



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

ÁQUILA BORBA NOLE



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2017

ÁQUILA BORBA NOLE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

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

Área de Concentração: Projetos Elétricos

Orientador:

Ubirajara Rocha Meira, M. Sc.

Campina Grande
2017

ÁQUILA BORBA NOLE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

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

Área de Concentração: Projetos Elétricos

Aprovado em / /

Leimar de Oliveira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Ubirajara Rocha Meira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha família, amigos e todos os profissionais que me acompanharam no decorrer desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por ter me guardado e me dado saúde. Sem Ele nenhuma realização seria possível.

Agradeço também aos meus pais, Ana e Félix, por todo o esforço realizado, que sem ele eu não teria as condições necessárias para me dedicar exclusivamente aos estudos e concluir o curso em tempo hábil.

Agradeço também a minha futura esposa, Letícia, por me acompanhar em todo o decorrer do curso, me auxiliando sempre que necessário.

Enfim, agradeço a toda minha família e amigos que de alguma forma, contribuíram com o meu êxito nesta etapa da minha vida.

*“Somos o que fazemos repetidamente.,
A excelência, portanto, não é um ato,
mas sim, um hábito”*

Aristóteles

RESUMO

O presente relatório tem por objetivo apresentar, de forma sintetizada, os conhecimentos adquiridos, bem como as atividades realizadas durante o estágio supervisionado na empresa Energy Eletricidade Ltda, empresa do ramo de concepção, desenvolvimento e execução de projetos elétricos. O período de realização do estágio foi compreendido entre os dias 1 de janeiro de 2017 e 13 de abril de 2017. As atividades realizadas pelo estagiário se concentraram na participação da execução de dois empreendimentos principais: a rede aérea de média tensão que interconecta os geradores eólicos dos recém construídos parques Vila Acre I & Vila Acre II à uma subestação preexistente, bem como a execução da linha e transmissão de 230kV responsável pela conexão entre a subestação elevadora de 34,5/230 kV do Complexo Eólico Santo Inácio à subestação Mossoró IV. Os mesmos atenderam a todos os requerimentos e objetivos propostos.

Palavras-chave: Rede de média tensão, Linha de transmissão, Subestação.

ABSTRACT

The purpose of this report is to describe, in a summarized way, the knowledge acquired, as well as the activities carried out during the supervised internship at the company Energy Eletricidade Ltda, a company in the field of design and execution of electrical projects. The internship period was comprised between January 1, 2017 and April 13, 2017. The activities carried out by the trainee focused on the participation of the implementation of two main projects: the medium voltage aerial network that interconnects the wind generators of the newly built Vila Acre I & Vila Acre II wind power plants to a pre-existing substation, as well as the execution of the 230 kV transmission line responsible for the connection between the 34.5 / 230 kV substation of the Santo Inácio Wind Complex and the Mossoró IV substation. They met all the requirements and objectives proposed.

Keywords: Medium Voltage Network, Transmission Line, Substation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fachada da empresa ENergy eletricidade	14
Figura 2-mapa do SIN.....	16
Figura 3- Exemplos de torres (a)Autoportante (b)Estaiada	18
Figura 4: Estrutura do tipo ancoragem.....	20
Figura 5- Encaminhamento da RAMT	22
Figura 6- Estrutura do tipo suspensão.....	23
Figura 7- Lançamento de cabos	24
Figura 8: LT 230kV e RAMT 34,5kV	25
Figura 9- Aterramento deslizante.....	25
Figura 10- Medição da tensão mecânica através de um dinamômetro	26
Figura 11-Ancoragem dos cabos à estrutura através de alças.....	27
Figura 12 – Chaves Seccionadoras e para-raios	27
Figura 13- Encaminhamento da LT de 230kV	29
Figura 14- Posicionamento das bobinas	30
Figura 15-Lamento de cabos.....	31
Figura 16- Lançamento de cabos de forma manual	32
Figura 17- Prensa hidráulica	33
Figura 18- Ancoragem de cabos	34
Figura 19- Disposição do sistema de aterramento	35
Figura 20- Medição do terrômetro.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
RAMT	Rede Aérea de Média Tensão
RMT	Rede de Média Tensão
RSMT	Rede Subterrânea de Média Tensão
LT	Linha de Transmissão
OPGW	<i>Optical Ground Wire</i> (Cabo ótico terra)
AAC	<i>All Aluminum Conductor</i> (Condutor de Alumínio)
AAAC	<i>All Aluminum Alloy Conductor</i> (Condutor de Liga de Alumínio)
ACSR	<i>Aluminum Conductor Steel-Reinforced</i> (Condutor de Alumínio com Alma de Aço)
ACAR	<i>Aluminum Conductor, Aluminum Alloy-Reinforced</i> Condutor de Alumínio Reforçado com Liga de Alumínio)
CESI	Complexo Eólico Santo Inácio
KW	Kilowatt

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
1.1	Estrutura do trabalho.....	13
1.2	Motivação	12
1.3	Objetivos.....	12
1.4	Local do estágio	13
2	A Empresa.....	14
2.1	Operação e história	14
3	Embasamento Teórico.....	15
3.1	Linhas de Transmissão.....	15
3.2	Componentes de um linha de transmissão.....	16
3.3	Classificação das estruturas quanto a forma de resistir:	18
3.4	Classificação quanto a função estrutural.....	19
4	Atividades realizadas.....	21
4.1	Atividades Iniciais	21
4.2	Complexo Eólico Vila Acre I & Villa Acre II.....	21
4.2.1	Lançamento de cabos.....	23
4.3	Complexo eólico Santo Inácio.....	28
4.3.1	Lançamento de cabos da LT de 230 kV.....	30
4.3.2	Medição da resistência do solo	34
5	Conclusões	37
	Referências.....	38

1 INTRODUÇÃO

Neste documento são relacionadas as atividades desenvolvidas no estágio do tipo supervisionado no setor de concepção, desenvolvimento e execução de projetos elétricos de médio e grande porte. Tais atividades foram desenvolvidas pela empresa de engenharia Energy Eletricidade Ltda. Durante o período de realização do estágio se teve a oportunidade de entrar em contato direto com as atribuições requeridas da profissão de engenheiro. Podendo-se acompanhar todo o desenvolvimento e rotina de uma obra e adquirir novos conhecimentos com profissionais já experientes no setor.

1.1 MOTIVAÇÃO

Fazendo parte da grade curricular de Engenharia Elétrica, o estágio tem como principal finalidade a integração entre os conhecimentos adquiridos durante a graduação e o mercado de trabalho. Este estágio, em especial, mostrou-se ainda mais proveitoso para o aluno, visto que nele existiu a possibilidade de acompanhar a rotina da empresa de uma forma mais ampla.

