



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA - CEEI  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA – DEE

**DIEGO JOSÉ DE CASTRO MOREIRA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

Campina Grande, Paraíba – Fevereiro de 2009.

**DIEGO JOSÉ DE CASTRO MOREIRA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

Relatório de Estágio Integrado, apresentado como requisito para a obtenção do título de Graduado Pleno em Engenharia Elétrica realizado na empresa Energy.

Campina Grande, Paraíba – Fevereiro de 2009.

**DIEGO JOSÉ DE CASTRO MOREIRA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO REALIZADO NA EMPRESA  
ENERGY.**

Relatório Aprovado em \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Banca Examinadora

---

Prof. Leimar Oliveira

Orientador

UFCG/CEEI/DEE

---

Prof. Luís Reyes Rosales Montero

Convidado

UFCG/CEEI/DEE

Campina Grande, Paraíba – Fevereiro de 2009.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por me proteger e iluminar meu caminho sempre.

Aos meus pais José Edvan Moreira Gonçalo e Edllamarr de Castro Moreira, meus irmãos Ícaro, Emanuele e Arthur. Minha família linda e única que amo tanto. Sem o apoio de vocês com certeza não chegaria até aqui.

A minha namorada Gracyelle Alves Remígio que sempre esteve, está e estará ao meu lado me apoiando, me incentivando, enfim sempre torcendo por mim.

Aos meus grandes amigos em especial Manoel Sátiro, Marcus Vinícius, Éder, Fabiano (Pilas), Marcéu, Joálison, Zé Filho, Zizo, Vertim, Antonildo, Allan, Byh, Cahah, Einstein, Luana. Que nesses cinco anos de faculdade sempre me incentivaram, e estiveram do meu lado nos momentos felizes e tristes. Aos meus amigos que conquistei ao longo dessa vida.

A todos meus professores que desde 1988 me ensinaram a valorizar o que de mais importante podemos aprender e praticar, a “Educação”.

Aos Engenheiros Alfredo de Carvalho Filho, Luís Alberto e Leonardo Medeiros pela oportunidade e apoio nesses quatro meses de estágio.

Aos colegas de trabalho no Estágio, obrigado pelos conhecimentos passados.

Ao Prof. Leimar Oliveira, obrigado pela orientação e pela oportunidade.

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu avô,

Manoel Gonçalo da Silva e

A minha avó Ester Moreira Gonçalo.

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1- Energy Eletricidade LTDA.</i> .....	11
<i>Figura 2- Linha de Transmissão 230 kV</i> .....	14
<i>Figura 3- Linha de Transmissão 69kV</i> .....	15
<i>Figura 4- Instalação dos Acessórios – Torre de Transmissão</i> .....	16
<b>Erro! Indicador não definido.</b>	
<i>Figura 5- Estrutura H-AL</i> .....	22
<i>Figura 6- Estrutura 2Y-ARP</i> .....	23
<i>Figura 7- Início da Montagem do Andaime</i> .....	24
<i>Figura 8- Eletricista Entrando no Potencial</i> .....	25
<i>Figura 9- Três Fases Energizadas / Conexão Linha Provisória – Linha Antiga</i> .....	26
<i>Figura 10- Início do Aterramento na Fase B</i> .....	27
<i>Figura 11- Corte dos Pulos / Fase A</i> .....	27
<i>Figura 12- Três Pulos Desconectados Estrutura 62</i> .....	28
<i>Figura 13- Gancho do Guindaste Conectado a Alça de Aço</i> .....	30
<i>Figura 14- Implantação do Poste</i> .....	30
<i>Figura 15 - Poste da Estrutura "2H" Implantados</i> .....	31
<i>Figura 16 - Gancho do Guindaste Preso a Alça na Cruzeta</i> .....	33
<i>Figura 17 - Cruzeta Inferior Implantada</i> .....	33
<i>Figura 18 - Anéis de Concreto</i> .....	34
<i>Figura 19 - Acessórios Utilizados na Implantação dos Estais</i> .....	35
<i>Figura 20 - Grampeação da Estrutura</i> .....	38

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1- Características Elétricas de uma Linha de Transmissão</i> .....	20
<i>Tabela 2- Relação das Cruzetas / Especificação do Poste</i> .....	32



5.3.4 Implantação de Estais.....	35
5.4 Lançamento de Cabos.....	36
5.4.1 Implantação de Isoladores / Bandolas.....	36
5.4.2 Lançamento de Cabos Pára- Raios e Cabos Condutores.....	36
5.5 Grampeação das Estruturas.....	38
<b>6) CONCLUSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>7) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>40</b>

## 1) INTRODUÇÃO

### 1.1) A Empresa

A empresa Energy Eletricidade LTDA está situada na cidade de Campina Grande e apresenta 24 anos de experiência em atividades na área elétrica (projetos elétricos) e de construção civil.

Na área elétrica, trabalha com montagem e manutenção de transformadores disjuntores, banco de capacitores, seccionadores e motores elétricos; projetos, execução e manutenção de iluminação pública; instalação elétrica predial; e ainda montagem e manutenção desenergizada de linhas de transmissão até 69kV e manutenção e construção energizada de subestação até 69kV.

Recentemente trabalhou na montagem da Subestação do Parque Eólico Vale dos Ventos, além da implantação da LT 69kV Parque Vale dos Ventos – Mataraca no início do ano.



