



# Íçamento de Transformadores de Distribuição com Guinchos Elétricos Veiculares: Solução Segura e Eficiente

**Tema:** Gestão Ativos e Manutenção

**Autores:** Rafael Furtado Seeberger; Amancio Fabião Franco Esteves

**Co-Autores:** Mikaella de Souza Possmozer; Luana de Melo Gomes; Gustavo Seixas Mendonça; Mauro Ferreira Gonçalves; Denilso Fanez

**Empresa:** EDP Espírito Santo Distribuição de Energia S.A.

---

## Resumo

Este trabalho apresenta uma solução para facilitar a instalação e substituição de transformadores em locais de difícil acesso, onde guindautos não conseguem trafegar, devido às características das redes de distribuição da EDP-ES. Nessas situações, a substituição manual dos transformadores expõe os colaboradores a riscos elevados e aumenta o tempo de execução das atividades. Em resposta, as equipes de Manutenção, Engenharia e Segurança do Trabalho desenvolveram uma técnica que utiliza os guinchos elétricos veiculares, garantindo o controle dos riscos, maior segurança e uma solução de baixo custo.

## 1. Introdução

A distribuição de energia é uma etapa essencial do fornecimento de eletricidade, conectando os sistemas de geração e transmissão aos consumidores finais. No Brasil, devido à extensão territorial e às características geográficas, predominam as redes de distribuição aéreas. Essas redes desempenham um papel crucial na manutenção da segurança e da eficiência do sistema elétrico nacional, especialmente em áreas rurais e remotas, onde as condições de acesso e infraestrutura são mais desafiadoras.

Conforme apresentado na Figura 1, no estado do Espírito Santo, a EDP atende 70 dos 78 municípios, abrangendo uma vasta região caracterizada por terrenos acidentados e localidades de difícil acesso. Essa realidade torna a distribuição de energia um desafio logístico, especialmente para a manutenção e substituição de equipamentos cruciais, como transformadores. Os transformadores de distribuição são elementos fundamentais para a redução da tensão elétrica e sua adaptação às necessidades dos consumidores, sendo sua correta instalação essencial para garantir a qualidade do fornecimento de energia.

