

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

NOVA METODOLOGIA PARA TENSIONAMENTO DE ESTAIS

**MÁIQUEL BRUNO DE ANDRADE REZENDE(1);BRUNO MONTEIRO COSTA(1);WALDIR ALVES DINIZ(1);RICARDO DE SOUZA MARCELO(1);CLÉCIO PAULA DA SILVA(2)
ENGEPRO PROJETOS LTDA(1);SALENTE ENERGIA E COMERCIO LTDA(2)**

RESUMO

Durante a construção da linha de transmissão ou até mesmo ao longo dos anos de funcionamento da torre estaiada, é necessário que os cabos sejam tensionados para garantir o equilíbrio mecânico da estrutura. Para a conferência da necessidade de tensionamento e execução desta atividade, técnicas e equipamentos foram desenvolvidos. Porém, devido ao princípio de funcionamento esta medição se torna imprecisa e acarreta manobras excessivas com muitas ferramentas pesadas, além de expor as ferragens e cabos a situações de desgaste prematuro. Este trabalho tem por objetivo apresentar as vantagens da atividade de tensionamento dos cabos em torres estaiadas, através da utilização de um novo método desenvolvido.

PALAVRAS-CHAVE

Tensiômetro, Tensionamento, Estai, Torre Estaiada, Retensionamento.

1.0 INTRODUÇÃO

Uma atividade rotineira ao setor de construção e manutenção de linhas de transmissão é a manobra de retensionamento de estais, ver Figura 1. Esta manobra é essencial para se manter o equilíbrio mecânico em torres de mastro simples bem como o adequado afastamento entre as fases em aplicação de mastro duplo. Atualmente esta manobra consiste na aplicação de dois esticadores de aperto radial fixados ao cabo de estai a uma determinada altura (entre 2 m e 3 m) responsáveis por criar um ponto de tracionamento no condutor; duas talhas com cargas compatíveis a divisão da carga de retensionamento; elemento responsáveis pelo tracionamento; dois dinamômetros nas extremidades das talhas ou um tensiômetro com princípio de mensuração por deflexão, responsável pela medição da carga e um último elemento próximo a fundação dos estais acoplado a ferragens com o intuito de se criar dois pontos de ancoragem para linha de tração, ver Figura 1 - (a).

Contudo, esta manobra exige tanto uma quantidade significativa de ferramentas para que se possa realizá-la quanto uma grande ocupação volumétrica em torno dos componentes, uma vez que a talha juntamente com os esticadores ocupa consideravelmente o espaço disponível para a operação. A exposição dos operadores ao risco de acidente também se torna presente durante a manobra, tendo em vista que a fixação dos elementos mencionados anteriormente é realizada com altura acima da cabeça dos mesmos.

Em um cenário onde as linhas de transmissão exigem cargas mecânicas cada vez mais elevadas, é uma consequência que todas as ferramentas acompanhem esta tendência ascendente. Por conseguinte, podemos citar a exigência de um maior esforço por parte dos operados envolvidos. Seeley e Marklin (2003), citam os vários tipos de lesões causadas devido a postura e excesso de esforço por parte dos eletricitistas a curto médio e longo prazo. Em função dos desafios expostos, tornou-se necessário então o desenvolvimento de uma solução capaz de tornar a atividade mais eficiente e segura levando em consideração os elementos citados.

2.0 DESAFIOS

Devido aos vários modelos de ferragens de estai e diâmetros de cabos, diversas situações de aplicação do conjunto de ferramentas são necessárias bem como em função das cargas envolvidas diferentes elementos são necessários principalmente os componentes que variam em função do diâmetro do cabo.

Um ponto a ser ressaltado é a imprecisão da manobra. Adicionando elementos que permitem significativo alongamento como as talhas de corrente ou utilização de cabos de aço para criação dos pontos de ancoragem próximos a fundação, ver Figura 2. Durante este tipo de manobra, existe uma tendência da cápsula e do lance de cabo abaixo do esticador ficarem frouxos exigindo um retensionamento dos parafusos acima da cápsula. Tal intervenção acaba por não permitir o controle do quanto deve ser o avançado no sentido do grampo. Por ser um método de aferição indireta ao eixo axial do condutor, ao utilizarmos o meio de medição por deflexão garantimos além da inclusão das imprecisões inerentes ao processo, as variações construtivas em função do diâmetro do cabo bem como a necessidade de calibração em dependência de cada diâmetro, a diferença da carga aplicada no volante

tensor (operacional) e a diferença da tensão do cabo entre próximo ao ponto de ancoragem em relação seu centro, ver Figura 3.