Tendo isto em mente, o presente relatório tem por finalidade apresentar as principais atividades realizadas durante o estágio supervisionado na empresa Energy Eletricidade Ltda., bem como os principais conhecimentos adquiridos no período compreendido entre 9 de janeiro e 13 de abril de 2017.

1.2 OBJETIVOS

Durante o decorrer do estágio, o aluno teve a oportunidade de participar da execução de dois grandes empreendimentos obras:

- COMPLEXO EÓLICO VILA ACRE I & VILA ACRE II.
- COMPLEXO EÓLICO SANTO INÁCIO

O primeiro sendo um empreendimento pertencente a multinacional de origem francesa Voltalia com contratantes: Energy Eletricidade Ltda., SIMM Soluções, SIEMMENS Gamesa, Mercurius Engenharia.

O segundo sendo um empreendimento pertencente a empresa ALIANÇA com contratantes: Energy Eletricidade, WEG, Cortez Engenharia.

O objetivo principal do estágio foi o aprendizado mediante o acompanhamento das obras, bem como a contribuição nas áreas de execução de projetos, coordenação de pessoal e administração financeira.

1.3 LOCAL DO ESTÁGIO

As atividades compreendidas durante o período deste estágio ocorreram em sua totalidade em duas cidades. Sendo a primeira a cidade de Serra do Mel localizada no interior do estado do RN a aproximadamente 407 km da cidade de Campina Grande, onde foi executado o projeto da RAMT para o Complexo Eólico VILA ACRE I & VILA ACRE II. A segunda cidade onde o estágio foi realizado foi a cidade de Icapuí no interior do estado do CE a aproximadamente 438 km da cidade de Campina Grande, onde foram executados os projetos da RSMT, LT e subestação elevadora para o Complexo Eólico Santo Inácio.

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho apresenta seguinte distribuição. O Capítulo 1 é introdutório e contextualiza o trabalho, o mesmo apresenta a motivação, define os objetivos do estágio e descreve a empresa onde foi realizado.

O Capítulo 2 apresenta a empresa onde foi realizado o estágio, trazendo ao leitor um breve contexto histórico da mesma, bem como uma descrição de sua área de atuação no mercado e principais projetos que estão sendo executados em sua situação atual.

O Capítulo 3 apresenta o embasamento teórico que se fez necessário para a realização do estágio, exemplificando e explicando os principais temas relacionados com as atividades do estágio.

O Capítulo 4 é o trabalho propriamente dito, nele são analisadas as principais atividades desenvolvidas no decorrer do estágio, tais como: lançamentos de cabos para

Redes Aéreas de Média Tensão e Linhas de Transmissão, ancoragem de cabos e instalação de chaves seccionadoras e para-raios, medição da resistividade do solo ao redor de uma estrutura metálica, entre outros. O

O capítulo 5 é conclusivo e destaca as principais conclusões extraídas do estágio, exemplificando os principais conhecimentos adquiridos no decorrer deste período e seus respectivos resultados.

2 A EMPRESA

A empresa onde foi realizado o estágio tem por nome Energy Eletricidade Ltda., possuindo sede na cidade de Campina Grande, mais precisamente no endereço: Av. João Wallig, 200 - Bairro do Itararé, CEP 58.411-160. Tal empresa atua no mercado no setor de energia, fazendo parte de empreendimentos localizados em diferentes estados da região Nordeste. Na Figura 1 pode ser vista uma foto da fachada da empresa.

FIGURA 1: FACHADA DA EMPRESA ENERGY ELETRICIDADE



Fonte: O próprio autor

2.1 OPERAÇÃO E HISTÓRIA

Fundada em meados de 1995 pelo engenheiro eletricitista Luiz Alberto Leite, a Energy Eletricidade Ltda se especializou nas elaboração e execução de projetos de baixa, média e alta tensão. Destacando-se a construção de redes de média tensão, linhas de transmissão (69kV a 500kV) e subestações. Atualmente estes são alguns dos projetos em execução pela empresa:

- Construção da rede aérea de média tensão de 34.5kV do complexo de usina eólica Vila Acre I & II - Serra do mel – RN
- Construção das redes aérea e subterrânea de média tensão de 34.5kV do Complexo Eólico Santo Inácio – Icapuí – CE
- Construção da subestação elevadora 34.5/230 kV do Complexo Eólico Santo Inácio (CESI).
- Construção da linha de transmissão de 230kV que conecta a subestação do CESI ao SIM através da subestação Mossoró IV.

3 EMBASAMENTO TEÓRICO

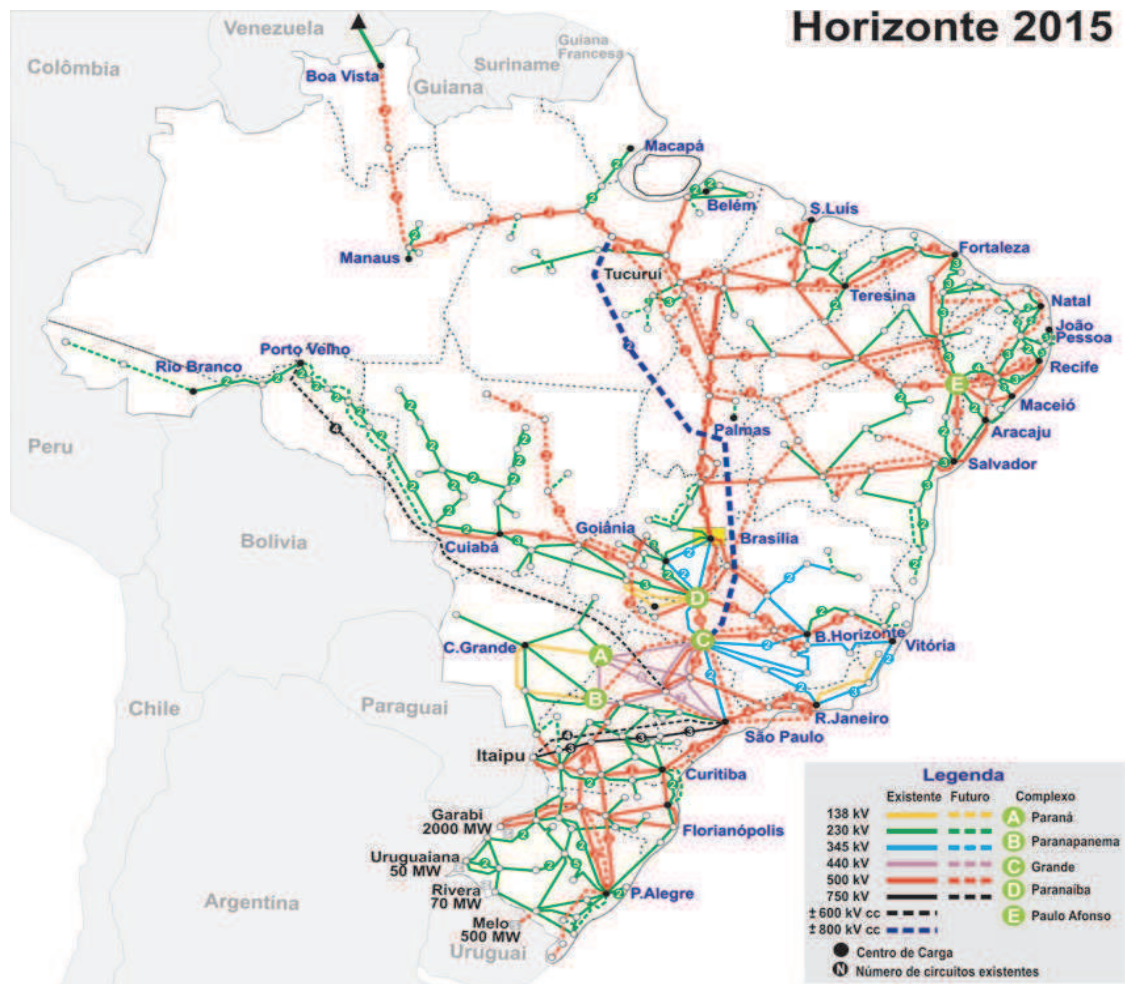
No presente capítulo serão apresentados os conhecimentos teóricos que foram de fundamental importância para o desenvolvimento das atividades do estágio. Pelo fato de maior parte do estágio haver sido realizada na execução de projetos voltados para transmissão de energia elétrica, deu-se um foco maior aos aspectos construtivos das linhas de transmissão.

