



**XXIII SNPTEE
SEMÍNÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GLT/16
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO- GLT

**REPOTENCIAÇÃO DA LT 69 kV RIO BRANCO DO SUL – TUNAS PARA 138 kV COM
RETRACIONAMENTO DOS CABOS SINGELOS CAA 397.5 MCM (IBIS) PARA 23% DA EDS**

Luiz Seiti Hatashita(*)
COPEL GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A

Carlos Diego do V. Pedroso
COPEL

Mário Cesar de Oliveira Filho
COPEL DISTRIBUIÇÃO S.A

Gabriel Ruggiero do Amaral
Institutos LACTEC

Marcos José Mannala
Institutos LACTEC / PUC-PR

Oswaldo H. de Souza Jr.
UNIFEI

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mostrar as soluções adotadas com relação ao projeto eletromecânico para a nova condição de operação, ou seja, repotenciação da LT de 69 kV para 138 kV. Apresentar os reforços estruturais nas torres e fundações em função da verificação estrutural das mesmas sob critérios atuais. Avaliação do retracionamento dos condutores para 23% da tração EDS com relação a possíveis danos nos cabos ocasionados pela vibração eólica obtidos através de ensaios mecânicos realizados no Institutos LACTEC.

PALAVRAS-CHAVE

Projeto de LTs, Repotenciação, Reforços estruturais e fundações, Vibração eólica

1.0 - INTRODUÇÃO

A área do sistema de distribuição que apresenta menor folga para a operação e para a execução de manutenções são as linhas de 69 kV de Curitiba, com destaque para o sistema da região norte. Esse sistema apresenta sinais claros de esgotamento e grandes dificuldades para novas expansões em 69 kV. Vários fatores contribuem para tais dificuldades, sobretudo a extensão das linhas de 69 kV que atendem a SE 69 kV Rio Branco do Sul e a SE 69 kV Tunas. As instalações convivem com níveis baixos de tensão em regime normal e sobrecargas em linhas em situações de emergência. Além disso, as instalações são antigas e dispõem de baixa capacidade de transmissão. Diante desse cenário, a repotenciação do sistema elétrico daquelas instalações para 138 kV constituiu a melhor alternativa para contornar as atuais violações de tensão e carregamento. Entretanto acarretou de imediato o aumento da cadeia de isoladores, das distâncias de segurança e rebaixamento das flechas ocasionando em uma série de violações das distâncias mínimas de segurança. Deste modo o retracionamento dos 20% da EDS para 23% se mostrou como solução mais viável.

2.0 - AVALIAÇÃO DO PROJETO ELETROMECÂNICO NA CONDIÇÃO DE REPOTENCIAÇÃO

A prática da recapacitação, ou repotencialização, de linhas de transmissão tem se difundido e se tornado objeto de estudos devido aos benefícios e facilidades em sua aplicação. Prática essa que consiste no aumento da capacidade de transmitir energia para suprir novas demandas em determinadas condições onde a construção de uma nova linha é inviável.

A Linha de Transmissão 69kV Rio Branco do Sul – Tunas, com extensão aproximada de 40 km, foi implantada em 1983 e está em operação desde então. Originalmente foi construída com 87 estruturas metálicas, sendo 9 para circuito duplo e 78 para circuito simples. Após 30 anos, devido ao aumento de cargas na região, tornou-se

(*) R. José Izidoro Biazzetto, 158 - Bloco A – CEP 81.200-240 Curitiba, Paraná, – Brasil
Tel: (+55 41) 3331-2674 – Fax: (+55 41) 3331-3959 – Email: luiz.seiti@copel.com

necessário investimento em reforço do sistema, visando à garantia de qualidade de fornecimento e atendimento a novos clientes industriais.

A opção pela recapacitação com a elevação do nível de tensão de operação da linha existente, em contrapartida a construção de uma nova linha, deu-se em função da maior rapidez no atendimento ao aumento de demanda de energia previsto para a região com a instalação de novos consumidores industriais nos próximos anos, uma vez que a implantação da nova linha duraria maior tempo e possuiria maior custo.

A repotencialização da linha de 69 kV para 138 kV foi efetuada com o reisolamento de um trecho de 35 km de estruturas metálicas de circuito simples, substituindo ou ampliando as cadeias de isoladores para garantir o isolamento no novo nível de tensão, aumentando o nível básico de isolamento. Porém, com o aumento do comprimento das cadeias do trecho reisolado, os cabos condutores sofreram um rebaixamento, e conseqüentemente o aumento das flechas por vão e diminuição da altura cabo-solo, causando violação das distâncias de segurança em diversos vãos da LT.

Na Figura 01 a seguir, é possível verificar que originalmente a altura do cabo condutor inferior em relação ao solo era de 7,51 metros no ponto de maior aproximação. Após a execução do reisolamento, com a intervenção nas cadeias de isoladores, no ponto mais crítico em relação à altura de segurança do vão em questão, a menor distância atingiu o valor de 5,34 metros. Portanto o quesito de distância mínima de segurança é infringido uma vez que a distância mínima preconizada pela norma NBR 5422/1985 é de 6,8 metros para as condições apresentadas no vão estudado.