Outro ponto a ser destacado é a possibilidade de tração não homogênea nas pernas do grampo já que as porcas serão apertadas sobre a cápsula sem nenhum tipo controle de perpendicularismo em relação ao cabo.

Por fim podemos adicionar as deformações causadas no cabo em função do esticador. A carga aplicada no próprio esticador cruza a linha de centro em dois pontos diferentes e causa também uma deflexão no cabo. Ainda podemos adicionar uma terceira deflexão no cabo caso o método de medição escolhido seja por deflexão.

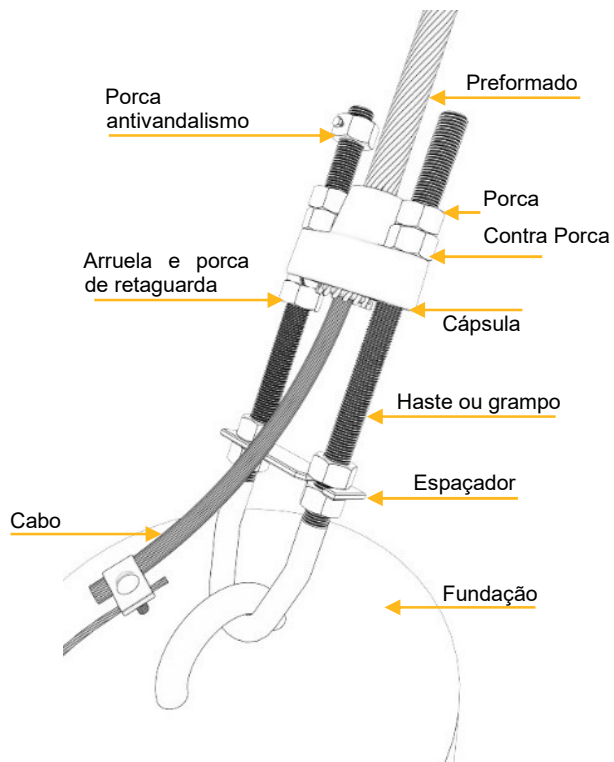


FIGURA 1: Identificação básica dos itens em um sistema de estai (ENGEPROS, 2017)

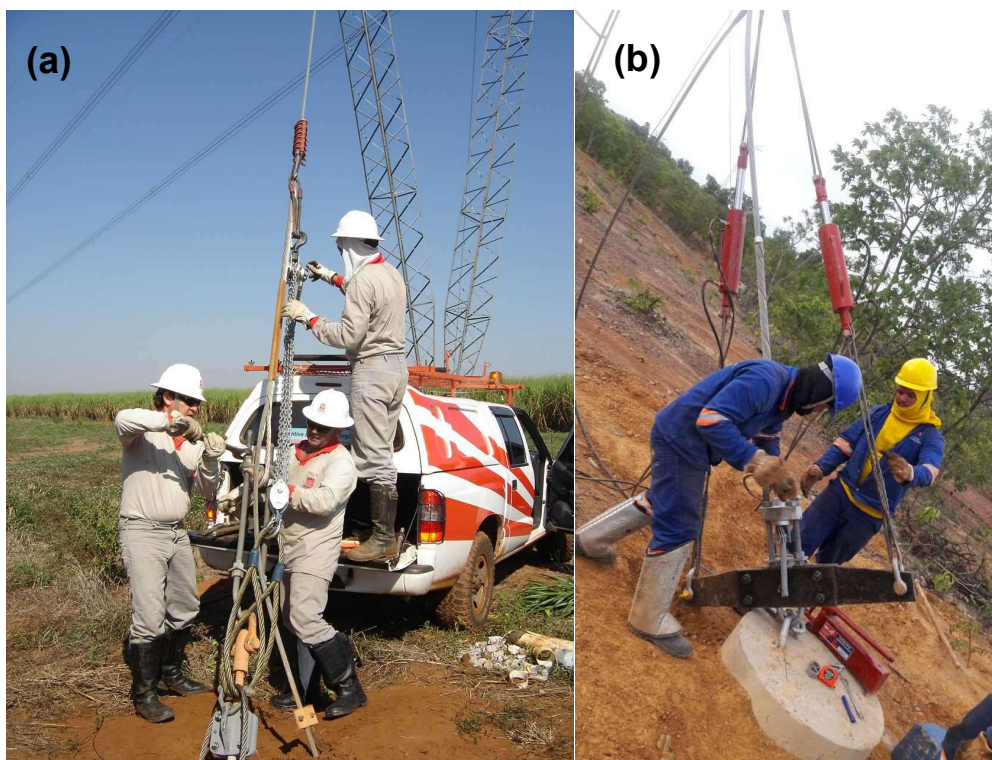


FIGURA 2: Metodologia utilizada antes do desenvolvimento (a) (CTEEP, 2017), (b) (Alumni 2018)



