



**XXII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GLT/30
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

NOVA TECNOLOGIA PARA EXPANSÃO DE CLEARANCES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

A. A. P. Silva(*)

**J. M. B. Bezerra
UFPE**

Z. D. Lins

J. C. O. Junior

E. L. Santos

RESUMO

Este informe técnico apresenta a aplicação de condutores de menor diâmetro e características mecânicas específicas em série com condutores convencionais, para restabelecer a capacidade de carregamento de linhas de transmissão de energia elétrica. A metodologia, experimentada com êxito, evita a montagem de estruturas adicionais em grande escala e, pois corrige a violação de alturas de segurança (clearances), que comprometem os limites operacionais das linhas de transmissão a um custo significativamente inferior.

PALAVRAS-CHAVE

Linhas de transmissão, Recapacitação, Clearance, Condutores Especiais, Modelo eletromecânico.

1.0 - INTRODUÇÃO

A ampliação da capacidade do transporte de energia elétrica tem sido restringida pelo alto custo da construção de novas linhas e as dificuldades de obtenção de novas faixas de servidão com órgãos de licenciamento e a comunidade. Várias soluções têm sido propostas para aumentar a capacidade de condução de corrente das linhas de transmissão (LTs). Entre elas, a utilização de condutores capazes de operar a altas temperaturas com flechas reduzidas, também conhecidos como condutores especiais ou condutores HTLS (High Temperature Low Sag).

O surgimento de alturas incorretas dos condutores, devido à imprecisão de projeto e construção ou mudanças nas atividades realizadas sob as LTs, também podem restringir o nível de carregamento elétrico da linha. Neste contexto é proposta uma técnica para correção das alturas aplicando condutores especiais ou de bitolas diferentes apenas nos vãos que apresentem essas incorreções mantendo os demais cabos do tramo. Tais técnicas são bastante úteis também quando se pretende aumentar o limite térmico de uma linha que apresenta restrições em pequenos trechos e folgas no restante da instalação.

A Figura 1 ilustra um tramo de uma LT onde ocorrem violações em quatro vãos consecutivos. A linha tracejada representa as distâncias de segurança do condutor ao solo. Se o condutor estiver abaixo desta linha há violação dos limites normativos, caso contrário as restrições estão sendo respeitadas. Com a substituição dos condutores apenas nos vãos onde ocorre violação por condutores diferentes, Figura 2, evita-se a montagem de estruturas adicionais em grande escala, pois corrige a violação de alturas de segurança, que comprometem os limites operacionais dessas linhas de transmissão a um custo significativamente inferior.

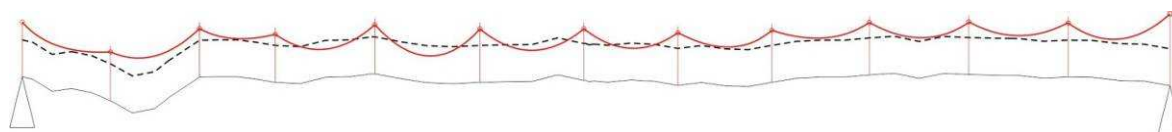


Figura 1 – Tramo de uma linha de transmissão com violação das distâncias de segurança em vãos consecutivos.

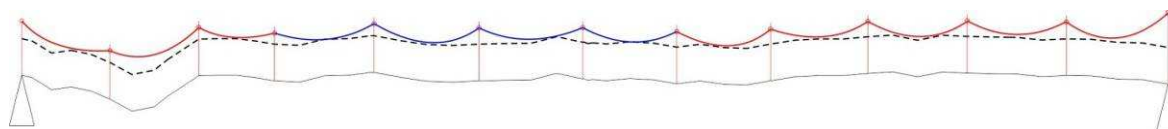


Figura 2 – Tramo de uma linha de transmissão onde foram instalados condutores especiais ou de bitolas diferentes(em azul) para correção das violações das distâncias de segurança.

Para aplicar a técnica supracitada foi desenvolvido um modelo para cálculo das tensões e flechas em uma seção de tensionamento com condutores diferentes em vãos nivelados ou desnivelados a qualquer temperatura [1]. Incluindo também situações onde a temperatura do condutor varia ao longo do tramo. Os métodos tradicionais trabalham apenas com uma temperatura para todos os vãos, o que não seria consistente para condutores diferentes, já que para uma mesma corrente existiriam temperaturas desiguais. Há métodos que consideram essa diferença, porém o condutor no tramo é o mesmo. Este artigo apresenta inicialmente a metodologia utilizada, posteriormente são apresentados os casos analisados, as restrições identificadas e, finalmente, uma análise dos resultados.

