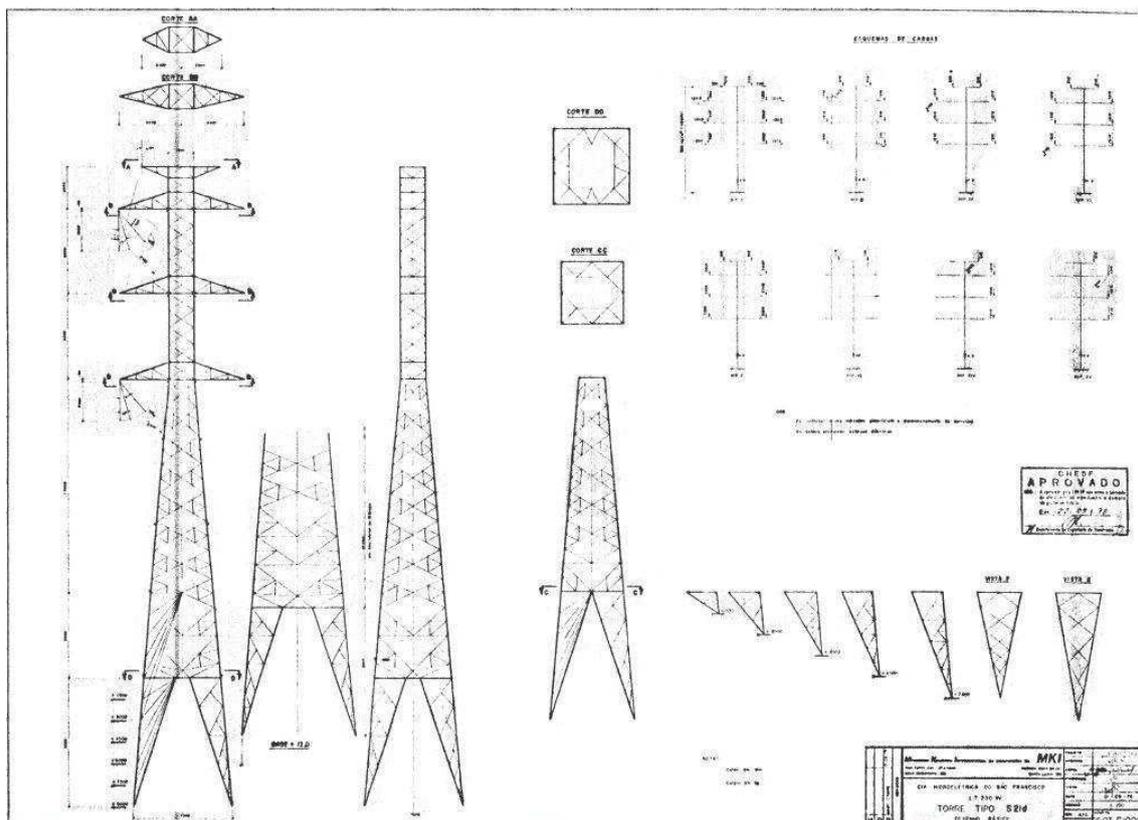


Figura 2 : Desenho da estrutura S21d (MKI, 1976b).

Ancoragem: Dimensionados para suportar, além da suspensão dos condutores, os esforços decorrentes do tensionamento dos mesmos durante o lançamento ou a ruptura de qualquer um deles. Os projetistas utilizam intervalos regulares entre as estruturas ao longo das linhas, a fim de facilitar o retensionamento dos condutores quando necessário. Para ilustrar, a Figura 3 é um desenho básico da uma estrutura de ancoragem, denominada A21d.

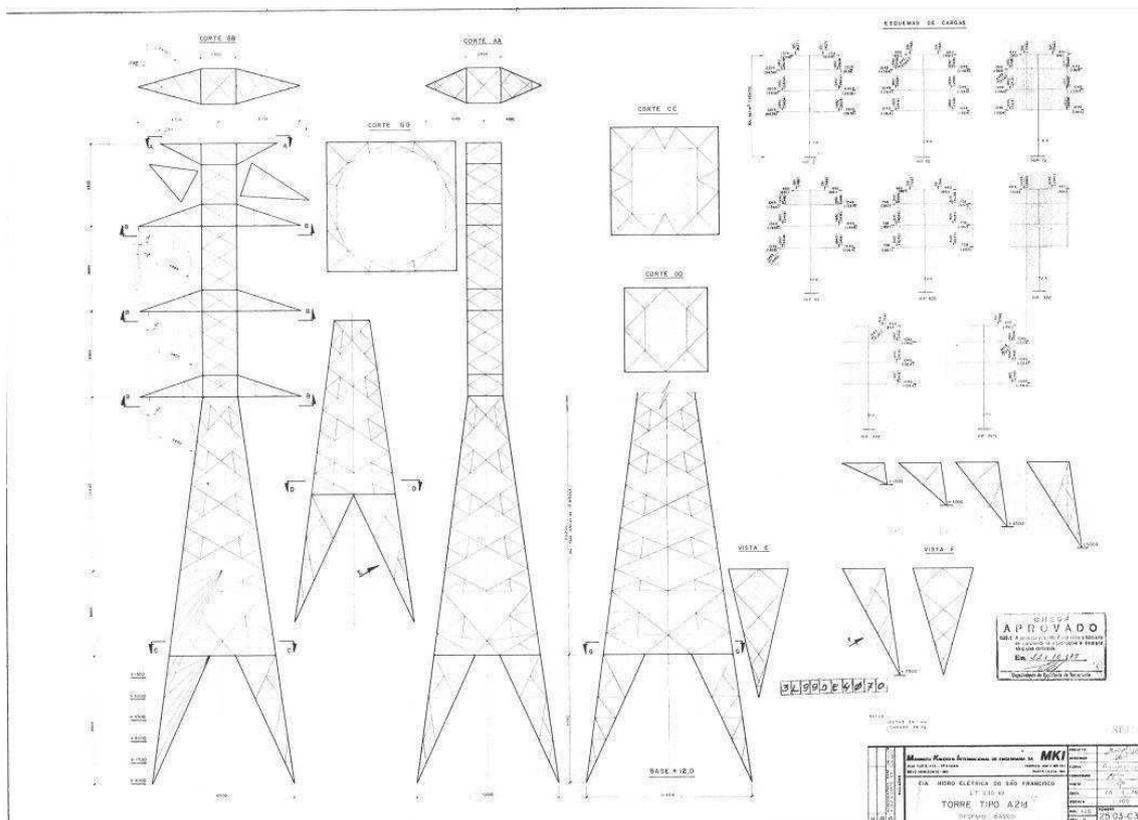


Figura 3 : Desenho da estrutura A21d (MKI, 1977).

Terminal ou Ancoragem Total: São suportes utilizados no início e fim das linhas de transmissão, este tipo de estrutura tem a responsabilidade de manter os condutores esticados, portanto, são os suportes mais reforçados.