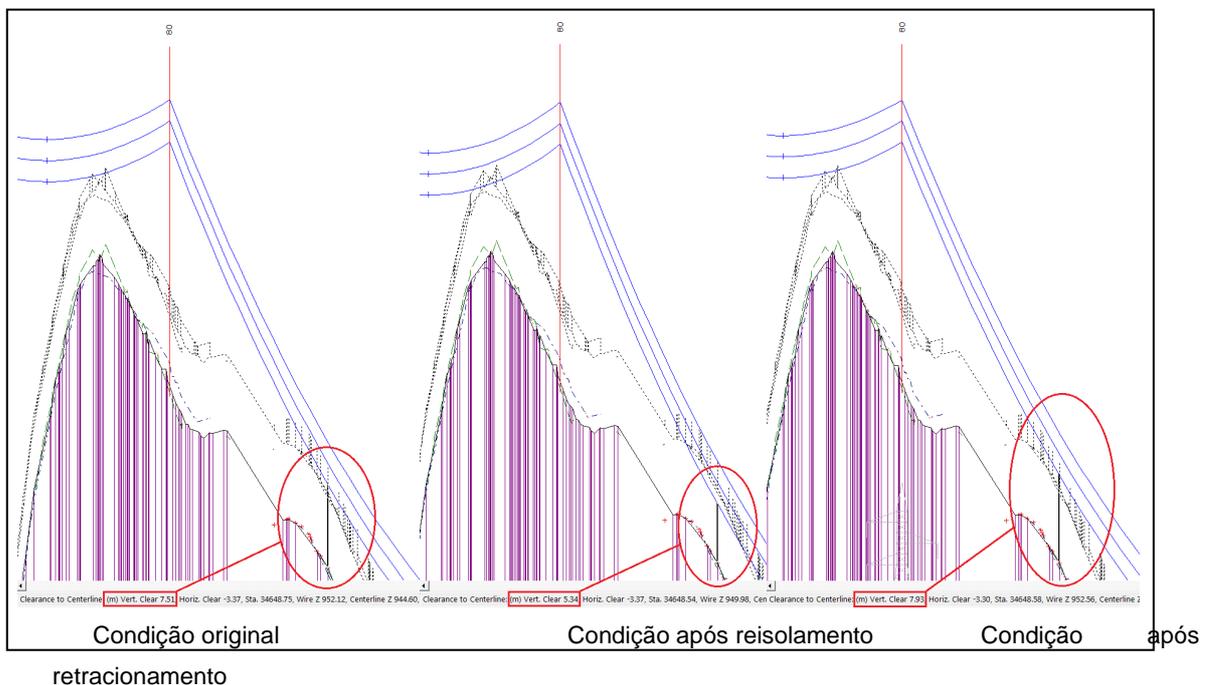


Figura 01: Altura cabo-solo nas diversas condições do projeto

Com base nessas informações foi necessário avaliar alternativas para solucionar os problemas de altura cabo-solo gerados pelo reisolamento da linha. Devido às questões de curto prazo, custos para execução do projeto e impactos ambientais nas áreas de mata constantes no traçado existente, foram descartadas as opções de substituição das estruturas existentes por estruturas mais altas, ou inserção de estruturas nos meios dos vãos onde ocorreram problemas de restrição da distância de segurança, bem como raspagem do terreno na faixa de servidão nesses vãos para atendimento da distância normatizada.

Assim, a solução que se mostrou mais viável para o atendimento às necessidades descritas, principalmente no quesito tempo, foi o retracionamento dos cabos condutores a 23% de sua tração de ruptura na temperatura EDS (condição de maior duração). Originalmente, a tração nos cabos condutores era de 20% de sua tração de ruptura na EDS.

Esse método de recapacitação oferece diversas vantagens em relação às demais possibilidades, pois além de ser menos dispendioso e de rápida execução, permite que a linha seja religada em breve espaço de tempo em caso de contingências. No caso em questão, havia tal restrição operacional, tendo em vista que a linha opera de forma radial, ratificando a escolha pelo retracionamento. No âmbito ambiental, tal solução também traz vantagens, tendo em vista que não foi necessária a instituição de nova faixa de servidão, bem como não houve necessidade de

supressão vegetal sob a LT ou para a criação de novos acessos, somente para abertura de picadas ou para a manutenção da faixa instituída, facilitando assim a obtenção das licenças necessárias.

Após a execução da elevação do tracionamento dos cabos ao novo percentual de tração, verificou-se que as distâncias de segurança cabo-solo tiveram aumento superior a condição original. Na Figura 01 pode-se observar que a altura do cabo condutor inferior no ponto de menor distância em relação ao solo no vão em questão atingiu o valor de 7,93 metros, ou seja, um ganho na ordem de 5,5% nas distâncias de segurança cabo-solo em relação às distâncias iniciais. Tomando essa ação foi possível economizar com a substituição de 34 estruturas, que seriam necessárias para manter a distância mínima de segurança da altura dos cabos em relação ao solo em diversos vãos da linha.