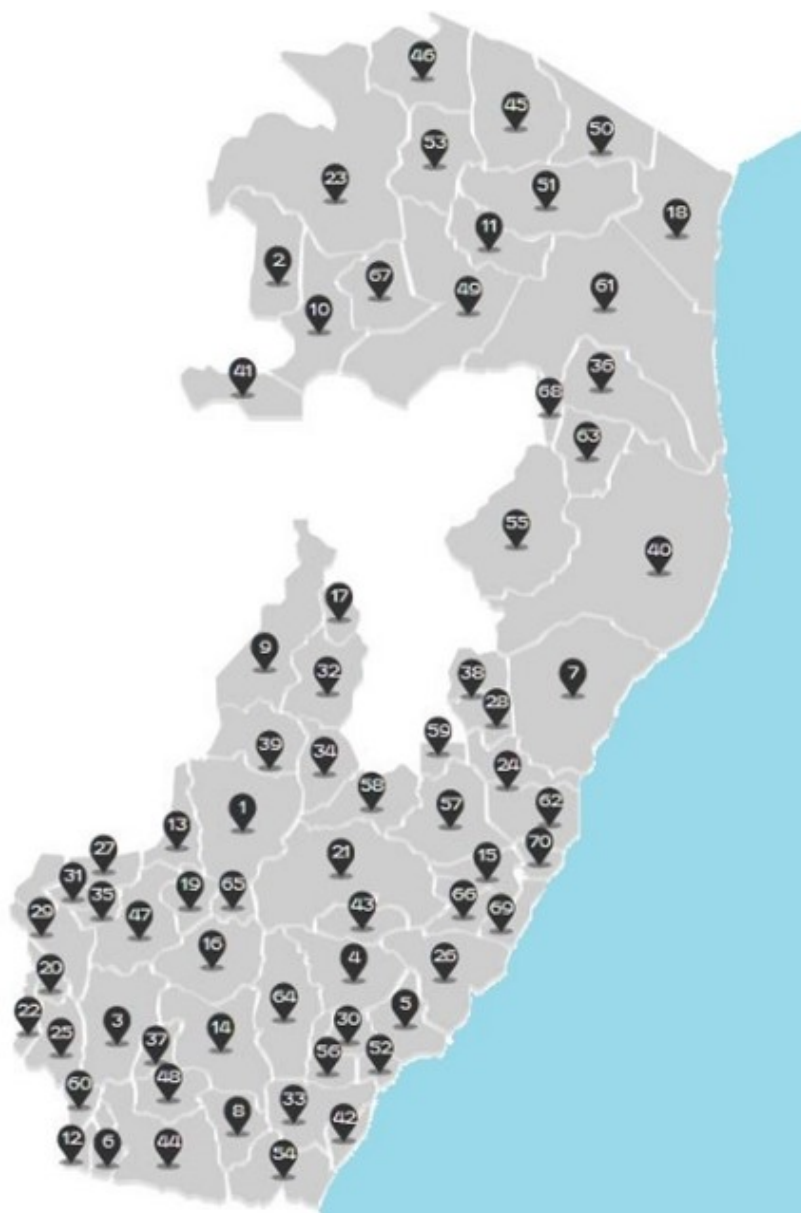


Figura 1 - Área de Concessão EDP-ES

As figuras 2 e 3 apresentam a característica de rede e de local de instalação dos transformadores de distribuição, evidenciando a predominância de redes e equipamentos em zona rural.

