



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica

## Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório apresentado à Coordenação de Estágios de Engenharia Elétrica da UFCG, como parte dos requisitos à obtenção de título de Engenheiro Eletricista.

Aluno: Anderson Pablo Garcia Pereira

Matricula: 29621461

Junho de 2005

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica

## Relatório de Estágio Supervisionado

**Trabalho apresentado por:** Anderson Pablo Garcia Pereira

**Empresa:** Procable Energia e Telecomunicações S.A.

**Período de Estágio:** 01/02/2005 à 01/05/2005

**Orientador na Universidade:** Núbia Silva Dantas Brito

**Orientador na Empresa:** Luiz Siguenobu Obara

Campina Grande – Paraíba

Junho de 2005

Aluno: Anderson Pablo Garcia Pereira

Matrícula: 29621461



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

# Estágio Supervisionado

Julgado em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

**Banca Examinadora:**

---

Orientador Acadêmico

---

Convidado

---

Engenheiro Responsável

**Campina Grande - Paraíba**

# AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento deve ser a Deus, o supremo Senhor da minha vida e que me abriu esta porta de estágio aqui nesta cidade tão grande e agitada. Sem Ele minha vida não teria tomado este rumo.

Também agradeço a minha esposa pela paciência nos dias que precisei passar boa parte da noite e dos dias estudando para terminar um curso tão difícil como o de Engenharia Elétrica. À minha mãe e irmãs que muito me apoiaram com alguns conselhos.

Não posso deixar de agradecer a Universidade Federal de Campina Grande com todos os seus funcionários, especialmente os professores do curso de Engenharia Elétrica que me passaram muitas informações necessárias para o meu aprendizado.

No todo, quero agradecer a todos que direta e indiretamente contribuíram para a conclusão deste curso.

# SUMÁRIO

Introdução	pág. 6
O estágio	pág. 7
Aspectos do projeto	pág. 8
Estudos elétricos dos cabos pára-raios	pág. 15
Providências iniciais para as atividades de instalação do cabo OPGW	pág. 20
Condições gerais para a preparação dos cabos OPGW e acessórios no campo	pág. 22
Cuidados especiais no lançamento do OPGW	pág. 23
Método de lançamento do cabo OPGW	pág. 26
Procedimentos para instalação do cabo OPGW	pág. 35
Lançamento do cabo OPGW	pág. 37
Grampeamento do cabo OPGW	pág. 39
Instalação dos acessórios e revisão final	pág. 40
Avaliação das condições das fibras ópticas	pág. 41
Distâncias mínimas de segurança	pág. 42
Tipos de estruturas	pág. 43
Conclusões	pág. 45
Bibliografia	pág. 46

# 1. INTRODUÇÃO

A empresa que me proporcionou uma oportunidade de estágio tem por nome Procable Energia e Telecomunicações. Situa-se na cidade de Diadema, no estado de São Paulo.

A Procable foi criada em 1998 com o objetivo de fazer associações com companhias internacionais para introdução de novas tecnologias no mercado. Sua equipe foi responsável por muitas inovações no âmbito nacional, entre elas: Transmissão subterrânea, introdução do cabo OPGW no mercado nacional, introdução da rede compacta, e o lançamento do cabo OPGW em linha de transmissão energizada com 230 kV e 500 kV.

A missão da Procable é ser uma empresa voltada à busca da satisfação do cliente nos segmentos de energia e telecomunicações agregando valor aos produtos e serviços através da excelência na gestão de negócios e da aplicação constante de novas tecnologias e desenvolvimento de soluções sistêmicas.

A Procable em todas as suas atividades tem como serviço prioritário o lançamento dos cabos OPGW em linhas energizadas e assim podemos destacar alguns dos nossos clientes: CTEEP – transmissão paulistana, Eletronorte, Chesf, Furnas, CEEE, Copel e outras.

Para atingirmos todas as metas os nossos fornecedores trabalham em paralelo e com grande eficiência. Podemos citar os dois principais fornecedores: a Pirelli (Brasil) e a Fujikura (Japão).

A empresa divide-se em vários setores, dentre eles podemos destacar o setor de comércio exterior, projetos de linhas de transmissão, projeto de lançamento de cabos pára-raio, planejamento e controle da produção, departamento de negócios, etc. Dentre estes departamentos o estágio desenvolveu-se em dois setores específicos. Com mais atuação, o estágio teve por objetivo planejar as atividades do campo, fazendo com que todo o serviço acontecesse de forma rápida e correta. Em pequena parte o estágio também teve atuação na área de projetos de lançamento dos cabos pára-raios.

O estágio teve início no dia 01 de fevereiro e terminou no dia 01 de maio de 2005, depois deste período a empresa me contratou como Engenheiro Elétrico Júnior.

## 2. O ESTÁGIO

O estágio de dividiu em alguns passos. No primeiro dia foi mais uma apresentação da empresa e também um curso de 06 horas sobre todas as atividades da mesma. Depois disso foi informado o objetivo do estágio e quais seriam os serviços a realizar. A principal meta estipulada para o estágio era planejar e controlar as atividades do campo. Para tal, era preciso o contato com as concessionárias de energia, com polícia rodoviária federal, concessionárias de rodovias, ferrovias e também com os engenheiros de campo para acompanhamento de todo o processo.

O survey de cada linha de transmissão onde o pára-raio (OPGW) será instalado é o primeiro passo para que toda as atividades ocorram de forma eficiente. O survey na verdade é o levantamento de todas as informações da linha de transmissão, sejam elas informações negativas ou facilidades que possam existir. Depois de levantado o survey através de relatórios com fotos, segue-se o planejamento da obra e a quantidade de pessoas, ferramentas e dias necessários para que tudo termine dentro do contrato assinado. A partir daí, agenda-se os desligamentos na linha de transmissão e todos os bloqueios necessários. É necessário o contato com concessionárias de energia, rodovias, ferrovias e todas as empresas que possam proporcionar interferências para o lançamento do cabo pára-raio. O cronograma de acompanhamento das atividades diárias deve ser planejado de forma a atender todas as dificuldades existentes, sabendo-se que para o lançamento de cada bobina OPGW será necessário um período de preparação das praças, embandolamento e lançamento de aramida na linha, o próprio lançamento do OPGW e por fim o nivelamento e grampeamento do mesmo. Todo este processo é acompanhado diariamente, pois se em algum dia acontecer algum problema, os bloqueios e desligamentos devem ser reagendados com antecedência já que a ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico Interligado) obriga este agendamento com alguns dias mínimos de solicitação.

Uma das maiores dificuldades encontradas nas atividades do estágio era fazer com que as equipes do campo produzisse cada vez mais e em menos tempo. Com isso, todas as solicitações eram feitas (bloqueios e desligamentos) e tinham que ser refeitas pois a produção não era alcançada.

Outra grande dificuldade encontrada era junto as concessionárias das rodovias, pois geralmente elas não queriam conceder as autorizações de serviços e algumas vezes tivemos obras paradas.

O aprendizado no estágio se deu em maior quantidade na área de projetos. Através dele pudemos trabalhar com cálculos, análise de plantas, análise de estruturas e detalhes do lançamento por causa dos esquemas elétricos.

Através dos capítulos a seguir, a explicação técnica para cada atividade será explicada.

### **3. ASPECTOS DO PROJETO PARA INSTALAÇÃO DO CABO OPGW**

O capítulo a seguir explicará o verdadeiro objetivo de se instalar o cabo OPGW em vez do cabo pára-raio comum. Ele também fará algumas definições básicas para que se entenda o que é OPGW, o lançamento, estruturas e o efeito da temperatura e dos ventos sobre os cabos. Todas as definições estão direta e indiretamente envolvidas com o estágio. Por exemplo, pode ser citado o caso das estruturas com ancoragem que dificultam o processo de lançamento. Já a chuva, o vento e o comprimento dos vãos podem influenciar diretamente sobre a quantidade de dias necessários para o lançamento.

#### **3.1 DEFINIÇÃO**

Sob o ponto de vista geral da transmissão elétrica, o cabo OPGW (*optic groundwire*) é um condutor convencional de cobertura de linha de transmissão, construído de modo a possibilitar o seu aproveitamento como abrigo, em seu interior, de fibras ópticas destinadas a telecomunicações. O cabo OPGW deve ser visto como um equivalente do cabo pára-raios de linha de transmissão e como tal, sujeito ao mesmo tratamento elétrico e mecânico.

#### **3.2 OBJETIVO DO PROJETO**

O projeto para a instalação de um cabo OPGW em uma linha de transmissão visa, essencialmente, atender as condições elétricas e mecânicas do projeto da linha de transmissão. Desta forma, o OPGW deve ser dimensionado para dar proteção às fibras ópticas, sem alterar o seu desempenho óptico, quando o cabo for submetido às diversas solicitações elétricas e mecânicas.

#### **3.3 SOLICITAÇÕES E CONDIÇÕES ELÉTRICAS A SEREM RESPEITADAS**

- Ter capacidade para suportar a circulação da corrente de curto-circuito especificada, sem que a temperatura do cabo ultrapasse a máxima permitida para a fibra óptica.
- Manter o ângulo de cobertura para a proteção das fases contra descargas atmosféricas.
- Suportar as eventuais descargas atmosféricas diretas sobre o cabo.
- Oferecer uma conexão segura para a terra, permitindo o escoamento das correntes de falta, ou induzidas.

#### **3.4 SOLICITAÇÕES E CONDIÇÕES MECÂNICAS A SEREM RESPEITADAS**

- Suportar as forças de tração impostas ao cabo durante a sua instalação e operação.

- Suportar as forças de compressão presentes durante a sua instalação e operação (roldanas, grampos de suspensão e ancoragem, esferas de sinalização, conectores, etc).
- Suportar as forças causadas pela vibração do cabo quando submetido a correntes de curto-circuito (esforços eletrodinâmicos).
- Suportar as forças provocadas pela vibração do cabo devido a passagem do vento.
- Ter características de tensão e flechas similares as dos pára-raios convencionais.
- Ter características de peso próprio similar à do cabo pára-raios convencional, e compatível com o carregamento mecânico previsto para as estruturas.

### 3.5 CABOS SUSPENSOS

Os condutores das linhas aéreas de transmissão, normalmente constituídos por cabos, podem ser considerados suficientemente flexíveis, tendo em vista que os seus pontos de suspensão estão razoavelmente afastados. O cabo pode ser considerado inelástico possuindo peso linear unitário (por metro) praticamente constante. Por estas razões, é possível considerar que um cabo suspenso descreve uma curva semelhante a uma catenária.

### 3.6 DEFINIÇÕES IMPORTANTES

Vão: distância horizontal entre dois pontos de suspensão do cabo é denominado.