Contudo, a execução do retracionamento dos condutores acarreta em maiores esforços estruturais e conseqüentemente solicitações adicionais nas fundações das torres, em função dos critérios atuais de projeto adotados.

Com a implementação dos reforços estruturais propostos, a necessidade de substituição de 14 estruturas não foi necessária. Portanto, houve uma economia total de 48 torres metálicas para circuito simples além dos custos de execução inerentes a implantação das estruturas, tais como: levantamentos topográficos, sondagens, supressão de vegetações, execução de fundações, montagem eletromecânica, além de outros materiais de aterramentos e conexões necessários.

3.0 - ENSAIOS PARA VERIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO CONDUTOR QUANDO SUBMETIDO A VIBRAÇÕES HARMÔNICAS COM VARIAÇÃO DA CARGA DE TRAÇÃO

Para a adoção da nova carga de tração dos cabos condutores da linha de transmissão de 20 para 23% da RMC (resistência mecânica calculada), com a finalidade de incremento nas distâncias de segurança cabo solo, fez-se necessário a realização de ensaios, para se obter dados para o estudo dos efeitos da vibração do cabo condutor pelo efeito dos ventos.

Para avaliar o comportamento do cabo condutor à vibração eólica, os condutores com o amortecedor dimensionado para a bitola do cabo CAA 397,5 MCM – Ibis, foi submetido ao ensaio de eficiência do sistema de amortecimento, conforme norma IEEE-664 (Guide on the laboratory measurement of the power dissipation characteristics of aeolian vibration dampers for single conductors) – método ISWR.

3.1 – Procedimento para escolha do neutralizador a ser ensaiado

Para descrição do ensaio, começamos analisando o preparo do cabo utilizado na LT. A amostra é instalada no vão de ensaio, e mantida com tração igual à maior tração de ensaio por, no mínimo, doze horas. A temperatura da bancada de ensaio é mantida em 23 ± 3 °C desde o momento em que o cabo é tracionado até o fim do ensaio.

O excitador eletrodinâmico (*shaker*) é posicionado próximo à parte móvel do sistema de tração, fixado ao cabo por meio de um engate ajustável por parafusos. Na mesa do *shaker* é posicionado um acelerômetro para medição do sinal da velocidade V_s (pico simples).

Outro acelerômetro, para a aquisição dos sinais de deslocamento, velocidade e aceleração no cabo, é fixado na extremidade oposta do condutor, a metade da distância d_1 entre a ancoragem e o centro do grampo do neutralizador, a qual é calculada por meio da Equação (1), fornecida pela COPEL:

$$d_1 = 1,3 \cdot 10^{-6} D \sqrt{T/\mu}, \quad (1)$$

onde d_1 é a distância entre a ancoragem e o centro do grampo do neutralizador, em m; D é o diâmetro externo do condutor, em m; T é a tração de ensaio, em kgf; e μ é a massa por unidade de comprimento do condutor, em kg/m.

Inicialmente sem neutralizadores instalados no cabo, procede-se à varredura de frequências na faixa correspondente a velocidades de vento entre 1 e 7 m/s, calculada pela relação de Strouhal, Equação (2),

$$f = 0,185 \frac{V}{D}, \quad (2)$$

onde f é a frequência, em Hz; V é a velocidade do vento, em m/s; e D é o diâmetro externo do condutor, em m.

Faz-se a varredura de modo que a velocidade (pico simples) medida pelo acelerômetro montado na mesa do shaker seja igual a 50 mm/s em toda a faixa de frequências. Em seguida, com um neutralizador instalado na posição d_1 indicada, a varredura é refeita, e o procedimento é repetido para cada neutralizador a ser analisado. O torque de aperto do parafuso dos neutralizadores é de 50 Nm. A comparação dos dados adquiridos pelo segundo

acelerômetro ensaio a ensaio, ou seja, para cada neutralizador utilizado, fornece base para uma comparação de cada dispositivo ensaiado.

3.2 - Descrição do ensaio de eficiência – IEEE 664

Escolhe-se então, com base nos dados obtidos nas varreduras, um neutralizador a ser submetido ao ensaio de eficiência e potência dissipada, cuja configuração de ensaio é mostrada na Figura 2. Este ensaio consiste em medir, nas várias frequências de ressonância da configuração de vão de ensaio, a relação entre a amplitude de um dos nós e a amplitude de um dos antinós adjacentes, para uma velocidade constante no antinó igual a 200 mm/s (pico a pico). O neutralizador é instalado no cabo à distância definida pela Equação (1).



Figura 2: - Esquema da disposição dos elementos componentes do ensaio de eficiência e potência dissipada.

