



Universidade Federal  
de Campina Grande

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Grupo de Sistemas Elétricos

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

BRUNO PATRÍCIO DA SILVA PORTO

Empresa: Energy Eletricidade

Campina Grande, dezembro de 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
GRUPO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Graduação em Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande, em  
cumprimento às exigências para obtenção do  
Grau de Engenheiro Eletricista.*

BRUNO PATRÍCIO DA SILVA PORTO

Orientador:  
Professor Tarso Vilela Ferreira

Campina Grande, dezembro de 2009

## **Apresentação**

O presente relatório tem o objetivo de mostrar, de uma maneira geral, construção da subestação de Aroeiras e da linha de transmissão (LT) de 69 kV Campina Grande II – Aroeiras. A referida linha tem seu início na subestação (SE) Campina Grande II (CGII), em Campina Grande, e término na subestação Aroeiras, no município homônimo.

Serão relatadas de forma introdutória as obras civis destas instalações. Além disso, serão descritas em detalhes a montagem eletromecânica das mesmas.

Esse relatório foi elaborado durante o estágio integrado realizado pelo autor e teve a vigência de 10/08/2009 a 09/12/2009 correspondendo a uma carga horária de 672 horas, sob a orientação do professor Tarso Vilela Ferreira. Tal estágio é uma disciplina integrante da grade curricular do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande indispensável para a obtenção do diploma de engenheiro eletricista.

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, gostaria de agradecer todas as pessoas que me ajudaram e fizeram parte da minha vida no decorrer do curso de engenharia elétrica.

Agradecer, primeiramente, a Deus por me dar forças e saúde. Toda minha família, principalmente os que estão sempre ao meu lado me apoiando tanto nos momentos de felicidades quanto nos de dificuldades. Em especial meus avôs e avós, meus pais, minha irmã, minha namorada, meus tios, dentre outros. Todos os professores, em especial ao professor Tarso Vilela Ferreira por aceitar ser meu orientador tanto no trabalho de conclusão de curso, quanto no estágio curricular, e ao professor Edson Guedes, por transmitir parte dos conhecimentos por mim obtidos.

Agradeço também aos colegas da **Energy Eletricidade**, em especial aos Engenheiros Alfredo, Luiz Alberto e Leonardo, por terem me dado a oportunidade de participar de uma obra tão complexa, e que me proporcionou um aprendizado prático. Tal aprendizado proporcionou a complementação dos conhecimentos adquiridos na universidade. Agradeço também aos encarregados da linha de transmissão, Ceará e Quitério, ao encarregado Ailton e ao mestre de obra Edmilson, por terem transmitido seus conhecimentos práticos. A todos os colaboradores e toda parte administrativa e de segurança, pela convivência e aprendizado no dia-a-dia.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos, amigas e colegas de infância, bem como os que conheci na UFCG, pelas madrugadas de estudo e pelos momentos comemorativos.

# Sumário

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Subestação.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Instalações civis .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Instalações eletromecânicas.....</b>	<b>2</b>
<b>2.3. Proteção .....</b>	<b>3</b>
2.3.1. Proteção contra surtos atmosféricos.....	3
2.3.2. Proteção contra surtos de manobra .....	3
2.3.3. Medição operacional .....	3
2.3.4. Serviços auxiliares.....	4
2.3.5. Supervisão e comando.....	4
2.3.6. Barramento.....	4
2.3.7. Isoladores .....	4
2.3.8. Compensação de reativos.....	5
2.3.9. Banco de baterias, retificador e inversor .....	5
<b>3. Linha de transmissão.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Aspectos gerais.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2. Estruturas.....</b>	<b>7</b>
3.2.1. Esforços.....	7
3.2.2. Postes.....	7
3.2.3. Distâncias verticais mínimas .....	7
3.2.4. Faixa de servidão .....	8
3.2.5. Etapas para a construção da LT .....	8
<b>4. Considerações Finais .....</b>	<b>25</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>26</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. (a): Rompedor	10
Figura 1. (b) Encaixe das mangueiras	10
Figura 1. (c) Preparação para detonar	10
Figura 1. (d) Estopim	10
Figura 1. e) Buraco após detonação	11
Figura 1. (f) Cercas de arame farpado	11
Figura 2. Descarregamento de postes	12
Figura 3. Distribuição de postes	12
Figura 4. Implantação de uma estrutura do tipo C-AR1	12
Figura 5. Modos de instalação do estai	13
Figura 6. Estrutura H-ALA	15
Figura 7. Estrutura H-AL	16
Figura 8. Estrutura T-AL	17
Figura 9. Estrutura T-AGP1	17
Figura 10. Estrutura Y-AGP1	18
Figura 11. Estrutura Y-AGP2	18
Figura 12. Estrutura C-AR1	19
Figura 13. Estrutura Y-ARP	19
Figura 14. Seccionamento das cercas	20
Figura 15. Praça de lançamento	21
Figura 16. (a) Lançamento via trator	21
Figura 16. (b) Lançamento manual	21
Figura 17. Conexão dos cabos no trator	22
Figura 18. (a) Montador no poste	22
Figura 18. (b) Mão de linha	22
Figura 18. (c) Subida da bandola	23
Figura 18. (d) Cabos içados	23
Figura 19. (a) Cobertura dos cabos	24
Figura 19. (b) Montagem dos andaimes	24
Figura 20. Placa de identificação da estrutura	25

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Dados dos cabos condutores da LT_____	14
Tabela 2: Dados do cabo para-raio da LT_____	14
Tabela 3: Distâncias mínimas verticais do condutor_____	15



# **1. Introdução**

O presente relatório tem o objetivo de mostrar a construção da linha de transmissão (LT) aérea de circuito simples, na tensão de 69 kV, que alimentará a subestação de Aroeiras e futuramente a subestação de Queimadas, ambas da ENERGISA S.A. Será ainda relatada a construção da abaixadora de Aroeiras (69/13,8 kV) localizada no município homônimo.

As referidas obras tem a finalidade de melhorar as condições operacionais, através de incremento na capacidade de suprimento e flexibilidade operacional das cargas, bem como o melhorar dos níveis de tensão nas regiões de Queimadas e Aroeiras, além de aliviar o carregamento da SE de Riachão, diminuindo as perdas neste eixo.

## 2. Subestação

### 2.1. Instalações civis

A subestação foi construída numa área de 4800 m<sup>2</sup>, dentro da qual existe o pátio operacional de 1189 m<sup>2</sup>, recoberto por uma camada de brita de 15 cm de espessura. Neste pátio foram confeccionadas as bases em concreto armado para dois transformadores de força, uma base para o disjuntor trifásico, três bases para transformadores de corrente (TC), uma base para banco de capacitores, uma base para o transformador de serviço e uma base para a antena de comunicação. Além disso, foi construída uma casa de comunicação próxima a antena e 21 caixas de passagem, por onde passam os cabos de informação (fibra óptica) e de controle advindos dos equipamentos.

Para o trato de fluidos, foram feitas uma caixa separadora de óleo, uma cisterna, uma caixa séptica e um sumidouro com todos os dutos. Para isso, foram necessárias escavações, bases em concreto simples e armado, pisos queimados e, algumas vezes, foram utilizados explosivos para que a escavação fosse concluída.

Foi feita uma casa de comando, subdividida em três compartimentos: a sala de comando climatizada, a sala de baterias e o banheiro. Vizinho à sala de comando foi erguido um cubículo onde será armazenado o extintor de incêndio.

### 2.2. Instalações eletromecânicas

A subestação foi projetada para uma capacidade final de transformação de 2 x 10/12,5 MVA, mas inicialmente a capacidade de transformação será de 10/12,5 MVA, através de um transformador de força.

Atualmente, a SE é composta pelos seguintes equipamentos:

- Uma chave seccionadora de 69KV com um disjuntor, para proteção dos transformadores com as respectivas chaves seccionadoras tripolares de entrada, saída e *by-pass*;
- Um transformador de força de 10/12,5 MVA;
- Um barramento de 13,8 kV em cabo 636 MCM-CA com quatro saídas para alimentadores de 13,8 kV, podendo ser expandida para até seis, conforme necessidades futuras;
- Um conjunto de chave de manobra tipo *Tandem* para realização de determinadas manobras;
- Quatro religadores (13,8 kV) com interrupção a vácuo e comando eletrônico;
- Um banco de capacitores de 1,8 Mvar (13,8 kV);

- Malha de aterramento em cabo de cobre nu 95mm<sup>2</sup>, com reticulado de 3 m, hastes de aterramento tipo *cooperweld* de 16x2400 mm com conexões tipo fusão;
- Um sistema de alimentação CC composto por um retificador 220 VAC/125 VCC, um inversor e um banco de baterias com capacidade de 45 Ah;
- Uma unidade Terminal Remota para monitoração/comando;
- Um sistema de comunicação de dados via satélite (V-SAT);
- Um sistema de comunicação de voz composto por radio VHF e antena instalada em poste de concreto armado de 21m;
- Uma antena para a transmissão de informações e comunicação.