Vão nivelado: um cabo suspenso com as extremidades de suspensão niveladas (numa mesma horizontal)

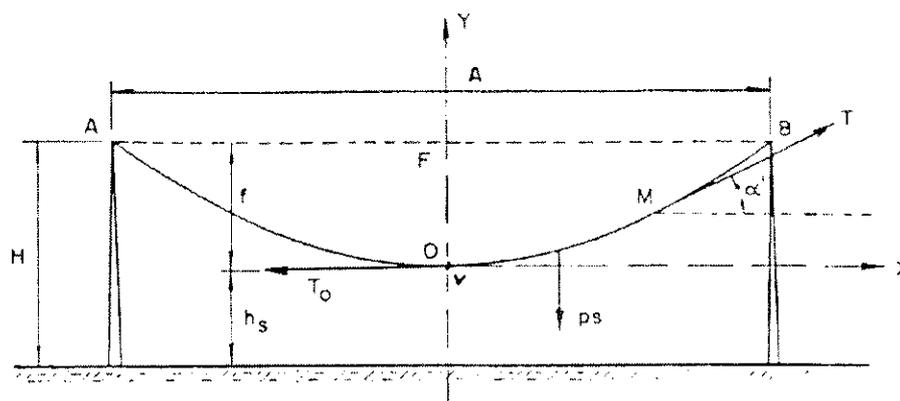


Figura 1 – Nivelamento do OPGW

Vão desnivelado: um cabo com as extremidades de suspensão não estando na mesma horizontal

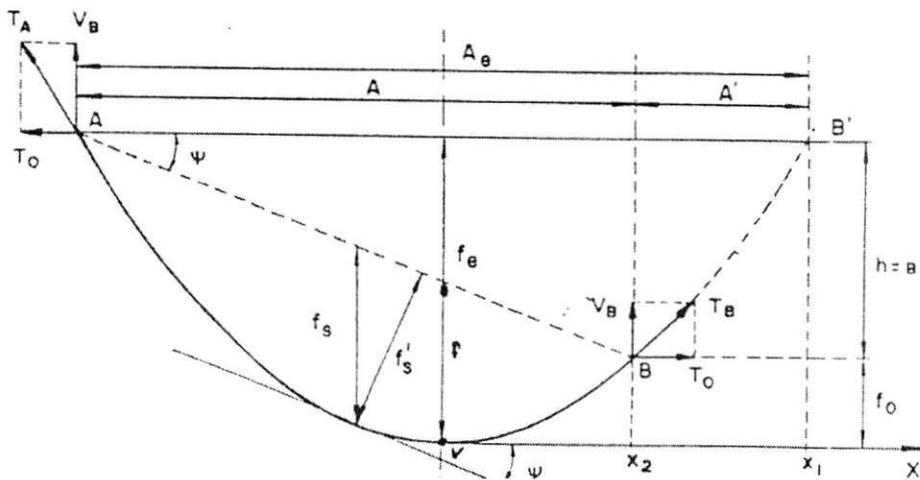


Figura 2 – Vão desnivelado

Vértice: o ponto mais baixo da curva (catenária).

Vãos contínuos: os vários vãos com pontos de suspensão não rígidos e condutores dependentes mecanicamente, sendo o cabo fixado apenas em seus dois pontos (ancorados) extremos.

Tramo: conjunto de estruturas e vãos situados entre dois pontos extremos de fixação do cabo (ancoragens).

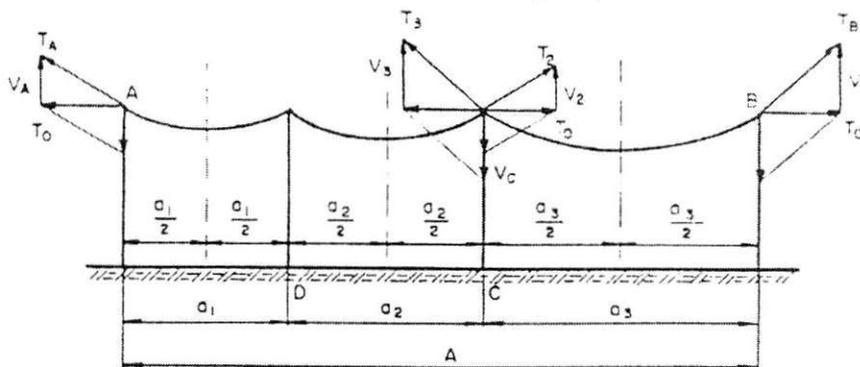


Figura 3 - Tramo

### 3.7 ESTRUTURAS SUPORTES PARA CABOS SUSPENSOS

As estruturas podem ser classificadas segundo a sua função na linha de transmissão e/ou quanto a sua forma de suportar os esforços a que ficam sujeitas, que são:

Estruturas de ancoragem: são aquelas que suportam os três tipos de cargas (horizontal, longitudinal e a vertical). Quando a estrutura é montada para resistir os esforços atuantes em um único sentido, ela é denominada de terminal, nos outros casos, ancoragem intermediária.

Estruturas de suspensão: são as que suportam em geral, as cargas verticais, podendo suportar pequenas cargas transversais (oriundas da pressão do vento e de pequenos ângulos de mais ou menos 5°) e longitudinais (diferença entre os vãos contíguos). Essas estruturas são preferencialmente usadas em alinhamento.

Os esforços que as estruturas devem suportar são:

- Forças horizontais transversais devidos:
  - Ao vento atuando no cabo, isoladores e acessórios.
  - Ao vento atuando na estrutura.
  - À tração dos cabos quando em ângulo.
  - À passagem de uma corrente de curto-circuito.
  
- Forças horizontais longitudinais devidos:
  - À componente longitudinal da tração do cabo (inclusive devido a variação da temperatura em vãos adjacentes desiguais).
  - Ao efeito do vento atuando na direção do eixo da linha (pequeno).
  
- Forças verticais devidos:
  - Ao peso dos condutores.
  - Ao peso dos isoladores (acessórios).
  - Às cargas de montagem e manutenção.
  - Ao peso da própria estrutura.

### **3.8 CONSIDERAÇÕES PARA O PROJETO DE INSTALAÇÃO DO CABO OPGW**

O projeto de instalação dos cabos pára-raios deve obedecer aos limites de esforços admissíveis nas estruturas e manter a distância mínima de segurança com relação aos condutores fases. Para o cálculo mecânico da linha, após a locação das estruturas, o primeiro passo é o estabelecimento das hipóteses de carga. Usualmente os projetistas estabelecem as seguintes hipóteses de carga:

Condição de trabalho de maior duração: condição em que a linha fica submetida à temperatura média anual, sem o efeito do vento.

Condição de máximo carregamento: considera-se a linha submetida à máxima intensidade do vento e a temperatura mais provável de ocorrer.

Condição de flecha mínima: considera-se que a linha fique submetida à menor temperatura possível de ocorrer na região, sem ocorrência de vento. Comumente se utiliza  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Condição de flecha máxima: Esta condição considera a temperatura mais elevada nos cabos, devido à temperatura ambiente elevada, mais a temperatura gerada pela passagem das correntes elétricas. Comumente se utiliza  $60^{\circ}\text{C}$ .

Condição regente: condição regente é uma das condições apresentadas nos itens anteriores, que adotada como inicial para o tramo, não ultrapassa os valores determinados para as outras condições.

Regulação do cabo pára-raios: para os cabos pára-raios e conseqüentemente para o OPGW, adota-se como condição inicial regente a de maior duração, fazendo-se a igualdade das flechas com o

condutor fase, na temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$ .

É interessante observar que as hipóteses mencionadas devem levar em consideração as características do tramo.

### 3.9 CÁLCULOS NECESSÁRIOS PARA O PROJETO DE INSTALAÇÃO DO OPGW

Variação do comprimento do cabo com a variação da temperatura:

$$L_2 = L_1 + L_1 * \alpha_1 * (t_2 - t_1)$$

onde:

$L_2$  – Novo comprimento do cabo

$L_1$  - Comprimento inicial do cabo

$\alpha_1$  - coeficiente de dilatação linear

$t_2$  - temperatura final

$t_1$  - temperatura inicial

$$\Delta L = L_2 - L_1 = L_1 * \alpha_1 * (t_2 - t_1)$$

onde:

$\Delta L$  - Variação do comprimento

$L_2$  – Novo comprimento do cabo

$L_1$  - Comprimento inicial do cabo

$\alpha_1$  - coeficiente de dilatação linear

$t_2$  - temperatura final

$t_1$  - temperatura inicial

Variação da tração com a variação do comprimento do cabo:

$$\Delta L_t = L_1 * (T_2 - T_1) / E * S$$

$\Delta L_t$  -Variação da tração

$L_1$  -Comprimento inicial

$T_2$  -Tração horizontal no cabo (estado 2)

$T_1$  -Tração horizontal no cabo (estado 1)

$E$  - módulo de elasticidade do cabo

$S$  - seção transversal do condutor

A variação total:

$$\Delta L = \Delta L_t + \Delta L_T$$

Manipulando as equações acima obtém-se a Equação Simplificada da Mudança de Estado:

$$T_{0_2}^3 + T_{0_2}^2 \left[ \frac{E.S.p^2.A^2}{24T_{0_1}^2} + E.S.\alpha_1.(t_2 - t_1) - T_{0_1} \right] = \frac{E.S.p^2.A^2}{24}$$

onde:

$A$  e  $L$ - vão e comprimento do cabo

$T_0$ - tração horizontal no cabo

$\alpha$ - coeficiente de dilatação linear do cabo

$E$ - módulo de elasticidade do cabo

$t_1$  e  $t_2$ - temperatura do cabo nos estágios 1 e 2

$S$ - seção transversal do condutor

$p$ - peso unitário do condutor

Para o cálculo da flecha de um vão em uma determinada condição de tração e temperatura, é possível adotar a equação simplificada (considerando que a curva descrita pelo cabo se assemelha a uma parábola), seguinte:

$$f = p.A^2 / 8.T_0$$

onde:

$f$ - flecha do vão

$p$ - peso do cabo

$A$ - comprimento do vão

$T_0$ - tração horizontal no cabo

Com esta fórmula é possível construir os gabaritos utilizados para desenhar as estruturas e desenhar as catenárias do cabo.

Como o tramo possui vários vãos diferentes, o cálculo da tabela de regulação é feito para um vão regulador do tramo, que é um vão fictício, isolado, cuja curva melhor representa a forma de todas as catenárias dos vãos dos tramos. O vão regulador é obtido por:

$$A_n = ((A_1^3 + A_2^3 + A_3^3 + \dots + A_n^3) / A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)^{1/2}$$

Sendo  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  os vãos de um tramo.

Quanto maior o número de vãos no tramo, mais próximo da média dos vãos será o regulador. A tabela de regulação é composta de três colunas, calculada para cada vão regulador, podendo ter os seguintes aspectos: tração, flecha e temperatura.

### 3.10 AMORTECIMENTO DA VIBRAÇÃO EÓLICA DOS CABOS

Além do projeto eletromecânico, um item importante a ser observado é o de vibração. Em uma linha de transmissão, todos os seus componentes sofrem vibrações provocadas por várias causas, sendo a mais comum, a vibração devido a passagem do vento por eles. Assim, tem-se a vibração eólica provocada pelo surgimento de vértices, quando um vento constante e de baixa velocidade, passa pelo componente num sentido próximo a perpendicular ao seu eixo longitudinal.