A potência dissipada pelo neutralizador é então calculada pela Equação (3),

$$P = \sqrt{T\mu} \frac{V_a^2}{2} \left(\frac{a}{Y_0} \right) = eZ \frac{V_a^2}{2}, \quad (3)$$

onde P é a potência dissipada pelo neutralizador, em W; T é a tração de ensaio, em N; μ é a massa por unidade de comprimento do condutor, em kg/m; V_a é a velocidade no antinó (pico), em m/s; a é a amplitude no nó (pico a pico), em mm; Y_0 é a amplitude no antinó (pico a pico), em mm; $e = \frac{a}{Y_0}$ é a eficiência; e $Z = \sqrt{T\mu}$ é a impedância característica do condutor, em Ns/m.

Por fim, calcula-se o vão coberto pelo seguinte critério: para cada frequência f_i a potência medida correspondente, P_b , deve ser maior do que a potência de vento assumida, $P_{w,i}$, dada pela Equação (4),

$$P_{w,i} = L \cdot D^4 \cdot f_i^3 \cdot \left[f_{nc} \left(\frac{Y_i}{D} \right) \right] \quad (4)$$

onde $P_{w,i}$ é a potência de vento assumida, em W; L é máximo comprimento de vão que pode ser protegido pelo neutralizador ensaiado, em m; D é o diâmetro do condutor, em m; f_i é a frequência medida, em Hz; Y_i é a amplitude (pico a pico) do antinó do condutor na frequência f_i ; e $f_{nc} \left(\frac{Y_i}{D} \right)$ é a função de potência do vento dada no Anexo C da norma IEC 61897.

3.3 RESULTADOS

Os resultados dos ensaios de eficiência são apresentados no gráfico da figura 3. A faixa de frequências de varredura utilizadas para os ensaios foi na faixa de 9,31 a 65,1 Hz, portanto, representando ventos na faixa de 1 a 7,5 m/s.

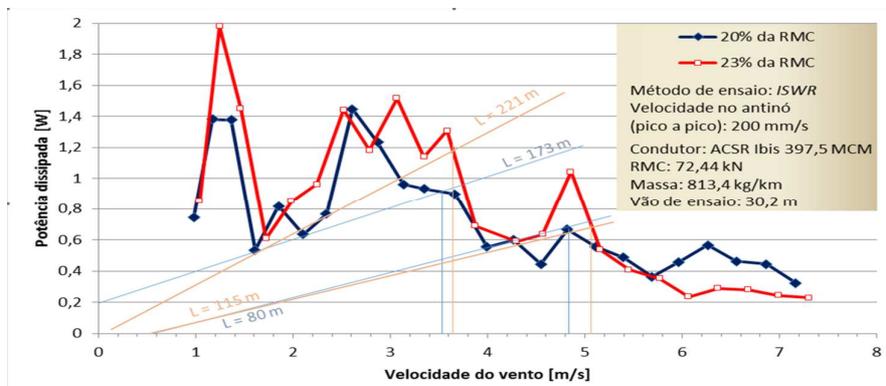


Figura 3: Gráfico da potência dissipada versus velocidade do vento (L é o máximo comprimento de vão que pode ser protegido pelo neutralizador instalado, para determinada velocidade de vento).

A Figura 3 apresenta resultados de potência dissipada e eficiência. Ela mostra que a mudança de tração no condutor de 20% para 23% da RMC incorre em piora do comportamento dinâmico do sistema condutor mais neutralizador apenas para velocidades de vento acima de 5 m/s (correspondente a aproximadamente 50 Hz).

Em relação ao mesmo gráfico, verifica-se que, para velocidades de vento aproximadamente iguais, o vão protegido é maior para a tração no condutor de 23% da RMC – até aprox. 3,6 m/s, 221 contra 173 m e, até aprox. 5 m/s, 115 contra 80 m.

4.0 - VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DAS TORRES E SUAS FUNDAÇÕES DA LT REPOTENCIADA

No projeto eletromecânico da LT obtido no software Pls-Cadd foram inseridos todos os tipos de torres utilizadas nesta Linha de Transmissão, os quais foram modeladas no software Tower. As hipóteses de carregamentos foram elaboradas no software Pls-Cadd e através do uso conjugado de ambos os softwares, foram verificados estruturalmente torre por torre da LT (da torre nº 13 a 87).

A LT é composta de quatro tipos de torres: CS, CA, CF, e CR . Num total de 78 torres, o tipo CS (suspensão, autoportante) é a estrutura predominante com 52 torres.

4.1 – Característica da LT Existente

4.1.1 - Cabos

Condutor: ACSR – 397.5 MCM IBIS - Pára raio: Cabo de aço galvanizado Φ 5/16” HS

Tabela 1 – Condições de aplicação por tipo de Torre

Torre	Vão médio	Vão de Peso (m)		Deflexão	Aplicação
	(m)	Condutor	Pára raio	graus (°)	
CS	550	1000	1000	0	Suspensão
	410	1000	1000	3	
CA	700	1200	1200	0	Ancoragem
	300	1200	1200	12	

4.2 – Critérios para verificação estrutural

Tabela 2 – Características Mecânicas dos Perfilados e Chapas

Aço	Fy	Fu	Fp
	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²
ASTM A-36	2531	4077	4218
ASTM A-572 GR50	3515	4570	4921

4.2.1 – Parafusos

Conforme ASTM A394 / SAE 1020

Fv = 2109 kgf/cm² – Resistência máxima de cisalhamento

Fp = 6502 kgf/cm² – Tensão máxima de esmagamento

4.2.2 – Normas

O dimensionamento das barras e ligações das torres estão de acordo com a norma ASCE/1998 nº52 Manuals a nd Reports on Engineering Practice “Guide for Design of Steel Transmission Towers”, Second Edition e NBR 8850 (Execução de Suportes Metálicos Treliçados para Linhas de Transmissão, R20).