**Figura 1 – Energy Eletricidade LTDA.**

## *1.2) Atividades Realizadas*

O período de estágio na Energy Eletricidade LTDA aconteceu entre os dias 15 de Setembro de 2008 a 15 de Janeiro de 2009, oito horas/dia, totalizando cerca de seiscentos e quarenta horas.

A principal atividade desenvolvida durante esse período de estágio estava relacionada ao acompanhamento diário da construção de uma linha aérea de transmissão (LT), isolada para 69 kV, que servirá para interligar a subestação de 69kV Mataraca à subestação 69kV Rio Tinto, cidades situadas na região litorânea do estado da Paraíba. Ao longo desses quatro meses foi realizado um acompanhamento e uma fiscalização diária em conjunto com o engenheiro Alfredo Carvalho e sua equipe com o intuito de priorizar a qualidade da obra que no caso estava sendo desenvolvida.

Ao longo desses quatro meses tive a oportunidade de aprender e executar diferentes tarefas que me foram passadas, diariamente atualizava o Diário de Obras e Cronograma de Acompanhamento da Obra. Além de ter a oportunidade de aprender desde o conceito estrutural da obra até a sua definição no que tange o processo de aterramento das estruturas, finalização das estruturas, lançamento de cabos condutores, grampeação das estruturas.

## **2) PROJETO PRÉVIO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO**

### *2.1) Análise Prévia do Projeto de LT's ALTA E EXTRA-TENSÃO*

A rigor, o projeto de uma linha de transmissão inicia somente após os estudos de otimização, assegurando um serviço de ótimo padrão e ao mesmo tempo proporcionar o transporte de energia a custo mínimo. Sob o ponto de vista puramente econômico, a solução mais adequada é aquela em que a soma dos custos das perdas de energia durante a vida útil da linha mais o custo do investimento é a menor. Decorre daí que todas as alternativas possíveis, consideradas aceitáveis sob o ponto de vista técnico, devem ser examinadas e comparadas entre si para a escolha final. [2]

Atualmente estão em desenvolvimento, projetos de linha de transmissão na ordem de 750, 500, 345, 230, 138, 69, 44, 34,5 kV. Fica evidente que todo projeto seja

ele de engenharia ou não, necessita de uma análise prévia um estudo direcionado. No projeto de LT's de alta e extra tensão dez tópicos devem ser aprofundados com calma e muito profissionalismo, logo abaixo segue os estudos que na maioria das vezes exigem mais afincos do projetista:

### **Estudos de linhas de transmissão de alta e extra-alta tensão**

- Estudos para definição da geometria básica das estruturas;
- Estudos para seleção econômica de condutores;
- Estudos de vibração nos cabos;
- Estudos de indução em oleodutos, gasodutos, adutoras, nas proximidades de linhas de transmissão;
- Estudos de isolamento de Linhas de Transmissão;
- Estudos de materiais para Linhas de Transmissão;
- Investigação das causas de quedas de estruturas;
- Estudos técnico-econômicos para conversão de linhas existentes para tensões mais elevadas e/ou maior capacidade de transmissão;
- Aumento do número de linhas de transmissão dentro da mesma faixa de passagem;
- Compactação de linhas de transmissão [1].

Tomando como referência nosso projeto, o desenvolvimento de LT's em alta e extra-tensão segue uma cartilha de passos, que devidamente desenvolvidos implica num projeto bem sucedido. Logo abaixo temos uma cartilha de passos, aplicadas atualmente nos projetos de LT's:

### **Projetos de linhas de transmissão em alta e extra-alta tensão**

- Assistência técnica para atendimento às exigências de Editais ou contratos;
- Elaboração de projeto básico e executivo;
- Projetos de locação de estruturas;
- Definições de série de estruturas para LT's;

- Verificação do cálculo estrutural e do detalhamento de torres metálicas caso sejam utilizadas no projeto;
- Viabilizações técnicas para conexões e passagens de LT's em situações não convencionais de instalação;
- Projetos de aterramento para as torres;
- Projetos de fundações especiais;
- Projetos de travessias;
- Elaboração de especificações para fornecimento de materiais e montagem;
- Elaboração de desenhos de montagem;
- Elaboração de listas de construção para montagem;
- Análise técnica-econômica de propostas;
- Assistência técnica para testes de materiais e estruturas;
- Definição de critérios para testes de energização;
- Apoio à obra;
- Projetos de instalação de cabos;
- Elaboração de manuais para manutenção de LT's [1].



**Figura 2 – Linha de Transmissão 230 kV**



**Figura 3 – Linha de Transmissão 69 kV**

## *2.2) Atividades Primordiais*

### **Projeto de Linhas de Transmissão:**

O projeto de uma linha aérea de transmissão cuida não só do dimensionamento de todos os seus elementos como cabos, isoladores, ferragens e estruturas, mas também todo um estudo elétrico que envolve todos esses elementos. [2]

- Projeto Básico – Definição do traçado e padrão básicos da linha;
- Desimpedimento da Faixa de Passagem – Elaborar negociação de indenização de benfeitorias e terreno para faixa de passagem;
- Levantamento topográfico – Elaboração de levantamento topográfico ao longo do encaminhamento;
- Projeto Executivo Eletromecânico – Detalhar estruturas e perfil da linha considerando a topografia e altura dos cabos;
- Especificação de contratação de serviço – Detalhamento dos serviços a serem contratados para construção da LT e o estabelecimento do projeto básico;

- Aquisição da Licença Ambiental – Mediante o CPRH. [2]

### **Construção de Linhas de Transmissão:**

A construção de linhas de transmissão tem diversas etapas de trabalho desde desmatamento, construção de estruturas e lançamento de condutores destinados a transportar a energia elétrica, conforme descrição abaixo:

- Desenvolvimento em campo de estudos de viabilidade, relatórios de
- impacto do meio ambiente e projetos;
- Desmatamentos e desflorestamentos;
- Escavações e fundações civis;
- Montagem das estruturas metálicas;
- Distribuição e posicionamento de bobinas em campo;
- Lançamento de cabos (condutores elétricos);
- Instalação de acessórios (isoladores, pára-raios);
- Tensionamento de cabos e sua fixação;
- Ensaio e testes elétricos.