Ângulo: Estruturas que, além de suportar os esforços descritos anteriormente, tem que suportar a força resultante das forças de tração que os condutores exercem no ponto em que se cruzam. A Figura 4, exemplifica este tipo de estrutura com a estrutura denominada AF2d.

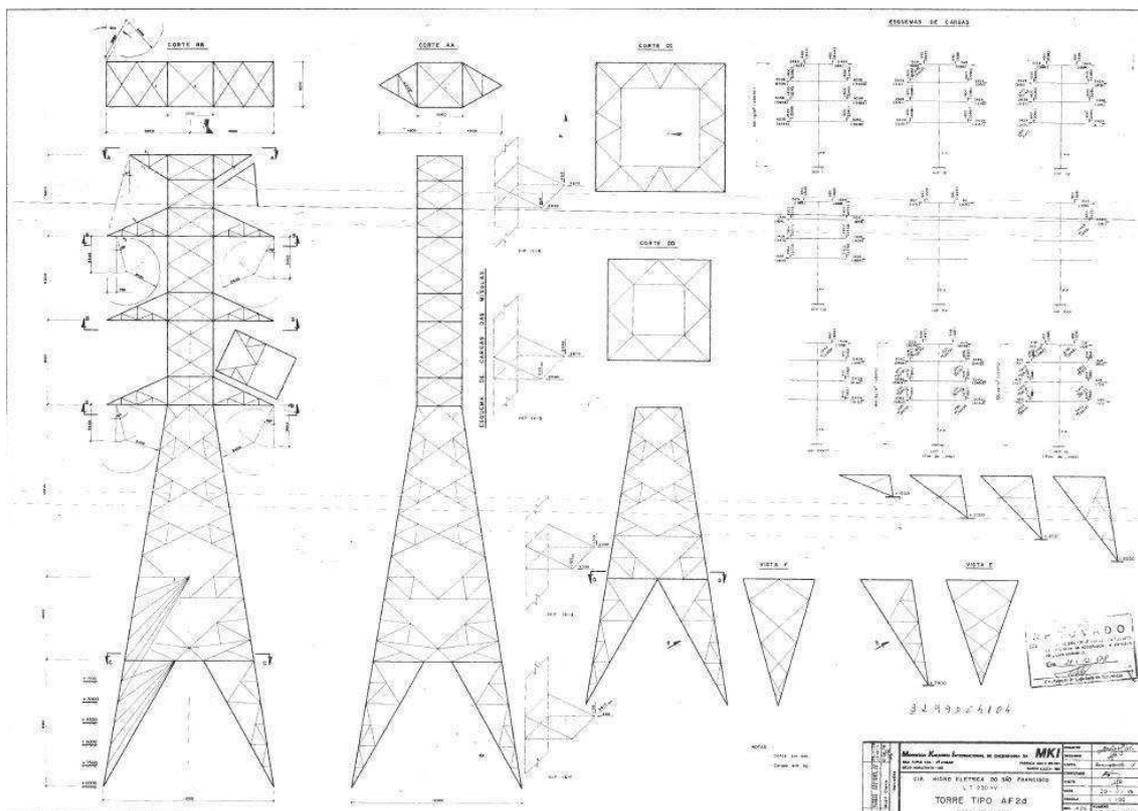


Figura 4: Desenho da estrutura AF2d (MKI, 1977).

Derivação: Em casos de derivação, para que não seja necessário um pátio de seccionamento e manobras, é utilizado um tipo de estrutura projetada para esse fim. No caso da linha de transmissão em questão, foi utilizado a estrutura 2DT, 2 postes duplo “T” de 36m/2400kgf. O projeto em perfil do poste utilizado pode ser observado na Figura 5.

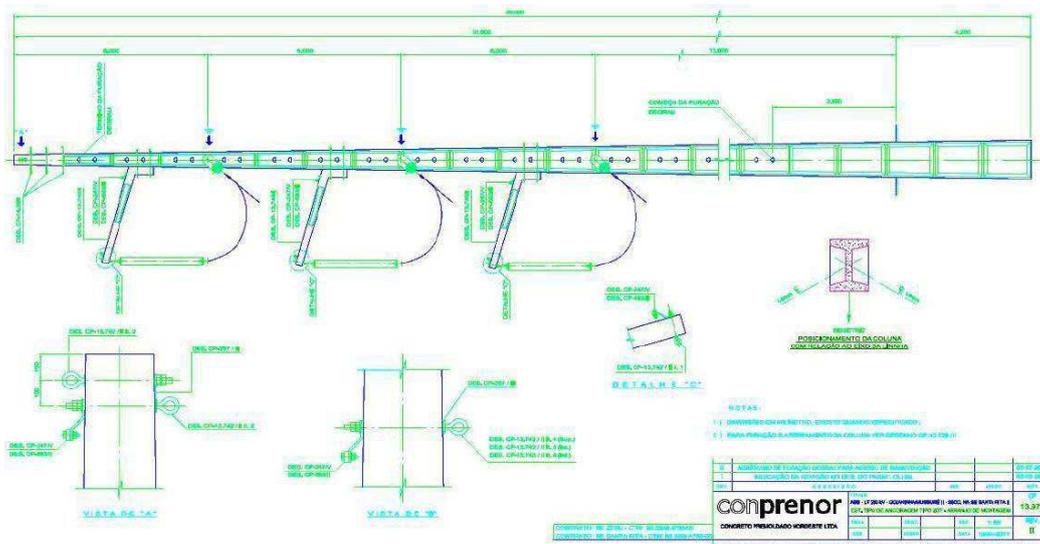


Figura 5 : Perfil de projeto da estrutura do tipo 2DT, composta por 2 postes duplo “T” 36m/2400kgf (COMPRENOR, 2011).

1.2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS QUANTO À FORMA DE RESISTIR

Quanto a forma de resistir, as estruturas podem ser classificadas em dois duas famílias: Estaiadas e Autoportantes. Nas quais, os esforços a que são submetidas, são transmitidos ao solo.(Labegalini el al., 1992)

Autoportantes: Dimensionadas para transmitir os esforços ao solo através de suas fundações. As estruturas utilizadas na linha de transmissão em questão foram projetadas desta forma. A Figura 6 ilustra uma estrutura autoportante.