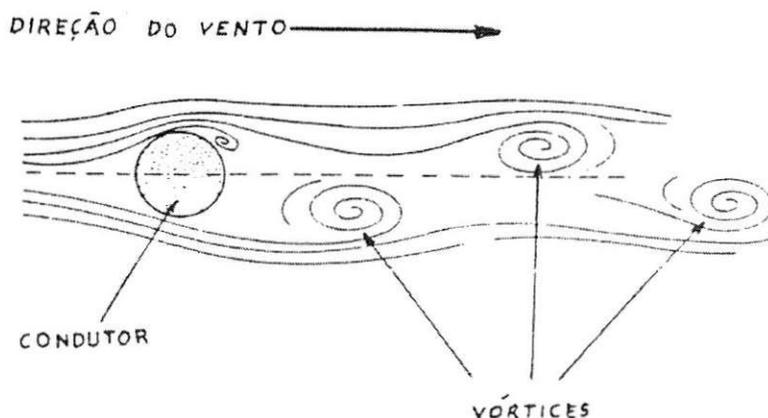


Figura 4 - Efeito do vento

A vibração eólica é importante em todos os componentes de uma linha, entretanto, seu efeito é mais danoso nos casos condutores e, em especial, nos pára-raios com OPGW. Devido ao material relativamente frágil, predominante na composição dos cabos OPGW (grande quantidade de alumínio) e por serem relativamente delgados (pequenos diâmetros e grandes comprimentos), esse componente da linha é bastante sensível frente à vibração. A característica da vibração eólica é ter alta frequência e pequena amplitude. A frequência aumenta quando o diâmetro do condutor diminui ou quando a tração no cabo aumenta. A frequência de vibração do cabo pode ser calculada por:

$$f = 0,19.v/d \quad (\text{Hz})$$

Sendo: 0,19 a constante de Strouhal,  $V$  a velocidade do vento e  $d$  é o diâmetro do cabo

A frequência do sistema de cabo suspenso pode ser calculada por:

$$f_p = \frac{1}{\alpha.(T/m)^{1/2}} \quad (\text{Hz})$$

Sendo:  $T$  a tração do cabo (kgf) e  $m$  a sua massa (kg).

Nota-se  $f_v$  deve ser diferente de  $f_p$ .

Os danos mais notáveis devido à vibração eólica são os da fadiga e a abrasão dos componentes do cabo. Ambos os efeitos levam o cabo à ruptura. Especiais cuidados devem ser dedicados aos cabos OPGW que possuem mais de uma coroa (camadas), pois os efeitos de vibração eólica (em geral abrasão e conseqüentemente, fissuras nos fios) se manifestam primeiramente nas camadas internas, onde a sua observação é praticamente impossível.

São vários os recursos para reduzir e/ou amortecer as vibrações:

- Reduzir a tensão no vão, aumentando o auto-amortecimento.
- Evitar os grandes vãos e travessias em vales onde o fluxo lamelar do vento não encontra grandes obstáculos.
- Utilizar dispositivos para dissipar a energia mecânica gerada pela vibração do cabo.



Os dispositivos utilizados pela PROCABLE para redução de amortecimentos são os produzidos pela **PLP** (empresa fornecedora de acessórios), que desenvolveu um tipo de amortecedor espiralado, o SVD, destinado a reduzir os níveis de vibração em condutores com pequeno diâmetro, situação da maioria dos cabos pára-raios.

Figura 5 – Amortecedor da PLP

## 4. ESTUDOS ELÉTRICOS DOS CABOS PÁRA-RAIOS

Neste capítulo a apresentação desenvolver-se-á em torno de estudos referentes ao curto-circuito e as impedâncias e reatâncias existentes na linha de transmissão. Através dele se entenderá como funciona a linha de transmissão e a influência direta do pára-raio sobre a própria linha em caso de uma falta qualquer.

### 4.1 FUNÇÕES DO CABO PÁRA-RAIOS

Os cabos pára-raios, cabo guarda ou cabo de cobertura têm basicamente duas funções principais:

- Oferecer um caminho para a circulação das correntes que surgem quando ocorre curto-circuito no sistema (usinas, subestações ou linha de transmissão), possibilitando a drenagem desta corrente para a terra.
- Criar uma blindagem nas linhas de transmissão (LT) contra as descargas atmosféricas, minimizando os seus desligamentos.

Os estudos elétricos dos cabos OPGW são feitos considerando duas situações distintas:

- A LT é uma instalação nova e será construída tendo o OPGW como pára-raios. Nesse caso, os estudos envolverão todos os aspectos de posicionamento do cabo, dimensionamento da geometria dos suportes para o melhor desempenho do cabo em função da corrente que circula durante a ocorrência de uma falta (curto-circuito).
- A LT é existente e o cabo pára-raio original será substituído por um cabo OPGW. Nesse caso, os estudos deverão ser centrados nos aspectos da distribuição da corrente de curto-circuito, na capacidade do OPGW em suportar a intensidade da corrente prevista sem sofrer danos. Quanto ao posicionamento do OPGW, considerando que em geral é instalado no mesmo lugar do pára-raios substituído, em princípio, será necessário fazer uma verificação se as características originais da LT foram mantidas. Para essa situação, o que se quer é assegurar que o desempenho do cabo OPGW seja equivalente ou superior ao cabo pára-raios substituído.

### 4.2 ESTUDO DE CURTO-CIRCUITO

No projeto dos cabos pára-raios das linhas de transmissão, aí incluídos os cabos OPGW, é imprescindível o conhecimento da magnitude das correntes que por eles circularão, a fim de que os valores admissíveis dos cabos não sejam ultrapassados, principalmente em condições de faltas monofásicas à terra, já que na situação ideal de um sistema perfeitamente balanceado não há circulação de corrente pelos cabos pára-raios. Por ocasião de uma falta fase-terra, o pára-raios é um caminho de circulação da corrente que flui para as subestações terminais da linha de transmissão

onde ocorreu a falta, operando em paralelo com outros circuitos de retorno.

O cálculo da corrente de falta e sua distribuição entre os diferentes caminhos a terra são função de vários parâmetros, a saber:

- Resistividade do solo.
- Resistência de aterramento das torres e das subestações.
- Distância entre os pontos de alimentação e o ponto de falta.
- Arranjo dos circuitos de seqüência zero e condições de alimentação (de um ou ambos os lados).
- Distribuição dos condutores e cabos pára-raios na torre.
- Impedância da fonte geradora.
- Impedâncias próprias e mútuas dos cabos pára-raios.
- Comprimento da linha.

Para definição da situação mais crítica, em termos de carregamento de cabo pára-raios, deverá ser feita uma parametrização inicial utilizando-se de valores usuais de resistência de malha de terra nas subestações envolvidas, de resistências de pé-de-torre e de vão médio da linha, considerando faltas no barramento da subestação e nas primeiras torres, que geralmente constituem as piores situações.

Com o valor da máxima corrente a fluir pelo cabo, conhecendo-se o tempo de atuação das proteções e o tempo máximo de permanência do defeito no caso de religamento sem sucesso, e de posse das características elétricas e térmicas do cabo, pode-se determinar a elevação de temperatura a que o mesmo estará sujeito sob essa condição de falta e compará-la com os valores admissíveis do cabo.

#### 4.2.1 Circulação de correntes de falta nos cabo pára-raios

Considere-se o esquema da figura, que mostra a distribuição das correntes de defeito para uma falta fase-terra, na torre próxima à subestação A, com uma fonte localizada em B.

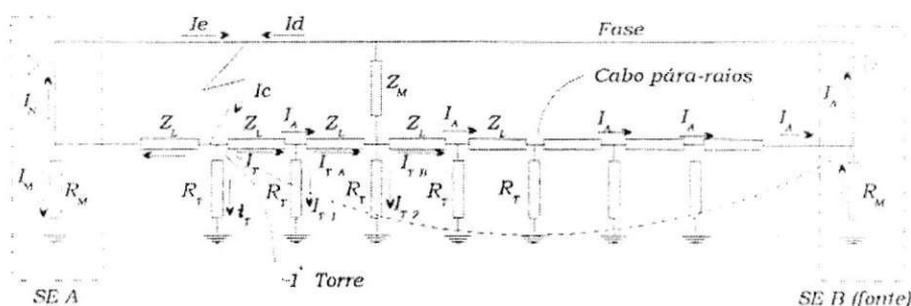


Figura 6 – Circuito equivalente

Sendo:

$I_c$ ,  $I_d$  e  $I_e$  – correntes de falta monofásicas.

$I_a$  – corrente devida ao acoplamento magnético.

$I_t$ ,  $I_{ta}$ ,  $I_{tb}$  – Corrente no cabo pára-raios.

$I_{t_1}$ ,  $I_{t_2}$  – Correntes pelas resistências de pé de torre.

$I_t$  – Corrente pela 1ª torre à terra.

$I_n$  – Corrente de neutro.

$I_m$  – Corrente dissipada pela malha de terra da SE.

$Z_l$  – Impedância longitudinal do cabo pára-raios.

$Z_m$  – Impedância mútua.

$R_m$  – Resistência de aterramento da malha de terra da SE.

$R_t$  – Resistência de pé-de-torre.

A malha de terra da subestação está ligada ao cabo pára-raios da linha, de modo que todo o sistema de aterramento opera em paralelo. Assim uma parte da corrente de falta  $I_c$  circula pela resistência  $R_m$  da malha de terra da subestação, uma parte circula pelo neutro do transformador e uma parte retorna ao sistema pelo cabo pára-raios.

As impedâncias longitudinais do cabo pára-raios e as resistências de aterramento das torres constituem uma série de circuitos  $\pi$  distribuídos, que podem ser substituídos por uma impedância terminal equivalente, desde que o trecho uniforme do cabo pára-raios tenha um comprimento igual ou superior a 15 km, aproximadamente, a partir do ponto de defeito. A essa distância, a corrente  $I_t$  já se difundiu no solo através das resistências de pé de torre e o cabo pára-raios atingiu o ponto zero. Entretanto, nele continua a corrente  $I_a$ , resultante do acoplamento eletromagnético, a qual, quase sempre, é um percentual substancial da corrente total de falta.

#### 4.3 SISTEMA SIMPLIFICADO DE BLINDAGEM DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Como já foi mencionada, uma das funções do cabo pára-raios é a de conduzir as descargas elétricas atmosféricas evitando que elas atinjam o condutor fase da linha. A essa proteção é a que se denomina de *blindagem*. Sabe-se que as descargas atmosféricas possuem natureza completamente irregular e aleatória, mas mesmo assim, eles irão provavelmente atingir objetos que estão mais próximos das nuvens, o que coloca as torres e cabos das linhas de transmissão (LT) como alvos de descargas. É importante considerar que o objetivo da blindagem é o de minimizar os desligamentos da LT e não o de evitá-lo totalmente, uma vez que isso seria economicamente inviável.

Os desligamentos em uma LT podem ser provocados por dois eventos, que são:

- Desligamento provocado devido à descarga no condutor fase por falha da blindagem.

➤ Desligamento provocado por incidência de descarga no cabo pára-raios

No caso específico deste trabalho, a situação é a de substituição de um cabo pára-raios convencional por um cabo OPGW, e se esse cabo OPGW mantiver a mesma disposição geométrica do cabo substituído, não haverá alteração significativa no desempenho da linha. É importante lembrar que a geometria da torre e a posição do pára-raios não são alteradas, podendo ocorrer apenas modificação no meio do vão, face o possível aumento ou diminuição da flecha devido à diferença do peso do OPGW com relação ao cabo pára-raios substituído.

Se a flecha do OPGW foi igual à do pára-raios substituído, o desempenho permanece inalterado. Entretanto se a flecha do OPGW for um pouco maior do que a do pára-raios substituído, o desempenho será ligeiramente menor, podendo acarretar um pequeno aumento no número de desligamento da LT. Também o aumento ou diminuição do diâmetro do OPGW em relação ao cabo original, pode ter uma pequena influência no desempenho do pára-raios, podendo ser desprezível se considerarmos que em geral o OPGW da PROCABLE resulta em diâmetro menor face a sua arquitetura.