Salientamos que essas atividades de construção são sempre realizadas com os circuitos desenergizados, via de regra, destinadas à ampliação ou em substituição a linhas já existentes, que normalmente estão energizadas. Dessa forma é muito importante a adoção de procedimentos e medidas adequadas de segurança, tais como: Seccionamento, Aterramento elétrico; Equipotencialização de todos os equipamentos e cabos; dentre outros que assegurem a execução do serviço em linha desenergizada. [4]



**Figura 4 – Instalação dos Acessórios na Construção de Torres de Transmissão**

### **Inspeção de Linhas de Transmissão:**

Inspetores de linha verificam o estado da estrutura e seus elementos, a altura dos cabos elétricos e a faixa de servidão, área ao longo da extensão da linha de domínio da companhia de transmissão. Esse processo de inspeção periódica poderá ser realizado por terra ou por helicóptero, dependendo dos recursos da empresa e especificidade do serviço. As inspeções por terra demandam periodicamente subidas em torres e estruturas. [4]

### **Manutenção de Linhas de Transmissão:**

- Substituição e manutenção de isoladores (dispositivo constituído de uma série de “pratos”, cujo objetivo é isolar a energia elétrica da estrutura);
- Limpeza de isoladores;
- Substituição de elementos pára-raios;
- Substituição e manutenção de elementos das torres e estruturas;
- Manutenção dos elementos sinalizadores dos cabos;
- Desmatamentos e limpeza das faixas de servidão. [4]

### *2.3) Principais componentes de uma Linha de Transmissão*

Uma linha de transmissão é constituída de vários componentes, cuja quantidade e características, dependem fundamentalmente do nível de tensão, padrão estrutural e quantidade de sub-condutores por fase. [2]

A seguir são relacionados os principais componentes: cabos condutores, estruturas ou suportes, fundações, isoladores, ferragens e acessórios.

- **CABOS CONDUTORES**

São considerados os elementos ativos das linhas de transmissão, são dimensionados para transportar uma potência compatível com a sua capacidade térmica. Os condutores devem apresentar alta condutibilidade elétrica, baixo custo, boa resistência mecânica, baixo peso específico e elevada resistência a oxidação. Os cabos condutores são formados de várias comandas de fios encordoados. São utilizados como materiais o alumínio (AAC), alumínio-liga (AACC) - alumínio com alma de aço (ACSR). [2]

- **ESTRUTURAS OU SUPORTE**

As estruturas de uma linha de transmissão servem de suporte para os cabos condutores e pára-raios, são dimensionados para manterem os cabos condutores com distâncias elétricas das partes aterradas compatíveis com nível de tensão, além de suportarem mecanicamente os esforços transmitidos pelos cabos. São utilizadas estruturas em concreto, metálicas com perfis de aço galvanizado ou em postes de aço.

- **FUNDAÇÕES**

As fundações servem de base para as estruturas, o tipo adotado depende das características do solo, podendo ser do tipo grelha (estrutura de aço enterrada) ou em concreto.

- **ISOLADORES**

Os isoladores são instalados em conjunto denominados de cadeias de isoladores, e servem juntamente com as ferragens, para fixar os condutores nas estruturas, mantendo-se o isolamento necessário entre eles. Em geral os isoladores são discos de vidro ou porcelana e poliméricos, as ferragens são dimensionadas para suportarem as cargas mecânicas transmitidas pelos cabos condutores e as solicitações elétricas pelas sobretensões que ocorrem numa linha de transmissão. [2]

### **3) DIÁRIO DE OBRAS E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DA OBRA**

#### *3.1) Diário de Obras*

Toda empresa comprometida a executar uma obra específica num período determinado, tem como meta acompanhar o cronograma de execução de obra, além de prestar um esclarecimento diário para a empresa ou grupo superior no qual solicitou a execução da obra.

Nesses quatro meses de estágio fiquei a cargo desse esclarecimento diário, onde foi e é solicitado o número de funcionários, o número de equipamentos, enfim todo o desenvolvimento da obra, de preferência bem detalhado. As solicitações que a empresa exige no decorrer da obra também são expostas no diário de obras. Outro aspecto primordial é o cálculo do homem-hora que tem como definição o número de empregados multiplicado pelas horas de serviço no dia. Esse cálculo é muito importante

uma vez que o grupo ou a empresa que solicitou o serviço exige uma prestação de contas de como anda o procedimento de execução da obra.