## **2.3. Proteção**

### **2.3.1. Proteção contra surtos atmosféricos**

No setor de 69 kV foram instalados conjuntos de pára-raios de 69 kV tipo estação nas entradas e saídas de linha e no *bay* dos transformadores. Setor de 13,8 kV foram instalados pára-raios tipo estação nas quatro saídas dos alimentadores.

### **2.3.2 Proteção contra surtos de manobra**

No setor de 69 kV foram instalados relés de sobrecorrente tipo URP-2401-PEXTRON para proteção por sobrecorrente dos transformadores, e um relé de sobrecorrente tipo SEL 351A para proteção da LT AROEIRAS associado ao respectivo disjuntor de 69 kV. No setor de 13,8 kV foram instalados quatro religadores com comandos eletrônicos os quais efetuarão proteção de sobrecorrente para defeitos nos alimentadores.

### **2.3.3. Medição operacional**

No setor de 69 kV foi instalado um medidor de grandezas elétricas tipo PM600-SCHNEIDER associado aos TCs e TPs. Na LT as grandezas elétricas serão obtidas no relé SEL 351 A.

No setor de 13,8 kV a medição operacional ocorre através de TCs intrínsecos no transformador de potência e de dois TPs de 13,8 kV instalados após a chave *Tandem* e ligados a um medidor digital de grandezas elétricas tipo PM-600-SCHNEIDER. Este medidor fornecerá informações de tensão, corrente, potências ativa e reativa, fator de potência e energias ativa e reativa. Para os alimentadores estas mesmas grandezas serão disponibilizadas através dos comandos eletrônicos dos religadores.

### **2.3.4. Serviços auxiliares**

Os serviços auxiliares supridos por corrente alternada serão atendidos por um transformador de 13 kV/220-127 V/30 kVA, instalado na barra de 13,8 kV da SE, e conectado a um quadro distribuição. Neste, existem 6 disjuntores termomagnéticos tripolares e 16 bipolares, para alimentação de equipamentos, casa de comando, iluminação e tomadas de pátio.

Os serviços supridos por corrente contínua são alimentados por um sistema composto de um retificador 220/125 VCC/25 A conectado a uma barra de 125 VCC com 08 disjuntores termomagnéticos bipolares instalados no painel da Unidade Terminal Remota (UTR). Há ainda um banco de baterias automotivas de 45 Ah instalado em local próprio, na casa de comando, e um inversor de frequência.

### **2.3.5. Supervisão e comando**

Foram instalados na casa de comando dois painéis com dimensões 800 x 800 x 2.200 mm, sendo um para a UTR tipo C-50 de fabricação Foxboro, um rádio V-SAT, um terminal *server* e um *no-break*. Estes equipamentos, em conjunto, devem coletar informações dos equipamentos do pátio e as enviar através de um sistema de comunicação via satélite locado da Embratel.

No outro painel foram instalados dois relés de proteção para os disjuntores de 69 kV sendo um do tipo URP2401 e outro do tipo SEL 351A, que estarão conectados aos disjuntores de 69 kV dos transformadores e da linha, respectivamente.

Toda a supervisão e comando da subestação serão efetuados localmente nos próprios equipamentos, quando disponíveis, ou remotamente através dos sistemas supervisores.

### **2.3.6. Barramento**

O barramento setor de 69 kV foi executado em cabo de alumínio 636MCM CA sem barramento auxiliar, montado em uma estrutura de concreto armado com quatro postes tipo duplo-T, contando com um disjuntor de 69 kV com os respectivos conjuntos de TCs, 3 transformadores de potencial, 3 conjuntos de pára-raios e chaves seccionadoras de entrada, saída e *by-pass*.

O barramento de 13,8 kV é duplo e foi executado em cabo de alumínio 636 MCM-CA, com espaçamento entre fases de 900 mm. As derivações para as saídas dos alimentadores serão em cabo de alumínio 336 MCM-CA. Foram utilizadas estruturas de concreto armado com postes duplo-T e cruzetas tipo "T" padrão distribuição.

### **2.3.7. Isoladores**

No setor de 69 kV foram utilizados isoladores poliméricos de suspensão com engate concha-bola e suporte a 8000 kgf de tração. No setor de 13,8 kV foram utilizados isoladores poliméricos de suspensão com engate concha-bola para trações de até 50 kN, 15 kV.

### **2.3.8. Compensação de reativos**

Foi instalado na barra de 13,8 kV, um banco de capacitores de 1,8 MVAR, ligado em dupla estrela não aterrada com proteção de desbalanceamento de neutro e acionamento através de chaves monopolares à óleo, comandadas automaticamente através de relé instalado no compartimento de comando ou remotamente, através do sistema supervisor.

### **2.3.9. Banco de baterias, retificador e inversor**

Foi instalado um banco de baterias composto por 10 unidades de 12 V/45 Ah seladas, do tipo chumbo-ácido, um inversor e um retificador automático com tensão de entrada 220 VCA, saída 125 VCC corrente de até 20 A. Tais equipamentos suprirão os circuitos de comando, proteção e supervisão do disjuntor de 69 kV, UTR e o controle do banco de capacitores.

## 3. Linha de transmissão

### 3.1. Aspectos gerais

A construção da linha de transmissão 69 kV CGII/AROEIRAS foi realizada seguindo as seguintes características: a tensão de operação é 69 kV, tem uma frequência de operação de 60 Hz, possui um nível básico de isolamento para sobretensão de até 350 kV. Sua extensão é de 52,1 km e apresenta-se com um padrão variando entre rural e urbano. Os estudos foram feitos para a temperatura variando entre 15°C e 40°C, sendo a temperatura de maior duração 25 °C e a velocidade do vento média de 22 m/s.

Os cabos condutores estão dispostos de diferentes maneiras na linha de transmissão são elas: horizontal, triangular e vertical, a mesma é determinada pela sequência de estruturas apresentadas pelo projeto enviado pela ENERGISA.

Na tabela 1, estão todos os dados dos cabos condutores que serão utilizados na construção da linha.

Tabela 1: Dados dos cabos condutores da LT.

<b>Código dos cabos (LINNET)</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Com alma</b>	<b>Sem alma</b>
Bitola (MCM)	336,4	336,4
Formação (fios) – material	26/7 - alumínio/aço	19 – aço
Peso nominal	668,7 kg/km	470 kg/km
Diâmetro total	18,31 mm	16,90 mm
Seção nominal	198,30 mm <sup>2</sup>	170,50 mm <sup>2</sup>
Tração de ruptura	6200 DaN	2813 DaN
Capacidade de corrente nominal	510 A	495 A

Na tabela 2, estão todos os dados do cabo para raio utilizado na linha.

Tabela 2: Dados do cabo para-raio da LT.

<b>Tipo</b>	<b>SM</b>
Bitola (polegada)	5/16
Formação (fios) – material	7 – aço
Diâmetro	7,94 mm
Tração de ruptura	2428

## 3.2. Estruturas

### 3.2.1. Esforços

Todas as estruturas foram calculadas levando em consideração os esforços transversais do vento nos postes e cabos, esforços exercidos pelo tensionamento dos condutores, bem como o peso dos cabos com seus respectivos acessórios, além dos esforços de montagem.

As estruturas utilizadas foram tipos CAR1, H-ALA, H-AL, T-AGP1 e T-AL que são do tipo rural e Y-ARP, Y-AGP1 e Y-AGP2 que são do tipo urbano. Cada tipo de estrutura é composta por materiais que serão mostrados, posteriormente, no item montagem de estruturas.

Foram utilizados isoladores poliméricos de suspensão com engate concha-bola para 8000 kgf de tração e do tipo line-post.