Na maioria dos casos, o cabo OPGW resulta num diâmetro maior do que o cabo pára-raios convencional. O fato de se ter um diâmetro um pouco maior do OPGW não significa que se terá redução no desempenho da LT, pois sendo maior o raio, maior será a corrente crítica.

Dependendo do fabricante, a arquitetura do cabo e a tecnologia empregada para a sua fabricação, poderá conduzir para um cabo bem mais pesado e com diâmetro bastante maior.

Antigamente adotava-se um critério muito simples para a blindagem de LTs, considerando um ângulo de  $30^\circ$  em relação à vertical, de forma que o cabo fase se mantivesse dentro desse ângulo. Pensava-se que a blindagem efetiva era conseguida considerando adequado o ângulo de  $30^\circ$  para LTs com torres de altura até 30m.

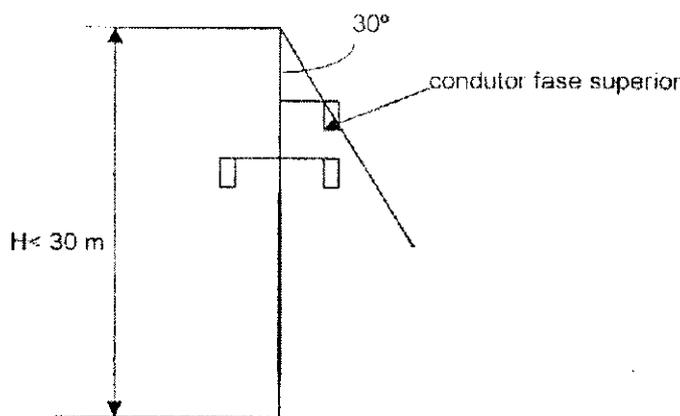


Figura 7 – Ângulo de proteção

Para satisfazer esse requisito, dependendo do tipo de torre, eram necessários um ou dois cabos pára-raios. Entretanto, o desempenho desse tipo de blindagem só é satisfatório em regiões

sujeitas à baixa incidência de descargas e não muito acidentadas. Por essa razão, ainda hoje, encontram-se inúmeras LTs que possuem cabos pára-raios que foram dimensionados segundo o critério mencionado.

## **5. PROVIDÊNCIAS INICIAIS PARA AS ATIVIDADES DE INSTALAÇÃO DO CABO OPGW**

Este capítulo apresenta de forma direta o planejamento ideal para as atividades de campo e o que é necessário fisicamente para o trabalho ser realizado. O PCP (planejamento e controle da produção) deve ter todos os dados a seguir a fim de se obter um melhor aproveitamento diário. O conhecimento detalhado deste capítulo foi essencial para o estágio, já que uma das atividades era fazer o planejamento.

### **5.1 DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE**

A equipe deve ser dimensionada levando-se em conta a programação da obra e sua extensão.

- Considerar o número de estruturas de ancoragem e de suspensão.
- Contar o número de pessoas necessárias para a operação dos equipamentos (puller, freio, cavalete da bobina, acompanhamento da passagem da emenda OPGW piloto pelas roldanas, etc.).

### **5.2 CANTEIRO DE OBRA**

O canteiro de obra deve ser localizado estrategicamente, de modo a facilitar o controle do fluxo de pessoal, equipamentos e materiais, considerando os seguintes aspectos:

- Localização que facilite e reduza ao mínimo possível os deslocamentos do pessoal, equipamentos e materiais.
- Bom acesso que permita o fácil transporte de pessoal, materiais e equipamentos pesados.
- Possua espaço suficiente para alojamento do pessoal (desejável), armazenamento dos materiais, equipamentos e veículos. Deve possuir uma boa área coberta (além do dormitório, cozinha, refeitório e banheiros), destinada ao escritório e almoxarifado para materiais pequenos (acessórios, ferramentas, etc).
- Disponibilidade de infra-estrutura tais como energia elétrica, telefone, água potável, etc.

### **5.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS**

Todas as estruturas devem ser corretamente identificadas, com marcação daquelas que terão caixa de emenda, (conforme previsto no projeto), as de ancoragem passante, fim de linha e suspensão. Os acessos a todas estruturas deverão ser inspecionados, corrigidos se for o caso, e devidamente identificados para a sua fácil localização.

#### **5.4 MANUSEIO E ARMAZENAMENTO**

- Armazenar em local com espaço suficiente para o manuseio seguro, evitando a ocorrência de qualquer choque.
- Manter o eixo de rotação da bobina sempre na horizontal (bobina na vertical, sem deitar ou rolar).
- Manter os flanges bem calçados e apoiados em superfície resistente.
- Não empilhar.
- Deixar espaços para a ventilação entre as fileiras de bobinas.
- Verificar se as extremidades do cabo estão bem seladas e fixadas na bobina.
- Içar as bobinas por meio de correntes ou cabos de aço, presos ao eixo instalado no furo central.
- Em hipótese alguma o cabo deverá ser arrastado sobre qualquer superfície.

#### **5.5 ACESSÓRIOS**

- Manter os acessórios em local abrigado contra chuva, sol, poeira, umidade, etc.
- Não danificar as embalagens ou lacres antes da instalação.

## 6. CONDIÇÕES GERAIS PARA A PREPARAÇÃO DOS CABOS OPGW E ACESSÓRIOS NO CAMPO

Este capítulo descreve algumas das atividades essenciais para os técnicos e eletricitas que estão no campo. Esses passos descritos a seguir são necessários, pois envolvem testes pré-lançamento, verificação da fibra e vistorias mais gerais.

### 6.1 PLANEJAMENTO DA INSTALAÇÃO DO OPGW

- Fazer uma inspeção visual minuciosa em todas as bobinas.
- Realizar testes ópticos nas fibras, verificando a atenuação, o comprimento da fibra e do cabo, selando as suas extremidades.
- Identificar as bobinas com os respectivos tramos, anotando o seu número, o comprimento do lance, peso e o comprimento do excedente do cabo após o grampo de ancoragem na estrutura de emenda.

### 6.2 PLANEJAMENTO DA INSTALAÇÃO DO OPGW

- Identificar os *tramos* e determinar as torres de ancoragem onde serão feitas emenda no OPGW, de modo que haja a menor perda possível de cabo.
- Inspeccionar as condições de todas as estruturas, em especial os pontos de fixação das roldanas, de ancoragem e instalação das emendas.
- Avaliar as condições de cada local escolhido para as praças de lançamento, principalmente:
  - O acesso;
  - O espaço para manobras de equipamentos;
  - O correto posicionamento dos equipamentos;
  - Os ângulos de lançamento nas primeiras roldanas
- Inspeccionar as condições do cabo pára-raios instalado, avaliando se ele pode servir como cabo auxiliar de lançamento (piloto).

## 7. CUIDADOS ESPECIAIS NO LANÇAMENTO DO OPGW

Neste capítulo será descrito os cuidados que devem ser tomados no campo para o lançamento do OPGW. Estes cuidados são extremamente necessários, pois o trabalho envolve fibra óptica, que é um meio muito frágil e fácil de se danificar caso seja usado incorretamente. Será necessário esta descrição para entendimento completo de todas as atividades da empresa Procable.

### 7.1 LIMITE DA TENSÃO MECÂNICA

A tensão mecânica deve ser a menor possível limitada ao valor máximo indicado pelo fabricante. A PROCABLE fixou em 20% da carga de ruptura do cabo. Para controlar continuamente a tensão, o *tracionador (puller)* e o *tensionador (freio)* deverão ser equipados com registrador de tensão, embreagens de alívio e freios de emergência. É desejável que o *puller* tenha dispositivo de desligamento automático quando a tensão máxima estabelecida é atingida.

### 7.2 TORÇÃO NO CABO OPGW

A tendência de torcer o cabo surge devido ao *desbobinamento*, aos grandes ângulos horizontais e verticais, ao não alinhamento das estruturas formando um “S” e devido ao vão adjacente ao equipamento. Este efeito é mais acentuado nos cabos com pequeno diâmetro e com apenas uma camada de fios de encordoamento (coroa).

Para evitar a torção, utilizar contrapesos (*arraias*) nas extremidades do OPGW, conforme as figuras.

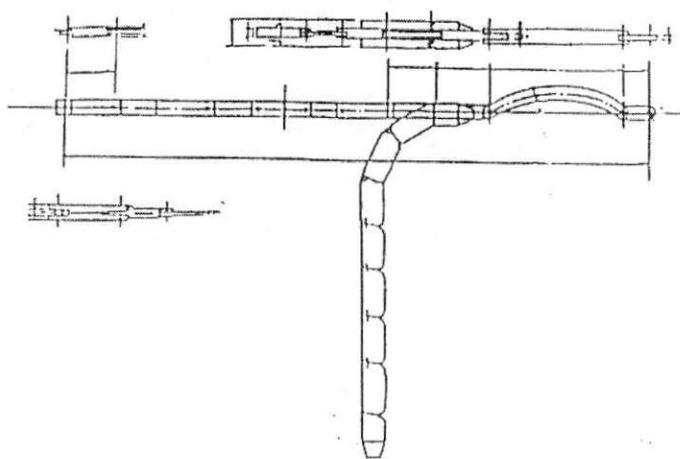


Figura 8 – Arraia

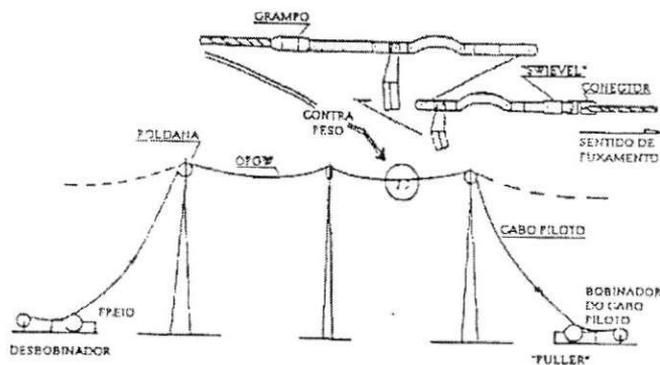


Figura 9 - Vista geral da LT com arraia

### 7.3 DOBRAMENTO DO OPGW

Deve-se respeitar o raio mínimo de curvatura de 500mm, indicado pelo fabricante. A curvatura crítica pode ser atingida em várias situações, dentre as quais, as mais comuns são:

- Quando o ângulo de lançamento, formado entre o cabo e a horizontal, ultrapassa o limite máximo de 30°