As tensões de esmagamento e cisalhamento admissíveis obedecerão aos valores máximos admissíveis constantes no ASTM-A394.

4.2.3 - Fator de Minoração da Resistência Limite

Na avaliação estrutural das torres da LT foi adotado o valor de 0,90 para o fator de minoração da resistência limite para estruturas de suspensão e 0,85 para estruturas de ancoragem - conforme item 6.2.1.3 da norma ABNT NBR 8850.

4.2.4 – Velocidade básica do Vento

Vb = 28 m/s (10 m, 10 minutos) - T = 50 anos (período de retorno) (Fonte: Simepar)

4.2.5 – Determinação dos Carregamentos nas Torres

As cargas de projeto foram elaboradas a partir dos parâmetros de locação efetivamente utilizados. Os valores dos parâmetros (vão médio, vão gravante, trações) foram obtidos do projeto eletromecânico via software PIs-Cadd.

Os critérios e os dados utilizados para determinação dos carregamentos foram:

Fatores de carga aplicados: Cargas verticais =1,15; Cargas transversais =1,00; Cargas longitudinais=0,70 estruturas de suspensão e 0,90 para torres de ancoragem, para hipóteses de rompimento de cabos na EDS.

As hipóteses de carregamentos consideradas foram: Vento extremo atuando a 90°, 75°, 60° e 45°, ruptura de para raios e condutores e hipótese de manutenção/montagem.

4.3 – Resultados Verificação Estrutural

A torre tipo CS é a que apresentou maior quantidade de torres onde foram necessários algum tipo de reforço estrutural para os carregamentos estabelecidos. Das 52 torres CS, 28 foram reforçadas. Outra torre que necessitou reforço foi a torre CA em número de 16. Os reforços são apresentados na Tabela 3 abaixo e o detalhamento na Figura 4:

Tabela 3 – Reforços Estruturais por Tipo de Torre

	Grupo	De	Para	Peça	Nº do Doc.
CS	P20T e P20L	L 44 x 4.8	L 44 x 4.8 + L 44 x 4.8	98	T-17382abc
	T14T e T14L		Inserção de contraventamento com perfis L 38 x 3.2	52	T - 17381
	T15T e T15L	L 44 x 4.8	L 44 x 4.8 + L 44 x 4.8	77 e 77A	T – 17382 abc
	T15T e T15L		Inserção de contraventamento com perfis L 38 x 3.2	77 e 77A	T – 17382 abc
CA	T13T e T13L		Inserção de contraventamento com perfis L 38 x 3.2	62	T-17297abcde
	T14T e T14L	L 44 x 4.8	L 44 x 4.8 + L 44 x 4.8	87 e 88	T-17298abcde
	P70T e P70L	L 51 x 4.8	L 51 x 4.8 + L 51 x 4.8	160 e 161	T-17299abc
	P60T e P60L	L 51 x 4.8	L 51 x 4.8 + L 51 x 4.8	146 e 147	T-17299abc