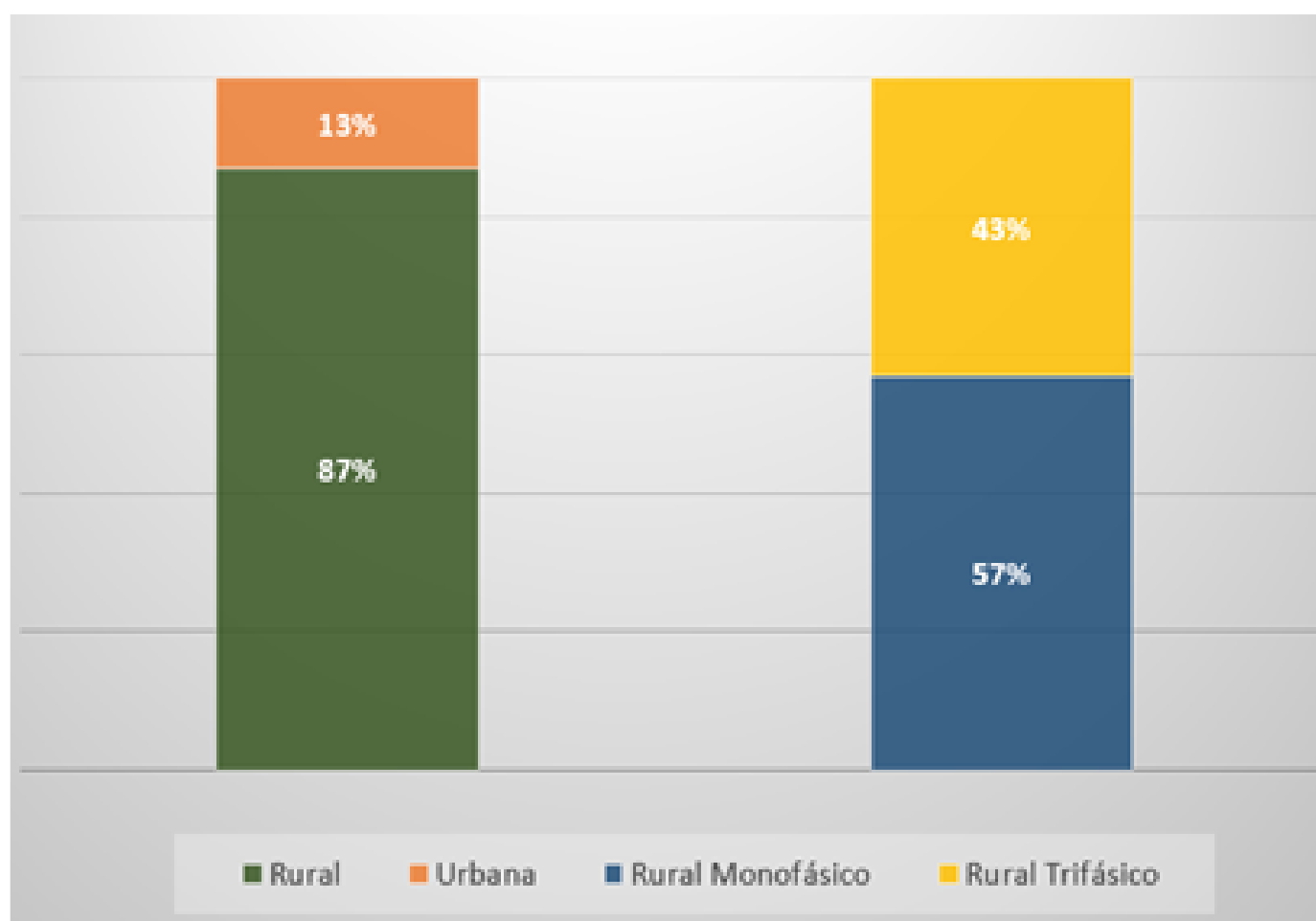


Figura 2 - Características das redes da EDP-ES

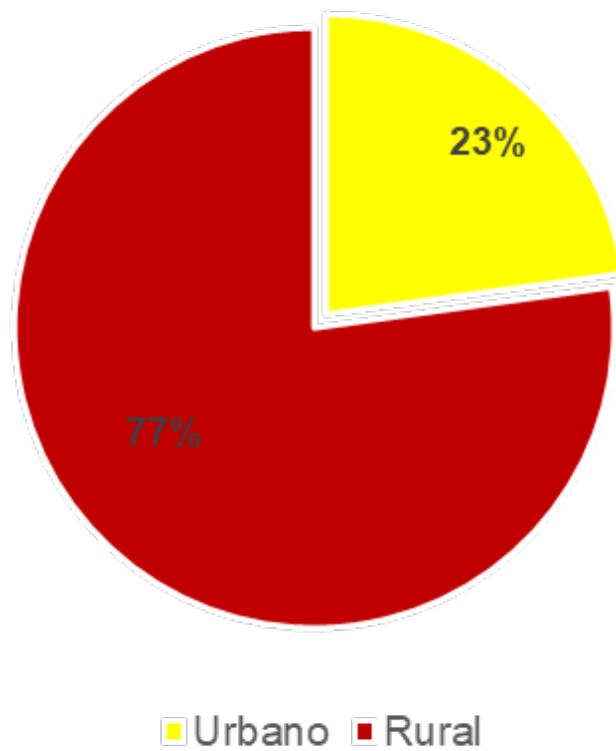


Figura 3 - Características dos locais de instalação de transformadores na EDP-ES

Tradicionalmente, a instalação de transformadores em redes aéreas é realizada com o auxílio de guindautos, que permitem o içamento seguro e eficiente desses equipamentos. No entanto, em regiões rurais com acessibilidade limitada, o uso de guindautos muitas vezes não é viável.

A figura 4 apresenta uma instalação típica de um transformador com a utilização de guindauto.



Figura 4 – Instalação típica de transformador com guindauto

Em função das características do relevo das regiões em que a EDP-ES está presente, observa-se certa dificuldade de acesso com veículos pesados (guindauto) nas regiões rurais, conforme figura 5, ocasionando a restrição de utilização do mesmo para instalações ou substituições de transformadores nestas áreas.



Figura 5 – Locais com dificuldade de acesso à veículos pesados

A dificuldade de acesso à certas regiões acarretam na necessidade de se utilizar veículos menores e outras técnicas para instalação ou substituição de transformadores, como a utilização de talha manual ou titor. Estas soluções elevam a exposição dos colaboradores à riscos e ao desgaste por esforço físico. Na figura 6 é possível observar os equipamentos e o método de içamento utilizado por algumas distribuidoras para execução manual.



Figura 6 – Métodos de instalação manual

## 2. Desenvolvimento

Diante das dificuldades identificadas e considerando os equipamentos já disponíveis, foram propostas e analisadas alternativas para o içamento de transformadores por um grupo interdisciplinar, composto por representantes das áreas de Segurança do Trabalho, Engenharia e Centro de Serviços da Distribuição. Esse grupo buscou desenvolver uma solução que atendesse aos requisitos de segurança, eficiência e custo-benefício.