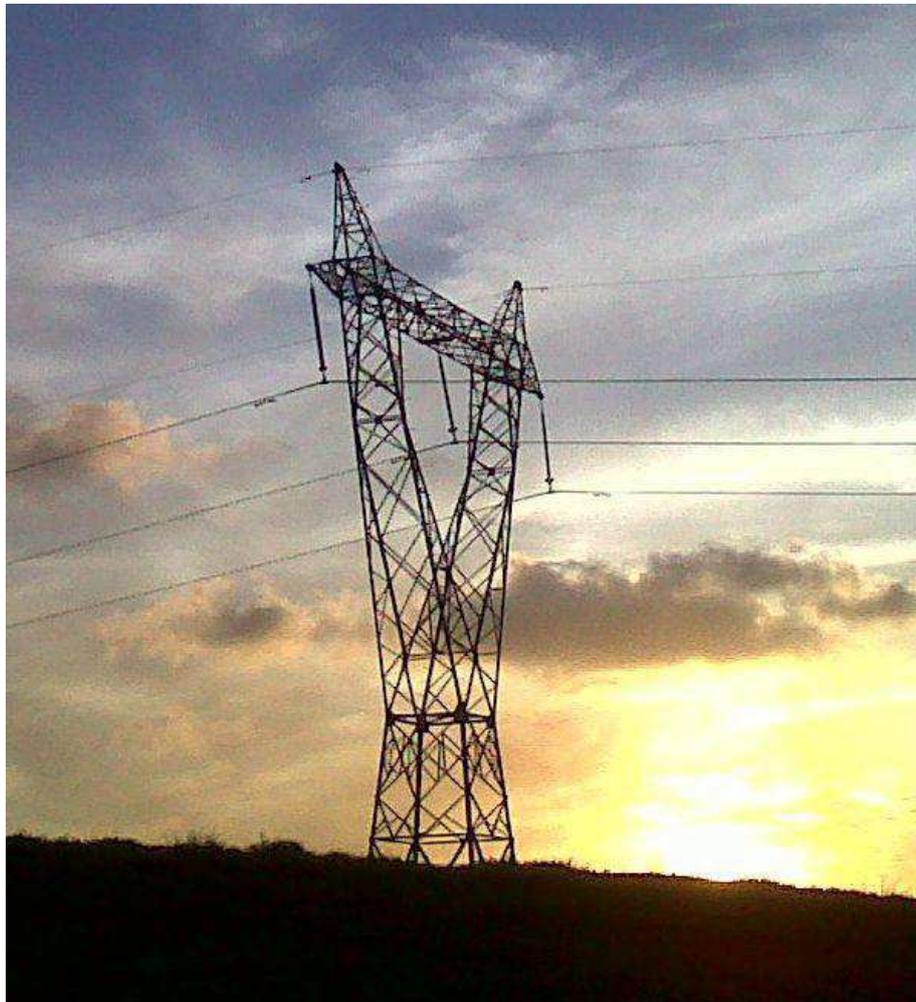


Figura 6 : Estrutura Autoportante em Nossa Senhora do Socorro - SE.

Estaiada: Neste tipo de suporte, são empregados estais, ou tirantes, para distribuir os esforços horizontais transversais e longitudinais.

1.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA SERVIÇOS DE LINHA DE TRANSMISSÃO - CHESF

Para toda e qualquer construção de linha de transmissão em posse da Eletrobrás/CHESF, há uma especificação técnica que regula todas as atividades relacionadas à obra, as atividades são fiscalizadas por colaboradores da CHESF para que todos os regulamentos sejam cumpridos durante toda a construção da linha de transmissão. A construtora é responsável por seguir tais regulamentos para que haja suporte jurídico em quaisquer condições.

1.3.1 ABERTURA E LIMPEZA DE FAIXA

As linhas de transmissão podem ser construídas em diversas áreas, inclusive áreas que existem matas ou plantações. Para que a empreiteira tenha acesso à área da torre, é necessário que sejam abertos caminhos em meio às plantações e matas existentes.

Supressão de Vegetação

A supressão da vegetação é o corte das espécies vegetais para abertura da faixa de segurança e da área com remoção e arrumação da lenha e/ou madeira para o limite da borda de faixa (Chesf, 2009).

Faixa de Servidão

É a área onde será implantada a linha de transmissão por resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), para qual a CHESF disponibilizará as Licenças Ambientais, entre as quais, a de Supressão Vegetal e os direitos de passagens, obtidas juntos aos proprietários das terras (Chesf, 2009).

Faixa de Segurança

É a área ao longo da faixa de servidão (Chesf, 2009), dentro da qual será executada a supressão da vegetação, seguindo as especificações básicas:

- LT 230kV circuito simples/duplo – de 30 a 45 metros, dependendo das características da linha.
- LT 500kV circuito simples – de 60 a 75 metros, dependendo das características da linha.

1.3.2 TOPOGRAFIA

Conferência Topográfica

A conferência topográfica abrange os seguintes serviços (Chesf, 2009).

- Verificação do Alinhamento;
- Conferência dos ângulos;
- Distância entre os marcos;
- Desníveis entre os marcos;
- Conferência do levantamento de travessias;
- Comentários sobre os desenhos de planta, perfil e fornecimento das cadernetas de campo;
- Locação do eixo principal e reposição dos marcos conforme Tabela de Locação de Estruturas e desenhos do traçado, de planta e perfil;
- Locação do piquete de centro das estruturas e dos piquetes de amarração dos eixos.

1.3.3 ESCAVAÇÕES

As escavações deverão ser executadas (escoradas, se o terreno se mostrar desmoronável) com as dimensões mínimas necessárias à boa execução dos serviços de acordo com as especificações técnicas da CHESF (Chesf, 2009).

Toda escavação será classificada pela fiscalização numa das seguintes categorias (Chesf, 2009).

CATEGORIA “A”: Abrange as escavações executadas em solos (terrenos) tais como: Areia, argila rija ou seca, massapê, piçarra e aqueles que contenham fragmentos de rocha ou pedra rolada (seixos), escaváveis com o uso normal de pás e picaretas.

CATEGORIA “B”: Abrangem as escavações executadas em rocha muito alterada, solos concrecionados, solos lateríticos, regiões de blocos de rocha e matações e outros tipos de terreno que venham a exigir o emprego de alavancas e/ou equipamento pneumáticos para escavação, sem necessidade de explosivo.

CATEGORIA “C”: Abrange escavações em rocha pouco alterada e são, blocos de rocha de grandes dimensões e outros tipos de terreno que venham a exigir o emprego de explosivos para abertura de cavas.

CATEGORIA “D”: Abrange escavações executadas em solos alagadiços (exigindo a execução de ensecadeiras simples ou duplas) e aquelas que venham a atingir o nível d’água subterrâneo, obrigando o bombeamento (contínuo ou através de rebaixamento com ponteiras), bem como o escoramento da cava.

1.3.4 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

O controle tecnológico do concreto deverá ser feito tomando como base um ou diversos traços experimentais dosados racionalmente pelo empreiteiro visando ao atendimento das condições de trabalhidade, resistência e demais exigências do projeto (Chesf, 2009).

Entre as exigências da Chesf em relação ao concreto, se destaca a necessidade de moldar corpos de prova para verificação de resistência à compressão, que deve ser feito no local onde o concreto será utilizado. Assim como a verificação da consistência (SLUMP-TEST) do concreto antes que o mesmo seja utilizado nas fundações de qualquer estrutura metálica.

1.3.5 REATERROS

Após o concreto aplicado às fundações da estrutura secar, a empreiteira deve iniciar o reaterro das cavas, atividade que também segue especificação técnica da Chesf no que diz respeito à forma de compactação do material utilizado no reaterro e aos testes executados para comprovar a resistência à carga devido ao peso das estruturas e os condutores.