### 3.2.2. Postes

Foram utilizados os postes de concreto armado com seção em duplo "T", do tipo: 800/20, 800/22, 1500/18, 1500/20, 1500/22, 2000/18, 2000/20, 2000/22 e 2500/20, onde o primeiro valor corresponde ao esforço do poste em kgf e o segundo a altura em metros. Eles possuem eletrodutos embutidos para acomodar o fio de aço 4BWG ou cabo de aço cobreado 4AWG, destinado ao aterramento conforme norma da ENERGISA.

Nas seções seguintes serão apresentadas mais informações dos postes, como profundidade para implantação, entre outras.

### 3.2.3. Distâncias verticais mínimas

Na tabela 3 estão as distâncias verticais mínimas do condutor, medidas a temperatura de 60 °C, sem vento e considerando um *creep* de 10 anos para confecção do gabarito, as quais foram obedecidas no projeto:

Tabela 3: Distâncias mínimas verticais do condutor.

Discriminação do local	Distâncias verticais Mínimas (m)	Distâncias verticais Padrão (ABNT, m)
Locais acessíveis apenas a pedestres	6,5	6,0
Local acessível a máquina agrícola	7,0	6,5
Rodovias, ruas e avenidas	8,0	8,0
Ferrovias não eletrificadas	9,0	9,0
Linhas de energia elétrica até 69 kV	1,2	1,2
Linhas de energia elétrica de 230 kV	2,5	**
Linhas de telecomunicações	1,8	1,8
Locais de cana de açúcar	8,0	**

### **3.2.4. Faixa de servidão**

A faixa de servidão da LT é de 12,5 m do eixo de uma rodovia estadual à estrutura, e de 25 m do eixo de uma rodovia federal da à estrutura. A linha cuja construção é aqui relatada foi implantada paralela a LT CGII-Boqueirão (69 kV) existente, mantendo um afastamento de 10 m, numa extensão de 11 km. Nos trechos novos, onde não há paralelismo com a linha CGII-Boqueirão (por aproximadamente 40 km), a faixa de servidão total de 25 m (12,5 m para cada lado do seu eixo).

### **3.2.5. Etapas para a construção da LT**

Para a construção da linha de transmissão foram utilizadas as seguintes máquinas: uma carreta para transporte dos postes; dois caminhões com guindastes hidráulicos, para o descarregamento de postes, transporte dos equipamentos e materiais, distribuição e implantação dos postes; uma retro escavadeira e um trator de esteira para a limpeza de faixa de servidão e a abertura de acessos. Foi feita uma divisão das tarefas realizadas na construção da linha de transmissão e a seguir será detalhada cada etapa.

#### **Locação de estruturas**

No projeto da linha de transmissão estão localizadas todas as estruturas, e são apresentados detalhes como o ângulo existente entre elas, o tipo das estruturas. Para fazer a locação das estruturas um topógrafo munido de seus equipamentos, marca com piquetes os locais dos postes, dos estais e o rumo da LT. Os piquetes, por sua vez, são diferenciados para melhor compreensão. Quando existe uma mata alta ou um local de difícil visualização é necessário que se faça o corte/poda de árvores, para que se torne viável a locação das estruturas. A poda pode ser feita manualmente com uso de machados, facões e foices ou através do trator de esteira, geralmente utilizado quando a mata é muito densa.

#### **Acessos e limpezas de faixas**

Quando a estrutura está locada em uma região de difícil acesso, é utilizada a retro escavadeira para viabilizar o acesso à estrutura. Para realizar a construção dessas estradas podem ser necessárias várias operações no solo: retirada de material (terra) de um local para outro; terraplanagem; dentre outros processos que podem ser feitos para que seja viável a construção do caminho à estrutura. Assim, viabiliza-se a escavação, distribuição e implantação de postes.

Como o lançamento dos cabos é feito da maneira convencional (também denominada de arraste), que será explicada em momento oportuno, é necessário que seja feita a limpeza de faixa para que o trator ou, dependendo do local, os colaboradores, tenham condições de transportar os cabos de uma estrutura à outra.

## Escavação

Inicialmente é feita uma escavação manual utilizando apenas picaretas, alavancas e pás. Quando o terreno apresenta uma maior resistência utiliza-se o auxílio dos rompedores acionados por compressores e, caso exista uma rocha maciça que não possa ser retirada, é procedida a explosão da mesma.

Neste processo de explosão, utiliza-se uma broca específica do rompedor para furar a rocha, de forma que se viabilize a colocação do *nitron*, material explosivo. Ligado ao *nitron* está o cordel, que permite o distanciamento da carga explosiva e do estopim. Desta forma, o buraco está pronto para ser detonado. Após a detonação, quando a escavação é finalizada cada buraco deve ser cercado com arame farpado para evitar acidentes. Nas figuras 1a, 1b, 1c, 1d, 1e e 1f podemos verificar as etapas anteriormente explicadas.



(a)



(b)



(c)



(d)



Figura 1. (a) Rompedor; (b) Encaixe das mangueiras; (c) Preparação para detonar; (d) Estopim; (e) Buraco após detonação; (f) Cercas de arame farpado.

Quando o terreno não é firme, utilizam-se as fundações especiais do tipo com tubulão (tubo de concreto) ou do tipo concreto ciclópico. A fundação especial do tipo tubulão é utilizada quando o material da escavação cede ou quando o terreno é alagadiço. A fundação especial do tipo concreto ciclópico é utilizada quando o terreno não é firme e há a necessidade de prender o poste com segurança.

A profundidade para a implantação dos postes é dada pela equação:

$$C = 0,60 + L/10,$$

em que:

C representa a profundidade mínima a que o poste deve ser fincado [m] e

L representa o comprimento do poste.

A base dependerá do tipo do poste, por exemplo, para os postes 800/20 a base é de 1 m por 1 m. Já para postes maiores essa base é um pouco maior, e no caso da utilização de tubos de concreto a base é feita para que seja comportado o mesmo.

### **Descarregamento de postes**

A carreta carregada com postes é colocada em uma área aberta e o descarregamento é feito pelo caminhão com guindaste. Essa área é chamada de praça de descarregamento, e uma fotografia da mesma pode ser visualizada na figura 2, durante o processo de descarregamento de postes.

### **Distribuição de postes**

Com o acesso e a praça de descarregamento prontos, são distribuídos os postes correspondentes a cada estrutura. Os mesmos são colocados próximos ao buraco para facilitar a implantação. Na figura 3 pode-se visualizar o processo de distribuição de poste.



Figura 2: Descarregamento de postes.



Figura 3: Distribuição de postes.

### Implantação de postes

Para estruturas de amarração (também conhecidas como ancoragem, sendo aquelas que formam ângulo na linha), quando os vãos são aproximadamente iguais, o poste é implantado na bissetriz, com o lado de maior esforço (lado sem gavetas) direcionado para a bissetriz. Quando um dos vãos é muito menor do que o outro, geralmente o poste é implantado com o maior esforço no sentido do maior vão. Para as estruturas que estão em alinhamento e são de suspensão, o poste é implantado com o menor esforço no sentido da linha, pois o maior esforço será transversal, devido à atividade eólica. Caso a estrutura esteja em alinhamento com a linha e seja de ancoragem, o poste é implantado com o maior esforço no sentido da linha. Na figura 4 podemos observar a implantação de uma estrutura C-AR1.



Figura 4: Implantação de uma estrutura do tipo C-AR1.

Após a implantação do poste é necessário observar o prumo e a torção do mesmo. Como o cabo traciona as estruturas de ancoragem, elas são implantadas com uma pequena queda no sentido contrário à linha, pois quando os cabos são lançados os pesos dos mesmos deslocam os postes.

## Instalação de estais

O estai é instalado nas estruturas para sustentar a tração exercida pelos cabos condutores e pára raios. Nas estruturas de amarração que estão em alinhamento o estai é instalado no sentido da linha. Nas estruturas que apresentam ângulo, o estai é colocado tanto no sentido da linha quando no lado contrário ao ângulo.

As estruturas de suspensão não possuem estai, pois as mesmas são sustentadas pelas estruturas de amarração e são projetadas para não sofrerem esforços acima do previsto em projeto.

Na figura 5 pode-se observar a instalação de um estai, seja ele chumbado ou não.