Vale ressaltar que toda grande empresa que executa um projeto seja ele de grande porte ou não, desenvolve seu diário de obras de forma correta e pontual. A maioria dos diários segue a mesma característica, consistem de planilhas no Excel de fácil manuseio. A vantagem do uso planilhas é a sua organização. Tomamos como exemplo um lançamento de cabos de uma estrutura X para uma estrutura Y, se esse lançamento fosse feito numa quinta-feira seria mencionado no diário de obras na mesma quinta-feira, como um registro ou uma prestação de serviço da empresa que está executando a obra para a empresa que solicitou o serviço. No final de cada mês as empresas envolvidas na obra no caso a Pacific e a Artech solicitavam da Energy um relatório mensal do desenvolvimento da obra, e todas essas informações eram retiradas do registro mensal do diário de obras.

### *3.2) Cronograma de execução da obra*

Toda obra, seja ela de pequeno, médio e grande porte exige uma organização de tarefas a serem trabalhadas. Diariamente era atualizado o cronograma de acompanhamento da obra, esse acompanhamento visava avaliar o processo de evolução da obra em diferentes setores. Setores esses: Escavação, Implantação de Postes, Montagem de Estruturas, Lançamento de Cabos Pára-Raios ou Condutores, Aterramento.

No cronograma tínhamos o panorama da obra, cada barramento tinha nele especificado o poste, o vão de frente, o número de estais caso fosse uma amarração, além da quantidade de postes, a classificação da estrutura.

O cronograma de acompanhamento era atualizado e mandado via e-mail todos os dias.

#### 4) MEMORIAL DESCRITIVO LT 69 kV SE MATARACA – SE RIO TINTO

##### 4.1) Considerações Iniciais

A construção desta LT possibilitará interligar a produção de energia elétrica de várias centrais eólicas, inclusive através do barramento geral de 69 kV da subestação coletora 50 MVA Vale dos Ventos que através da linha de transmissão em 69 kV que sai deste barramento, se interliga à subestação Mataraca. [3]

##### 4.2) Características Gerais do Projeto

A linha de transmissão será trifásica, no nível de tensão 69 kV 60 Hz, com um trecho em circuito duplo para meio rural em cabo de alumínio 336 CAA MCM, outro trecho em meio urbano, também em circuito duplo em cabo de alumínio CA 336,4 MCM, e em outro trecho, correspondendo ao traçado que corre paralelo à BR-101, onde teremos circuito duplo urbano, com arranjo dos condutores de forma vertical, utilizando a faixa da atual linha de transmissão, desde a estrutura existente E-49 até a E-62. [3]

A extensão total da LT é de aproximadamente 30,85 km, entre a SE 69 kV Mataraca e a SE 69 kV Rio Tinto. A LT em questão deverá ser encabeçada em bay de 69 kV a ser disponibilizado pela Saelpa na subestação Mataraca e na subestação Rio Tinto. [3]

##### 4.3) Características Elétricas da Linha

A linha de transmissão apresenta as características abaixo:

Tensão Nominal entre Fases	69 kV
Frequência de Operação	60 Hz
Número de Circuitos	2
Número de Fases por Circuito	3
Número de Condutores por Fase	1
Valor da Resistividade (Solo)	100 ohm.m
Estrutura Típica Urbana	2Y-AR
Estrutura Típica Rural	2H-AS

**Tabela 1 – Características Elétricas da Linha de Transmissão.**

#### 4.4) Dados Gerais da Linha

A LT apresenta na maior parte do percurso disposição horizontal, com estrutura mais utilizada do tipo “2H-AS”. A distância mínima do condutor ao solo “clearance” será de 7,00 metros.

#### 4.5) Características Mecânicas dos Cabos Condutores

No trecho rural o cabo condutor a ser utilizado no percurso aéreo da linha é o CAA:

*Cabo de alumínio CAA, seção 198,38 mm<sup>2</sup>, formação 26/7 7 fios, código LINNET, conforme especificação NBR 7270, referência ALCOA ou equivalente.*

No trecho urbano o cabo condutor a ser utilizado no percurso aéreo-urbano da linha é o CA:

*Cabo de alumínio CA, seção 170,48 mm<sup>2</sup> (336,4 kcmil), formação 19 fios, código TULIP, conforme especificação NBR 7271, referência ALCOA ou equivalente. [3]*

#### 4.6) Descrição das Estruturas

**TIPO “C-AR1”** - Estrutura de suspensão para alinhamento e pequenos ângulos (0° à 4°), constituída de um poste de seção duplo “T”, duas cruzetas do tipo “cosmos” e três cadeias de isoladores. As fases apresentam-se com disposição triangular e espaçamento de 2,41 x 3,95 x 3,95 metros entre si. À estrutura em caso de ângulo, é aplicado um estai transversal, e em caso de vão longo, são aplicados dois estais transversais, de acordo com o desenho de arranjo dos estais.

**TIPO “H-AL”** – Estrutura de suspensão para alinhamento e pequenos ângulos de (0° à 5°), constituída de dois postes de seção duplo “T”, uma cruzeta de concreto armado de 6700mm e três cadeias de isoladores de suspensão. As fases apresentam-se com disposição plana horizontal e espaçamento de 3,20 x 3,20 x 6,40 metros entre si. À estrutura em caso de ângulo, é aplicado um estai transversal, e em caso de vão longo, são aplicados dois estais transversais, de acordo com o desenho de arranjo dos estais.



**Figura 5 – Estrutura H-AL**

**TIPO “H-ALA”** - Estrutura de ancoragem para ângulos grandes, constituída de três postes de seção duplo “T”, estaiados entre si, três braços de ferro “L” com três cadeias de isoladores de suspensão e seis cadeias de isoladores de ancoragem, fixadas nos próprios postes. As fases apresentam-se com disposição plana horizontal e espaçamento de 4,0 x 4,0 x 8,0 metros entre si. À esta estrutura sempre são aplicados sete estais de acordo com o desenho de arranjo dos estais.