O solo utilizado para reaterro das cavas de fundações apresenta a seguinte classificação (Chesf, 2009):

Solo Nativo: Aquele proveniente da própria escavação ou encontrado num raio de até 50 metros a partir do piquete de qualquer fundação.

Solo Local: Aquele obtido num raio maior que 50 metros e menor que 1000 metros, contado a partir do piquete de qualquer fundação.

Solo Importado: Solo obtido num raio superior a 1000 metros do piquete de qualquer fundação.

Independente do solo a ser utilizado, ele deve passar pela aprovação da fiscalização da Chesf e dos teste de resistência a carga.

1.3.6 MONTAGEM DAS ESTRUTURAS

À empreiteira caberá a seleção das técnicas de montagem das estruturas que, entretanto, deverão ser submetidas à aprovação da fiscalização. A empreiteira poderá, também, optar por métodos de montagem diferentes dos especificados para as estruturas metálicas ou de concreto, cabendo a fiscalização aprovar o método de montagem.

Para que haja resistência suficiente do concreto para receber o peso da estrutura, há um prazo mínimo de 7 dias para início dessa atividade (Chesf, 2009).

O ajuste final dos parafusos é feito com a utilização de chave dinamométrica, respeitando rigorosamente os valores de torque máximo e mínimo, conforme o projeto das estruturas. Na tabela 1 são mostrados os valores de torque segundo especificação técnica da Chesf.

Tabela 1. Tabela de torque para os parafusos da LT 230kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II (Chesf, 2009).

Tipo de Parafuso	Torque (kgf/m)	
	Mínimo	Máximo
1/2"	52,05	2,50
5/8"	51,93	4,01
3/4"	58,18	6,10
7/8"	56,02	5,41
1"	47,95	5,66

1.3.7 SISTEMA DE ATERRAMENTO

Para as linhas de 230 kV, todas as estruturas devem ser aterradas (Chesf, 2009).

Medição da Resistência do Aterramento

Equipamento: A empreiteira deverá usar o aparelho apropriado para medição de resistência de aterramento, tipo null balance, tendo em vista que as medições poderão ser feitas próximas a linhas de transmissão energizadas. Sendo assim, deverá ser imune a correntes e potências parasitas.

Duas hastes de aterramento de aço revestido de cobre (similar ao *COPERWELD*), tendo aproximadamente 1 metro de comprimento e diâmetro mínimo de 16mm, as que deverão possuir dispositivos que permitam a conexão fácil e segura dos condutores (Chesf, 2009).

Locação das Hastes de Aterramento: As hastes de aterramento deverão ser locadas em linha reta com o ponto de ligação à estrutura, de tal modo que a haste de potencial fique entre a haste de corrente e o ponto de ligação à estrutura.

A haste de corrente deverá ser cravada a uma distância de 100m do ponto de ligação à estrutura e deverá permanecer fixa durante a realização das medições.

Entre a haste de corrente e o ponto de ligação da estrutura não deverão existir objetos metálicos enterrados, como: outras estruturas, contrapesos, tubulações, etc.

A haste de potencial deverá ser cravada inicialmente a 10m do ponto de ligação à estrutura e, a seguir, para cada nova leitura do aparelho, esta haste deverá ser deslocada de 10m em direção a haste de corrente.

A direção preferencial para realização das medições deverá ser perpendicular ao eixo da linha de transmissão, se uma das condições anteriores não for satisfeita, as medições devem ser realizadas em qualquer outra direção, inclusive seguindo o eixo da linha de transmissão (Chesf, 2009).

Medição: As medições deverão ser feitas de acordo com as recomendações do fabricante do aparelho.

Deverão ser feitas tantas leituras quanto necessárias, até que ocorra uma das seguintes situações (Chesf, 2009):

1. Diferença entre cada uma das três leituras sucessivas e a média das três não seja superior a 10% (dez por cento) desta média.
2. A distância do eletrodo do potencial ao eletrodo de corrente seja inferior a 30m, sem ter ocorrido a situação 1.
3. Caso não ocorra a situação do item 1, o eletrodo de corrente deverá ser cravado numa posição mais afastada da estrutura (aproximadamente 150m) e as medições deverão ser repetidas.
4. Será considerado como valor da resistência de aterramento da estrutura, a média dos três valores obtidos conforme item 1.

Instalação do Sistema de Aterramento: A empreiteira deverá aterrar todas as estruturas através da instalação de fio contrapeso ou haste de aterramento. As hastes de aterramento serão *COPPERWELD* ou similar, com bitola de 3/4 polegadas e comprimento de 3 metros. O comprimento inicial do fio contrapeso a ser instalado para cada estrutura é definido em projeto pela Chesf.

O valor máximo da resistência deverá ser de 20 Ohm. Ultrapassando este valor, a empreiteira deverá seguir as instruções da fiscalização.

A empreiteira optou por utilizar um terrômetro para realizar as medições de resistência de aterramento, o modelo utilizado foi o Terrômetro Digital MTD-20KWe, de fabricação da Megabras, que pode ser visto na figura 7.



Figura 7 : Terrômetro MTD-20KWe – utilizado para medição de resistência de aterramento.

1.4 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E REQUISITOS BÁSICOS – ESPECIFICAÇÕES DA ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) exige, para a construção de linhas de transmissão, que a capacidade elétrica, mecânica e sejam iguais ou superiores à linha existente. Para a linha de transmissão em questão, foi considerada pela ANEEL que a resistência de sequência positiva por unidade de comprimento dos trechos de linha de transmissão entre o ponto de seccionamento e a subestação, para frequência nominal de 60Hz e a temperatura de 50°C deve ser igual ou inferior a 0,103 Ω /km (ANEEL, 2009).

Quanto a capacidade de corrente, os trechos da linha de transmissão devem ter capacidade operativa de longa duração de, no mínimo, 635 A. Com base na temperatura de projeto da linha de transmissão existente, o empreendedor deve disponibilizar uma capacidade operativa de curta duração, admissível durante condição de emergência, de no mínimo 800 A (ANEEL 2009).

Em relação a proteção das linhas de transmissão, a ANEEL tem como exigência que as linhas de transmissão devem ter pelo menos um cabo para-raios do tipo *Optical Ground Wire* – OPGW. No caso de trechos de linhas originados a partir do seccionamento de uma linha de transmissão existente, deverá ser aplicada a seguinte regra: se a linha existente já possuir cabo(s) pára-raios tipo OPGW, os novos trechos de linha a serem implantados deverão, no mínimo, manter a confiabilidade e a capacidade da transmissão de dados originais da linha como um todo (entre as subestações terminais existentes e a nova subestação a ser implantada); se a linha existente não possuir cabo pára-raios tipo OPGW, não haverá obrigatoriedade de instalação de cabos tipo OPGW nos novos trechos de linha. Na figura 8, é apresentado o diagrama unifilar onde está situada a subestação Santa Rita II, bem como sua ligação pelas linhas de transmissão de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II e Pau Ferro – Santa Rita II.