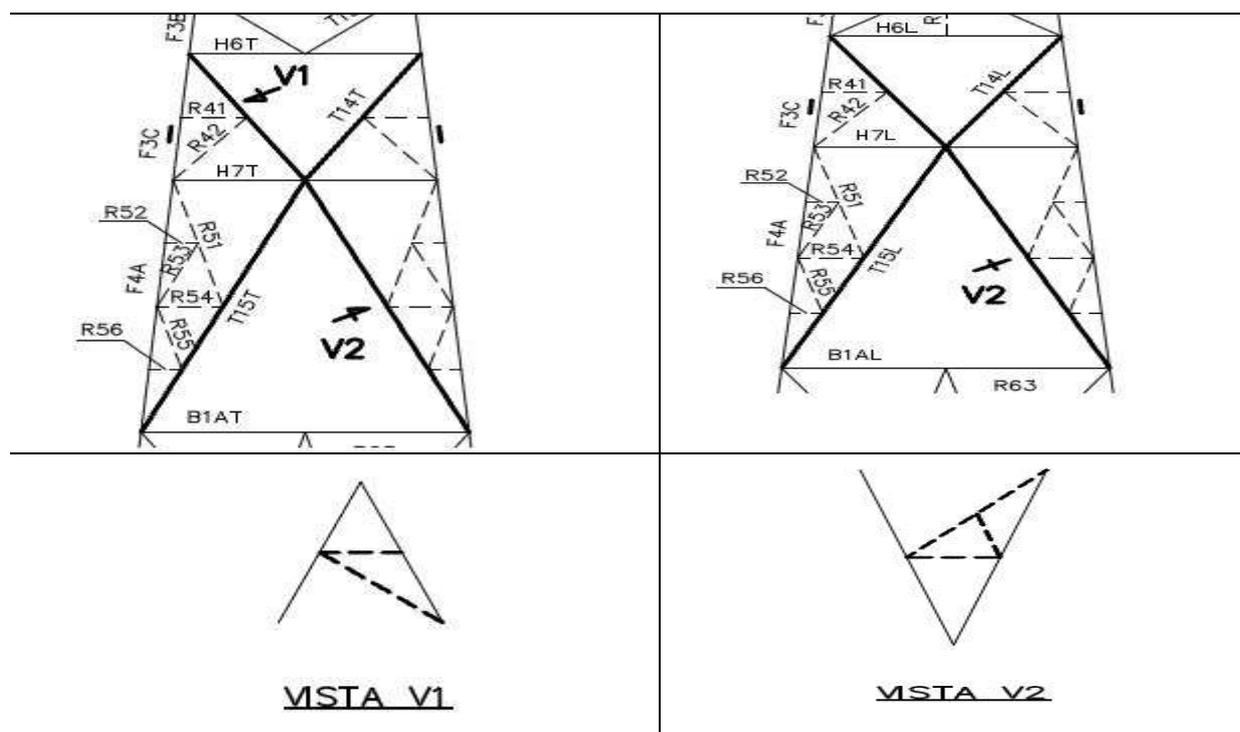


Figura 04: Reforço Estrutural

4.4 – Verificação das Fundações da LT repotenciada

A análise dos esforços nas fundações foi realizada utilizando-se os *softwares* Tower e PLS-CADD e os mesmos critérios de projeto para verificação estrutural das torres da LT repotenciada. Todas as estruturas da LT 69 kV RIO BRANCO DO SUL – TUNAS possuem soluções em grelha metálica. Dentre as torres a serem reforçadas (no total de 44), 9 precisaram de reforços na fundação.

Para a verificação geotécnica e estrutural das fundações, dispunha-se de algumas sondagens à percussão realizadas ao longo do traçado (do tipo SPT – *Standard Penetration Test*). A análise da capacidade de suporte da fundação foi realizada analisando-se a capacidade de suporte à compressão e a tração (arrancamento) das grelhas tendo em conjunto com as investigações geotécnicas realizadas.

Apesar de ambos os esforços terem sido aumentados devido à recapacitação da LT, nenhuma estrutura necessitou ser reforçada para o incremento da resistência à compressão. Ou seja, todas as estruturas foram reforçadas para atender o aumento de carregamento à tração. Isto se deve ao fato de o perfil geotécnico das estruturas apresentar característica de solo residual, com N_{SPT} 's baixos no primeiro e segundo metro e N_{SPT} 's mais altos (em média superiores a 10) na camada de assentamento da fundação.

Contudo, duas opções de reforço geotécnico foram estudadas para aumentar a resistência geotécnica ao arrancamento destas estruturas. A primeira, trata-se do reforço com o uso de geomanta de polipropileno reforçada com manta metálica hexagonal de dupla torção, conforme a Figura 05. De acordo com o método Grenoble de dimensionamento à tração, presente nos trabalhos de Biarez e Barraud (1968) e Martin (1966, 1973), o ângulo de ruptura formado pelo cisalhamento do solo é aberto com a vertical formando uma espécie de tronco de cone (em solos com ângulos de atrito internos superiores a 15°). Assim, a aplicação da geomanta tende a aumentar a superfície de ruptura do solo, acrescentando a resistência à tração da fundação.