2.0 - CÁLCULO DAS TRAÇÕES E FLECHAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

O método do vão regulador tem sido amplamente utilizado nos últimos 80 anos para calcular as tensões e flechas em seções de tensionamento [2]. Ele parte da premissa básica que durante o trabalho de tensionamento os cabos podem deslizar livremente sobre os apoios intermediários transmitindo igualmente a tensão em todos os vãos. Os resultados obtidos são satisfatórios para vãos nivelados de mesmo comprimento a qualquer temperatura ou vãos desnivelados com comprimentos aproximados a baixas temperaturas. Porém, erros inaceitáveis na estimativa da flecha com condutores operando acima de 100°C podem ocorrer se as diferenças de tensão não forem levadas em consideração em seções de tensionamento com vãos de comprimentos diferentes [3].

Em 2000 foi publicado o método do Vão Regulador Modificado, o qual permite a determinação das tensões e flechas em seções de tensionamento apenas com vãos nivelados de tamanhos diferentes a altas temperaturas através da inclusão do efeito da inclinação da cadeia de isoladores nos cálculos [4]. Três anos depois o Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL) apresentou um método para calcular os parâmetros citados em seções de tensionamento com vãos contínuos, nivelados ou não [5]. O método possibilita, também, a análise de situações onde a temperatura do condutor varia ao longo da seção de tensionamento, o que não é possível no caso do método do vão regulador onde a temperatura é única para todos os vãos.

Com a aplicação simultânea de mais de um tipo de condutor em uma mesma seção de tensionamento passa a existir comportamentos elásticos diferentes se os condutores tiverem propriedades físicas, elétricas ou químicas distintas. Todos esses fatores devem ser levados em consideração para determinar as tensões e flechas. Deste modo, foi desenvolvido um modelo, baseado no descrito em [6], para determinação da equação de mudança de estado em seções de tensionamento constituída por vãos nivelados ou desnivelados, iguais ou desiguais, admitindo além de temperaturas diferentes em cada vão, a presença de condutores diferentes no tramo.

Para garantir o confinamento do condutor especial ao vão com restrições são utilizadas cadeias de falsa amarração, Figura 3 [7]. O elemento vertical deste conjunto pode ser uma cadeia de isoladores com comprimento igual ou inferior ao da cadeia de suspensão original ou uma haste com comprimento de 0,5 m. Também é possível utilizar uma falsa amarração sem elemento vertical, com algumas restrições.

A redução no comprimento da cadeia de isoladores de suspensão é definida em função do ganho desejado na distância de segurança. No caso de uma redução parcial do comprimento da cadeia de suspensão, todo o conjunto sofreria um deslocamento com a variação de estado da linha e o peso dos isoladores da falsa amarração deve ser levado em consideração nos cálculos. Esta técnica é aplicável em situações pontuais e deve ser assegurado que os esforços mecânicos no tramo alterado não serão superados no caso de queda de uma das torres do mesmo. Vale ressaltar que essa situação de contingência é atenuada pelas estruturas de suspensão através da movimentação das suas cadeias de isoladores. No caso da conversão total da cadeia de suspensão em ancoragem não haverá mais deslocamento e a estrutura terá que suportar os esforços longitudinais resultantes.

A correção da distância do cabo ao solo empregando condutores especiais nos vãos com restrições pode requerer que os vãos adjacentes possuam uma folga em suas distâncias ao solo dependendo do arranjo da suspensão ancorada utilizado. Com a utilização de um elemento vertical na cadeia de falsa amarração haverá um ganho na distância do condutor ao solo no vão com condutor especial, porém ocorre uma redução nestas distâncias nos vãos adjacentes. Isto ocorre devido ao condutor especial possuir um peso inferior aos dos cabos utilizados tradicionalmente. Sem elemento vertical o comportamento mecânico do condutor especial fica restrito ao seu vão e a variação na distância dos cabos ao solo dos vãos adjacentes se deve a elevação do ponto de suspensão dos condutores. O modelo matemático para determinação das tensões e flechas através da técnica dos tramos mistos (TTM) encontra-se detalhado em [1] e [10].