**TIPO “Y-AGP1”** – Estrutura de amarração em ângulo ( $0^{\circ}$  à  $10^{\circ}$ ), composta de um poste duplo “T” e isoladores Line Post.

**TIPO “Y-AGP2”** – Amarração em ângulo ( $10^{\circ}$  à  $60^{\circ}$ ), composta de um poste duplo “T” e isoladores Line Post.

**TIPO “2Y-ARP”** – Estrutura de suspensão em alinhamento reto.



**Figura 6 – Estrutura 2Y - ARP**

## **5) DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES NA OBRA LT 69 kV MATARACA-RIO TINTO**

### *5.1) Trabalhos com Linha Energizada*

Com a finalização da implantação da linha provisória no trecho paralelo a BR 101 entre o km 30 e 34, iniciou-se outro trabalho que tinha como objetivo conectar a linha provisória a linha antiga da Saelpa. Essa conexão se delimitou entre as estruturas 42 e 62 da linha antiga.

Esse trabalho realizou-se em dois dias a primeira etapa, se procedeu no dia 03 de novembro pela tarde e a segunda no dia seguinte pela manhã. Esse procedimento teve o auxílio dos profissionais da HWM Engenharia juntamente com os profissionais da Energy Eletricidade, e teve como engenheiro responsável o Sr. Alfredo de Carvalho Filho.

Os materiais utilizados nesse procedimento foram:

- Conjunto de Andaime Isolante;
- Três Conjuntos de Aterramento;
- Contra Pinos para Estaiamento;

- Cordas para Estaiamento.

Quando se trata de trabalhos com linha seja energizada ou não, alguns procedimentos preliminares devem ser tomados a fim de tornar a tarefa bem sucedida. Após a finalização do trecho provisório foi feita uma inspeção final na linha, nesse processo de inspeção incluía um faseamento conforme a linha atual que no caso foi substituída, esse procedimento teve como intuito evitar alguns danos no processo de energização do trecho provisório. Além disso, realizou-se uma simulação das etapas de fechamento dos flays no pátio da empresa.

Antes do trabalho foi feito um nivelamento final com a equipe com a finalidade de alertar quanto aos procedimentos a serem adotados durante a intervenção.

Após o nivelamento da equipe, o encarregado autorizou o início da montagem do andaime na estrutura 42 fase B (Fase do Meio). Com o andaime armado, o electricista do potencial escalou o andaime e utilizando um dos conjuntos de aterramento, realizou primeiramente a conexão ao link da LT provisória, e com utilização de um bastão isolante realizou a conexão na linha antiga Rio Tinto – Mataraca.



**Figura 7 – Início da Montagem do Andaime Estrutura 42**

Fechada a conexão o electricista do potencial, com auxílio da equipe de solo complementou o andaime até o barramento da linha e entrou ao potencial, logo após

com o cabo condutor fez a conexão definitiva entre a linha provisória e a linha antiga Rio Tinto – Mataraca. Com a conexão realizada, o eletricitista do potencial retirou o paralelo realizado pelo conjunto de aterramento e iniciou o desmonte da parte superior do andaime, saindo do potencial. Esse mesmo procedimento foi feito para as fases A e C.



**Figura 8 - Eletricitista Entrando no Potencial**

Encerrada a energização das três fases do trecho provisório, a segunda etapa foi realizada na estrutura 62 no outro dia pela manhã dando continuidade ao trabalho de energização do trecho provisório. Os mesmos procedimentos adotados na estrutura 42 foram aplicados na estrutura 62, o resultado do trabalho foi satisfatório.



**Figura 9 – Três Fases Energizadas / Conexão Linha Provisória – Linha Antiga**

#### *5.2) Trabalhos com Linha Desenergizada*

Com o trecho provisório energizado, iniciou-se o trabalho de desenergização da linha antiga com o objetivo de abrir os pulsos de continuidade nas estruturas 42 e 62 da mesma. O aspecto primordial desse trabalho foi desativar a linha antiga, e ativar o trecho provisório até a implantação da linha nova MAT-RTT no mesmo local da linha antiga.

O trabalho foi realizado simultaneamente nas estruturas 42 e 62, no dia 19 de novembro das 07h30min às 08h00min e teve como engenheiro responsável o Sr. Alfredo de Carvalho Filho.

Os materiais utilizados nesse procedimento foram:

- Três Conjuntos de Aterramento;
- Duas Caixas de Ferramentas Completas;
- Duas Linhas de Mão;
- Dois Tesourões de Corte.

Antes do trabalho de desenergização foi feita novamente uma inspeção no trecho provisório com o intuito de evitar algum contratempo. No horário definido a Energiza concessionária local, desenergizou a linha 69kV MAT-RTT. Confirmada a desenergização, os encarregados realizaram o teste de ausência de tensão. Logo após a

realização do teste, os mesmos autorizaram o início do aterramento na fase B, isto nas estruturas 42 e 62 simultaneamente.



**Figura 10 – Início do Aterramento na Fase B.**

Realizado o aterramento de fase, os encarregados autorizaram os eletricitistas a continuarem à escalada das estruturas. Logo no topo da estrutura foi realizado o corte dos pulos, tanto no vão de frente como no vão de ré. Logo após o corte os encarregados autorizaram a retirada dos aterramentos tanto na estrutura 42 como na 62.