FIGURA 3: Metodologia utilizada antes do desenvolvimento

3.0 DESENVOLVIMENTO

Diante desta realidade surgiu a necessidade de desenvolvimento de uma manobra mais eficiente com uma menor quantidade de ferramentas, equipamentos confiáveis e de baixo peso, preciso na medição, de fácil manuseio e que possibilitasse a montagem em vários tipos de torre independente do diâmetro do cabo.

Para os dados de entrada citados, chegou-se ao desenvolvimento de uma metodologia que possibilita o tensionamento ou apenas a medição da tensão do estai realizando uma compressão sobre a cápsula do conjunto de fixação de estais através da aplicação da carga mecânica pelo torqueamento de munhões auxiliares na rosca do

próprio conjunto, realizando uma medição da carga mais precisa aplicada de forma colinear ao cabo. Um bloco apoiado sobre a cápsula do conjunto de fixação de estais é responsável por realizar a compressão e apresentar a carga de forma direta ao operador através de um display digital.

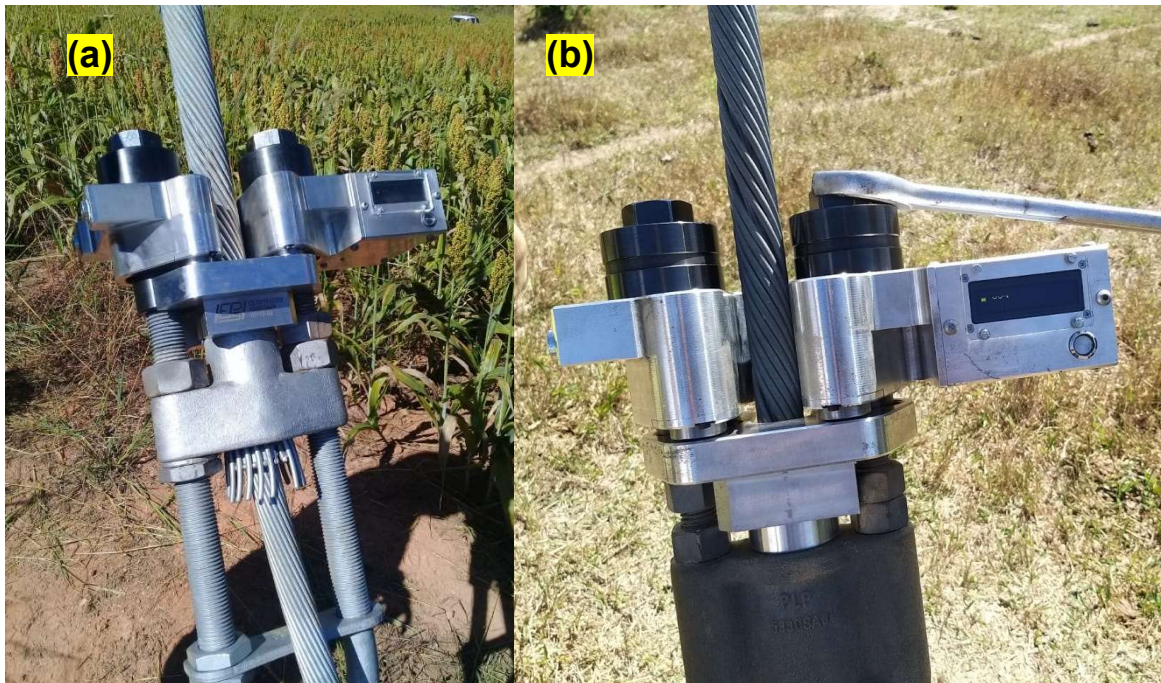


FIGURA 4: Equipamento montado ao conjunto de fixação de estais na nova metodologia de retensionamento (a) (COTESA, 2018), (b) (CEMIG 2019)



FIGURA 5: Imagem do conjunto básico para o retensionamento (ENGEPRO 2019)

Esta metodologia permite uma rápida verificação da carga real a qual a torre está submetida já posicionando a cápsula para nova medida caso esta necessite de ajustes, além do benefício de não carregar de forma assimétrica as hastas do grampo. Através de um pequeno conjunto de fácil manuseio e operação, talhas, esticadores, pinças e dinamômetros podem ser dispensados da tarefa trazendo maiores benefícios nos parâmetros relacionado ao tempo de operação, saúde, segurança do operador e precisão na medição da carga exigida à torre.