3.1 LINHAS DE TRANSMISSÃO

As linhas de transmissão são os equipamentos utilizados para o transporte de grandes blocos de energia por uma longa distância, fazendo a interconexão entre as unidades geradoras e consumidoras. No Brasil as linhas de transmissão (LT) são interconectadas de forma a aumentar a confiabilidade do sistema elétrico brasileiro. Na Figura 1, pode ser contemplado o mapa do Sistema Integrado Nacional (SIM) de 2014 com a projeção para 2015 indicada pelas linhas tracejadas, tal mapa mostra-se

importante para este trabalho por mostrar a grande perspectiva de crescimento que o setor de transmissão encontra-se no momento.

FIGURA 2-MAPA DO SIN



Fonte: ONS

3.2 COMPONENTES DE UM LINHA DE TRANSMISSÃO

Fez parte deste estágio uma LT do tipo aérea com tensão de transmissão de 230kV. Para esse tipo de linha são utilizados os seguintes componentes.

1. **Condutor:** No que diz respeito à transmissão de energia elétrica, o condutor configura-se como um dos componentes mais importantes, sendo necessário o correto dimensionamento do mesmo, bem como a escolha do tipo de condutor adequado. Em linhas de transmissão o material condutor mais utilizado é o alumínio, principalmente por

questões financeiras. Os condutores podem ser constituídos de: alumínio puro, liga de alumínio-aço ou alumínio com alma de aço. Os cabos mais comumente utilizados em LTs são:

- **AAC** (“*All Aluminum Conductor*”): Este tipo de cabo é composto unicamente por vários fios de alumínio encordoados.
- **AAAC** (“*All Aluminum Alloy Conductor*”): Similar ao AAC, porém com a utilização de ligas de alumínio de alta resistência. Este tipo de cabo possui maior resistência mecânica e menores flechas, porém com maior resistência elétrica.
- **ACSR** (“*Aluminum Conductor Steel-Reinforced*”): Comumente chamados **CAA** são constituídos por camadas de alumínio concêntricas envolvendo uma “alma” de aço.
- **ACAR** (“*Aluminum Conductor, Aluminum Alloy-Reinforced*”): Possui constituição similar ao cabo **ACSR**, utilizando alma de alumínio de alta resistência, ao invés de alma de aço.

2. **Isoladores:** Usualmente constituídos de material polimérico ou vidro, os isoladores, além de promover a isolação elétrica, possuem também as funções de separação, ancoragem e suspensão de condutores. Sendo dimensionados para suprir tanto as exigências elétricas quanto mecânicas.
3. **Para-raios:** Utiliza-se cabos neutros solidamente aterrados como proteção para a LT, também usualmente chamados de cabos guarda, interceptando uma possível descarga atmosférica. Em geral utilizam-se cabos de aço ou liga de alumínio.
4. **OPGW:** (“*Optical Ground Wire*”): O cabo OPGW possui constituição similar a de um para-raios acrescido de um cabo de fibra ótica em seu interior, possuindo assim a função de proteção contra descargas atmosféricas e comunicação.
5. **Estruturas:** As estruturas de uma LT são geralmente construídas em aço galvanizado e concreto armado, podendo assumir diferentes formatos, a depender da necessidade.

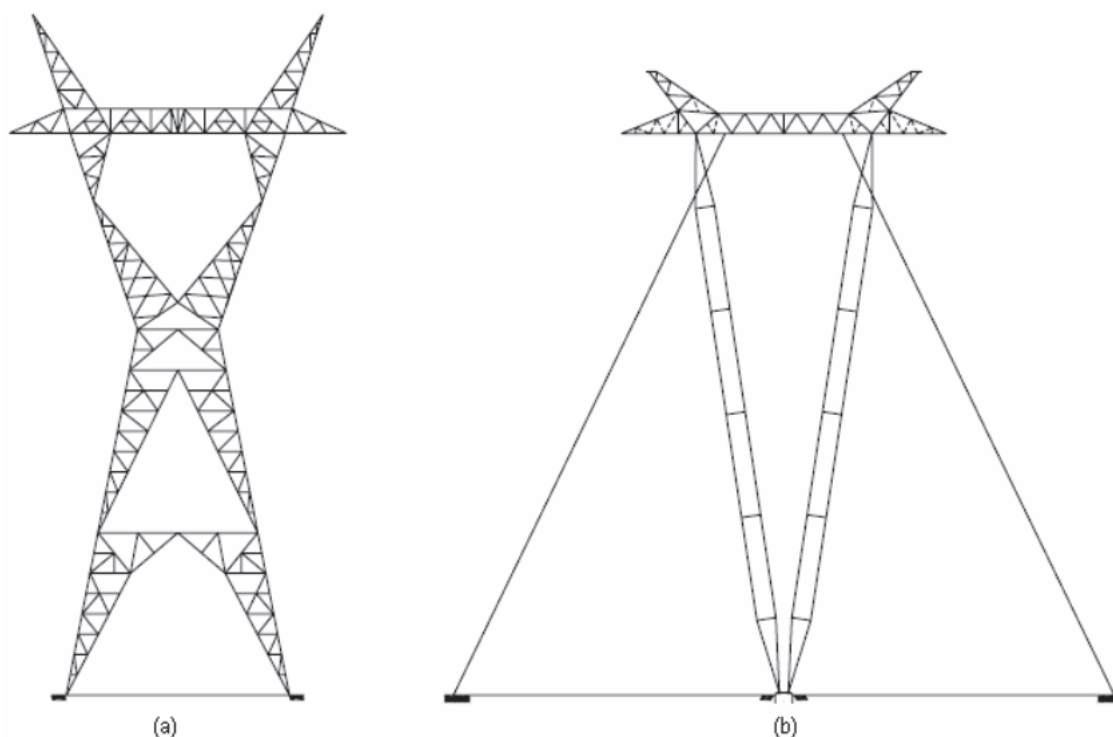
3.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS QUANTO A