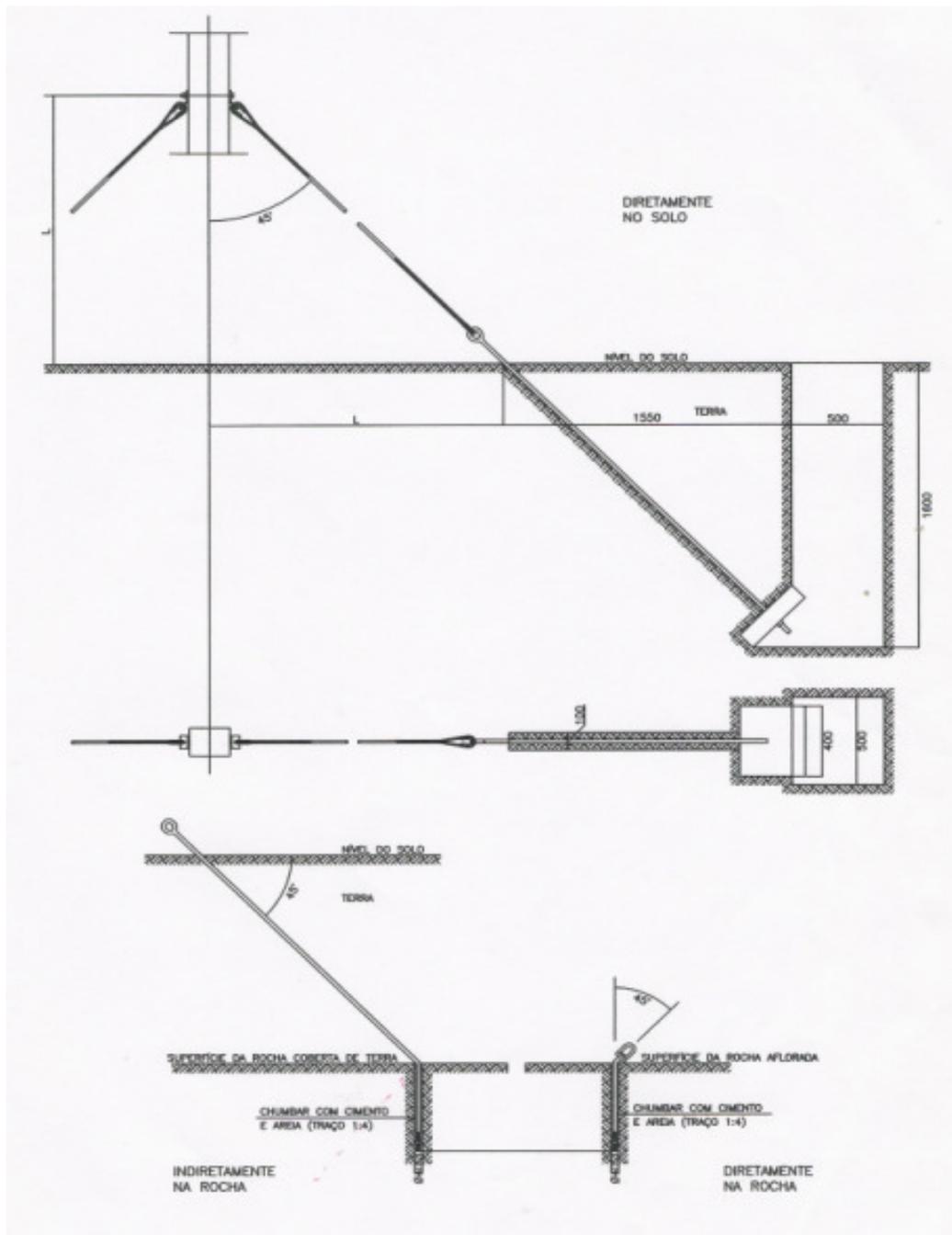


Figura 5: Modos de instalação do estai.

O material utilizado para a instalação do estai, sem precisar chumbar, é apresentado a seguir:

- Placa de concreto;
- Haste de estai;
- Alça de estai;
- Cabo de estai;
- Arruela;
- Porca.

No caso da necessidade de chumbar, o material utilizado para a instalação do estai está listado abaixo:

- Haste de estai;
- Alça de estai;
- Cabo de estai;
- Enxofre (material utilizado para chumbar a haste).

### **Montagem de estruturas**

Para a montagem das estruturas é fornecido uma lista de material a ser utilizado em cada tipo.

**Estrutura H-ALA:** A estrutura H-ALA é constituída de três postes independentes, cujo espaçamento entre eles é de quatro metros. Ela é uma estrutura de amarração, conforme apresentado na figura 6, onde também pode-se observar o detalhamento da montagem.

**Estrutura H-AL:** A estrutura H-AL é constituída de dois postes unidos por uma cruzeta de concreto, e espaçamento entre eles é de 3,20 m. É uma estrutura de amarração, e na figura 7 pode-se observar o detalhamento da montagem.

**Estrutura T-AL:** A estrutura T-AL é constituída por um poste e uma cruzeta de concreto. É uma estrutura de amarração, e na figura 8 pode-se observar o detalhamento da montagem.

**Estrutura T-AGP1:** A estrutura T-AGP1 é constituída por um poste, sendo uma estrutura de amarração. Na figura 9 pode-se observar o detalhamento da montagem.

**Estrutura Y-AGP1:** A estrutura Y-AGP1 é constituída por um poste, sendo uma estrutura de amarração. Na figura 10 pode-se observar o detalhamento da montagem.

**Estrutura Y-AGP2:** A estrutura Y-AGP2 é constituída por um poste, ela é uma estrutura de amarração e na figura 11 pode-se observar o detalhamento da montagem.

**Estrutura C-AR1:** A estrutura C-AR1 é constituída por um poste, ela é uma estrutura de suspensão e na figura 12 pode-se observar o detalhamento da montagem.

**Estrutura Y-ARP:** A estrutura Y-ARP é constituída por um poste, ela é uma estrutura de suspensão e na figura 13 pode-se observar o detalhamento da montagem.