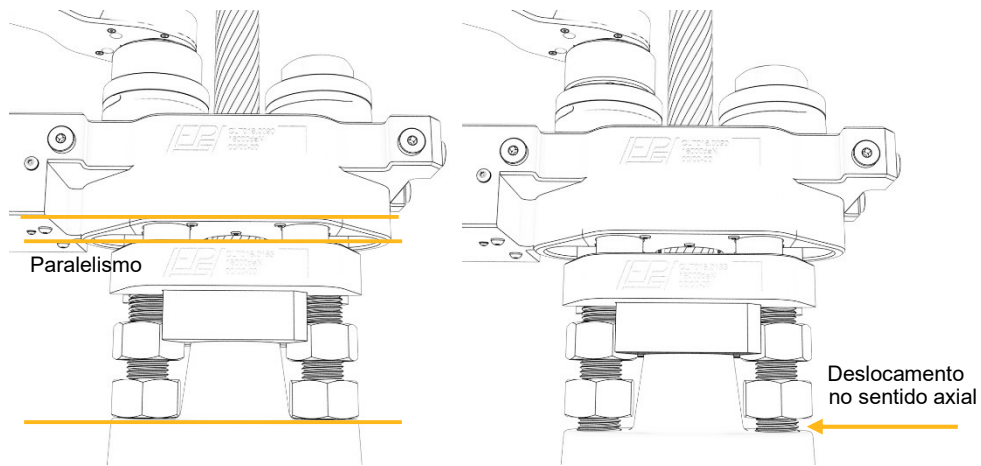


FIGURA 6: Pontos de referência da manobra (ENGEPRO 2019)

A seguir podemos comparar as duas metodologias para aplicações de 120 kN e 180 kN considerando as ferramentas envolvidas para um estai. Podemos observar que para o método convencional existe uma certa proporcionalidade da massa dos itens envolvidos em função da carga atingindo uma massa aproximada de 147,4 kg de ferramentas por estai para uma carga de 120 kN e uma massa aproximada de 192 kg de ferramentas por estai para uma carga de 180 kN, ver Gráfico 1 e 3. Comparativamente pelo novo método temos uma massa de 14,5 kg de ferramentas por estai para uma carga de 120 kN e uma massa aproximada de 17,9 kg de ferramentas por estai para uma carga de 180 kN, ver Gráfico 2 e 4. O item “Diferença” representa a diferença das massas envolvidas entre os métodos para as respectivas cargas de 120 kN e 180 kN. Vale ressaltar que para o método convencional, em função das massas envolvidas e tempo de instalação das ferramentas é praticável a montagem nas quatro pernas de estai para viabilidade da manobra, sendo que para o novo método é possível a realização de apenas duas pernas de estai simultaneamente com o objetivo do manutenção da torre no prumo.