FORMA DE RESISTIR:

No que diz respeito a forma de resistir, as estruturas de uma linha de transmissão são separadas em dois grandes grupos: Autoportantes e Estaiadas.

1. **Autoportantes:** Na construção civil, denomina-se estrutura autoportante como sendo aquela capaz de suportar-se de forma independente sem o auxílio de outras estruturas. Na prática estruturas autoportantes de uma linha de transmissão são capazes de transmitir os esforços dos cabos, e do seu próprio peso, ao solo através de suas fundações.
2. **Estaiadas:** Diferentemente das autoportantes, este tipo de estrutura necessita o auxílio de estais ou tirantes para distribuir os esforços aplicados a estrutura.

FIGURA 3- EXEMPLOS DE TORRES (A)AUTOPORTANTE (B)ESTAIADA



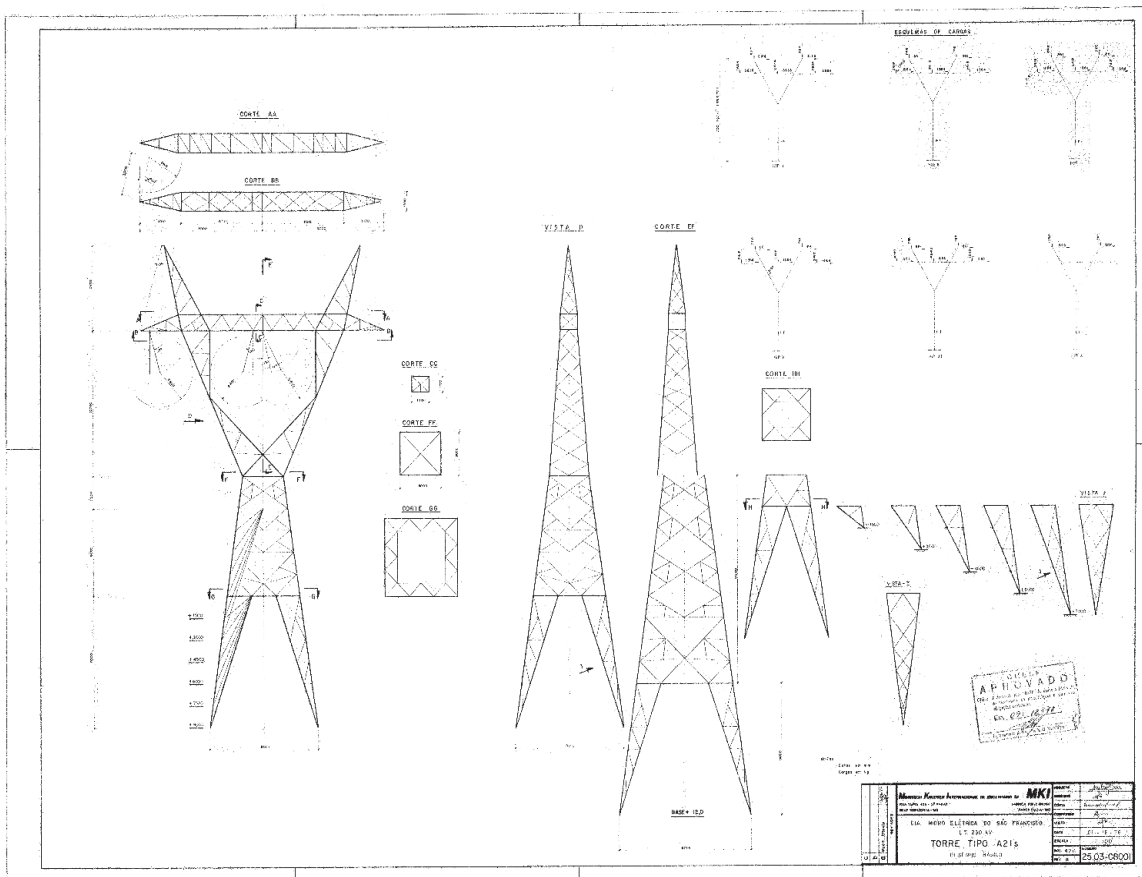
Fonte: Garcia (2005)

3.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A FUNÇÃO ESTRUTURAL

A análise da função estrutural é de extrema importância para o correto dimensionamento e escolha do tipo de estrutura adequada. Quanto a função estrutural, as estruturas podem ser subdivididas nas seguintes famílias.

1. **Suspensão ou alinhamento:** Este tipo de estrutura é dimensionado para suportar esforços predominantemente verticais, sendo impostos pelo peso de suas próprias ferragens, cabos e isoladores. Não obstante, devem suportar esforços horizontais provenientes da pressão dos ventos em seus elementos.
2. **Ancoragem:** Diferentemente da estrutura de suspensão, onde os cabos apenas percorrem a estrutura, na estrutura de ancoragem os cabos estão presos e tensionados na cadeia de isoladores. De modo a suportar este esforço adicional, as estruturas de ancoragem necessitam ser mais robustas que as estruturas de suspensão. Quando utilizadas no final da linha, recebem o nome de Terminal ou Ancoragem Total. Na figura 3 pode ser visto um exemplo de estrutura de ancoragem, A21s, tal estrutura foi utilizada na linha de 230kV do CESI.
3. **Ângulo:** Este tipo de estrutura possui características similares as de Ancoragem, com o acréscimo de que são dimensionadas para suportar a força resultante da tração dos cabos decorrente do ângulo entre os dois alinhamentos que se cruzam.
4. **Derivação:** Utilizada em casos em que se faz necessária uma derivação em algum ponto da linha.
5. **Transposição:** Utilizada para alterar o posicionamento dos condutores, de forma a diminuir o desequilíbrio entre fases.