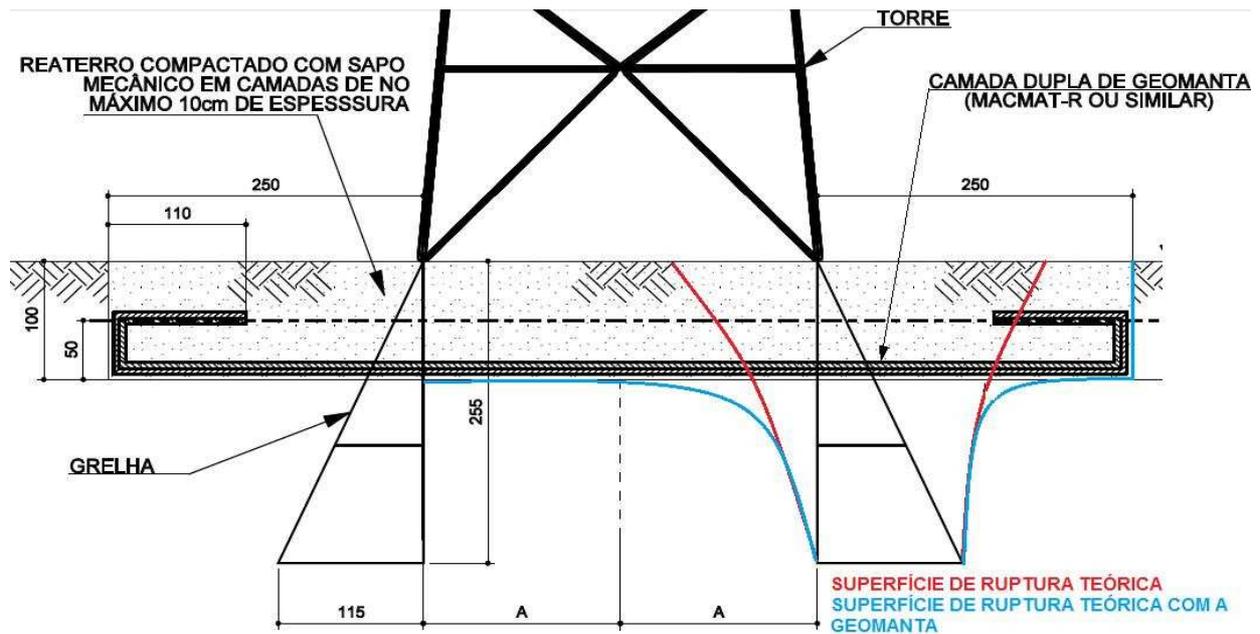


Figura 05: Reforço na fundação com utilização de geomanta de polipropileno

A segunda opção foi o reforço da fundação com a adição de sobrepeso. O peso de sobrecarga de solo na base da fundação tende a contrapor o esforço de arrancamento, aumentando a resistência à tração. Em cada pé foram acrescentados $2,0 \text{ m}^3$ de solo compactado, gerando uma sobrecarga de 3,0 ton. Carga suficiente para inibir o acréscimo de carregamento à tração na fundação gerado pela recapacitação da LT. Por questões de custos, execução e logística, o sobreaterro (alternativa 2) foi adotado como solução de reforço. A Figura 06 indica o reforço com sobreaterro enquanto a Tabela 04 o quantitativo de serviços para cada solução.

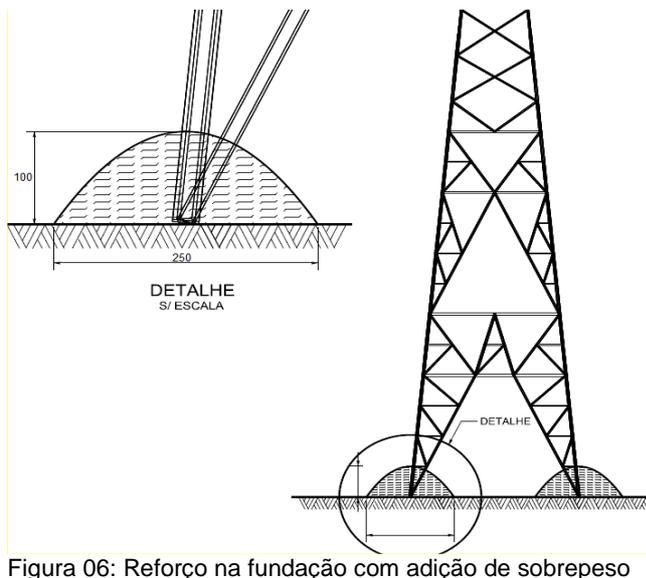


Figura 06: Reforço na fundação com adição de sobrepeso

Tabela 04 – Quantitativo serviços por solução

Atividade	Alternativa 1 (Geomanta)
Escavação (m ³)	100
Geomanta (m ²)	116
Reaterro (m ³)	100
Sobreaterro (m ³)	-
	Alternativa 2 (Sobreaterro)
Escavação (m ³)	-
Geomanta (m ²)	-
Reaterro (m ³)	-
Sobreaterro (m ³)	8

5.0 - CONCLUSÃO

Do ponto de vista do projeto eletromecânico a solução demonstra-se viável uma vez que é possível economizar custos e tempo na execução dos serviços, disponibilizando rapidamente a linha em condições operacionais com garantia de confiabilidade e atendendo aos critérios de projeto e de segurança dispostos na norma NBR 5422/1985.

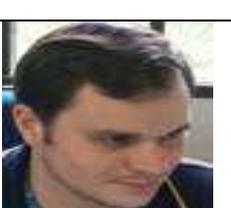
A adoção da carga de tração no condutor de 20% para 23% da RMC não deverá ocasionar aumento dos níveis de vibração no cabo, conforme a análise dos resultados obtidos nos ensaios de eficiência, realizados no cabo condutor CAA 397,5 MCM. A análise mostra que a mudança de tração no condutor de 20% para 23% da RMC incorre em piora do comportamento dinâmico do sistema condutor mais neutralizador apenas para velocidades de vento acima de 5 m/s.