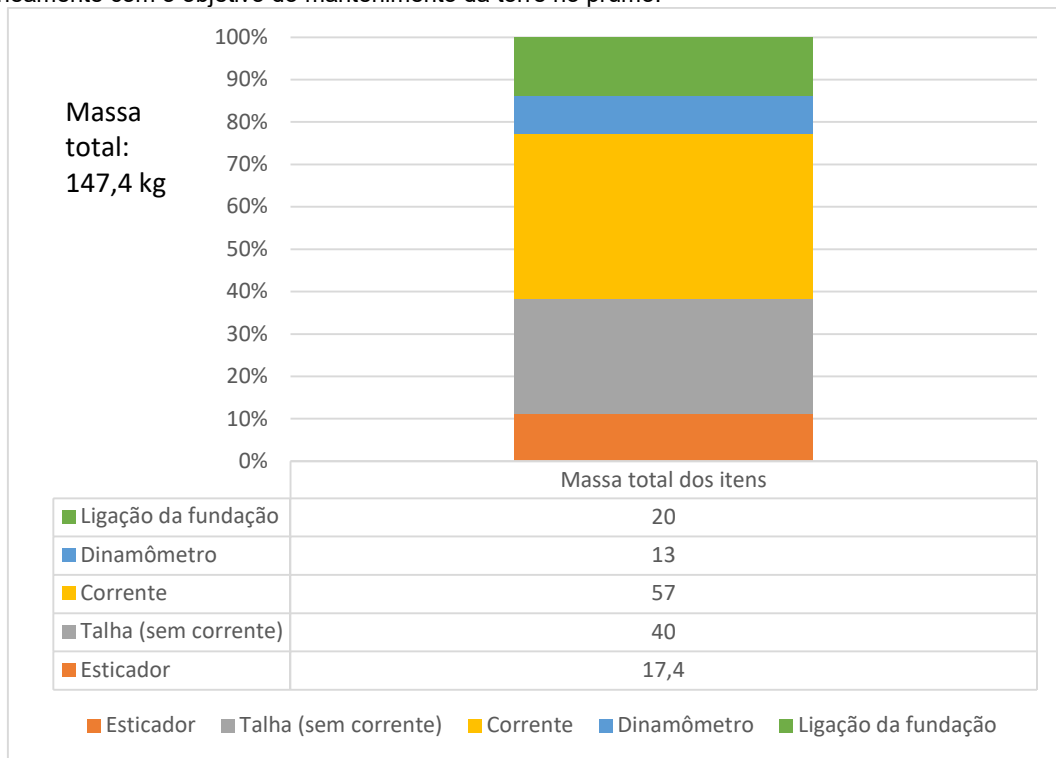


GRÁFICO 1: Relação das massas envolvidas para o método convencional em 12 kN

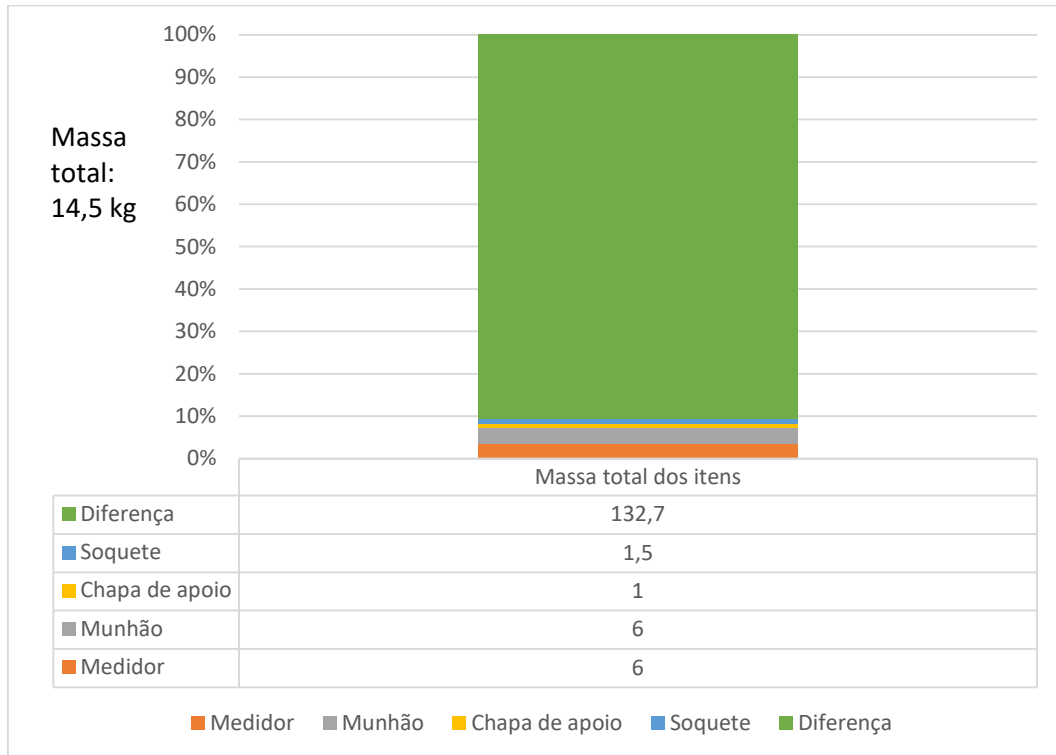


GRÁFICO 2: Relação das massas envolvidas para o novo método em 12 kN

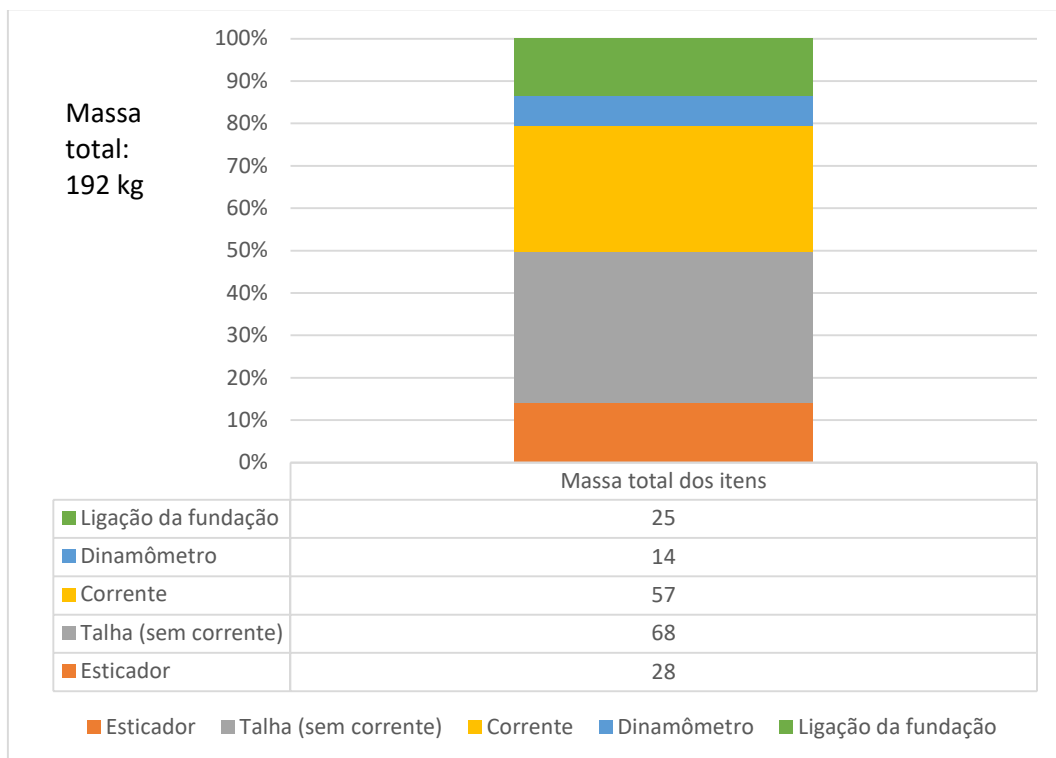


GRÁFICO 3: Relação das massas envolvidas para o método convencional em 18 kN

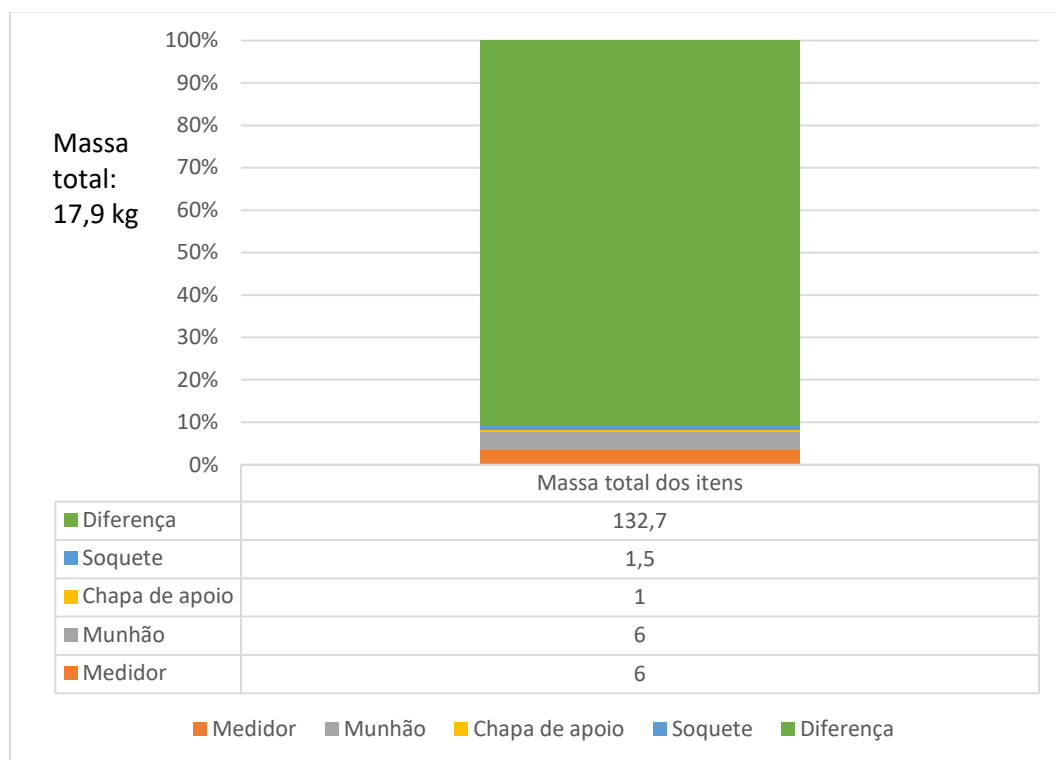


GRÁFICO 4: Relação das massas envolvidas para o novo método em 18 kN

Para os operadores a manobra também se torna muito mais prática e melhor ergonomicamente uma vez que substitui um peso total significativo, além de que o ponto de aperto dos munhões fica abaixo de 1.5 m em relação ao solo. Nota-se quão grande pode ser o ganho de produtividade e ao mesmo tempo, uma grande redução no custo desta operação para as empresas envolvidas.