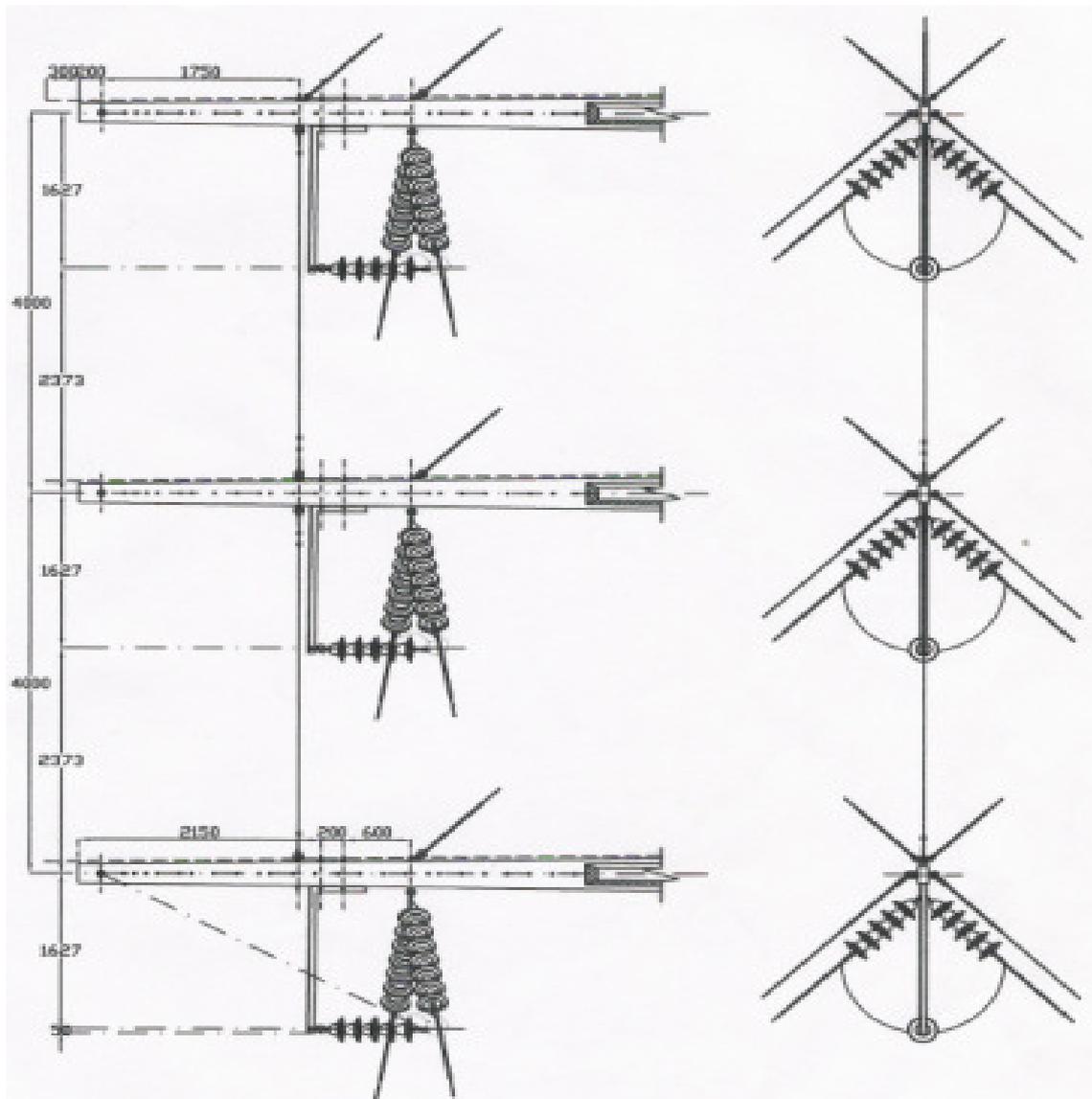


Figura 6: Estrutura H-ALA.

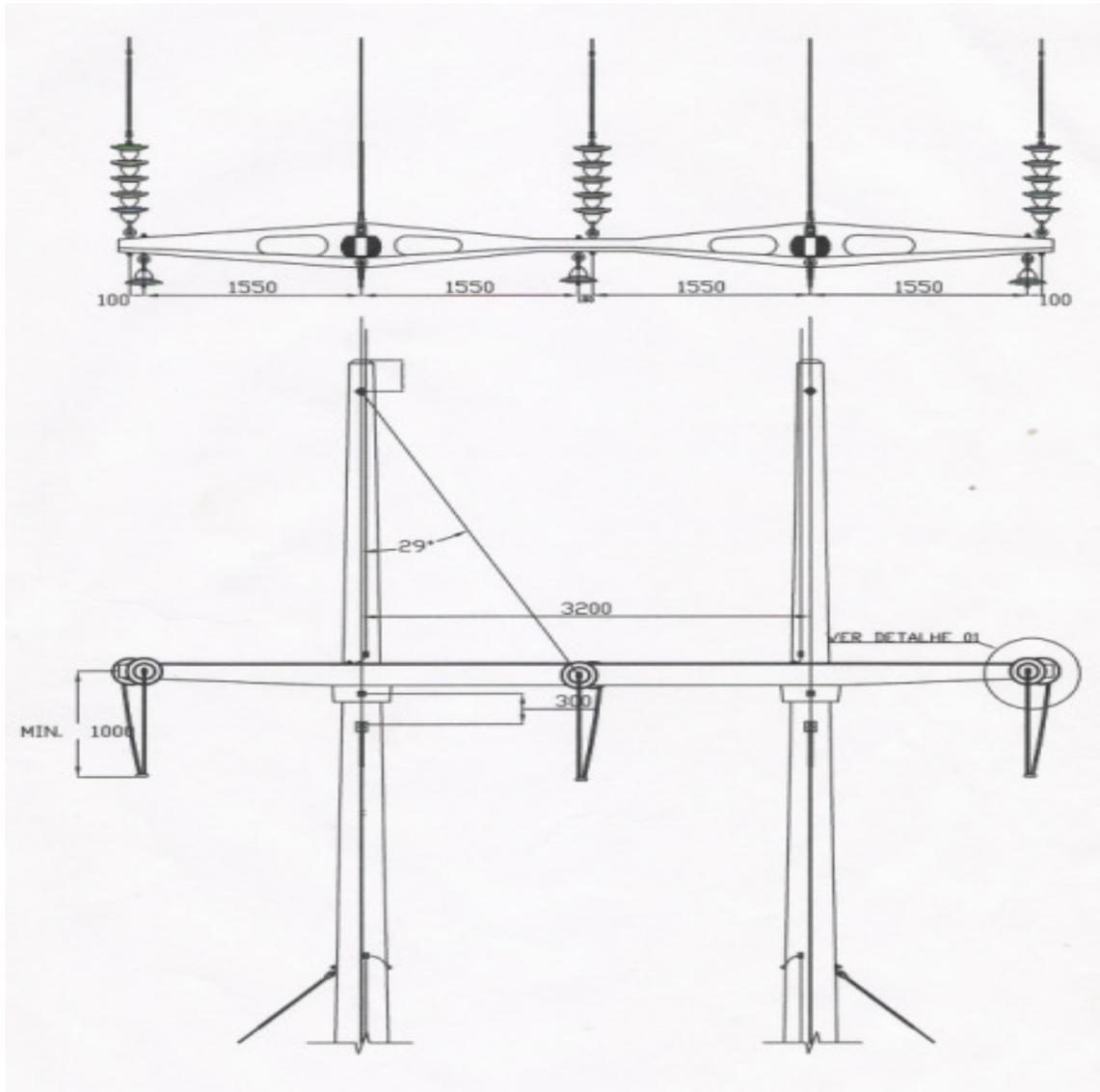


Figura 7: Estrutura H-AL.

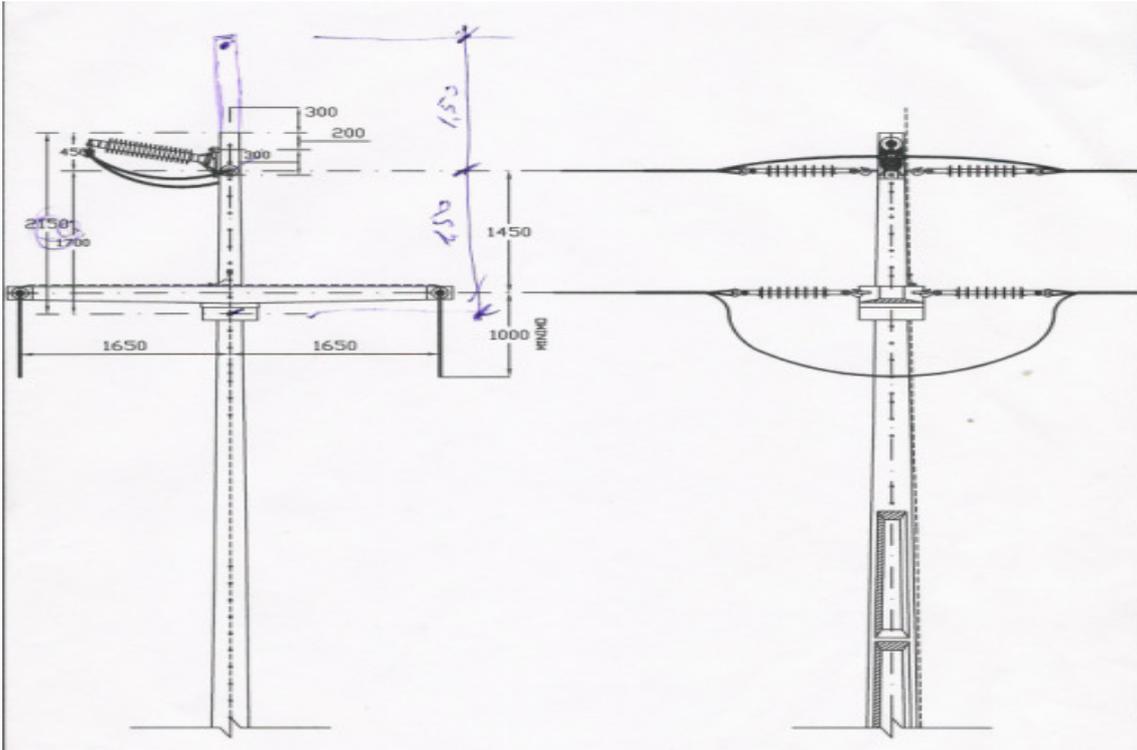


Figura 8: Estrutura T-AL.