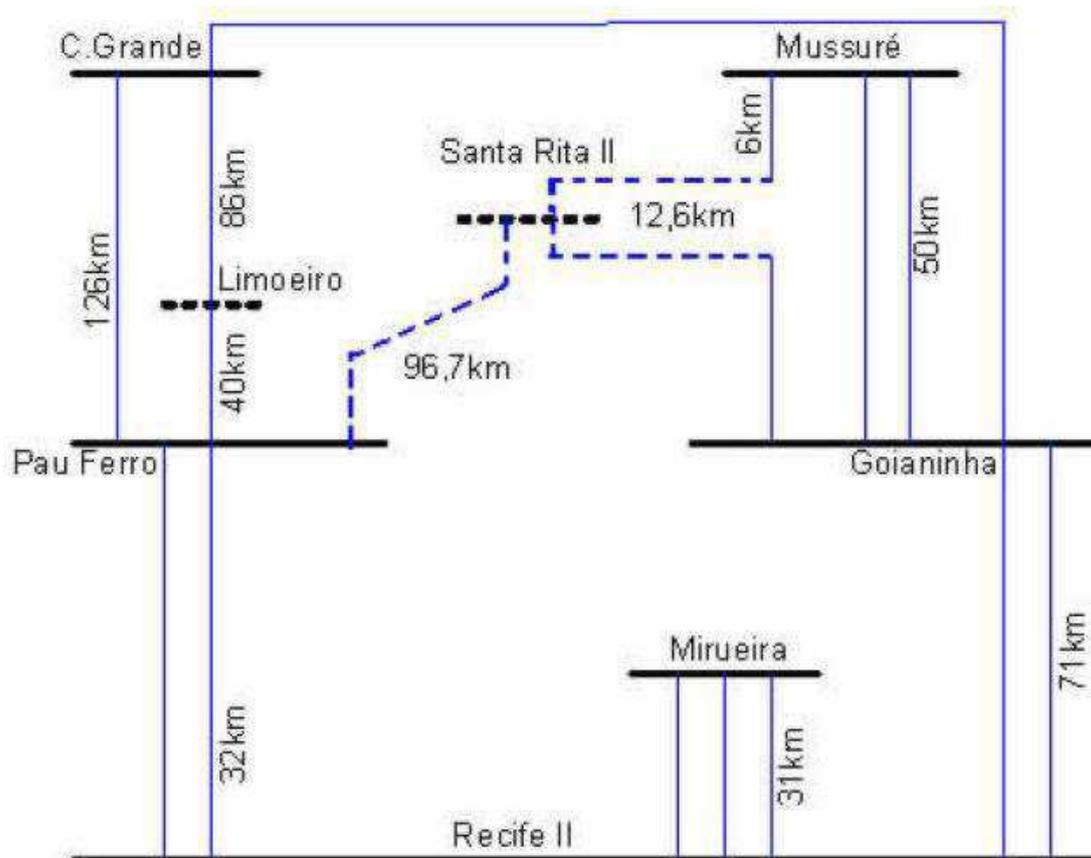


Figura 8 : Diagrama unifilar simplificado da região de instalação da subestação Santa Rita II e da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré – Santa Rita II (ANEEL, 2009).

2 O ESTÁGIO

2.1 A EMPRESA

A Energy Eletricidade LTDA é uma empresa especializada no ramo de execução de projetos elétricos, com experiência na construção de linhas de transmissão de 69 a 500 kV, subestações abaixadoras, parques eólicos, linhas de distribuição de 13,8 kV, dentre outros.

Atualmente, estes são alguns projetos em execução pelo setor de construção:

- Linhas de Transmissão de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II, Paulo Afonso III – Zebu II e (adicionar Sergipe);
- Parques Eólicos nas cidades de Brotas de Macaubas – Bahia e Acaraú – Ceará.

2.2 ATIVIDADES INICIAIS

Inicialmente, a fim de se familiarizar com as atividades, foi ministrada uma aula, pelo engenheiro eletricitista Alfredo de Carvalho Filho, sobre o que é uma linha de transmissão e quais os passos a serem seguidos na construção da mesma. Após esse introito, foram realizadas visitas a obras em execução pela Energy Eletricidade, a primeira se deu na obra de recondutoramento de Itabaiana - Lagarto – Sergipe, de posse de Energisa Sergipe. No momento, algumas fundações de estruturas eram escavadas, enquanto outras, eram concretadas. Em seguida, visitou-se a obra da LT 69 kV Jardim – Carmópolis, na cidade de Carmópolis – Sergipe, onde os trabalhos de concretagem estavam concluídos e os postes seriam implantados. As visitas tiveram a supervisão e o acompanhamento do engenheiro eletricitista Crisóstomo Pereira Leite.

Por fim, visitou-se a obra da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II– Santa Rita II, principal locação do estágio, onde estavam sendo executadas as atividades de escavação de cavas, topografia, limpeza de faixa/Área da torre, concretagem das fundações e montagem das estruturas metálicas.

2.3 LT DE 230 KV GOIANINHA – MUSSURÉ II – SANTA RITA II

Essa linha, com extensão de aproximadamente 13 km energizará a subestação Santa Rita II, 230/69 kV, localizada na cidade de Santa Rita – Paraíba, a construção da subestação visa ampliar os serviços oferecidos pela Chesf nesta cidade e municípios de regiões vizinhas. A LT parte do seccionamento da linha de transmissão 230 kV Goianinha – Mussuré II, em circuito duplo, à alimentação do primeiro circuito da subestação Santa Rita II, o trecho percorrido pela LT supracitada e a área de implantação da subestação é ilustrado na figura 9.

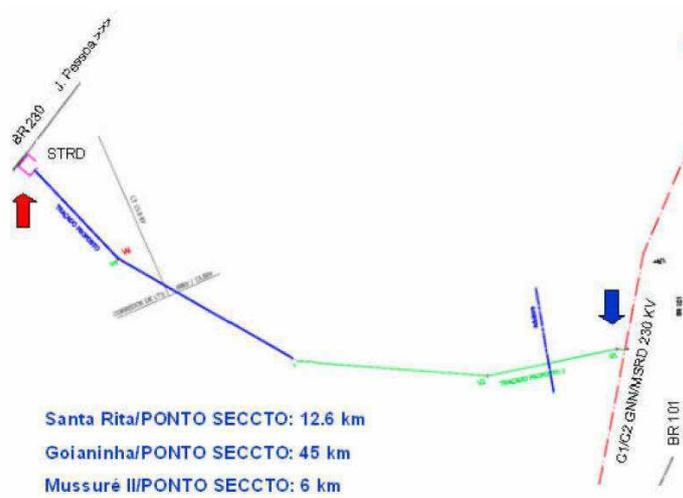


Figura 9: Area prevista para implantação da SE Santa Rita II, contemplando o trecho de LT 230 kV entre a SE Santa Rita II e o seccionamento da LT 230 kV Goianinha – Mussuré II (ANEEL, 2009).