FIGURA 4: ESTRUTURA DO TIPO ANCORAGEM.



Fonte: Projeto da estrutura A21s (MKI, 1976)

4 ATIVIDADES REALIZADAS

4.1 ATIVIDADES INICIAIS

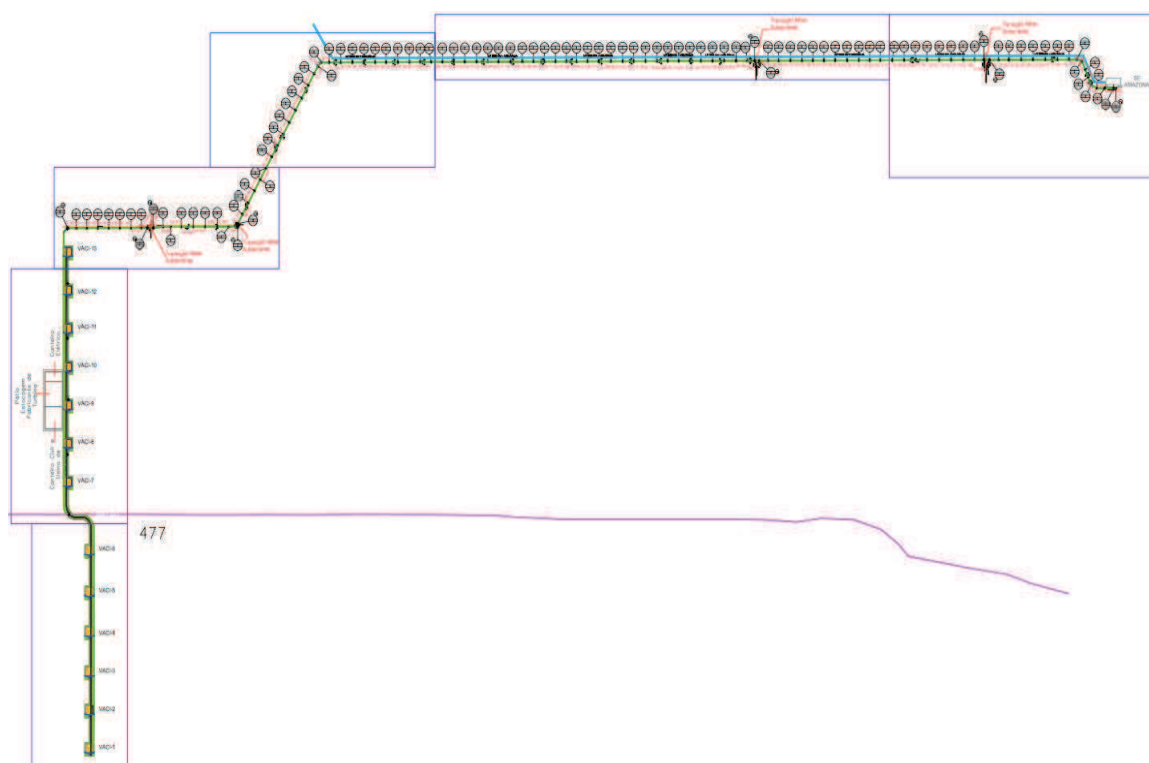
Inicialmente, a fim de familiarizar-se com os serviços prestados pela Energy, foi ministrada uma aula pelo engenheiro Leonardo Medeiros na sede da empresa, onde foi feita uma explicação introdutória sobre as atividades que vinham sendo realizadas na construção do Complexo Eólico Vila Acre I & Vila Acre II. Neste empreendimento, a Energy teve sob sua responsabilidade a execução da RAMT que interliga os novos aerogeradores a uma subestação elevadora de 34,5/230 kV preexistente. Também foram discutidas as principais características de cada projeto a ser executado pela empresa neste empreendimento. Pelo fato de execução ter sido iniciada antes do período do estágio, também foi feita uma breve explicação do que já havia sido executado pela empresa.

4.2 COMPLEXO EÓLICO VILA ACRE I & VILLA ACRE II

Localizado na cidade de Serra do Mel – RN este empreendimento consistia na instalação de 13 aerogeradores com potência individual de 2,1MW (fornecidos pela empresa SIEMMENS Gamesa), sendo assim os parques eólicos juntos possuíam uma capacidade de geração de 27,3 MW. O projeto também contemplava a construção das redes aérea e subterrânea de média tensão, ambas com 34,5 kV. Sendo a empresa Energy Eletricidade, responsável pela execução da RAMT.

O projeto da RAMT a ser construída possuía um total de 128 estruturas sendo 110 do tipo ancoragem e 28 do tipo suspensão, o encaminhamento da linha pode ser visto na Figura 4.

FIGURA 5- ENCAMINHAMENTO DA RAMT



Fonte: SIMM Soluções

Cada estrutura foi dimensionada para suportar o cabeamento de 4 circuitos, sendo dois referentes ao parque Villa Acre I e dois referentes ao parque Villa Acre II na Figura 5 a seguir, pode ser visto um exemplo de estrutura do tipo suspensão que foi utilizada no empreendimento.