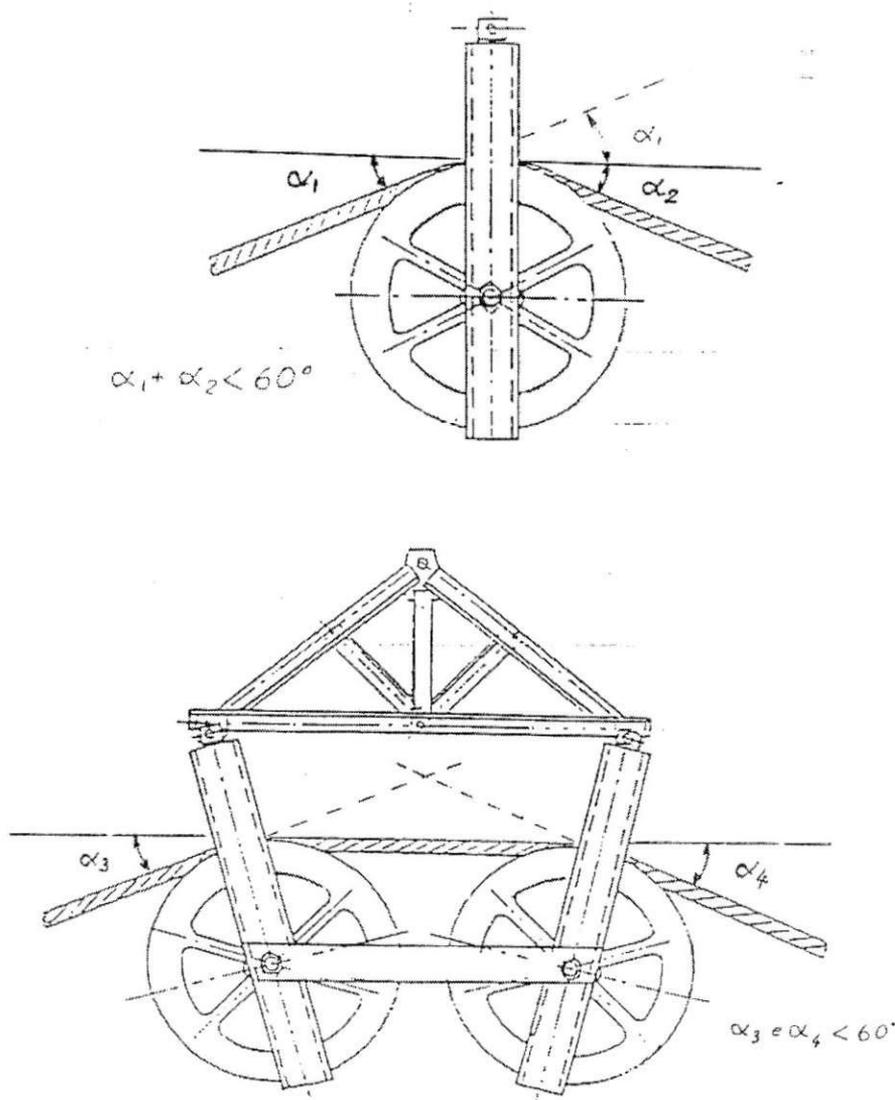


Figura 10 - Roldanas para lançamento

- Quando o diâmetro mínimo das voltas para a acomodação das folgas do OPGW não respeitar o valor de 1,0m

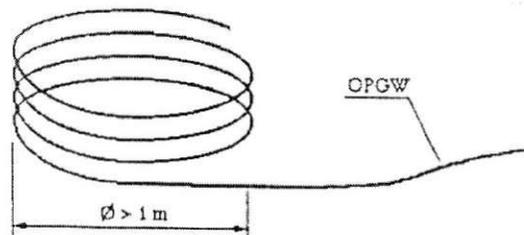


Figura 11 – raio mínimo para enrolar o OPGW

- Quando na torre de emenda a descida do OPGW para a caixa não respeitar o raio mínimo de curvatura de 500mm, conforme indicado na figura.

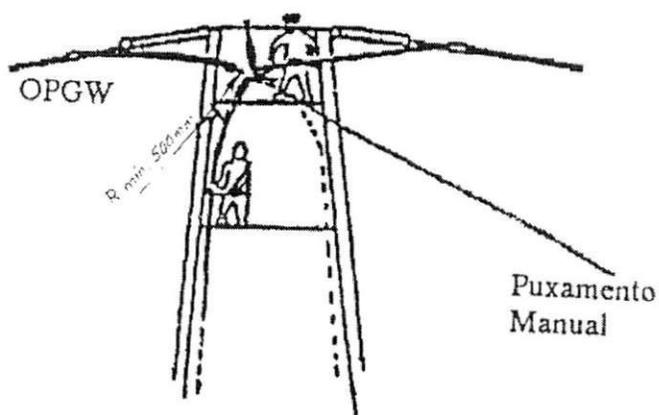


Figura 12 - Raio mínimo para lançamento

- Instalação do *comealong* para ancoragem do OPGW na torre.

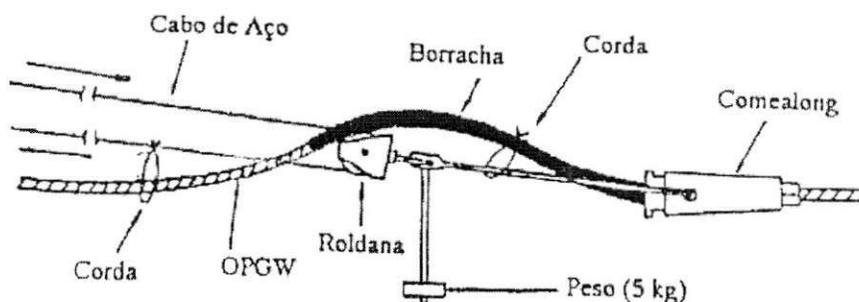


Figura 13 - Instalação do comealong

## 8. MÉTODO DE LANÇAMENTO DO CABO OPGW

O lançamento do cabo OPGW é uma das operações mais delicada da instalação, razão pela qual deve ser planejado cuidadosamente.

### 8.1 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA O LANÇAMENTO DO OPGW

- Na praça de alimentação:
  - Cavalete porta-bobina com capacidade compatível com a maior bobina a ser usada, equipada com sistema de freio regulável para controlar o desbobinamento.

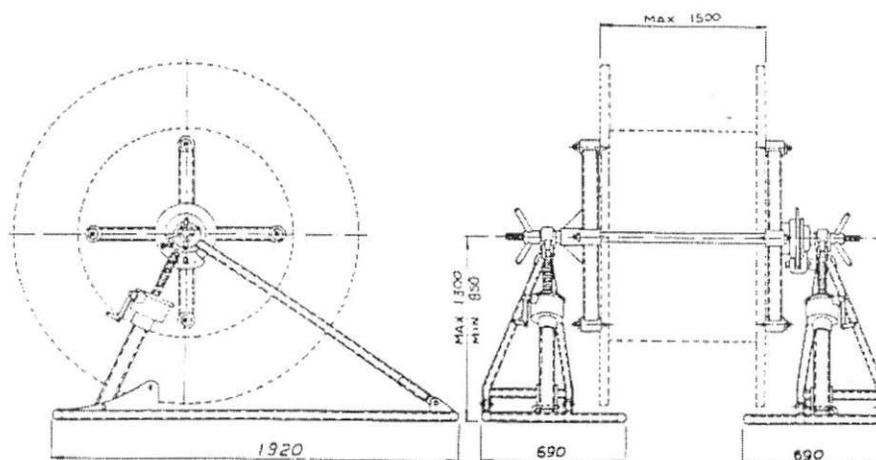


Figura 14 - Cavaletes com as bobinas

- *Tensionador* (freio mecânico) com as seguintes características:
  - Tambores (*bullwhell*) com diâmetro mínimo de 100 vezes o diâmetro do OPGW, com sulcos (*gornes*) revestidos com material não deslizante e não abrasivo (neoprene, borracha, etc).
  - Capacidade de *tensionamento* superior à carga de ruptura do OPGW (6t a 7t).
  - Dispositivo de controle contínuo da tensão (dinamômetro dinâmico).
  - Velocidade de operação contínua, sem trancos, variando de 0 a 5 km/h.

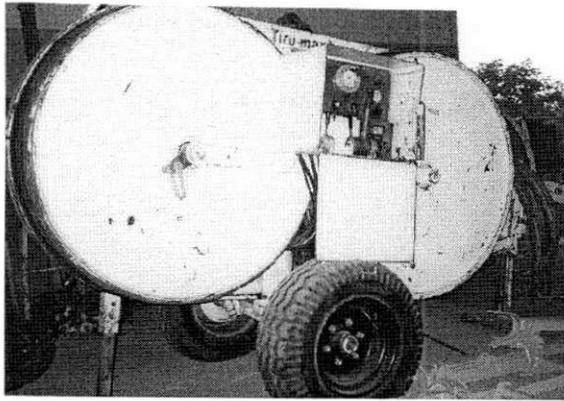


Foto 1 – Freio

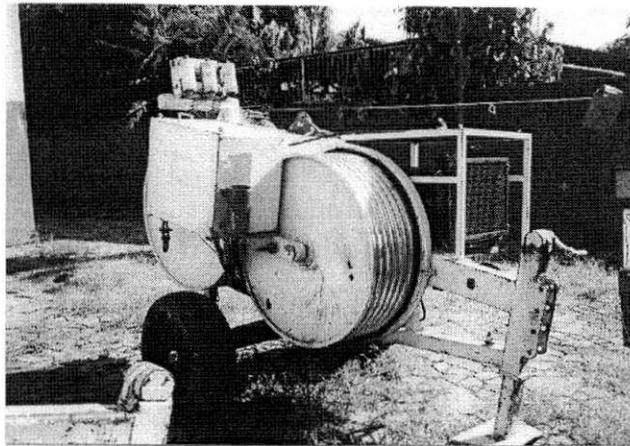


Foto 2 – Puller

- Trator de esteira com *retroescavadeira* para a preparação do terreno.
- Caminhão com guincho para movimentação do OPGW, cordoalhas, roldanas, acessórios, etc.
- Na praça de *puxamento*.
  - *Puller* com as seguintes características:
    - Equipamento com *rebobinador* para o cabo piloto.
    - Capacidade de tração de no mínimo 2000kgf (desejável de 3 a 5t).
    - Velocidade de operação de 0 a 5 km/h.
    - Controle de tração.
    - Embreagem de segurança e freio de emergência.
  - Trator de esteira para a preparação do terreno.
- Roldanas (*bandolas*)

As roldanas deverão ter as seguintes características:

- Diâmetro interno de no mínimo 40 vezes o diâmetro do cabo OPGW (para o presente caso, 450mm).
- Sulco (*gorne*) com largura mínima de 2 vezes o diâmetro do OPGW e que possibilite a passagem do *destorcedor* e contrapeso.
- O sulco deve ser revestido com material *elastomérico*, mais mole do que o cabo, não abrasivo, do tipo: neoprene, poliuretano, nylon, etc.
- Cabo piloto, de aço, flexível, com capacidade nominal mínima de 5t.
- *Destorcedor* (girador) e emenda tipo noz.
  - Capacidade nominal mínima de 5t.
  - Diâmetro (máximo) de 40mm.

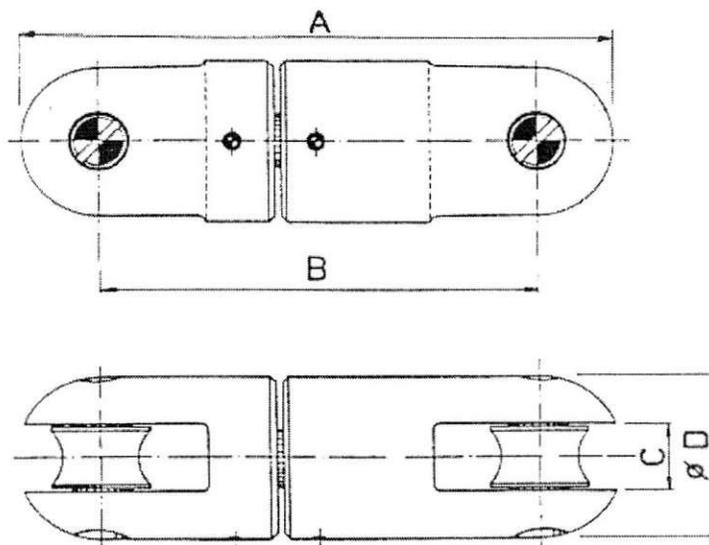


Figura 15 - Luva giratória

- Esticador (*comealong*), tipo cunha, para diâmetro compatível com o do OPGW e capacidade nominal de 5t.