2.4 ACOMPANHAMENTO DA OBRA

Com o fim do período de familiarização, teve início a fase de acompanhamento da obra. Para a construção de uma linha de transmissão em 230 kV, segue-se um roteiro que organiza as atividades de construção civil, montagem eletromecânica das estruturas, implantação dos postes e lançamento dos cabos condutores.

Para fins de acompanhamento da contratante (ABB) e do cliente (Chesf), existem documentos como o Relatório Diário de Obra (RDO), onde são especificadas as atividades realizadas no dia, incluindo o contingente e o maquinário utilizado na execução. Além do RDO, temos a Programação de Execução Diária (PED), que é o planejamento das atividades a serem executadas posteriormente.

Programação de Execução Diária:

Ao final de cada dia, fica a cargo da equipe de engenharia e encarregados planejar e documentar as atividades a serem executadas no dia seguinte. A programação de Execução Diária deve ser entregue a fiscalização da Chesf para conhecimento e acompanhamento das atividades. Ainda, estes relatórios, RDO e PED, devem ser enviados eletronicamente à contratante (ABB). A PED pode ser observada na Figura 12.

PROGRAMA DE EXECUÇÃO DIÁRIA			
OBRA: Construção da LT 230 kV Goianinha - Mussuré II - Santa Rita II			
SERVIÇO	PREVISTO PARA O DIA: 08/02/2012	EXECUTADO EM: 07/02/2012	OBSERVAÇÕES
1 TOPOGRAFIA			
1.1 Levantamento Topográfico			
1.2 Locação de Cavas			
1.3 Marcação de Cavas			
1.4 Nivelamento de Fundo de Cavas	Nivelamento de fundo de cavas da estrutura 5/2;	Nivelamento de fundo de cavas da estrutura 5/3;	
2 FAIXA			
2.1 Limpeza de Faixa		Limpeza de área da estrutura 2/2;	
2.2 Limpeza da Área da Torre			
2.3 Recup. Estrada de Acesso			
2.4 Abertura Estrada de Acesso			
3 ESCAVAÇÃO			
3.1 Escavação de Torre	Escavação das cavas da estrutura 2/2;		
3.2 Ensaio de fundo de cavas	Ensaio de fundo de cavas da estrutura 1/4;	Ensaio de fundo de cavas das estruturas 5/2 e 5/3;	
4 FERRAGENS			
4.1 Armação das Ferragens	Continuação da armação de ferragens e formas na estrutura 5/3	Início armação de ferragens e formas na estrutura 5/3;	
4.2 Instalação nas Cavas	Início da instalação de formas e ferragens da estrutura 5/3;		
4.3 Posicionamento			
4.4 Confeção			
5 STUBS			
5.1 Pintura da Área de Transição			
5.2 Nivelamento dos Stubs			

Figura 12: Programação de Execução Diária Energy/ABB/Chesf.

Relatório Mensal

Ao final de cada mês, é escrito um relatório mensal, descrevendo todas as atividades realizadas, inclusive com relatório fotográfico, e o planejamento para o mês seguinte, como pode ser observado na Figura 13.

	RELATÓRIO MENSAL	N.º 01/2012 <u>Janeiro</u>
1. Introdução		
A Energy Eletricidade LTDA, empresa do ramo de engenharia, realiza atualmente trabalhos de Montagem Eletromecânica na construção da linha de transmissão Goianinha – Mussuré II – SE Santa Rita II, para a empresa ABB, conforme contrato firmado entre estas.		
Neste, segue descrição das atividades realizadas, da mão de obra e dos equipamentos disponíveis no mês de janeiro de 2012. Em anexo, fotos referentes às atividades aqui relacionadas.		
2. Eventos Significativos Ocorridos no Período		
<ul style="list-style-type: none"> • Encerrada toda conferência topográfica; • Locação das cavas das estruturas 13/4, 13/3, 13/2, 13/1, 12/2, 12/1 e 8/1; • Confeção das ferragens referentes a todas as sapatas; • Escavações das estruturas 13/4, 13/3 e 13/2; • Limpeza de faixas e abertura de acessos às estruturas 13/4, 13/3, 13/2, 13/1, 12/2, 12/1, 10/2, 10/1, 9/1; • Pintura dos stubs. 		
3. Principais Metas Para o Próximo Mês		

Figura 13: Relatório Mensal Energy/ABB.

2.4.1 NOMENCLATURA

Estruturas

Para facilitar o acesso a cada estrutura e o entendimento do projeto, a Chesf utiliza uma nomenclatura para identificar cada estrutura. A numeração da estrutura é definida em ordem crescente, partindo do início da linha (derivação) até o ponto final da linha (subestação). A partir dessa regra, a nomeação é feita com dois números da forma X/Y, onde X representa o quilômetro da linha em que a estrutura se encontra e Y representa a contagem de estruturas dentro daquele quilômetro.

Um exemplo ilustrativo é a estrutura 6/2, segunda estrutura do quilômetro 6 da LT.

Vão

É o termo utilizado para identificar a distância, em metros, entre duas estruturas em sequência.

Flecha

É a distância, em metro, do ponto de suporte do condutor em determinada estrutura ao ponto de maior inflexão da sua curva, determinada por uma catenária.

Bastante utilizados quando se trata de linhas de transmissão, os termos vão e flecha, são ilustrados na figura 14.

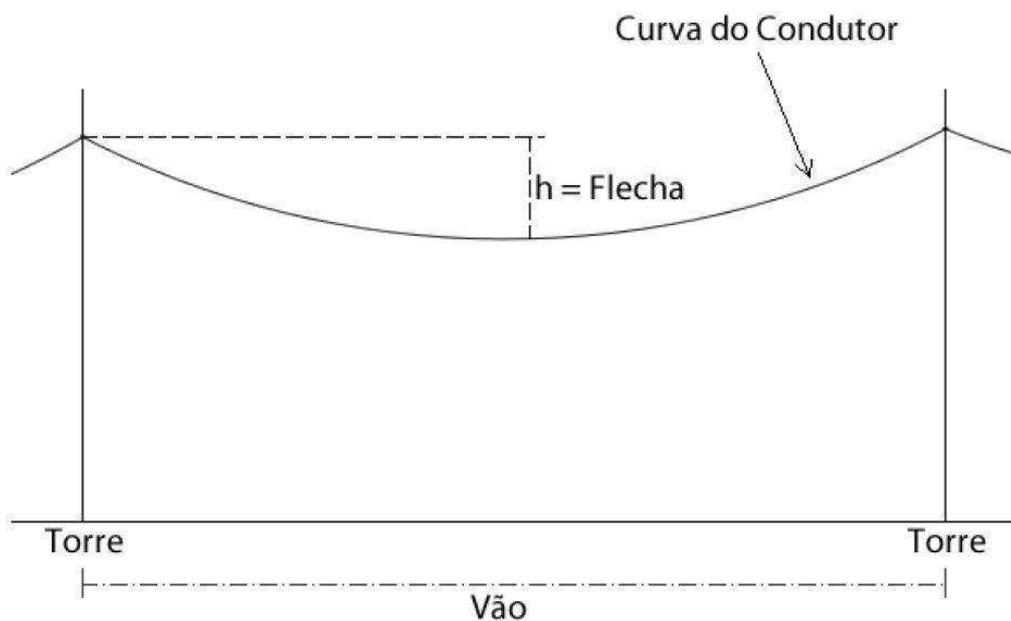


Figura 14: Esquema: Vão entre duas estruturas e flecha de um condutor.