FIGURA 6- ESTRUTURA DO TIPO SUSPENSÃO

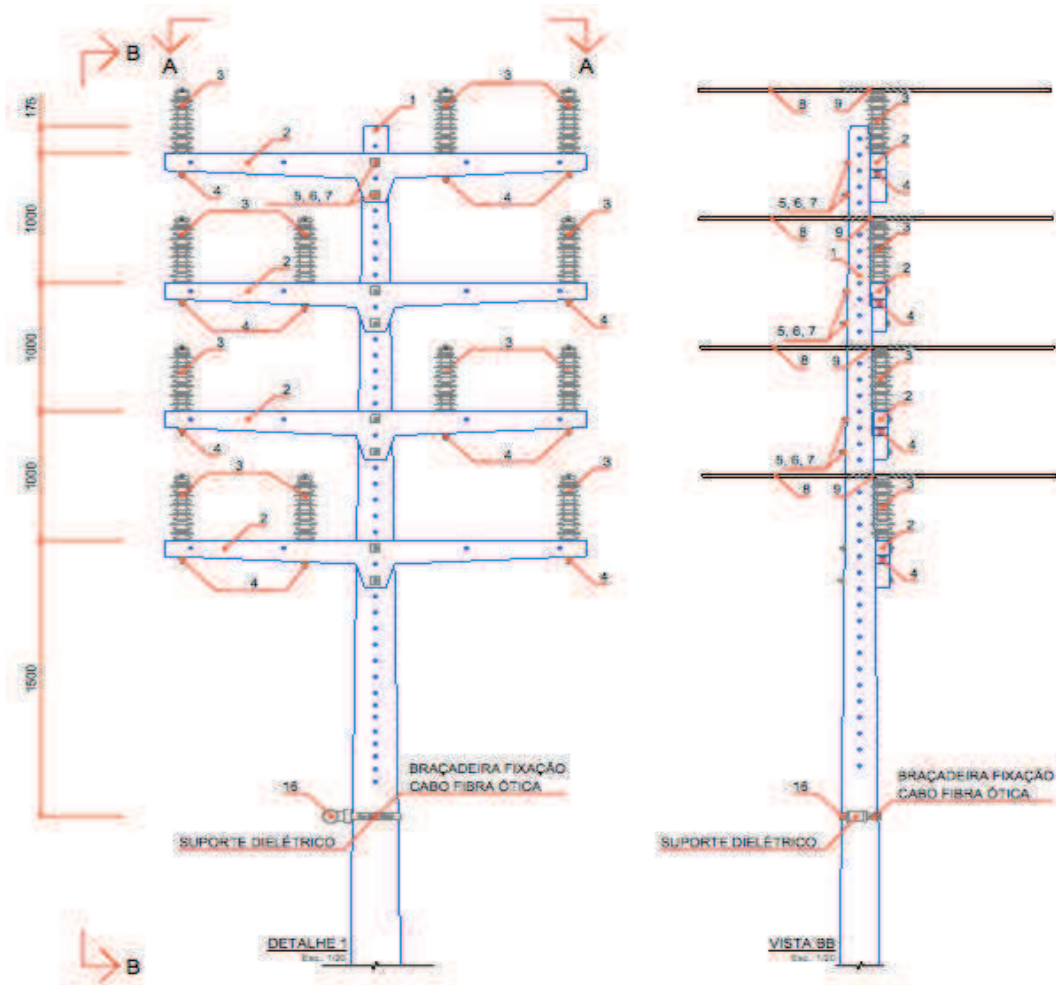


Figura 5: SIMM Soluções

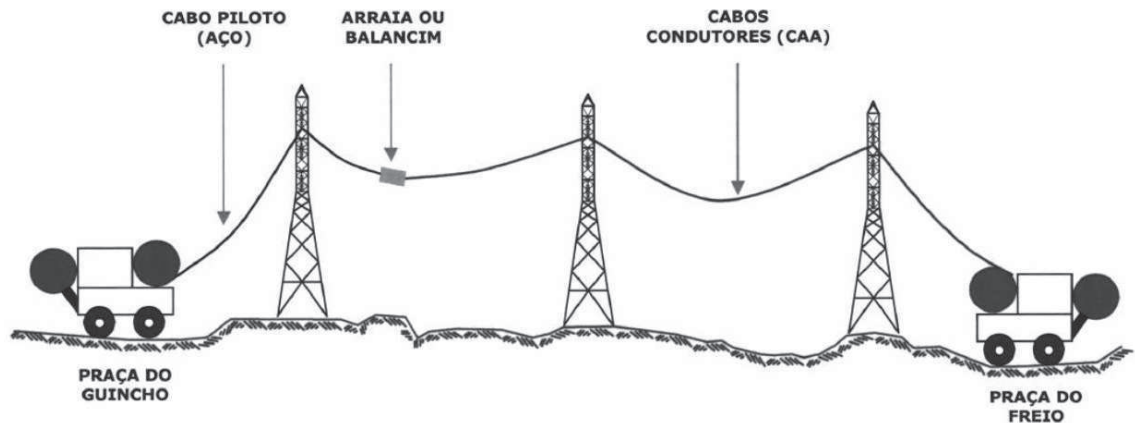
Devido ao fato de o estágio ter se iniciado quando a obra já estava em andamento, foi apenas possível o acompanhamento a partir do procedimento de lançamento de cabos. Tais procedimentos serão explicados a seguir.

4.2.1 LANÇAMENTO DE CABOS.

Nesta etapa ocorre a fixação dos cabos condutores e cadeias de isoladores às estruturas, bem como os cabos guarda. Em geral o procedimento é realizado da seguinte forma: Lança-se um cabo piloto (geralmente de aço) conectado ao condutor por meio de uma arraia, o cabo é então puxado por um guincho, ou retroescavadeira, passando pelas

estruturas através de isoladores do tipo roldana, enquanto que a na outra extremidade o cabo é desbobinado, utiliza-se um freio colocado antes da bobina para o controle da tensão do cabo. A Figura 6 a seguir mostra um exemplo ilustrado do processo.

FIGURA 7- LANÇAMENTO DE CABOS



Fonte: MENEZES, 2015.

Em certos casos, é de extrema importância que o cabo a ser lançado esteja devidamente aterrado, de forma a prevenir choques elétricos a partir de tensões induzidas. A importância deste procedimento pôde ser observada na execução do processo de lançamento de cabos da RAMT do Complexo Eólico Vila Acre I & Vila Acre II, visto que a partir de determinado ponto, a RAMT seguia em paralelo com uma linha de transmissão de 230kV (como pode ser visto na Figura 7), apresentando então um risco real de choques causados por tensões induzidas. Para realizar o aterramento dos cabos durante o lançamento, utilizou-se um equipamento denominado de “Aterramento Deslizante”, este equipamento permite que o cabo esteja sempre aterrado sem que haja o comprometimento do processo de lançamento, como pode ser visto na Figura 8.

FIGURA 8: LT 230KV E RAMT 34,5KV



Fonte: O próprio autor

FIGURA 9- ATERRAMENTO DESLIZANTE



Fonte: O próprio autor

Uma vez que o cabo percorre todo o caminho desejado verifica-se a tensão mecânica aplicada no mesmo com a utilização de um dinamômetro, como pode ser visto na Figura 9. Caso sejam satisfeitos todos requisitos do projeto, pode-se então prender os cabos às estruturas, como mostrado na Figura 10.

FIGURA 10- MEDIÇÃO DA TENSÃO MECÂNICA ATRAVÉS DE UM DINAMÔMETRO



Fonte: o próprio autor

FIGURA 11-ANCORAGEM DOS CABOS À ESTRUTURA ATRAVÉS DE ALÇAS



Fonte: o próprio autor

Após a ancoragem dos cabos às estruturas, é então feita a instalação das chaves seccionadoras e dos para-raios à RAMT como pode ser vista na Figura 11. Tais elementos são de extrema importância para uma RAMT pois proporcionam a proteção dos componentes da linha bem como de indivíduos.