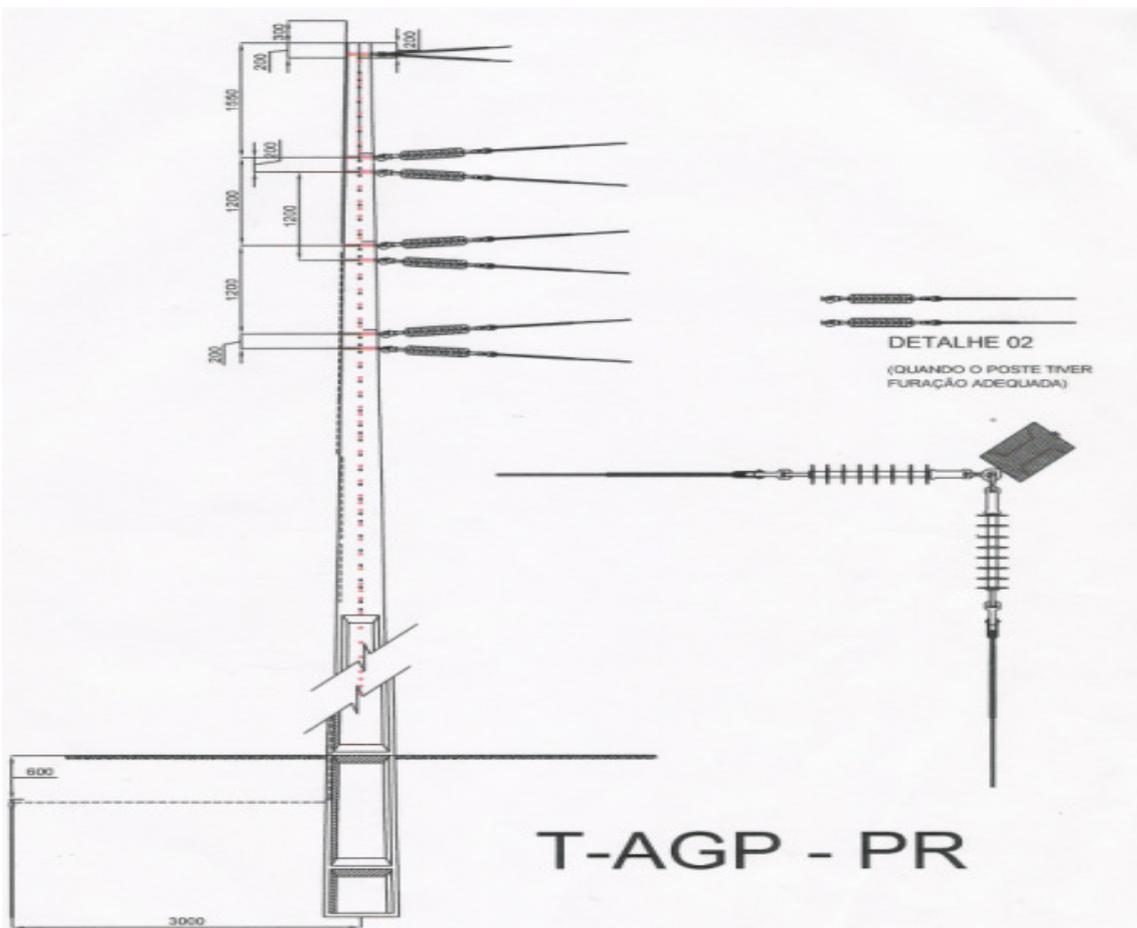


Figura 9: Estrutura T-AGP1.

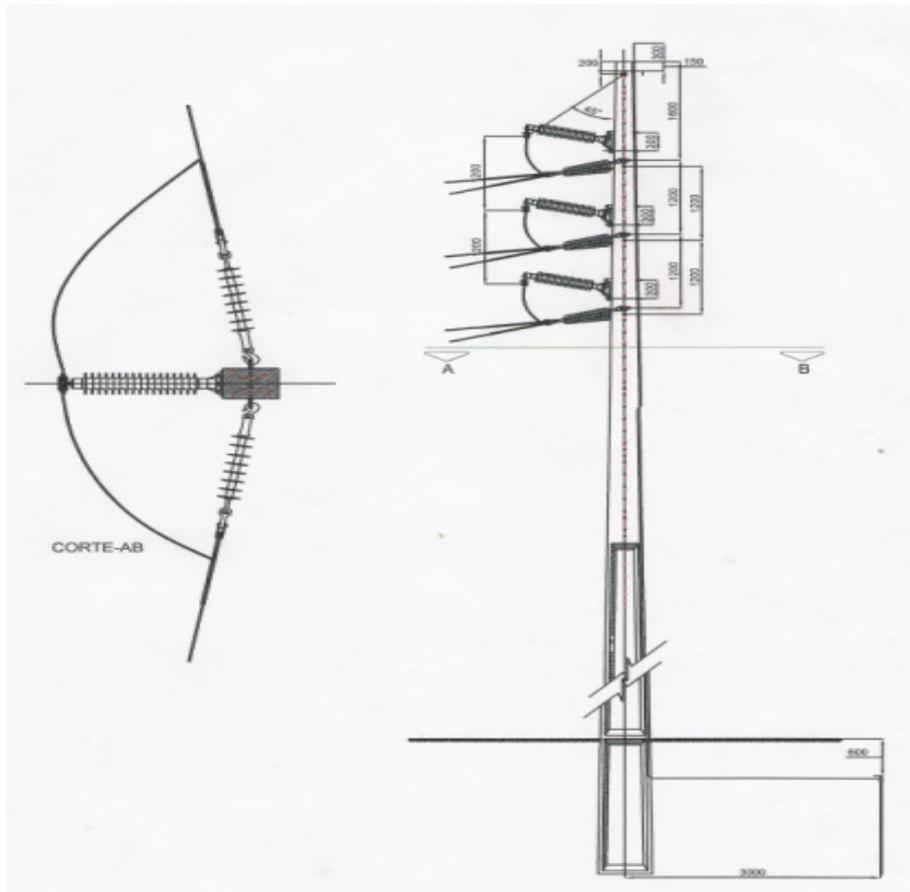


Figura 10: Estrutura Y-AGP1.

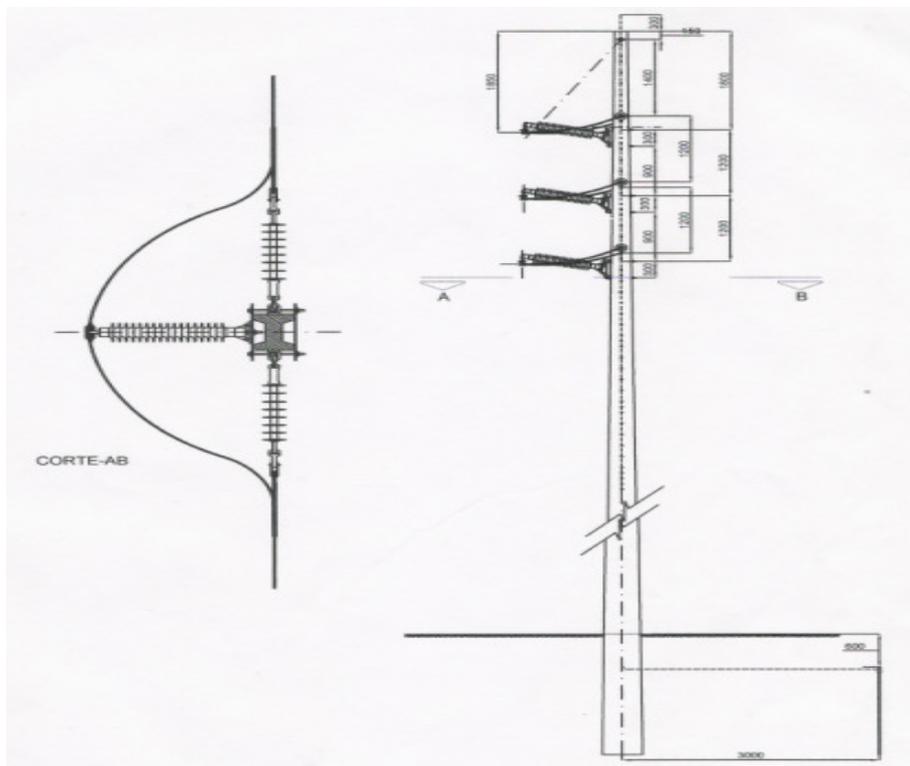


Figura 11: Estrutura Y-AGP2.