Observou-se que os veículos operacionais tracionados da EDP já possuem guinchos elétricos instalados em sua parte frontal. Com base nisso, foi projetado um conjunto de roldanas e suportes específicos para aproveitar o cabo de aço desses guinchos de forma otimizada. A solução proposta, ilustrada na Figura 7, tem como objetivo garantir maior controle durante o içamento e minimizar os esforços adicionais sobre as estruturas envolvidas.

O custo estimado para os equipamentos adicionais, incluindo o suporte superior e a roldana inferior, é de aproximadamente R\$ 2.800,00. Essa abordagem não apenas utiliza recursos já existentes nos veículos operacionais, como também oferece uma alternativa acessível e eficiente para superar as limitações impostas pelo terreno nas áreas de difícil acesso.

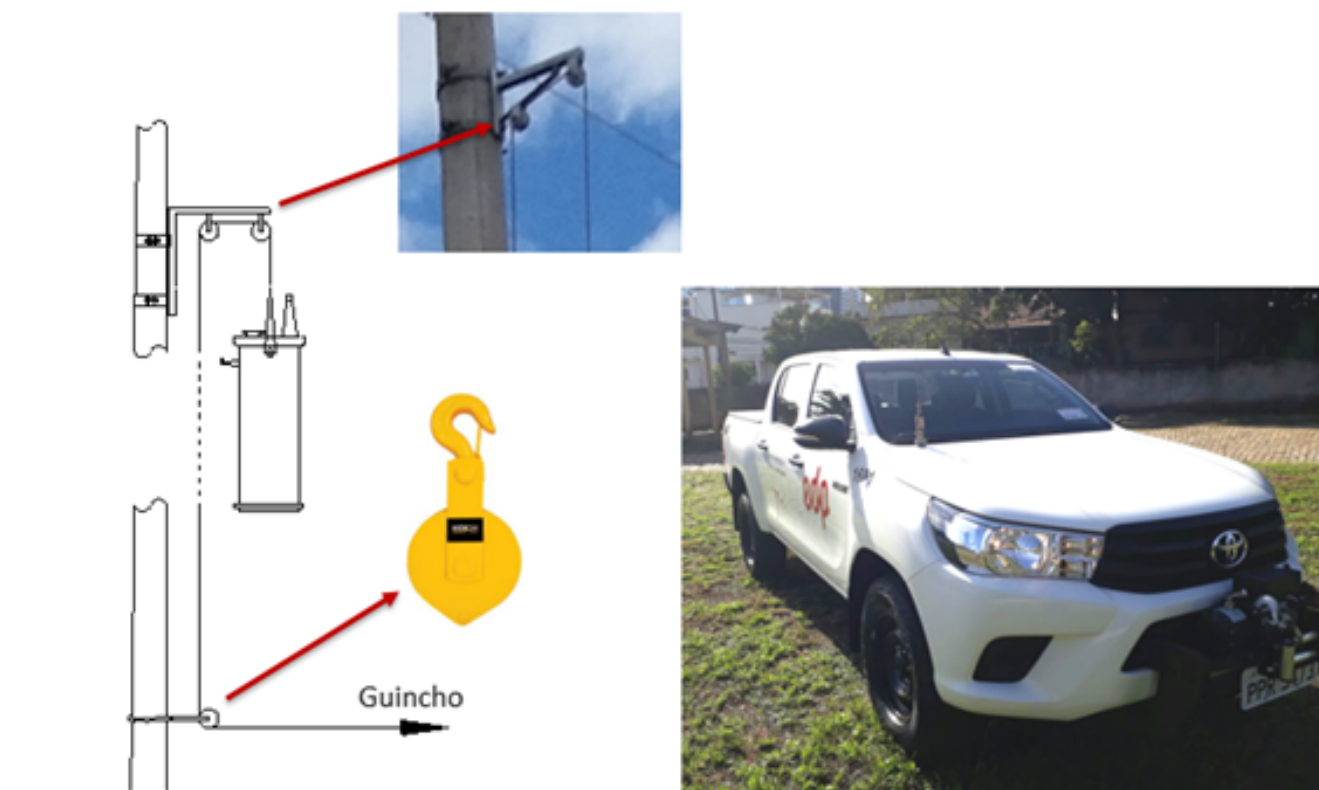


Figura 7 – Proposta de utilização

Foram realizados testes em ambiente controlado, para avaliação operacional da proposta. O objetivo da instalação da roldana inferior é a redução do esforço complementar em que o poste irá ser submetido. O suporte com roldanas, instalado na parte superior, foi desenvolvido para proporcionar um afastamento do transformador à ser içado do poste e rede BT/neutro, reduzindo eventuais balanços ou toques indesejáveis. Em todo o período de içamento, o colaborador não pode ficar posicionado no poste e suas proximidades, sendo utilizada uma corda guia para controle do equipamento içado, conforme pode ser observado através da figura 8.