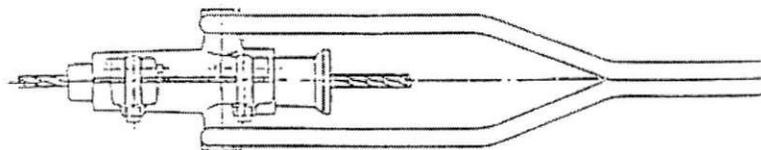


Figura 16 - Comealong

- Esticador (grampo) de aperto radial, capacidade nominal de 5t, para diâmetro compatível com o do OPGW.

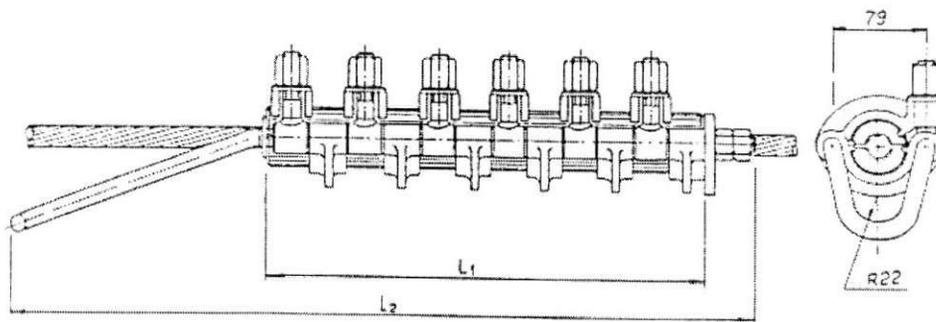


Figura 17 - Esticador de aperto radial

- Camisa elástica de *puxamento*, para diâmetro adequado ao do OPGW e capacidade nominal compatível com a máxima tração prevista par ao OPGW.

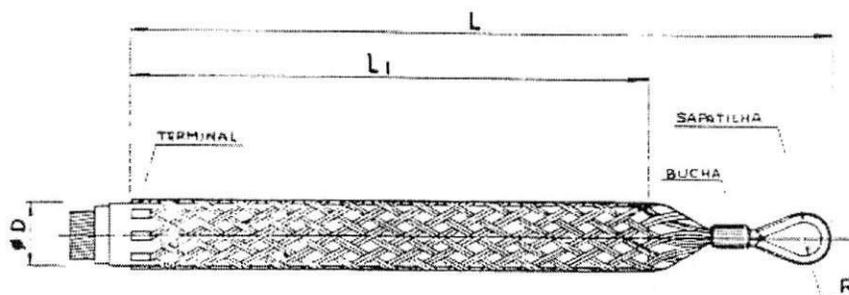


Figura 18 - Camisa de puxamento fechada

- Alça pré-formada, com comprimento de 1,10m, diâmetro de aplicação compatível com o OPGW (a mesma alça só deve ser usada até 4 vezes).
- Dispositivo antitorção (contrapeso ou arraia).
  - Capacidade nominal mínima de 5t.
  - Dimensões adequadas para a sua passagem pelas roldanas ( $\Phi$  40mm.)
  - Peso adequado para evitar a rotação do cabo OPGW sobre o seu eixo durante o lançamento (variando de 5 a 10kgf).
- Conjuntos móveis para aterramento (em cada torre onde será trabalhado, deverá ser feito um aterramento antes e um depois). Grampo com roletes para aterramento, com respectivos cabo isolado e haste de aterramento. O cabo deverá ter um comprimento em torno de 5m.

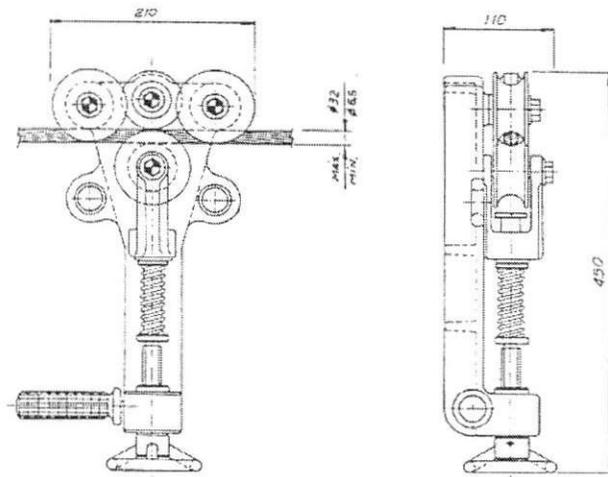


Figura 19 - Roletes para aterramento

- Bicicleta para a instalação da sinalização aérea, equipada com roda cujo sulco deve ser revestido com material mais macio do que o cabo OPGW (ou o fase), não abrasivo e com diâmetro mínimo de 1,5m (se for usado no OPGW).
- Chave *torquimétrica* com aferição atualizada, preferencialmente do tipo *torquímetro* de estalo, com capacidade nominal de 0 a 10kgf m.
- Dinamômetro com aferição atualizada, capacidade nominal de 5t, escala com divisões de no máximo 50 kgf.

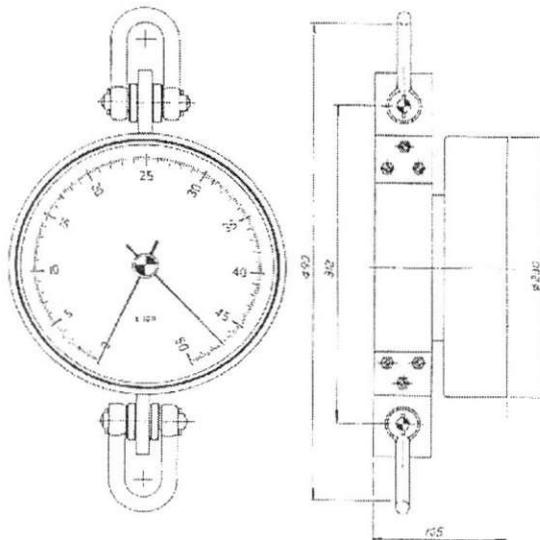


Figura 20 - Dinamômetro

- *Tifor* com capacidade nominal de 5t, devidamente revisado

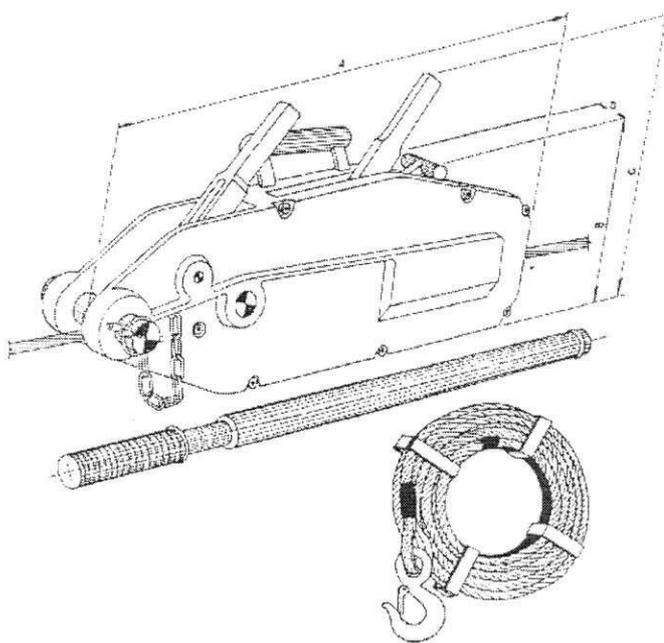


Figura 21- Guincho de alavanca

- Talha de corrente, com catraca, e capacidade nominal mínima de 3t, mecanicamente revisada.

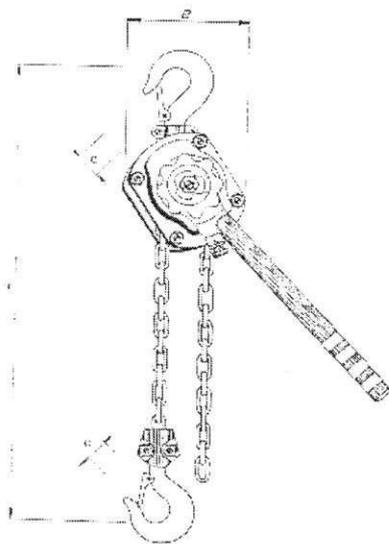


Figura 22 – Alavanca

- Rádios portáteis para comunicação (walkie-talkie), com alcance mínimo de 10km, possuindo no mínimo 2 faixas de frequência operacional (canais). Deverão ser previstos rádios de reserva.
- Rádios móveis, instalados nos veículos e/ou equipamentos nas praças de lançamento, com alcance mínimo de 50km, possuindo no mínimo 2 faixas (canais) de frequência operacional

## 8.2 PROVIDÊNCIAS IMPORTANTES A SEREM TOMADAS ANTES DO INICIO DO LANÇAMENTO.

- Verificar se os locais das praças de lançamento possuem as características abaixo:
  - A área é de fácil acesso.
  - A praça não está localizada em um vão crítico. A área da praça permite manobras de equipamentos e manuseio de materiais.
  - A área da praça permite manobras de equipamentos e manuseio de materiais.
  - O local oferece boas condições para o *estaiamento* dos equipamentos (morto) no solo.

Observação: de um modo geral, a definição dos locais das praças de lançamento, deve ser feita na fase de projeto e confirmada no campo.

- Posicionar os equipamentos nas praças fazendo:
  - Limpeza e nivelamento da área.
  - Instalação dos mortos para o *puller*, *tensionador* e cavalete das bobinas.
  - Nivelar os equipamentos, cuidando para que os mesmos estejam bem apoiados no solo.
  - Fazer o aterramento fixo nos equipamentos (usar preferencialmente duas hastes para cada ponto de aterramento).
- Verificar se a distância horizontal entre os equipamentos e a primeira estrutura permite que o ângulo na roldana, formado entre o cabo e a horizontal, não ultrapassa  $30^\circ$

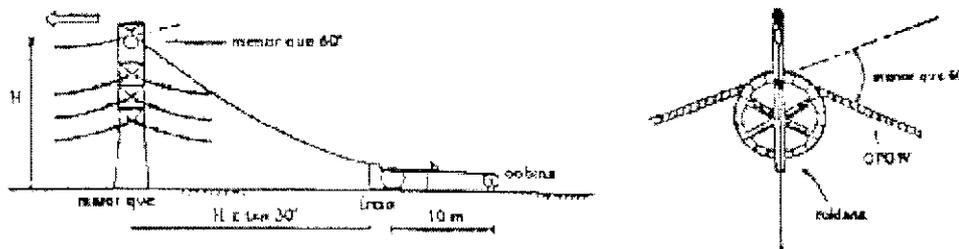


Figura 23 - Lançamento / Roldana

- Verificar as condições dos locais de fixação das roldanas nas estruturas.
- Verificar as roldanas quanto à lubrificação, rolamentos e rotação, eixo e pino, revestimento dos sulcos, integridade dos suportes e desgastes que possam danificar o cabo OPGW. As roldanas com alguma irregularidade deverão ser retiradas da obra.
- Verificar se em alguma torre o cabo ficará sujeito a esforços de arrancamento (tiro vertical ascendente). Neste caso, instalar uma roldana invertida para evitar danos no cabo

ou estrutura.