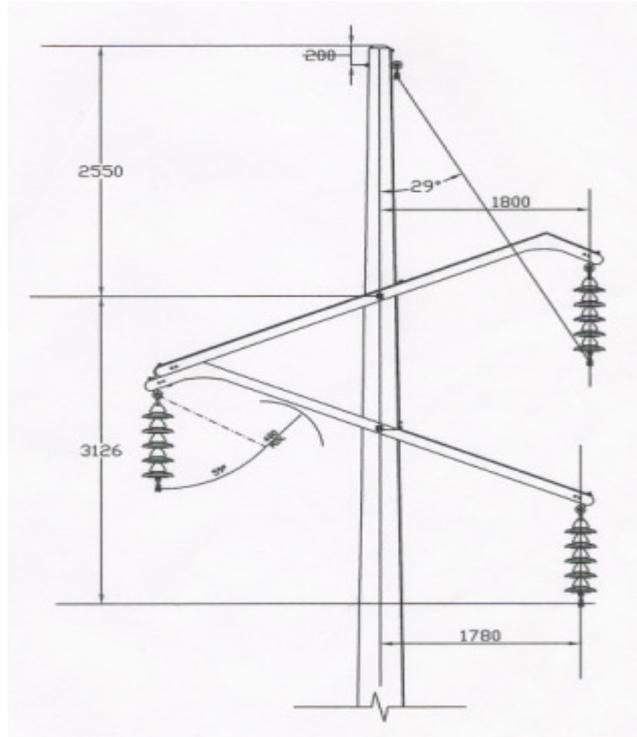


Figura 12: Estrutura C-AR1.

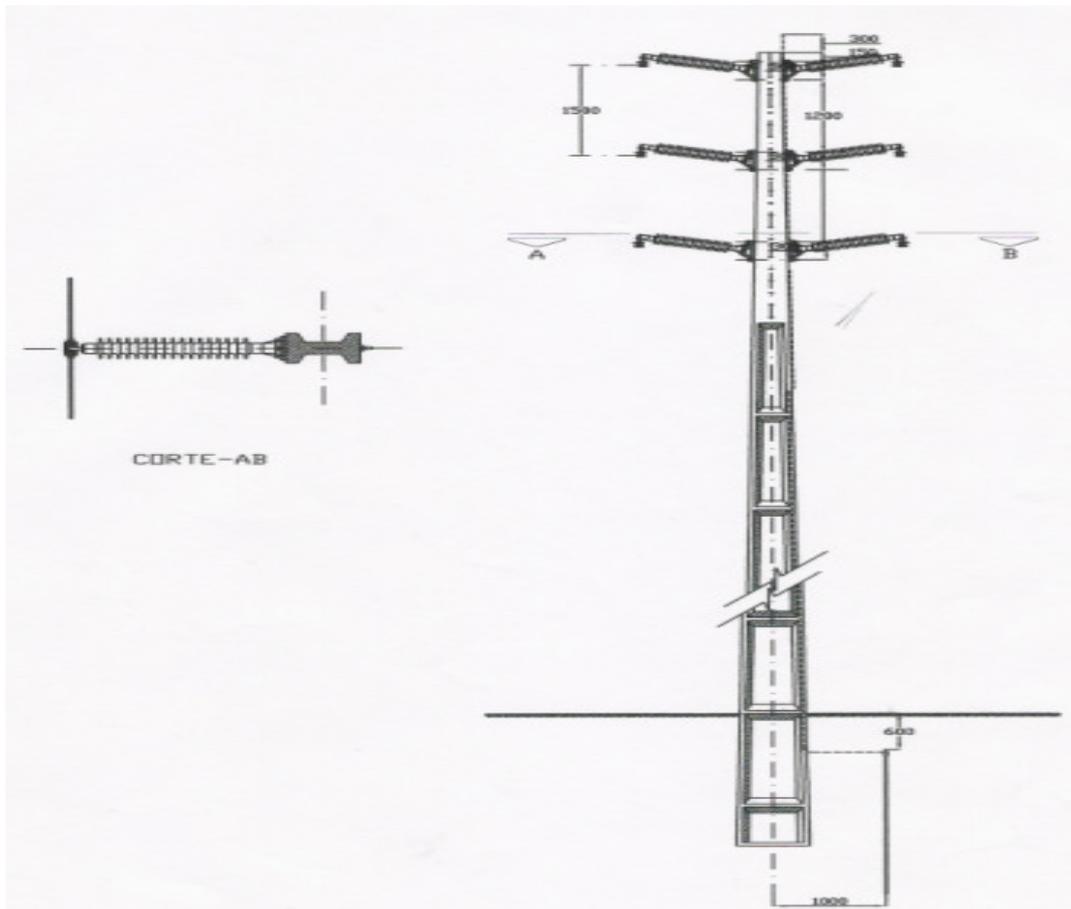


Figura 13: Estrutura Y-ARP.

## Aterramento de hastes

Para cada poste de cada estrutura deve existir, pelo menos, uma haste de aterramento conectada ao seu cabo de terra. A primeira haste é colocada a uma distância de 3 m do poste. Ao conectar a haste ao cabo do poste deve ser feita uma medição da resistência do solo utilizando o terrômetro, equipamento apropriado para a tarefa, e os seguintes passos devem ser seguidos:

1. A medição deve ser feita em cada poste;
2. Se a estrutura possuir cabo pára raio a medição deve ser feita com o cabo de aterramento desconectado da haste de aterramento. Se a medição for superior a 20 ohms acrescenta-se uma segunda haste a três metros da primeira;
3. Mede-se a resistência de aterramento com as duas hastes. Se o valor obtido for maior que 20 ohms, deve-se conectar uma terceira haste a três metros de distância da segunda;
4. Mede-se a resistência de aterramento com as três hastes. Se o valor obtido for maior que 20 ohms, deve-se fechar a vala e repassar a informação ao fiscal da empresa responsável pela obra.

## Seccionamento de cercas

As cercas localizadas sob a linha devem ser seccionadas e aterradas, pois elas podem apresentar tensões induzidas pela LT. Na figura 14 pode-se visualizar qual a forma correta de proceder-se o seccionamento.

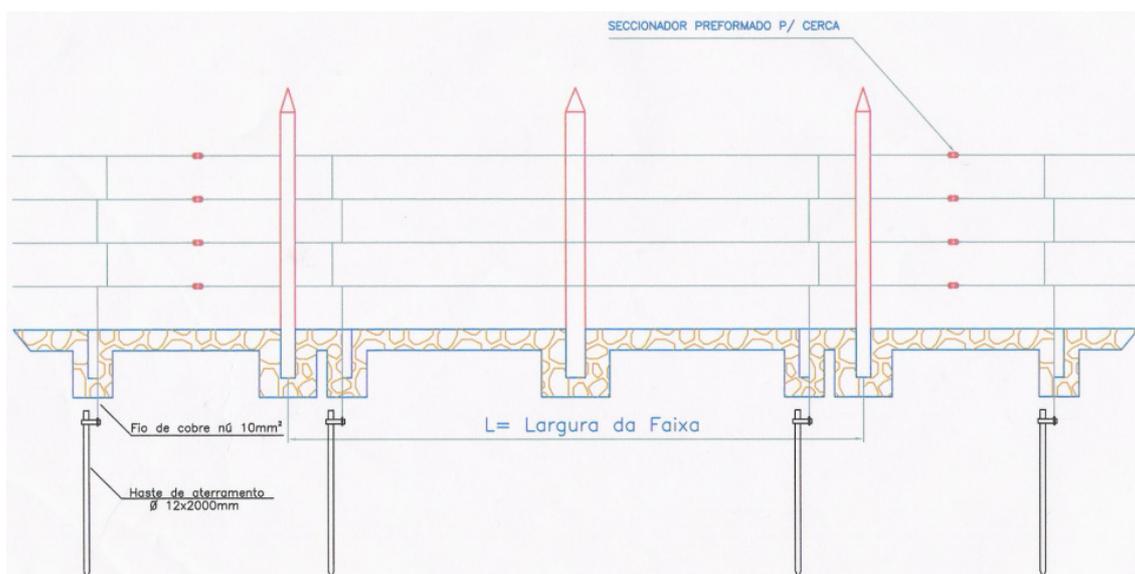


Figura 14: Seccionamento das cercas.