2.5 ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO

2.5.1 TOPOGRAFIA

Inicialmente, são realizadas as atividades de topografia, onde são marcados os locais de instalação das estruturas, o marco central. Em seguida, é feita a locação de cavas da estrutura, na Figura 15 pode ser observado o trabalho de locação de cavas de uma das estruturas da linha de transmissão.



Figura 15: Locação de cavas da estrutura 2/2 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.

O trabalho topográfico se estende durante quase toda a construção da obra, em etapas como: nivelamento de fundo de cavas, posicionamento dos Stubs, concretagem das fundações da estrutura, nivelamento dos postes, nivelamento dos condutores, entre outras. Na Figura 16, pode-se observar a equipe de topografia na concretagem de uma das fundações de uma das estruturas da linha de transmissão.



Figura 16: Concretagem da estrutura 6/1 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.

2.5.2 LIMPEZA DE FAIXA E DE ÁREA DA TORRE

Para a realização das atividades de construção da linha de transmissão e para auxiliar a equipe de manutenção da Chesf, é necessário fazer a limpeza de faixa e de área da torre. Além de criar estradas de acesso para as estruturas.

A limpeza de faixa consiste na supressão de matas existentes e/ou retirada do plantio ao longo da faixa de servidão da linha de transmissão, seguindo a regulamentação da ANEEL. Na linha de transmissão em questão, a faixa de servidão possui 40 metros de largura, centralizado no eixo da linha, conforme ilustrado na Figura 17.



Figura 17: Limpeza de Faixa e Estrada de acesso da estrutura 7/1 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.

Na limpeza de área da torre, uma área de 30mx30m é aberta, esta área servirá para acomodação do maquinário, peças metálicas para a montagem das estruturas e equipamentos. As áreas encontradas durante o período de estágio continham plantio de cana-de-açúcar, abacaxi e em alguns casos, matas com árvores e vegetação mais densa, como pode ser observado na Figura 18.



Figura 18: Mata a ser suprimida da estrutura 2/2 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.

A limpeza da faixa de servidão serve para auxiliar na passagem dos condutores, visto que o caminho criado pela limpeza será utilizado para tráfego e alocação de equipamentos que serão utilizados durante o lançamento dos condutores.

2.5.3 ESCAVAÇÕES

Após a locação de cavas das estruturas, se inicia o trabalho de escavação, que pode executado manualmente, com o auxílio de pás, picaretas e rompedores, ou com apoio de máquinas pesadas.

Em alguns tipos de solos, algumas precauções devem ser tomadas para evitar que as atividades sejam prejudicadas, como em solos arenosos, onde há o risco de desmoronamento das paredes da cava. Em casos de alagamento, a escavação é feita com auxílio de bombas d'água ou rebaixador de nível de lençol freático.

Na Figura 19 é ilustrada a escavação com auxílio de uma retroescavadeira e escoramento para evitar o desmoronamento das paredes da cava.



Figura 19: Retroscavadeira realizando escavações da estrutura 1/2 da LT de 230 kV Goianinha – Mussuré II – Santa Rita II.

Na sequência, pode-se observar na Figura 20 a estrutura 50% alagada devido as chuvas e na Figura 21, a bomba d'água utilizada para remover a água da cava.



Figura 20: Estrutura 1/2 alagada devido as chuvas.



Figura 21: Mangueira da bomba d'água auxiliando na remoção da água do interior da cava.

2.5.4 CONCRETAGEM DAS SAPATAS

A principal atividade no que diz respeito a construção civil de uma linha de transmissão, é a concretagem dos pilares que servirão de base para as torres, as sapatas. O tipo de fundação que será utilizado depende do esforço mecânico ao qual será submetido e ao tipo de solo onde será implantado. Na Figura 22 o detalhe do projeto para solo tipo A de estrutura do tipo AF2d.

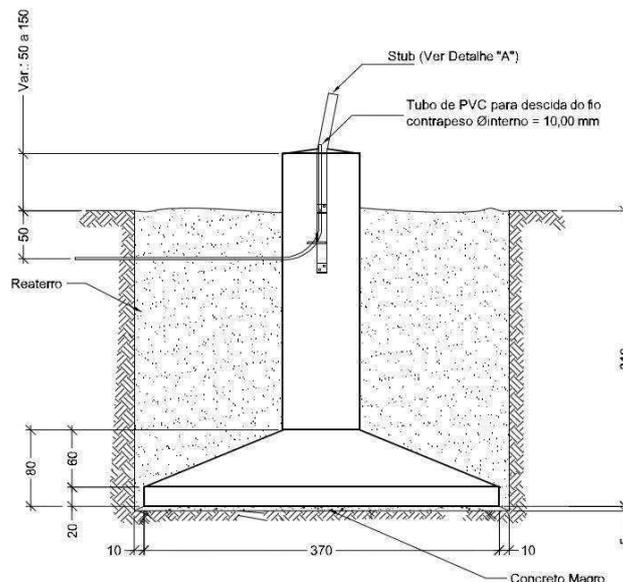


Figura 22: Detalhe da sapata para solo tipo A de estrutura metálica autoportante AF2d (Chesf, 2009).

Existe um controle rigoroso no que diz respeito a qualidade do concreto, para atender o controle de qualidade da Chesf, são realizados ensaios durante sua aplicação, o SLUMP-TEST, onde a consistência do concreto é testada e no local onde o concreto será aplicado, são moldados corpos de prova em recipientes cilíndricos, para que após o período de secagem, testes de resistência a compressão sejam realizados. Na Figura 23, o corpo de prova pode ser observado.



Figura 23: Detalhe dos corpos de prova moldados durante a aplicação do concreto na fundação da estrutura 13/4.



Figura 24: Detalhe da aplicação e moldagem do concreto na fundação da estrutura 6/1.



Figura 25: Detalhe da sapata após a remoção dos moldes da estrutura 3/2.

2.5.5 MONTAGEM DAS ESTRUTURAS E IMPLANTAÇÃO DOS POSTES

É de total responsabilidade da empreiteira o recebimento e a conferência das ferragens para as estruturas metálicas, além da montagem das mesmas. Durante a realização do estágio, acompanhou-se a montagem de várias estruturas e a implantação de dos postes que marcam o início da linha de transmissão. Nas Figuras 26, 27 e 28, pode-se observar as etapas da montagem da estrutura 10/1.