- Posicionar as bobinas e equipamentos alinhados em relação ao sentido de lançamento.
- Rejeitar os cabos pára-raios existentes, que estejam com os fios rompidos, com emendas, nós, bitolas diferentes ou qualquer outra irregularidade.
- Checar cuidadosamente as condições o funcionamento dos acessórios.
- É recomendável proceder a pré-montagem de todos os acessórios, e de ferramental. Quanto aos acessórios, especial cuidado nas pré-montagens dos grampos de ancoragem, de suspensão, amortecedores de vibração, etc.
- Testar todos os equipamentos de comunicação, inclusive os reservas, quanto ao perfeito funcionamento de todas as faixas (canais), e quanto ao alcance.
- Testar todos os equipamentos para o lançamento, verificando a eficiência do funcionamento, em especial, freios, embreagens, limitador e registrador de tensão, etc.
- Instalar os cavaletes de proteção (estruturas auxiliares/*empancaduras*).
  - Identificar todos os locais onde serão necessários os cavaletes (travessias de rodovias, rios, lagos, redes elétricas, etc.).
  - Providenciar com antecedência as respectivas autorizações junto às autoridades competentes, e informá-las quanto às datas de execução.
  - Montar as estruturas de modo que elas proporcionem segurança ao público, trabalhadores e aos obstáculos a serem transpostos, sem danificar o cabo.
  - Confeccionar as estruturas usando madeira de boa qualidade, diâmetro mínimo de 20cm. Estruturas metálicas tubulares também podem ser usadas, com dimensionamento e resistência adequados, prevendo, neste caso, a adoção de *mangotes* de borracha ou plástico nas travessas das estruturas.
  - Enterrar os postes das estruturas com profundidade mínima de 10% do seu comprimento total, mais 60cm. Proceder a compactação de modo que o poste fique bem firme.
  - *Estaiar* todas as estruturas provisórias com no mínimo quatro estais.
  - Providenciar pintura refletiva de sinalização para os postes das estruturas que estiverem montadas a menos de 2m do acostamento das estradas, além da colocação de placas de advertência, refletivas e bem visíveis pelos motoristas. Providenciar proteção (redes) com material isolante (ou corda seca) pra as estruturas destinadas às travessias sobre linhas vivas. Esta situação deverá ser excepcional.

- O lançamento de cabos sobre redes energizadas (13,8 e 34,5 kV), necessita que se faça o bloqueio do religamento automático (se houver) das redes cruzadas.
- Estaiar todas as estruturas de ancoragem, com ângulo e as especiais (*empancaduras*).

### **8.3 - UTILIZAÇÃO DO CABO PÁRA-RAIOS EXISTENTE COM CABO PILOTO**

- Após minuciosa inspeção do cabo, e constatada a possibilidade de seu uso como piloto, o cabo não deverá ser grampeado (*desgrampeamento*).
- Remover os acessórios do cabo pára-raios existentes (amortecedores, esferas de sinalização, aterramentos, etc).
- O *desgrampeamento* deverá ser precedido do aterramento em ambos os lados da torre e do *destensionamento* do cabo (usar extensores, talha de corrente, etc.), feito lenta e cuidadosamente.
- Nas ancoragens intermediárias, o *destensionamento* e a fixação das extremidades devera ser feito tracionando-se os dois lados simultaneamente, por meio de duas talha de catraca e dois *comealong*.
- Aliviada a tensão, procede-se o *desgrampeamento* e a passagem do cabo para as roldanas.

## 9. PROCEDIMENTOS PARA INSTALAÇÃO DE CABO OPGW

Para instalação de cabos pára-raios OPGW, necessita-se de vários procedimentos para que o lançamento seja bem sucedido, dentre eles saber se existem rodovias, ferrovias, linhas de transmissão, rios, avenidas, etc. Para todos os tipos de interferências, tem-se um procedimento, modos de proteção e preparação. Além das interferências, a linha de transmissão pode estar desligada ou apenas bloqueada para o lançamento. Com estas situações o método de trabalho será diferente. Os passos para a instalação do cabo OPGW é a seguinte:

- Instalar as roldanas nas mísulas de cada torre em que a bobina OPGW será lançada.
- Assentar tanto o *tensionador* quanto o puxador na praça de lançamento, a uma distância da estrutura adjacente com inclinação do cabo maior que 3:1 (3 na horizontal e 1 na vertical).
- A bobina deverá ser colocada a uma distância mínima de 10m do *tensionador*, com os respectivos eixos alinhados em paralelo.
- Os equipamentos utilizados na praça de lançamento (*puller*, *tensionador* e bobina) deverão estar conectados e estacionados numa malha metálica equipotencial, constituída de aço, trançada em quadrados da ordem de 5cm x 5cm. Essa malha deverá ser conectada a hastes de aterramento através de cabos de alumínio ou cobre.
- O lançamento do cabo OPGW será feito com cabo piloto ou com o cabo pára-raio existente, caso o mesmo seja considerado com condições mecânicas adequadas.
- Caso o lançamento seja efetuado em paralelo com outra LT energizada, as roldanas devem possuir detalhes que permitam o aterramento do cabo, cujo sistema contorne o revestimento do *gorne* e os rolamentos engraxados.
- Marcar na saída de cada bobina, no seu início a “sobra” de cabo que deverá ser puxado além da torre delimitadora do trecho. Observa-se sempre que este valor é um valor de referência podendo ser alterado, em virtude da tolerância no comprimento da bobina resultante da fabricação.
- Conectar o cabo OPGW ao fio piloto utilizando entre eles a luva giratória. O cabo OPGW em geral, exige o dispositivo antitorção.
- Executar o aterramento móvel através do grampo com roletes na saída do *tensionador* e antes do puxador;
- O lançamento do cabo OPGW deverá ser feito sob tensão mecânica permanentemente controlada e o mais uniforme possível, não devendo ultrapassar o valor máximo

especificado pelo fabricante, porém sempre menor que 20% da carga de ruptura nominal do cabo.

- A velocidade de lançamento deverá ser feita a aproximadamente 3,6 km/h.
- As pontas dos cabos deverão ser mantidas vedadas para proteção das fibras e em nenhuma hipótese os cabos poderão ser cortados; vedação só poderá ser retirada quando da execução das emendas das fibras ópticas.
- Ressalta-se que na operação de lançamento é fundamental a utilização de uma comunicação efetiva entre as praças de montagens; deve-se também utilizar essa comunicação nas torres em vértices ou vãos *gravantes* acentuados.
- Quando a bobina do cabo OPGW chegar no final, o mesmo deverá ser emendado a um cabo auxiliar através da luva giratória com camisa elástica de *puxamento*, visto que a bobina do OPGW tem o comprimento suficiente para cobrir os trechos determinados, não possuindo o cabo adicional para atender até os equipamentos (relação 3:1).
- Após a emenda do cabo auxiliar, prosseguir a operação de lançamento até que do lado do puxador fique com uma sobra de cabo OPGW (comprimento necessário para efetuar a emenda na torre) previamente marcada conforme mencionado anteriormente. Obs: Na praça do *puller* e do freio as sobras de cabos deverão ser maiores que a altura da torre.
- Do lado *tensionador*, instalar o grampo de ancoragem e instalar aterramento no OPGW lançado, antes da remoção do aterramento móvel do *tensionador*.
- No caso da existência de um ou mais pontos de ancoragem no meio do trecho lançado, os seguintes procedimentos deverão ser seguidos na regulação e grampeamento do OPGW:
  - Flechar o cabo até o primeiro ponto de ancoragem.
  - Instalar o grampo de ancoragem no tramo flechado.
  - Na instalação do grampo de ancoragem no lado do próximo tramo a ser flechado, observar o raio de curvatura do *jumpeamento* e executar o aterramento.
  - Repetir os procedimentos para outros pontos de ancoragem até o final do trecho delimitado pela bobina;

Obs: O *flechamento* com a marcação do prumo e do off-set, com o cabo ainda na roldana, deve ser realizado logo após o lançamento do mesmo. O intervalo de tempo até o efetivo grampeamento do cabo não deverá ser superior a 24 horas, se for necessário passar este tempo deve-se aterrar todas as roldanas.

- Após o grampeamento e o *flechamento*, o excesso (sobra) do cabo OPGW deverá ser fixado conforme o arranjo da *escota* e do local da caixa de emendas.

## 10. LANÇAMENTO DO CABO OPGW

Para todo o lançamento de cabos OPGW, os procedimentos anteriores são muito importantes como visto nos capítulos anteriores.

Na verdade todo o processo desta atividade exige cuidado, pois o trabalho é em cima de estruturas com linhas energizadas e o trabalho é realizado por seres humanos, logo a atenção deve ser bem maior na hora do lançamento.

Como sabemos o objetivo de qualquer empresa é obter lucro com menores gastos, e por isso o lançamento deve ser com cuidado, porém em menor tempo possível.

O lançamento do OPGW consiste na substituição do piloto pelo OPGW mantendo-o sob tensão.

- Desenrolar o cabo OPGW da bobina e instalar nos sulcos dos tambores (*bullwheel*) do *tensionador*.
- Acoplar a ponta do OPGW à camisa elástica de *puxamento*, à luva noz, ao dispositivo antitorção (contrapeso/arraia), à alça (opcional), e a um ou mais *destorcedores* (luvas giratórias), e esta à extremidade do cabo piloto. O cabo piloto deverá estar firmemente ancorado, e ao ser solto, não permitir *trancos*, para não danificar o OPGW.
- Instalar o grampo com roletes no OPGW, para o seu aterramento. Preferencialmente instalar outros grampos ao longo do tramo.

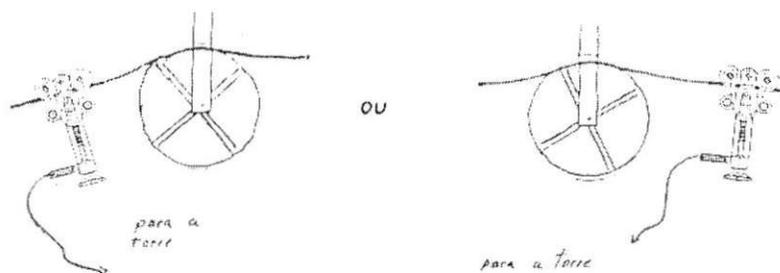


Figura 24 - Aterramento móvel

- Marcar a sobra da bobina, conforme indicada pelo fabricante (em geral 50m), a partir da extremidade do OPGW, para auxiliar na orientação do comprimento do OPGW que deve passar pela última estrutura (última roldana). Esta marcação deve ser feita antes do início do lançamento.
- Iniciar, lentamente o lançamento, controlando para que a tensão seja o mais uniforme possível, até que a velocidade de lançamento atinja aproximadamente 3,6 km/h ( $\pm$  40m/min).