FIGURA 12 –CHAVES SECCIONADORAS E PARA-RAIOS



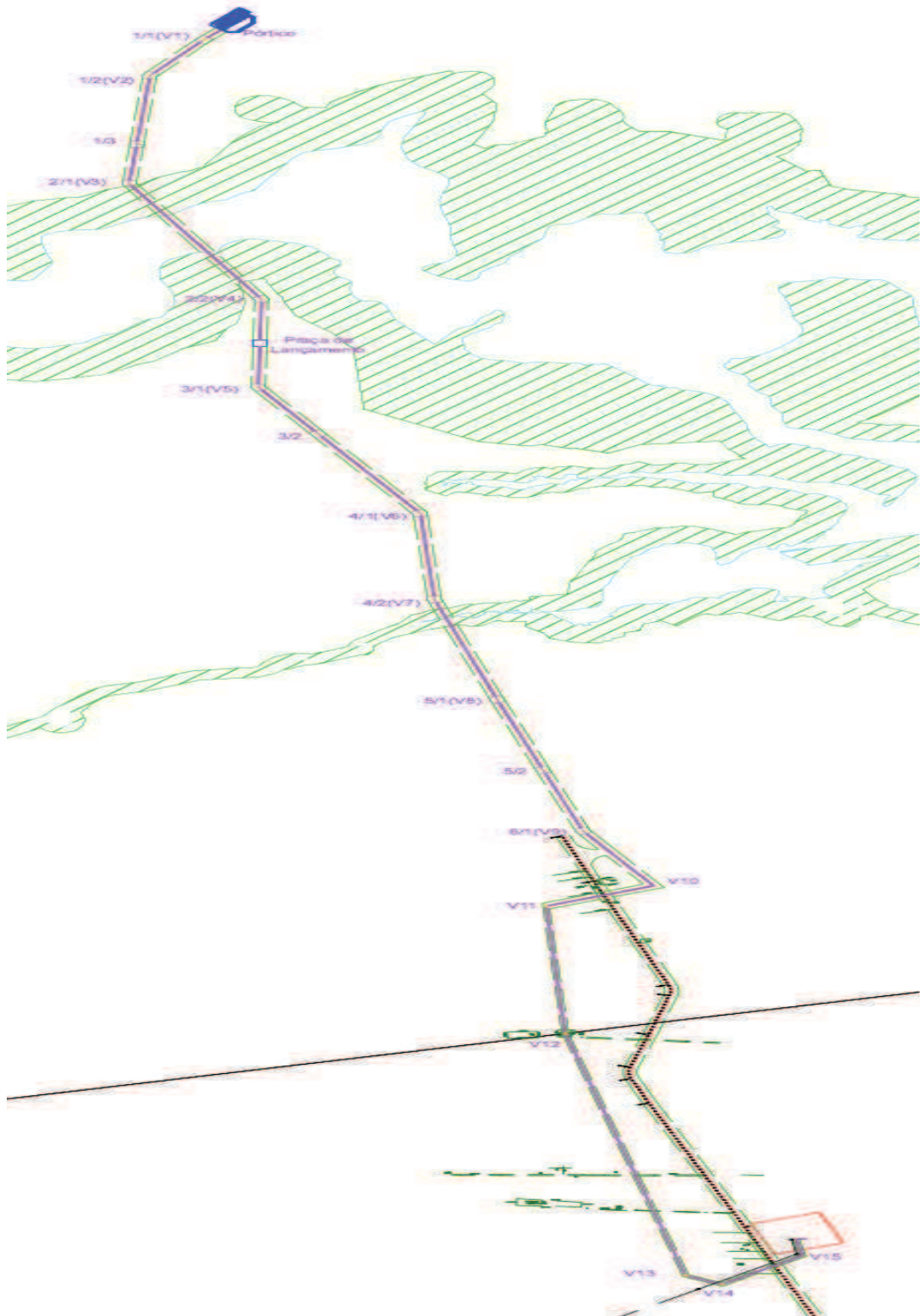
Fonte: O próprio autor

4.3 COMPLEXO EÓLICO SANTO INÁCIO

Localizado na cidade de Icapuí – CE, este empreendimento consistia na instalação de 47 aerogeradores com potência individual de 2,1MW cada, redes subterrânea e aérea de média tensão, subestação elevadora de 34,5/230 kV e por fim a ampliação da subestação Mossoró IV. Sendo a empresa Energy Eletricidade responsável pelas RMTs e subestações.

A maior parte do estágio neste empreendimento foi realizado na execução da linha de transmissão de 230 KV que tinha por finalidade a interligação entre a subestação elevadora do parque e a subestação Mossoró IV. O encaminhamento da linha pode ser visto na Figura 12.

FIGURA 13- ENCAMINHAMENTO DA LT DE 230KV



SG21). Isto se dá por conta das características topográficas da região, sendo cada estrutura a mais adequada a cada parte do encaminhamento da linha.

Uma vez iniciada esta parte do estágio, foi apenas possível o acompanhamento do processo de lançamento de cabos para as estruturas metálicas, bem como a escavação e concretagem da fundação para as estruturas do tipo poste.

4.3.1 LANÇAMENTO DE CABOS DA LT DE 230 kV

Esta etapa da execução da linha de transmissão ocorre de forma similar ao que é feito para uma RAMT, observam-se apenas algumas diferenças.

O processo é iniciado com a colocação das bobinas que serão utilizadas para cada fase frente ao vão a ser lançado, após isso, verifica-se o correto aterramento de cada condutor como pode ser visto na figura x.

FIGURA 14- POSICIONAMENTO DAS BOBINAS



Fonte: O próprio autor

Uma vez que os cabos estão devidamente aterrados, eles são puxados com o auxílio de uma retroescavadeira no decorrer do vão de lançamento. É importante

salientar a utilização de estacas de madeira, colocadas abaixo dos cabos, para a redução de danos nos condutores causados pelo atrito com o solo, como pode ser visto na Figura 14.

FIGURA 15-LAMENTO DE CABOS



Fonte: O próprio Autor

Nem sempre é possível a utilização de maquinário pesado para este tipo de procedimento, isto pôde ser observado no momento em que foi necessário o lançamento de condutores através de uma área de preservação permanente (APP). Neste caso foi necessário o lançamento manual, visto que nenhum tipo de supressão vegetal podia ser feita. O procedimento pode ser visto na figura 15.

Uma vez lançados os cabos são então conectados às suas respectivas cadeias de isoladores através de uma prensa hidráulica (Figura 16). Feita a conexão, pode-se então fixar a cadeia de isoladores às estruturas, como mostrados na Figura 17.