Informações coletadas após o desenvolvimento desta metodologia apontam um ganho de produtividade em quantidade de estruturas aferidas e retensionadas por dia. Pelo método anterior, em média se gastava 2 horas para retensionamento por estai ou aproximadamente 1 estrutura por dia. Através da nova metodologia, está sendo possível realizar a mesma manobra em apenas 15 minutos por estai ou 8 estruturas ao dia aproximadamente considerando o deslocamento entre as torres.

Durante a operação para que seja evitado o desalinhamento da estrutura, considera-se como condição ideal de trabalho a realização do retensionamento caso necessário, dos 4 estais ao simultaneamente, sendo possível sua realização também com dois operadores.

Como demonstrado por Seeley e Marklin (2003), além das vantagens diretas relacionadas a saúde e bem estar do eletricitista há também as vantagens monetárias diretas e indiretas relacionadas aos gastos com saúde em função do impacto dos fatores de risco de distúrbios musculoesqueléticos, fatores que corroboram na implementação da prática de obtenção e desenvolvimento contínuo de ferramentas e recursos com a mesma finalidade.

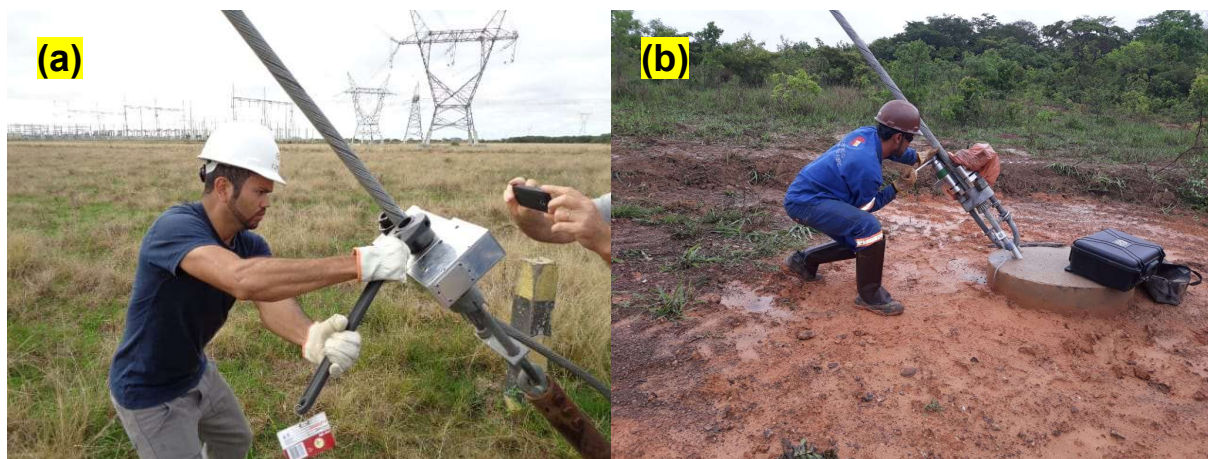


FIGURA 7: Operação com nova metodologia (a) (COTESA, 2018), (b) (Alumni 2019)

Id.	Descrição	Metodologia Antiga por Estai	Metodologia Nova por Estai
1.	Equipamentos	1 Escada, 2 Esticadores, 2 Talhas, 2 Dinamômetros, 1 Ferramentas de Ligação	1 Medidor, 1 Chapa de apoio, 1 soquete, 2 munhões, 1 Chave de boca
2.	Massa das ferramentas	147,4 kg	14,5 kg
3.	Tempo de operação	2 horas / estai	15 minutos
4.	Número de operadores	2 ou mais operadores	1 operador

TABELA 1: Comparativo entre Metodologias

4.0 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste método para tensionamento permite a customização e adaptação para todas as estruturas já demandadas devido a sua elevada capacidade de customização e intercambialidade, agregando benefícios quantitativos e qualitativos na aplicação.