O lançamento somente deve ter início quando a comunicação, via rádio, entre o pessoal da bobina (*tensionador*), *puller*, travessias e outros pontos críticos, estiver comprovadamente eficiente.

- Adotar o menor valor possível para a tensão de lançamento, suficiente para manter uma distância entre o cabo OPGW e o condutor fase inferior, evitando que eles se toque. Em qualquer caso, a tensão não deverá ultrapassar o valor de 20% da tensão de ruptura do cabo.
- Durante todo o lançamento, a emenda do OPGW com o piloto (arraia, girador, etc.) deverá ser acompanhada por pessoa habilitada, munida de rádio. Toda vez que o OPGW chegar próximo da roldana, o observador deve solicitar ao operador do *puller* para reduzir a velocidade, de modo que a passagem pela roldana seja a mais segura possível.
- Nas torres em ângulo, deve ser destacada uma pessoa para auxiliar a passagem da emenda pela roldana. Nos grandes ângulos, os contrapesos das *arraias* devem ser passados pela roldana manualmente. Para tanto, a velocidade do lançamento deve ser a menor possível.
- Ao término do lançamento, providenciar a imediata ancoragem provisória em um dos lados do OPGW (preferencialmente no lado do *puller*), mantendo 80% da tensão de lançamento, e ancorar definitivamente a outra extremidade do cabo.
- Com o cabo ancorado, a sobra deve ser conduzida pela estrutura, sem provocar qualquer choque, tomando o cuidado para que as curvaturas mantenham o raio mínimo de 500mm.

O cumprimento do cabo destinado à reserva (que deve ser maior que a altura da torre), deve ser enrolado e amarrado provisoriamente nas imediações onde será instalada a caixa de emenda com diâmetro mínimo de 1,0m.

## 11. GRAMPEAMENTO DO CABO OPGW

Este é o passo final nas atividades com OPGW. Depois do lançamento, segue-se o nivelamento e grampeamento do cabo na mísula da torre de energia. No processo do lançamento o cabo está solto da torre sobre uma roldana aterrada.

### 11.1 PROCEDIMENTOS PARA O GRAMPEAMENTO DO CABO OPGW

O grampeamento consiste em transferir o cabo da roldana (suspensão provisória) para o grampo de suspensão definitivo.

- Marcar o cabo com uma fita adesiva ou pequena marca com tinta, indicando o ponto central onde ficará o grampo de suspensão.
- Instalar a(s) catraca(s), fixando-a(s) na torre ou em um mastro. *Tracionar* a catraca suspendendo o cabo com um grampo especial (um ou dois), liberando-a da roldana. Tomar cuidado pra não introduzir curvatura no OPGW com diâmetro inferior ao recomendado.
- Remover a roldana e instalar o grampo de suspensão, conforme instruções do fabricante.
- Verificar a conexão do aterramento e remover os aterramentos provisórios.
- Nunca alçar o cabo com dispositivos que podem provocar curvaturas com raio inferior ao mínimo especificado.
- Se for adotado o uso de duas catracas, observar atentamente o segmento sem tensão, para que não se curve com raio inferior ao mínimo especificado.
- Preferencialmente, utilizar uma haste rígida ou um balancim para alçar o OPGW em dois pontos sem curvÁ-lo.

## **12. INSTALAÇÃO DOS ACESSÓRIOS E REVISÃO FINAL**

Depois de todo o pára-raio (OPGW) estar lançado, nivelado e grampeado, segue-se as tarefas finais para que a linha esteja pronta. A instalação de acessórios como esferas, amortecedores e ainda a emenda das bobinas OPGW e o teste de pós-lançamento junto com o teste de enlace fecham todos os serviços das equipes da Procable. Abaixo será descrito sobre as atividades de instalação de esferas e amortecedores.

### **12.1 ESFERA DE SINALIZAÇÃO AÉREA**

- Fazer a revisão dos conectores das esferas (preferencialmente usar com pré-formados), verificando se os olhais estão firmes e se as partes (semi-esferas) se encaixam perfeitamente.
- Verificar se o furo pra drenagem está desimpedido.
- Revisar o funcionamento da bicicleta, inspecionando cuidadosamente o revestimento do sulco, o sistema de propulsão e do freio.
- Instalar as esferas em todos os vãos, conforme previsto no projeto, e de acordo com as NBR 6535 e NBR 7276 e instruções do fabricante.

### **12.2 AMORTECEDORES**

- Revisar as condições dos amortecedores, verificando a eficiência dos conectores e do cabo mensageiro, se for o caso.
- Consultar o projeto de instalação dos amortecedores, certificando-se da quantidade e local exato de fixação.
- Instalar os amortecedores seguindo as recomendações do fabricante.

### **10.3 REVISÃO FINAL**

- Proceder a uma criteriosa revisão em todos os pontos de aterramento definitivo retirando todos os temporários.

## **13. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS FIBRAS ÓPTICAS**

### **13.1 APÓS A INSTALAÇÃO DOS CABOS**

- Proceder a medida de atenuação do sinal óptico no cabo de cada lance, para verificar se não houve danos durante a instalação. Os valores medidos devem ser comparados com os valores obtidos nos testes anteriores.
- Após a execução de cada emenda das fibras, medir a atenuação do sinal óptico. A perda óptica na emenda de cada fibra deve estar abaixo do limite estabelecido.
- Após a conclusão da instalação do cabo e respectivos acessórios, medir a atenuação do sinal relativo ao enlace óptico totalmente valor deve ser registrado e deverá estar dentro do limite estabelecido para os equipamentos ópticos.

## 14. DISTÂNCIAS MÍNIMAS DE SEGURANÇA

Todas as atividades, posição ou método para a realização de trabalhos, deverão obrigatoriamente, serem executados de modo que se tenha a garantia de que as distâncias mínimas indicadas na tabela abaixo estão sendo respeitadas.

Tabela 1 – Distâncias de segurança

CLASSE DE TENSÃO (kV)	DISTÂNCIA MÍNIMA(m)
13,8	0,92
34,5	0,92
69	1,25
88	1,25
138	1,70
230	2,30
345	3,50
440	3,65
500	3,95

- A distância mínima de segurança deve ser considerada como sendo a distância entre qualquer ponto do corpo do profissional e qualquer ponto de condutor energizado.
- Em hipótese alguma o trabalho pode ser realizado se as distâncias mínimas de segurança não puderem ser respeitadas. Neste caso a linha deve ser desenergizada.
- Havendo pouco espaço para a execução segura dos trabalhos, todos os componentes de equipe de manutenção deverão observar atentamente a obediência às distâncias mínimas de segurança por parte dos colegas.
- É recomendável que um componente da equipe seja designado para observar permanentemente as condições de segurança.
- É proibido o uso de escadas metálicas, trenas metálicas ou de lona com fios de aço.
- O içamento de ferramentas para o alto das estruturas deve ser feito com cordas secas e sacola de lona. Todo material içado, com ou sem sacola, deverá ter duas pessoas para controlar a subida do material, um no alto da estrutura e outra no chão, evitando que haja balanço e aproximações perigosas.

## 15. TIPOS DE ESTRUTURAS

As estruturas descritas a seguir, mostram exatamente as torres onde as equipes da Procable trabalhou. Para as torres de maior porte as tensões também são mais elevadas e com isso dificulta todo o processo, atrasando muitas vezes as obras em alguns dias se comparado a torre com tensões menores. Para a concessionária CTEEP, trabalhou-se com todos os tipos de estruturas. A CTEEP assinou um contrato com a Procable e foram executados serviços em 25 linhas de transmissão em todo o estado de São Paulo. Para cada lugar, tipo de estrutura, tensão da linha e quantidade de esferas de sinalização o planejamento foi totalmente diferente. Por isso, a seguir é demonstrado as torres para se ter uma idéia das dificuldades.

### Estrutura Metálica Tronco para Circuito Duplo

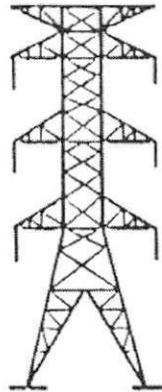


Figura 25 - Estrutura 1

Estrutura Metálica Tronco Piramidal para Circuito Simples



Figura 26 - Estrutura 2

Estrutura Metálica Tipo Delta

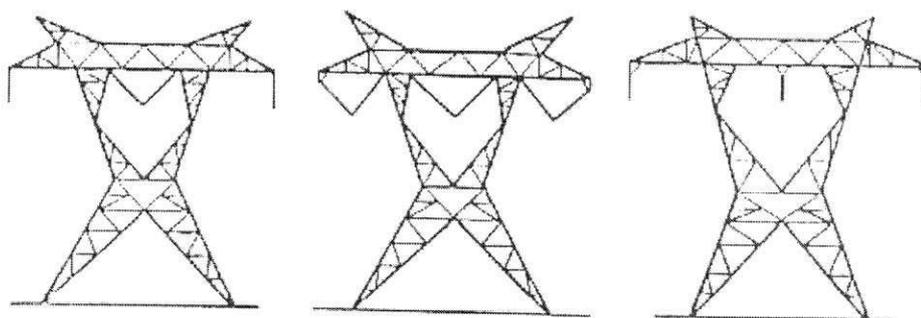


Figura 27 - Estrutura 3

## CONCLUSÕES

O estágio mostrou a capacidade da universidade em ensinar uma engenharia generalista, pois o curso concluído foi com ênfase em eletrônica e todo o estágio teve ênfase em eletrotécnica. Com isso, fica notória a capacidade dos docentes da Universidade Federal de Campina Grande.

Através do estágio realizado aqui, tive a oportunidade de crescer em conhecimento e acredito ter ajudado a empresa a crescer. Isso porque, minha atividade requeria atenção e cobrança. Se por acaso, uma autorização não estivesse nas mãos do engenheiro do campo, a atividade não poderia ser realizada e as equipes permaneceriam paradas e dinheiro seria jogado fora, por isso a responsabilidade era enorme todos os dias.

O maior aprendizado desenvolveu-se na área de projeto, onde a análise de esquemas, estruturas e procedimentos necessitavam algum conhecimento anterior e também a atenção necessária para não se ter erros posteriores.

# BIBLIOGRAFIA

Sérgio Toledo Sobral

Aterramento elétrico

NTT/COPEL – 1988

S.T. Sobral, Vasco G. P. Fleury, J.R. Villalba

Decoupled Method for Studying Large Interconnected Grounding Systems Using Microcomputers

IEEE-1986

Brown Gordon W.

Lightning Performance – Shielding Failures Simplified

IEEE Trans. PAS, Vol 97 pp 33 – 38, jan-feb. 1978

Brown Gordon W.

Lightning Performance – Uptating Back Flash Calculation

IEEE Trans. PAS, Vol 97 pp 39 – 52, jan-feb. 1978

Fundamentos de Engenharia de Segurança

Prof. Carlos A. Sperandio

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET – 08/94

Manutenção do sistema de transmissão de potência – Instrução TR/014/92

Companhia Paranaense de Energia – COPEL – 07/87

Aterramento temporário em linhas de transmissão – ITLM 067007

Eng. João Nelson Hoffmann

Companhia Paranaense de Energia – COPEL – 07/90

Apostila da FURUKAWA

Apostila da PROCABLE

Catálogos de fabricantes