A verificação estrutural de todas as torres da LT 138 kV Rio Branco do Sul Tunas com retracionamento dos condutores para 23% da EDS mostrou-se viável, sendo necessários alguns reforços nas estruturas, bem como reforço nas fundações de algumas torres.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica - NBR 5422/1985. Brasil.
- (2) INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS – IEEE. Guide for Laboratory Measurement of the Power Dissipation Characteristics of Aeolian Vibration Dampers for Single Conductors - IEEE Standard 664, 1993. New York.
- (3) INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – IEC. Requirements and tests for Stockbridge type aeolian vibration dampers. IEC 61897, 1998. Switzerland.
- (4) BIAREZ, J., BARRAUD, Y. Adaptation des Fondations de Pylônes au Terrain par les Méthods de la Mécanique des Sols, Rapport 22-06 de la CIGRÉ, PARIS, 1968.
- (5) MARTIN, D., Calcul de pieux et fondations a dalle des pylônes de transport d'énergie électrique, étude théorique e d'essais en laboratoire et in-situ. PROCEEDINGS INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVEAUX PUBLIC, SUPPLÉMENT AU NO. 307-308. 1973.
- (6) MARTIN, D. Calcul a L'Arrachement des Fondations. ELECTRA. N.º 38. 1975.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

	<p>Luiz Seiti Hatashita, natural de Pompéia/SP, nasceu em 1963, é engenheiro eletricitista (1985) e mecânico (2004) formado pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná com mestrado em engenharia mecânica (2007) pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Funcionário da Copel desde 1985, tendo trabalhado nas áreas de estudos de mercado de energia, área de medição de energia e atualmente em engenharia de linhas de transmissão. Abaixo são relacionados alguns trabalhos apresentados em seminários:</p> <p>XXII SNPTEE – “Avaliação Técnica e Econômica na Otimização da Plotação de Torres em Projetos de Novas LTs Via Diagrama de Interação versus Gráficos de Aplicação (Método Simplificado)” – Brasília – DF (2013).</p> <p>XX SNPTEE – “Uso de Pls-Cadd e Tower em Projetos de Linhas de Transmissão – Experiência e Metodologia da Copel na Análise de Torres” – Recife – PE (2009).</p>
	<p>Carlos Diego do Valle Pedroso, natural de Londrina/PR, nasceu em 1983, é engenheiro civil formado pela Universidade Estadual de Maringá (2005). Pós-graduado em obras públicas pela Universidade Federal do Paraná (2008). MBA em Liderança e Gestão pela Estação Business School (2012). Mestre em desenvolvimento de tecnologia pelos Institutos Lactec (2015). Funcionário na Companhia Paranaense de Energia (COPEL) desde 2007 onde atuou na área de obras e projetos de fundações de estruturas de linhas de transmissão até 2013. Desde 2014 atua na área de desenvolvimento de negócios de transmissão e distribuição da mesma companhia.</p>
	<p>Mario Cezar de Oliveira Filho, natural de Curitiba, nasceu em 1982 é engenheiro eletricitista formado pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (2009). Trabalha na Copel na área de projetos de linhas de transmissão desde 2011.</p>
	<p>Marcos José Mannala nasceu em Curitiba PR em 23 de Agosto de 1967. Recebeu o título de técnico em eletrotécnica pelo CEFET em 1988, graduado em engenharia elétrica pela UFPR em Março 2001 e mestrado em engenharia de produção e sistemas com ênfase em sistema de controle em outubro de 2004 pela PUCPR. Trabalhou na Companhia Paranaense de Energia – COPEL – como fiscal de obras de LT's e na área de estudo de projetos de LT's. Atualmente trabalha na área de pesquisa e ensaios na área de distribuição e transmissão de energia no Instituto de pesquisa e desenvolvimento (LACTEC). Doutorando em Engenharia Mecânica pela PUC PR.</p>
	<p>Oswaldo Honorato de Souza Junior nasceu em Heliodora MG, em 10 de Julho de 1957. Graduiu-se em Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em Itajubá MG, em 1978. Recebeu o título de Mestre em engenharia mecânica pela Universidade Federal de Itajubá em 1994. Doutor em Engenharia Mecânica pela PUC PR em 2010. Trabalhou na companhia Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (ELETRONORTE) no setor de engenharia de manutenção e na Companhia Paranaense de Energia (COPEL) como Pesquisador de P&D desde 1993. De 1995 a 2013 atuou como Professor do Departamento de Mecânica da UTFPR(Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Hoje é professor na UNIFEI na área de Máquinas Hidráulicas e componentes hidromecânicos.</p>
	<p>Gabriel Ruggiero do Amaral é engenheiro mecânico pela Universidade Federal do Paraná – UFPR, e mestrando em vibrações mecânicas, também pela UFPR. Trabalha nos Institutos Lactec, no Laboratório de Ensaios em Cabos e Acessórios, desenvolvendo projetos de pesquisa na área mecânica, e elaborando, desenvolvendo e executando diversos ensaios em cabos condutores, OPGW e acessórios de linhas aéreas de transmissão, com ênfase na área de vibrações.</p>