Figura 8 – Operacionalização da proposta

### **Análise dos esforços**

Com o princípio número um da EDP, “A vida sempre em primeiro lugar”, antes da aplicação prática da solução foram realizados cálculos para análise dos esforços adicionais visando garantir a segurança dos colaboradores, dos transeuntes e das estruturas que compõem a rede de distribuição.

Foram considerados os seguintes parâmetros para avaliação dos esforços:

- Peso do transformador = 260 kg (transformador monofásico 37,5 kVA - classe 15kv);
- Sistema de roldanas simples;
- Roldana inferior à 1 metro do solo;
- Poste 11 metros.

#### **2.1. Contribuição do momento do peso dos suportes**

Para avaliação da contribuição do momento do peso dos suportes, é necessário considerar que os suportes para elevação, quando instalados no poste, possuem massa fisicamente no centro de gravidade destes e distantes do eixo vertical do poste, incluindo também esforços em seus suportes de fixação, advindos da transferência da carga de peso para o eixo do poste, ocasionando esforços de compressão e momento.

A figura 9 apresenta um exemplo de instalação do conjunto de elevação proposto, onde:

- $P_{tr}$  = Peso Total do Transformador + Pressão do Vento
- $d_1$  = Distância do Centro de Gravidade do Transformador até o eixo do poste (considerado 0,5m)
- $d_2$  = Distância entre os suportes de fixação
- $R_h$  = Reação Horizontal resultante



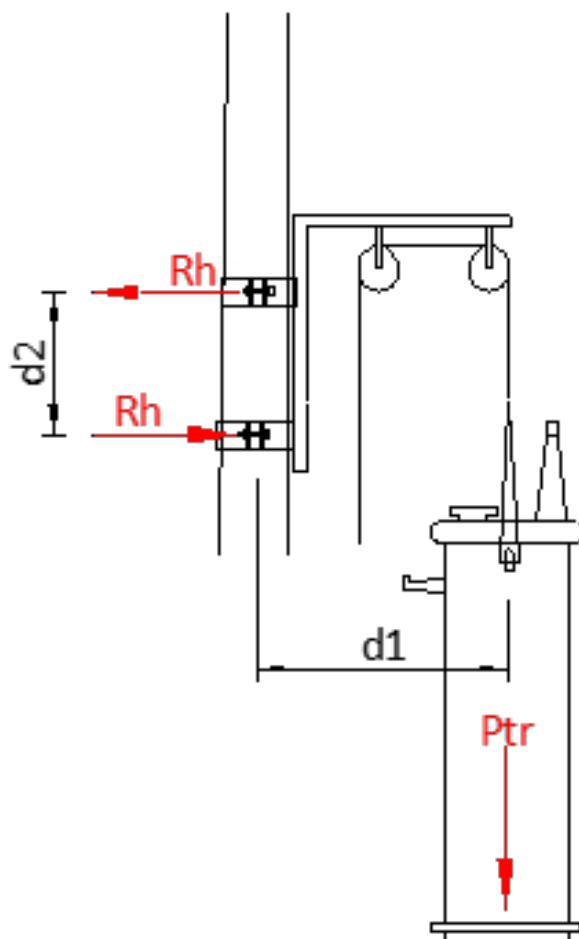


Figura 9: Diagrama de forças envolvidas na elevação de transformador

O momento gerado na fixação do conjunto de elevação (Ce) será:

$$Ce = (Ptr \times d1)$$

Sendo que este momento é transferido ao poste através da fixação, gerando o momento binário  $Rh \times d2$ , logo, temos uma carga momento gerada no eixo do poste, na altura de fixação, cujo módulo é igual:

$$|Rh \times d2| = |Ptr \times d1|$$

Considerando as seguintes condições:

- Distância entre os suportes: 0,2 metros (200 mm)
- Peso máximo para cálculo: 260 kg (transformador monofásico 37,5kVA)
- $d1 = 0,5 \text{ m}$

Teremos os seguintes esforços envolvidos:

- $Ptr = 255 \text{ daN}$
- $Ce = 127,5 \text{ daN.m}$

## 2.2. Transferência de Forças Horizontais para topo do poste

Na aplicação de diferentes forças horizontais, aplicadas em diversos ângulos e alturas, se faz necessário a transferência dos esforços para o topo do poste, com intuito de facilitar a análise da força resultante e indicar a capacidade do poste suportar os esforços presentes.