FIGURA 16- LANÇAMENTO DE CABOS DE FORMA MANUAL



Fonte: O próprio autor

FIGURA 17- PRENSA HIDRÁULICA



Fonte: O próprio autor

FIGURA 18- ANCORAGEM DE CABOS



Fonte: o próprio autor

4.3.2 MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO

De modo a se garantir um funcionamento eficiente do SPDA, com a correta drenagem das descargas atmosféricas para a terra, faz-se necessário o correto aterramento das estruturas. Em estruturas de aço, a própria estrutura metálica é utilizada como condutor de aterramento. As ferragens das fundações são conectadas aos cabos contrapeso, que são cabos de aço enterrados no sentido longitudinal da LT, com profundidade em torno de 50 a 90 cm, a disposição dos cabos contrapeso em uma LT pode ser vista na Figura 18.

Sendo executadas todas as exigências quanto ao aterramento das estruturas, é feita a medição da resistência do solo conforme determinações da Chesf.

O equipamento utilizado para a medição da resistência do solo, pelo aluno, foi o Terrômetro MTD-20KWe seguindo o seguinte procedimento de medição.

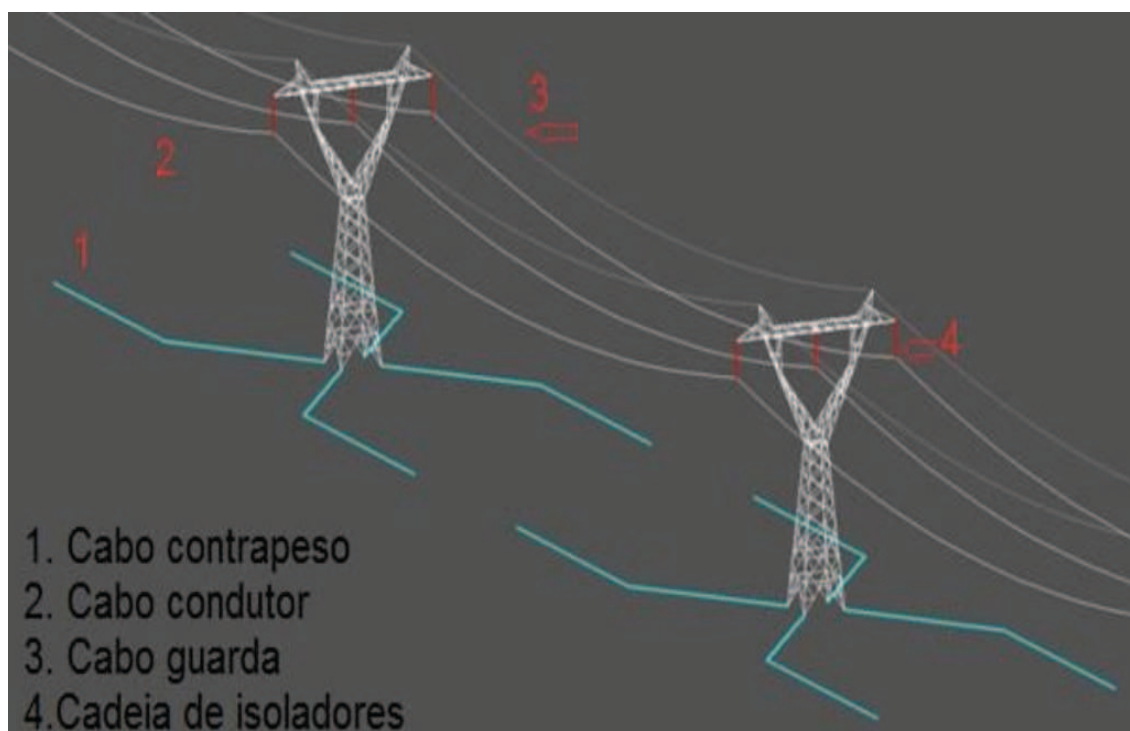
1. **Locação das hastes de aterramento.**

- a. 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.

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

Após realizado o procedimento não pode ser obtido um valor de resistência maior que 20 ohms. No decorrer do estágio foram realizadas as medições para todas as estruturas metálicas da LT, concluindo que todas estavam dentro do padrão exigido. Um exemplo de medição pode ser visto na Figuras 19

FIGURA 19- DISPOSIÇÃO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO



Fonte: FAW7, 2015.

FIGURA 20- MEDIÇÃO DO TERRÔMETRO



Fonte: O próprio autor

5 CONCLUSÕES

O estágio curricular mostra-se como uma excelente oportunidade de confrontar os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação com o que é exigido de forma prática no mercado de trabalho.

O acompanhamento de uma determinada obra, incluindo a parte civil e montagem eletromecânica, força o aluno a por em prática os conceitos básicos não apenas de engenharia elétrica, mas de engenharia de um modo geral, o que se mostra como uma experiência bastante proveitosa.

A possibilidade de adquirir experiência na parte de execução de projetos de grande e médio porte foi um dos aspectos mais proveitosos deste estágio. A participação da rotina diária de uma obra permitiu que fosse gerada uma percepção precisa de todas as dificuldades que os engenheiros locais são submetidos, seja pela pressão exercida diariamente pela equipe da sede da empresa, ou por contratemplos que ocorrem localmente, que podem comprometer o andamento da obra.

Ressalta-se que foi possível acompanhar todo o processo de lançamento de cabos, tanto para a uma RAMT quanto para uma LT de 230V, além disso todo o procedimento de segurança que tais atividades necessitam, tais como os EPIs utilizados pelos colaboradores, dispositivos de aterramento dos cabos, entre outros.

Destaca-se a realização da medição da resistividade do solo ao redor de cada estrutura metálica da LT, constatando que a resistência do solo estava dentro dos limites exigidos pela Chesf, tal procedimento é importantíssimo e indispensável na execução de um projeto de LT. Não obstante, no final do estágio pôde ser observada a concretagem das bases para os postes de concreto da LT, bem como toda sua parte topográfica.

Conclui-se que os objetivos da realização do estágio foram alcançados com êxito. Tendo em vista o grande acréscimo em experiência, bem como a agregação de novos conhecimentos em todas as áreas da engenharia.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Crysthian Purcino Bernardes. **Avaliação da Confiabilidade de Fundações de Torres Estaiadas em Linhas de Transmissão.** 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

FAW7. **Aterramento em Linha de Transmissão.** Disponível em: <<http://www.faw7.com.br/aterramento/aterramento-em-linha-de-transmissao>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

ONS. **Histórico da Operação:** Geração de Energia. 2016. Disponível em: <http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia.aspx>. Acesso em: 25 jan. 2017.

LABEGALINI, Paulo Roberto et al. **Projetos Mecânicos das Linhas Aéreas de Transmissão.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 528 p.

ABNT. (2011). NBR 14724 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 9). ABNT.

MENEZES, Victor Prangiel. **Linhas de Transmissão de Energia Elétrica: Aspectos Técnicos, Orçamentários e Construtivos.** 2015. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.