Figura 26: Detalhe da montagem da extensão para a base da estrutura 10/1.



Figura 27: Detalhe da montagem da base da estrutura 10/1.

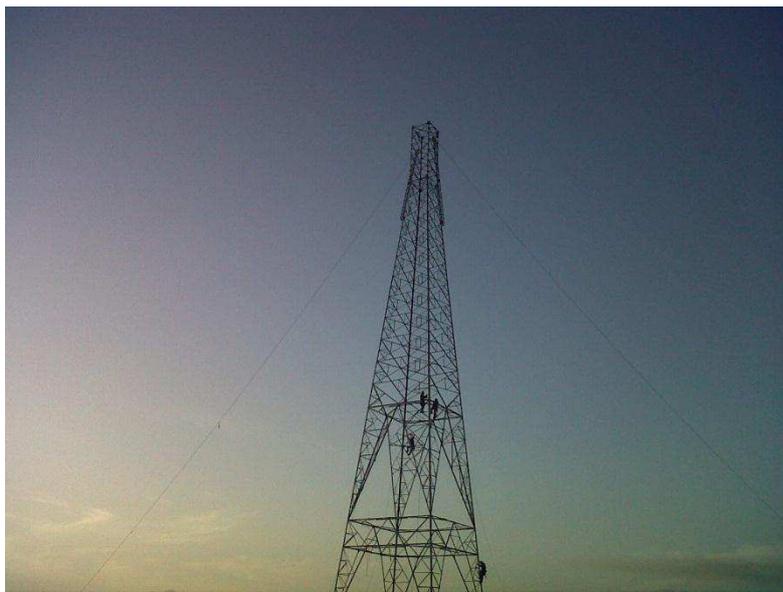


Figura 28: Detalhe da montagem do tronco comum da estrutura 10/1.

Para a construção da linha em questão, a organização das equipes foi feita como a seguir:

Separação de ferragens no pátio: Equipe responsável por separa e conferir as ferragens e os parafusos que serão utilizados na montagem da estrutura. Sua atividade é imprescindível para a prevenção de falta de materiais durante a montagem. Composição da equipe:

02 montadores (experientes);

05 ajudantes;
01 caminhão munck.

Pré-montagem no pé da torre: equipe responsável por preparar as estruturas para posterior montagem, onde são alocados:

03 montadores;
02 ajudantes.

Montagem da estrutura: para esta atividade, é necessária maior supervisão, portanto a presença do encarregado de montagem, composta por:

01 encarregado de montagem;
09 montadores;
07 ajudantes;
01 caminhão munck;
01 retroescavadeira/trator.

O encarregado é responsável por coordenar todas as equipes e verificar os detalhes no projeto. Para a montagem, dois montadores são alocados em cada pé da torre, recebendo as peças e parafusando-as, e um embaixo, responsável por comandar os ajudantes ao lançar as peças acima e ao monta-las no chão.

Durante o estágio, foram implantados dois postes duplo “T” 36m/2400kgf, que serão utilizados para a derivação da linha de transmissão já existente. Na Figura 29, pode-se observar os postes no local de implantação.



Figura 29: Detalhe do poste duplo “T” da estrutura 1/1.

Os equipamentos utilizados para o içamento do poste devem ser escolhidos de modo a não causar danos aos materiais e não devem ser operados de maneira a evitar riscos de acidentes. Para o içamento dos postes em questão, os seguintes equipamentos e contingente foram utilizados:

- 02 guindastes;
- 01 caminhão munck;
- 01 encarregado de içamento;
- 06 montadores;
- 07 ajudantes;
- 01 topógrafo;

Toda a operação exige o acompanhamento da fiscalização da Chesf, que pode a qualquer momento, parar a operação por falha no processo de içamento ou por condições com interfiram na segurança da estrutura. Na Figura 30, é possível observar o içamento do poste com auxílio dos guindastes.



Figura 30: Içamento do poste duplo “T” da estrutura 1/1.

Após o içamento completo do poste, o mesmo é deslocado para a cava onde será implantado e em seguida será aplicado concreto nas suas fundações. Na figura 31 pode-se observar o mesmo sendo implantado na cava.



Figura 31: Implantação do poste da estrutura 1/1 com auxílio dos montadores.

Em seguida, o poste é alinhado com auxílio do equipamento de topografia e as cruzetas são instaladas, concluindo então a implantação dos postes da estrutura 1/1.

2.5.6 LANÇAMENTO DE CABOS

A fase final da construção de uma linha de transmissão é o lançamento dos cabos condutores. Durante o período de estágio, a atividade não foi realizada devido a quantidade de estruturas montadas, que não era suficiente para que o lançamento fosse executado.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio curricular é a primeira oportunidade que os alunos de Engenharia Elétrica têm pra entrar em contato com a prática da engenharia. Após longos anos dedicados ao aprendizado da teoria, que poderá ser aplicada no mercado de trabalho.

Acompanhar a obra, inclusive os serviços de obra civil e montagem eletromecânica, mostrou que os anos dedicados de engenharia não são apenas voltados para a engenharia elétrica em si, mas para a engenharia como um todo, a ciência focada em resolver problemas práticos, problemas do cotidiano, como os que foram vistos no decorrer da obra.

As normas apresentadas pelas instituições reguladoras e fiscalizadoras, a exemplo da CHESF, possibilitam aos construtores qualidade e segurança no processo de execução da obra.

A elaboração do planejamento da obra, sua execução sistemática resulta em redução de desperdícios e otimização do tempo para a execução das etapas previstas.

BIBLIOGRAFIA

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

ANEEL, *Edital de Leilão N° 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, *Fundação em Sapata - Solo Tipo "A". Torre AF2d. Locação, Forma e Armação, DEPL 096/03, 2008.*

Chesf, *Especificação Técnica de Serviços de Linhas de Transmissão*, Departamento de Linhas de Transmissão (DLT) - CHESF, 2009.

CONPRENOR, *Estrutura de Acorage Tipo 2DT*, Projeto para a ABB/Chesf 2011.

Labegalini, P. R.; Labegalini, J. A.; Fuchs, R. D.; e de Almeida, M. T., *Projetos Mecânicos das Linhas Aéreas de Transmissão*, Editora Edgard Blucher, 2ª edic., 1992.

Leão, R. P. S., *Apostila da disciplina de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica*, Universidade Federal do Ceará - UFC, 2011;

MKI, *Torre de Transmissão 230 kV AF2d*, Projeto para a CHESF, 1976a.

MKI, *Torre de Transmissão 230 kV A21d*, Projeto para a CHESF, 1976b.

MKI, *Torre de Transmissão 230 kV S21d*, Projeto para a CHESF, 1977.

NOS, *Operador Nacional do Sistema Elétrico - Mapa do Sistema de Transmissão Nacional -Horizonte 2012*, Site de Internet. Disponível em <<http://www.ons.org.br>>. Acessado em março de 2012, 2012.