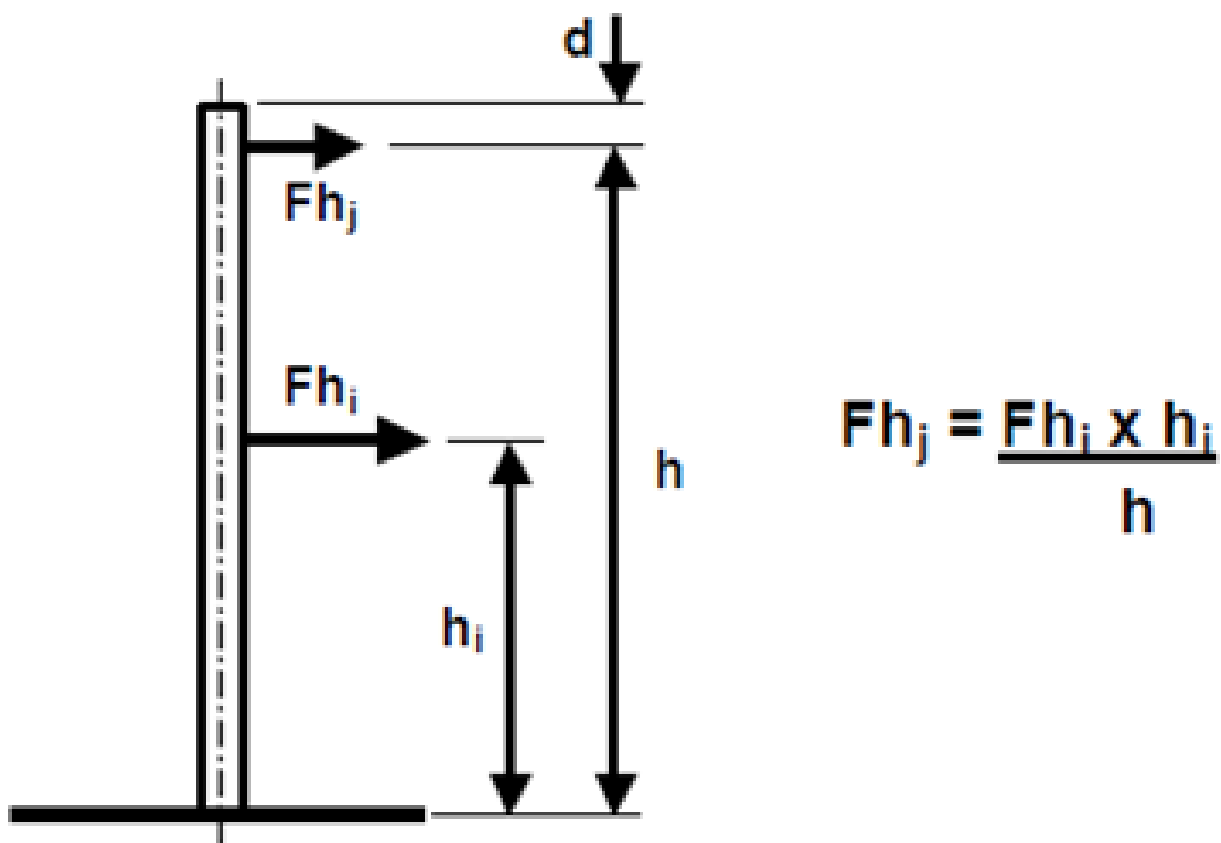


Figura 10: Diagrama de forças horizontais aplicadas ao poste

Considerando uma tração de 255 daN à 1 metro do nível do solo, transferindo este esforço ao topo do poste, para 11 metros, teremos:

$Fh_j = \text{Tração de suspensão} \times 1 \text{ metro} / 9,1 \text{ metros}$

$Fh_j = 28,02 \text{ daN}$

### 2.3. Análise do momento total

Conforme explanado anteriormente, os postes estão sujeitos a cargas verticais que normalmente não estão atuando no eixo do poste e a transferência das mesmas para o eixo adiciona uma componente de carga momento.