**Figura 11 – Corte dos Pulos / Fase A**

Retirado o aterramento, os eletricitistas se deslocaram para a fase A e sob a coordenação dos encarregados realizaram os mesmos procedimentos adotados para a fase B. Na seqüência foi realizado o mesmo processo para a fase C.

Com os três pulsos devidamente desconectados, os encarregados autorizaram a retirada dos aterramentos nas duas estruturas e logo após os eletricitistas se retiraram das estruturas. Feito isso o trabalho foi concluído com sucesso e o engenheiro responsável informou a Energiza o término do procedimento.



**Figura 12 – Três Pulsos Desconectados Estrutura 62**

### *5.3) Montagem de Estruturas*

Ao se realizar a montagem de uma estrutura seja ela “2H” com dois postes, “Y” com um poste, “C” com um poste, uma seqüência de passos deve ser obedecida. Ao longo da linha temos mais estruturas “2H” uma vez que boa parte do seu trajeto se dá em área rural e por também ser uma linha de circuito duplo. Na área urbana temos as estruturas “Y”. Logo em seguida temos a descrição detalhada de uma montagem de estrutura, como na obra houve mais montagens de estruturas “2H” vamos enfatizar a seqüência de passos de montagem da mesma já que também engloba a mesma seqüência de passos da estrutura “Y” e por ser mais amplo os procedimentos de implantação.

### *5.3.1) Escavações das Estruturas*

O procedimento de escavação consiste na etapa inicial de um processo de montagem de estrutura. De acordo com a norma, a profundidade da cava depende do comprimento do poste, ou seja, dez por cento do comprimento do mesmo adicionado de 0.6 m. Tomamos como exemplo o poste com especificação 20/800 que consiste em vinte metros de comprimento e suporta na sua extremidade uma carga de oitocentos quilos. Logo antes do início das escavações o projetista já sabia que para essa determinada especificação a profundidade da cava seria de 2,6 mts. Como uma estrutura “2H” necessita de duas cavas, com a especificação do poste 20/800, os ajudantes realizavam as escavações de duas cavas com 2,6 mts de profundidade. Vale ressaltar que a profundidade está intimamente relacionada ao comprimento do poste.

Ao longo do trecho tivemos muitas dificuldades com o solo, em alguns trechos o solo era muito compacto o que acarretava dificuldade para a escavação, logo tínhamos que utilizar rompedores para continuar o processo de escavação, em outros necessitava do uso de manilhas já que facilmente atingia o lençol freático ou tinha grandes possibilidades de desabamento e por questões de segurança tínhamos a disposição.

### *5.3.2) Implantação de Postes*

Com a finalização das escavações na estrutura, inicia-se o procedimento de implantação do poste. Antes da implantação, é realizado o aterramento do mesmo este procedimento visa proteger a estrutura quanto a descargas atmosféricas. O cabo utilizado no aterramento além de ser cobreado tem condutividade de quarenta por cento e formação três fios.

Realizado o aterramento, inicia-se o processo de implantação da estrutura, o “estrope” cabo de aço que serve de suporte para o levantamento do poste é alçado no mesmo e ligado ao gancho do guindaste ou o gancho do caminhão-munk, realizado isso o guindaste ou caminhão- munk inicia o levantamento do poste, esse processo é muito importante e lento dependendo do peso do poste. Ao implantar o poste na estrutura, os ajudantes ajustam o poste de modo que ele fique implantado de maneira correta, visando um alinhamento perfeito com as outras estruturas. E se for uma estrutura com ângulo, respeitar o ângulo definido no projeto. Ao se tratar de uma estrutura “2H” os dois postes

devem estar implantados de maneira que haja uma discrepância mínima na diferença de altura entre os mesmos, sem falar no alinhamento dos dois postes no qual é muito importante.

Finalizada a implantação, os ajudantes com o direcionamento do encarregado, iniciam o processo inverso ao da escavação, se a estrutura for de manilha, é utilizado brita, areia e água com o intuito de fixar a estrutura de maneira segura.



**Figura 13 – Gancho do Guindaste Conectado a Alça de Aço**



**Figura 14 – Implantação do Poste**



**Figura 15 – Postes da Estrutura “2H” Implantados**

### *5.3.3) Implantação de Anéis e Cruzetas*

Dando seqüência, após a implantação dos postes na estrutura “2H” ocorre a implantação dos anéis e cruzetas. Nesse tipo de estrutura os anéis superiores diferem em área e peso dos inferiores, assim como as cruzetas. Nas estruturas urbanas não há necessidade da implantação de anéis e cruzetas.

Na obra LT 69kV MAT-RTT, utilizou-se três tipos de cruzetas, todas com 6700 mm e 1000 x 2500 kgf. O aspecto diferencial consistia nos furos de 360, 470 e 510 mm. Como as cruzetas tanto inferior como superior é diferenciada quanto a carga suportável no poste temos logo abaixo a relação de cruzetas inferior e superior para cada especificação de poste.