Através de sua metodologia de medição é possível alcançar medições com precisão de até 0,1%, atendendo a todas as especificações relacionadas a instrumentos de medição das concessionárias.

Esta nova metodologia permite que uma pequena equipe trabalhe durante todo o dia, com maior eficiência, precisão e sem desgaste físico excessivo na manobra. Independentemente da carga a ser tracionada os esforços e desgastes por atrito são convergidos ao equipamento e seus acessórios de forma a manter a integridade da ferragem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GEMMA, Sandra; PRIMO, Renan; BRITTES, José; MISUTA, Milton; JUNIOR, Eduardo. Ergonomic and Psychosocial Aspects of Electrical Energy Maintenance Activities on Transmission Lines. School of Applied Sciences, University of Campinas, Limeira, São Paulo, Brazil, 2019.

SEELEY, Patricia; MARKLIN, Richard W. (2003) Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. Applied Ergonomics Vol. 34:429–439, 2003.

DADOS BIOGRÁFICOS



Máiquel Bruno de Andrade Rezende – Nascido em Belo Horizonte/MG em 1987, Técnico Mecânico pelo Senai graduou-se em Engenharia Mecânica em 2012 pela Faculdade Pitágoras de Betim em Minas Gerais. Atuou como projetista e participou de diversos desenvolvimentos de ferramentas para linha viva na engenharia da Ritz do Brasil no período de 2007 a 2015. Atua desde 2015 como engenheiro e sócio da ENGEPRO PROJETOS que fornece projetos e produtos para o setor de energia.

(2) **BRUNO MONTEIRO COSTA**
Bruno Monteiro Costa - Nascido em Contagem/MG em 1988, graduou-se em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais em 2014. Atuou como projetista de ferramentas de linha viva na RITZ (2008 a 2012) e TEREX/RITZ (2012 a 2017). Atua desde 2018 como engenheiro e sócio da ENGEPRO PROJETOS que fornece projetos e produtos para o setor de energia.

(3) **WALDIR ALVES DINIZ**
Waldir Alves Diniz - Nascido em Betim/MG em 1969, graduado em Engenharia Mecânica pela Faculdade Pitágoras de Betim em Minas Gerais. Atuou como projetista e participou de diversos desenvolvimentos de ferramentas para linha viva no período de 1988 a 2017 na área de engenharia da empresa Ritz do Brasil, que posteriormente veio a se tornar Terex Ritz, . Atua desde 2017 como engenheiro e sócio da ENGEPRO PROJETOS que fornece projetos e produtos para o setor de energia elétrica.

(4) **RICARDO DE SOUZA MARCELO**
Ricardo de Souza Marcelo – Nascido em São José do Goiabal/MG em 1981, Técnico em Mecânica Industrial em 2000 pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Atuou na engenharia de projetos da empresa Ritz do Brasil S.A. do período de 2004 a 2008, atuou na Lyon Engenharia como projetista no período de 2008 a 2009, atuou na EPC engenharia como projetista no período de 2009 a 2010, atuou como projetista na Tetra Tech de 2010 a 2017. Atua desde 2017 como engenheiro e sócio da ENGEPRO PROJETOS que fornece projetos e produtos p/ o setor de energia

(5) **CLÉCIO PAULA DA SILVA**
Clécio Paula da Silva - 44 anos clecio@salenge.com.br Celular: 61-98151-7984 Formação: Engenharia Elétrica Experiência 2002 à 2007 - TRANSENER - Supervisor LTs 500 kV 2007 à 2010 - PLENA TRANSMISSORA - Supervisor LTs 500 kV e 345 kV 2010 à 2016 - STATE GRID - Supervisor LTs 500 kV e 345 kV 2016 à 2019 - STATE GRID - Site Manager - Construção do Trecho 6 da Linha XRTE 800 kV 2019 à 2020 - TAESA - Site Manager - Construção da Linha Janaúba 500kV 2020 à 2021 - TERNA PLUS - Site Manager - Construção da Linha Verde II 500kV 2021 até o momento - Diretor/Proprietário SALENGE - Atuando em Comissionamento de Linhas de Transmissão