Os postes estão também sujeitos as cargas horizontais cujas resultantes referenciadas no topo geram um momento em relação ao engastamento do poste, sendo assim devemos considerar e somar todos os efeitos para se obter o Momento Resultante Final, permitindo verificarmos se o mesmo está compreendido dentro dos limites definidos nas normas. A figura 11 exemplifica os momentos e sua somatória.

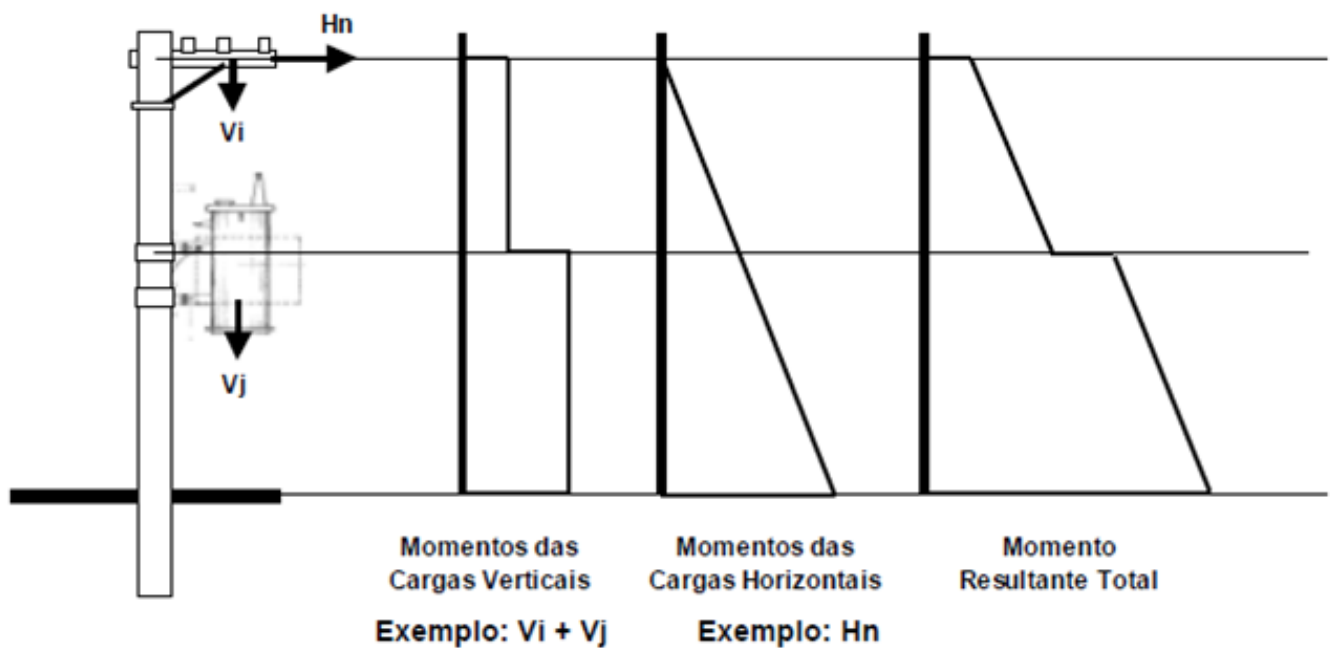


Figura 11: Diagrama de momento resultante total

A figura 12 demonstra graficamente a resistência ao momento final, para um poste de 11 metros, com resistência nominal de 300daN, conforme parâmetros definidos na NBR 8451 para momento resultante.