Especificação Postes	Cruzeta Inferior /Furo (mm)	Cruzeta Superior / Furo (mm)
<b>20/800</b>	<b>470</b>	<b>360</b>
<b>22/800</b>	<b>470</b>	<b>360</b>
<b>18/1500</b>	<b>470</b>	<b>360</b>
<b>20/1500</b>	<b>470</b>	<b>360</b>
<b>22/1500</b>	<b>470</b>	<b>360</b>
<b>20/2000</b>	<b>510</b>	<b>470</b>
<b>22/2000</b>	<b>510</b>	<b>470</b>
<b>20/2500</b>	<b>510</b>	<b>470</b>
<b>22/2500</b>	<b>510</b>	<b>470</b>

**Tabela 2 – Relação das Cruzetas / Especificação do Poste**

Dependendo da estrutura seja ela de amarração ou suspensão, há um aspecto diferencial que é importante mencionar, o número de parafusos olhais que são implantados na cruzeta. Em uma estrutura “2H” de amarração nas cruzetas inferior e superior tem-se seis parafusos olhais, em estruturas “2H” de suspensão nas cruzetas inferior e superior tem-se três parafusos olhais implantados.

Antes da implantação da cruzeta seja ela inferior ou superior é realizado o procedimento de aterramento com cabo de aço cobreado, condutividade de 70% e formação de três fios. Esse procedimento visa à proteção da estrutura contra descargas atmosféricas.

Após o aterramento, é colocada na cruzeta uma alça que é presa a lança do guindaste, no processo de subida dois ajudantes cada um nos extremos da cruzeta sustentam uma corda que é amarrada no parafuso olhal, esses parafusos são fixos cada um no extremo da cruzeta. Esse equilíbrio é muito importante uma vez que a implantação da cruzeta se torna mais fácil e segura.

Primeiramente é implantada a cruzeta inferior, antes da implantação da mesma deve-se ter implantado os anéis inferiores. Assunto esse que é discutido a seguir. Esse mesmo procedimento de implantação é aplicado para as cruzetas superiores.



**Figura 16 – Gancho do Guindaste Preso a Alça na Cruzeta**



**Figura 17 – Cruzeta Inferior Implantada**

Da mesma forma que as cruzetas, os anéis inferiores diferem dos superiores em área e peso. Para cada especificação temos uma relação de anéis inferiores e superiores diferentes, essa diferença é válida mediante o comprimento do poste e a carga suportável por ele.

Os anéis utilizados na obra eram de concreto armado Tipo 2, a lista dos mesmos segue abaixo:

- Anel Concreto Armado Tipo 2 (240 X 320) - B1;
- Anel Concreto Armado Tipo 2 (280 X 380) - B3;
- Anel Concreto Armado Tipo 2 (340 X 440) - B5;
- Anel Concreto Armado Tipo 2 (390 X 470) - B6.

Nos postes com especificação 20/800, 22/800, 24/800 foi implantado o anel B1 como superior e o anel B3 como inferior. Nos postes 20/1500, 22/1500 foi implantado o anel B3 como superior e o anel B5 como inferior. Nos postes 20/2000, 22/2000, 20/2500 foi implantado o anel B5 como superior e o anel B6 como inferior.

No processo de implantação dos anéis, o processo era o mesmo em relação ao das cruzetas. Uma alça era amarrada junto ao anel e com a ajuda de um guindaste o mesmo era implantado nos postes com a ajuda dos montadores situados no topo da estrutura. Para fixar os anéis na estrutura utilizaram-se parafusos de máquina de aço galvanizado com duas porcas de 20x400, 20x450, 20x600, 20x650, 20x700 mm. Abaixo do anel tinha uma estrutura de madeira “gabarito”, que atuava como suporte provisório. No processo de finalização da estrutura, os anéis e cruzetas eram chumbados com areia e brita, esse acabamento é primordial uma vez que dá uma sustentabilidade maior a estrutura.



**Figura 18 - Anéis de Concreto**

#### 5.3.4) Implantação de Estais

Toda estrutura de amarração seja ela alinhada com a linha, ou fazendo um ângulo com a mesma, necessita da implantação de estais para fortalecer mecanicamente a estrutura.

Na obra toda estrutura de amarração “2H” alinhada com a linha necessitava de oito estais, quando a mesma realizava um ângulo, necessitava de nove estais. As cavas tinham uma profundidade de 1,5 ou 1,6m e eram espaçadas de 15m as primeiras duas cavas e 20m as outras duas cavas, a mesma distância era aplicada no outro lado da estrutura quando alinhada com a linha. Quando na estrutura é aplicado um ângulo esse espaçamento é o mesmo.

Com a escavação concluída, é implantada na cava uma haste de âncora M20 x 2400 mm com duas porcas, essas duas porcas fixam a haste com a chapa de estai, após essa fixação a haste sofre um ângulo de mais ou menos 45° tomando como base o solo. Logo após as cavas são aterradas ficando de fora apenas às conexões, conexões essa que vão fixar a haste de âncora com o cabo de aço EHS galvanizado 9,5 mm para estai.

A conexão é estabelecida quando através de uma catraca, o encarregado tensiona o cabo para estai numa tensão razoável e o fixa através de uma alça performada no olhal da haste para estai. Realizado esse procedimento é finalizada a implantação de um dos oito ou nove estais da estrutura. Logo abaixo temos os acessórios utilizados na implantação dos estais, no caso as chapas para os estais, as hastes de âncora, e o cabo de aço galvanizado.



**Figura 19 – Acessórios Utilizados na Implantação dos Estais**

#### *5.4) Lançamento de Cabos*

##### *5.4.1) Implantação de Isoladores / Bandolas*

Com a estrutura finalizada, o processo inicial referente à etapa de lançamento de cabos consiste na instalação dos isoladores. Para todas as estruturas da LT seja “2H” ou “Y” foram necessários seis isoladores. No projeto tínhamos no estoque o isolador composto (Polimérico) suspensão 69 kV tipo concha/bola e o isolador composto (Polimérico) tipo Line Post 69 kV fixação poste duplo T.