## Lançamento de cabos condutores e pára-raios

Existem várias técnicas de lançamento de cabos, entre elas podemos citar a convencional (de arrasto) e a aérea, que utiliza um cabo piloto utilizado como cabo guia. Para a construção da linha de transmissão de CGII a Aroeiras, a técnica utilizada foi a convencional.

Na técnica convencional, primeiramente é feita a praça de lançamento, onde são colocadas as bobinas de cabos nos cavaletes. Um colaborador controla o lançamento a partir de seu ponto inicial, da praça. Na figura 15 pode-se visualizar uma praça de lançamento.



Figura 15: Praça de lançamento.

Com a praça pronta utiliza-se o trator, quando o terreno permite, para puxar os cabos. Caso não seja possível o acesso do trator os cabos são transportados pelos homens. Estas duas situações são mostradas nas figuras 16a e 16b.



(a)



(b)

Figura 16: (a) Lançamento via trator; (b) Lançamento manual.

Os terminais dos cabos são revestidos pelas camisas, que servem para que os cabos não escorreguem, não se desgastem e não quebrem no lançamento. A figura 17 ilustra a conexão dos cabos para o transporte.



Figura 17: Conexão dos cabos no trator.

Os montadores sobem nos postes e os cabos são erguidos com a ajuda de uma corda, chamada de mão de linha. É através dela que são enviados todos os materiais necessários. Primeiramente é enviada a bandola (peça similar a uma roldana, por onde os cabos passam quando estão erguidos) que é colocada no local mais apropriado, dependendo do tipo da estrutura. Em seguida o terminal do cabo é içado pela mão de linha; o cabo é colocado no interior da bandola e preso no outro lado da mão de linha, que é puxada pelo colaborador que está no chão. Este processo é repetido em todas as estruturas do tramo (trecho pretendido para se fazer lançamento).

Os cabos são sempre levantados do mais superior ao mais inferior, nas situações em que eles são sobrepostos. Caso eles estejam paralelos essa ordem independe. A figura 18 ilustra os passos explicados acima.



(a)



(b)



Figura 18 (a) Montador no poste; (b) Mão de linha;  
(c) Subida da bandola; (d) Cabos içados.

Estando o tramo totalmente lançado, inicia-se o nivelamento dos cabos. O local onde os cabos serão presos depende muito das condições que o tramo oferece, mas para a maioria dos casos os cabos são presos numa estrutura de ancoragem e nivelados na próxima estrutura de ancoragem. Para prender esses cabos utilizam-se alças, e para verificar a tração do cabo utiliza-se um dinamômetro. O ajuste grosso é feito pelo trator, e o ajuste fino pode ser feito por catracas ou moitão. Quando a tração desejada é obtida, prende-se o cabo na estrutura e o mesmo está nivelado.

Para seguir até a próxima estrutura de ancoragem com o cabo nivelado, deixa-se uma sobra de 3,80 m para fazer o pulo, que é feito para que o cabo continue sua trajetória contornando a estrutura de ancoragem. O nivelamento continua até a última estrutura do tramo que é de ancoragem.

Com o cabo nivelado, as bandolas das estruturas de ancoragem são retiradas, pois os cabos estão seguros pelas alças. Nos terminais dos isoladores são colocadas as grampas, que prendem-se ao cabo, sustentando-os. Para a colocação das grampas no isolador line post é empregado um pedaço de madeira com uma corda (que na gíria do campo é chamado de “macaca”). A corda é presa no isolador e o cabo é amarrado rente à madeira; desta forma, o cabo está preso ao isolador pela “macaca”. Desta maneira, pode-se retirar a bandola e colocar-se a grampa. Entre a grampa e o cabo, em estruturas urbanas, são empregados colchins, enquanto que nas estruturas rurais são colocadas as grampas secas com os amortecedores. Tanto o amortecedor quanto o conjunto colchim servem para minimizar o efeito das vibrações dos cabos nas estruturas de suspensão.

No caso de existir uma travessia, seja ela de uma rodovia, de um rio, de outra linha, ou qualquer outro tipo, torna-se necessário a utilização de algumas técnicas e procedimentos. A seguir serão apresentadas algumas técnicas de travessias utilizadas na construção da linha.

**Travessia de linha de baixa tensão:** para esse tipo de travessia são feitas coberturas, com material isolante. No interior do cesto do carro da linha viva os eletricitistas recobrem a linha que será atravessada com canaletas isolantes. Desta forma, se acidentalmente o cabo de linha que transpassa tocar o cabo da linha transpassada, não haverá contato elétrico. Em seguida, os cabos podem ser elevados via andaimes montados junto à linha que será transpassada ou com a ajuda do carro de linha viva.

**Travessia de linhas de 13,8 kV:** os mesmos procedimentos utilizados para a linha de baixa tensão são utilizados para a linha de 13,8 kV. A diferença é que quando a travessia de uma 13,8 kV acontecer deve-se informar aos fiscais da empresa responsável pela obra para que seja solicitado o bloqueio dos religadores da linha a ser atravessada, na figura 19a pode-se verificar a cobertura dos cabos, e na figura 19b montagem dos andaimes.

Quando a travessia de LT é muito complexa, para não colocar em risco a integridade física dos colaboradores, é marcado um desligamento.



(a)



(b)

Figura 19: (a) Cobertura dos cabos; (b) Montagem dos andaimes.

**Travessia de uma rodovia:** o trânsito deve ser interditado até que os cabos estejam levantados.

**Travessia de rio, lagos ou valas:** uma corda é amarrada na ponta de um cabo e é lançada para a outra margem. Caso não se consiga lançar a corda, amarra-se uma pedra na ponta de um fio de nylon, e na outra extremidade do fio, a corda.

### Comissionamento

O comissionamento é uma revisão feita na linha de transmissão para verificar as pendências que ficaram nas estruturas. As mais frequentes são poste fora de prumo e tirante da estrutura H-ALA folgado. Estas pendências devem ser ajustadas pela empresa responsável

pela construção da linha. Após o comissionamento, a energização da mesma pode ser realizada.

### **Numeração de estruturas**

Paralelamente ao comissionamento ocorre a numeração das estruturas, como pode ser visto na figura 20. Trata-se de uma placa de identificação, que é padronizada para facilitar as equipes de manutenção.

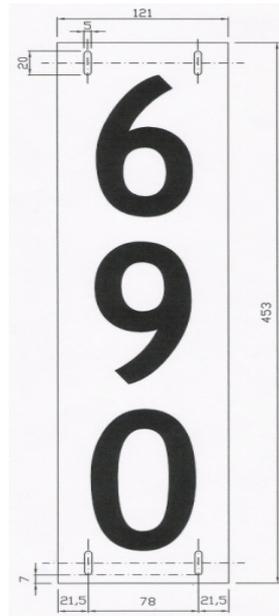


Figura 20: Placa de identificação da estrutura.

### **Confecção, instalação e sinalização de defesa em viga de concreto**

As defensas são estruturas em concreto utilizadas para proteger as estruturas contra possíveis choques ou impactos, sendo instaladas próximas as estruturas que estão mais sucessíveis a acidentes. Quando a estrutura está nas proximidades de uma rodovia, por exemplo, utilizam-se as vigas de concreto para, no caso de um carro desgovernado ir de encontro à estrutura, o mesmo se choque contra as mesmas em vez de a estrutura receber o impacto.

## **4. Considerações Finais**

Este relatório apresentou informações acerca da construção de uma subestação abaixadora, englobando um conjunto de informações obtidas de uma maneira teórica na universidade, bem como conhecimentos práticos adquiridos em campo. Foram ainda relatados todos os equipamentos utilizados na SE. A base teórica formada permitiu se visualizar a aplicação e a função de cada equipamento na prática, além das interligações dos mesmos.

No que diz respeito a linha de transmissão, pôde ser observada toda etapa da construção da linha, interligar os conceitos obtidos dos circuitos equivalentes das linhas com o projeto a ser aplicado. Este projeto em específico, apresenta uma variação de configuração, passando da forma vertical para a triangular, e assim sucessivamente.

Portanto podemos verificar que o trabalho foi válido e enriquecedor, pois forneceu informações que serviram para aumentar o conhecimento, além de aliar a teoria à prática.

## **Referências Bibliográficas**

MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO. Linha de transmissão de 69 kV de Campina Grande à Aroeiras. ENGESELT Engenharia e Serviços Elétricos LTDA, 2009

MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO. Subestação Abaixadora Aroeiras 69 kV/13,8 kV. ENEGISA, 2009