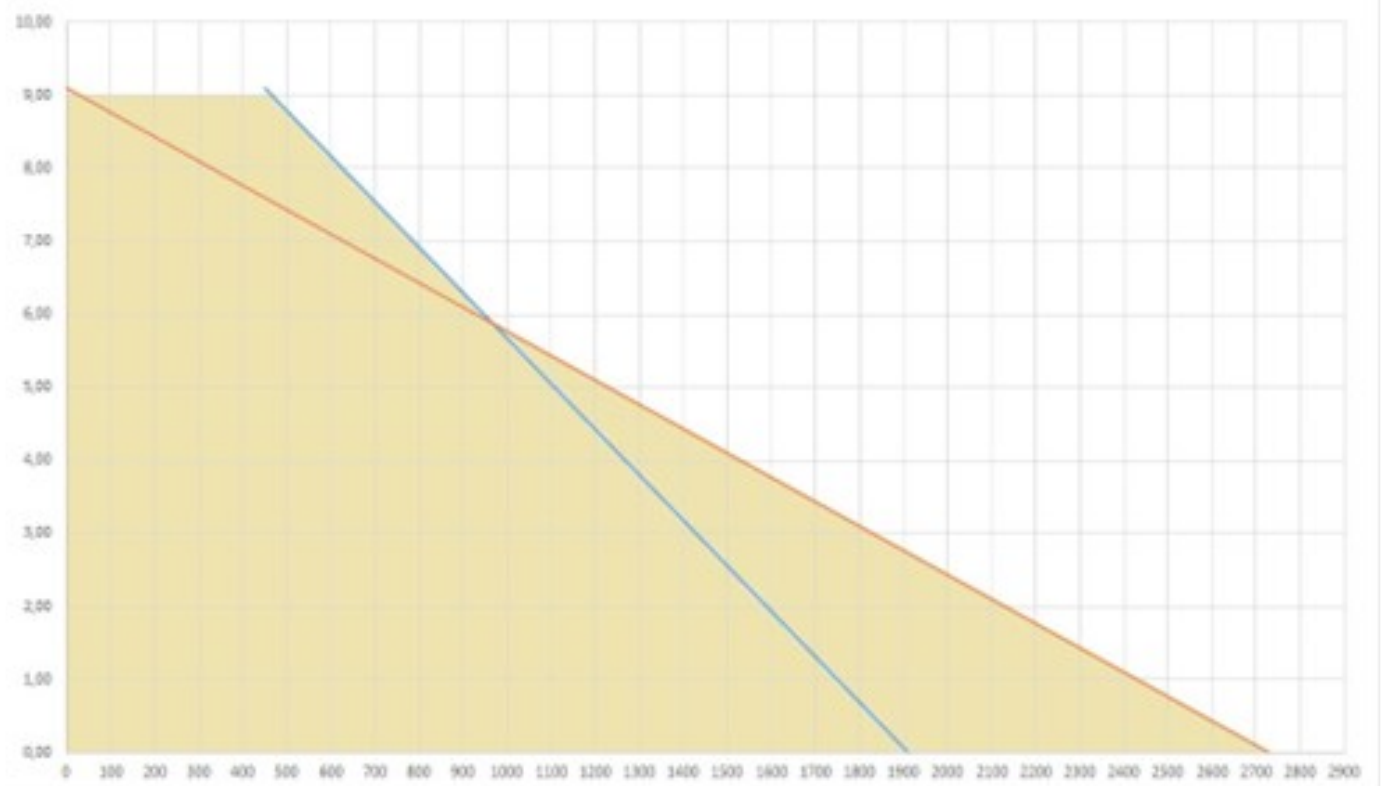


Figura 12: Momento Máximo Nominal Conforme NBR - 8451 para Postes Circulares de 11 metros

A NBR 8451 define que, para esforços momentâneos é considerado o limite de 40% de incremento à resistência nominal, ou seja, é possível realizar um esforço momentâneo de 140% da resistência nominal.

Para garantir as condições de segurança, o estudo avaliou o pior caso, que seria um poste sendo utilizado com 100% da sua carga.

O gráfico da figura 13 permite uma avaliação rápida da resistência nominal conforme NBR, do limite de resistência momentâneo (140%) e o esforço resultante do poste com 100% de utilização mais o incremento de içamento do transformador com guincho.



Figura 13: Comparação entre momento resultante e a resistência nominal do poste

### 3. Conclusão

A utilização de guinchos elétricos veiculares para o içamento de transformadores de até 37,5 kVA mostrou-se viável, segura e econômica. A solução reduz significativamente a exposição dos colaboradores a riscos, melhora as condições ergonômicas e aumenta a eficiência operacional. O baixo custo dos equipamentos adicionais, aliado aos benefícios em segurança e agilidade, torna a proposta uma alternativa atrativa para áreas rurais de difícil acesso.

### 4. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8451: Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica – Especificação. Rio de Janeiro, 1998.