A implantação do isolador ocorre de maneira bem simples, através do gancho olhal que é conectado no mesmo, ocorre o encaixe do gancho olhal com o parafuso olhal fixo na cruzeta, após o encaixe é fixado no isolador a “Bandola” que serve como auxílio no processo de lançamento de cabos, na realidade a bandola nada mais é que uma roldana.

Finalizada a implantação dos isoladores e das bandolas, a estrutura já estará apta para o lançamento de cabos.

##### *5.4.2) Lançamento de Cabos Pára - Raios e Cabos Condutores*

Com as bandolas já implantadas nas estruturas, segue-se o procedimento de lançamento de cabos. Tomamos como exemplo um tramo simples com cinco estruturas, no qual temos duas amarrações nos seus extremos, e uma amarração como estrutura intermediária, as outras duas estruturas de suspensão. Na obra primeiramente houve o lançamento de cabo pára-raios, tomando como exemplo o tramo acima, no extremo, ou seja, na amarração o cabo pára-raios era jumpeado com o cabo do tramo anterior e lançado ao longo das cinco estruturas do tramo. As bobinas contendo o cabo pára-raios eram colocadas metros antes do início do extremo do tramo, o lançamento de cabos era realizado com a ajuda de um trator que arrastava o cabo ao longo do percurso, um dinamômetro era acoplado no extremo do trator e tinha como função tencionar os cabos com um valor coerente a unidade utilizada é o (kgf). No processo de lançamento o cabo era lançado ao longo das estruturas com a ajuda das bandolas instaladas no extremo das estruturas, a bandola nada mais é que uma roldana e facilita

no lançamento.

Com o cabo lançado ao longo das bandolas, segue o processo de nivelamento do cabo. Como no exemplo acima temos uma estrutura intermediária como amarração, o cabo é encabeçado nesta estrutura até o extremo onde estão as bobinas, ficando “morto” o restante do cabo que é preso ao dinamômetro no qual é acoplado ao trator. Vale salientar que nivelado o cabo nesta estrutura intermediária, com um valor de 400 a 450 kgf, faixa essa de valores que foram utilizados na obra para cabo pára-raios, o restante do cabo “morto” é nivelado até a próxima amarração com um tensionamento na faixa de valores acima descrita.

Feito isso é realizado o lançamento de cabos pára-raios, o cabo utilizado no foi o Cabo de Aço Galvanizado 7,94 mm (5/16”).

De forma semelhante ao lançamento de Cabos Pára-Raios, ocorre o lançamento dos Cabos Condutores. Inicialmente o cabo é lançado passando pelas bandolas acopladas aos isoladores na estrutura. Uma observação importante é quanto ao fato das bobinas dos cabos, é necessário que o comprimento do cabo seja suficiente em relação ao comprimento do tramo.

A descrição para o cabo Pára-Raios se estende para os Cabos Condutores, o único aspecto diferencial é quanto aos valores das trações nos condutores, no procedimento de nivelamento, geralmente na obra eles ficavam na faixa de 900 a 1500 kgf. Porém esses valores devem atender as condições no qual o cabo está sujeito, condições essas que podem ser climáticas.

No procedimento de lançamento de cabos, o arrasto dos cabos é geralmente realizado através de um trator, as exceções são quando os locais de lançamento são regiões íngremes ou de difícil acesso, nesses casos utiliza-se a força humana. Quando o lançamento ocorrer numa travessia seja de um rio, lago ou oceano barcos ou bóias são utilizados pra transportar o cabo.

Os cabos condutores utilizados no projeto foram o Cabo de Alumínio CA 336,4 MCM – TULIP, e o Cabo de Alumínio CAA 336,4 MCM - 26x7 – LINNET.

### 5.5) Grampeação das Estruturas

Com os cabos já lançados, é realizado o processo final que consiste na grampeação das estruturas. As bandolas são retiradas das estruturas, dando seqüência a grampeação dos cabos, o cabo é conectado no grampo de suspensão do isolador e fixo.



**Figura 20 – Grampeação da Estrutura**

## 6) CONCLUSÃO

Percebi claramente a importância da teoria estudada nos livros, mas também percebi a importância do estudo “prático”. Todos sabem da importância dos conhecimentos teóricos para um bom desempenho na parte prática, mas esta última é de fundamental importância a todos que queiram ser realmente engenheiros e desempenhar o papel para o qual se preparou durante todo o curso.

Numa obra como essa que tive a oportunidade de participar, todos os conhecimentos adquiridos são válidos, principalmente quando se trata de sua primeira vivência profissional. A engenharia nada mais é que a junção de conhecimentos sejam eles específicos ou não ligados ao dinamismo do profissional em saber aplicá-los e executá-los.

## **7) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] Marte Engenharia. Disponível <[http://www.marteengenharia.com.br/empresa\\_capacitacao.html#c1](http://www.marteengenharia.com.br/empresa_capacitacao.html#c1)> Acesso em: 15/10/2008

[2] Disponível < [www.poli.br/arquivos](http://www.poli.br/arquivos) > Acesso em: 16/10/2008

[3] Multi Empreendimentos – Memorial Descritivo LT – Mataraca / Rio Tinto.

[4] Manual Auditoria do Setor Elétrico Brasileiro.