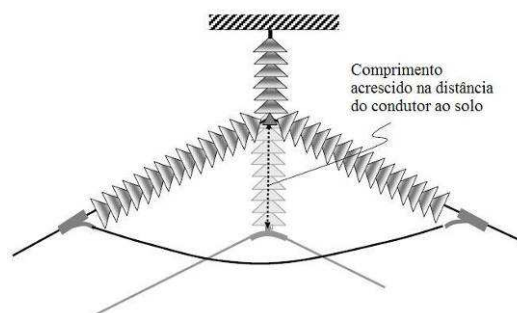


Figura 3 – Conversão de uma cadeia de isoladores de suspensão em uma cadeia de falsa amarração [7].

3.0 - ESTUDO DE CASO

A técnica dos tramos mistos foi aplicada no sistema de transmissão da Eletrobrás Distribuidora Alagoas através do projeto de pesquisa e desenvolvimento “Pesquisa de Novas Tecnologias para Repotencialização de Linhas de Sub-transmissão”. Como citado anteriormente, a técnica pode ser utilizada para aumentar a capacidade de condução de uma LT ou apenas corrigir violações nas distâncias de segurança.

Após diversas análises em conjunto com a equipe técnica da Eletrobrás Distribuidora Alagoas, foram realizados estudos na linha de transmissão de 69 kV Rio Largo - Pilar, a qual possui 18,5 km de extensão e utiliza o cabo CAA 4/0 AWG.

Essa linha pode ser dividida basicamente em três trechos com características típicas. Os primeiros oito quilômetros da linha se encontram em uma região formada por várias grotas. Como a intenção do estudo é corrigir violações nas distâncias entre o condutor e o solo, não foi necessário coletar os dados topográficos neste trecho da linha. Conforme ilustrado na Figura 4(a) não há violação dos limites normativos nestas circunstâncias. Entre as estruturas 10/1 e 16/3 a linha atravessa um denso canavial, registrado na Figura 4(b). No trecho final da linha há uma invasão, representada na Figura 4(c), violando claramente os valores estabelecidos na NBR 5422 [11]. Essas invasões merecem tratamentos especiais da empresa os quais fogem ao escopo da análise.



(a)



(b)



(c)

Figura 4 – Trechos da linha de transmissão Rio-Largo – Pilar constituídos por: (a) grotas; (b) canavial; (c) invasão de faixa de servidão.

Restrições orçamentárias impossibilitaram o levantamento topográfico completo da linha. Como alternativa foi realizado um levantamento simplificado, o qual fornece uma forte indicação dos vãos críticos e permite a validação do modelo proposto através da instalação dos cabos especiais ou de bitolas diferentes em vãos específicos. Os dados coletados em campo, associados aos valores de corrente elétrica da linha no instante de cada medição, possibilitaram a análise do carregamento da linha através do software Simulação de Carregamento de Linhas de Transmissão (SICALT) [12]. Os resultados encontrados indicaram o tramo onde seria realizado o levantamento topográfico detalhado reduzindo deste modo os custos envolvidos. Embora sirva para validar o modelo proposto, não é possível recomendar a repotencialização da LT. Para isso seria necessário realizar um levantamento topográfico detalhado. As simulações no SICALT foram realizadas considerando os seguintes parâmetros:

- condutor CAA 4/0 (Penguin);
- tensão: 69 kV;
- velocidade do vento: 1 m/s;
- temperatura ambiente: 30 °C;
- transparência atmosférica: 0,9;
- tensão de esticamento inicial: 20% da tração de ruptura;
- limite térmico: 50 °C;
- tempo de operação da linha: 25 anos;
- vão básico: 200 m.

Com os dados medidos em campo e posterior análise no programa Sicalt foi escolhido o tramo entre as estruturas 10/2 e 12/3 para aplicação da técnica. O critério de escolha foi o maior número de violações consecutivas superiores a 1 m. Os vãos das estruturas 11/3, 11/4 e 11/5 satisfazem esta condição. Para uma análise mais precisa foi realizado o levantamento topográfico completo do tramo supracitado. Além da topografia do terreno e das alturas das estruturas também foram medidos três distâncias do condutor ao solo de todos os vãos. Deste modo foi possível determinar a tração a qual a linha está submetida, aproximadamente 515 kgf a 50 °C. Como o trecho escolhido se encontra em área de canavial foi utilizado o valor de 7,0 m como distância de segurança. Estes dados associados a topografia do terreno serviram de base para as simulações realizadas no PLS-CADD®, a partir das quais foram obtidos os valores das violações em cada vão, conforme ilustrado na Tabela 1. A técnica para correção das distâncias de segurança proposta está direcionada para situações em que ocorrem violações em vãos consecutivos. Diante disto, foram escolhidos os vãos com maior violação para aplicação do condutor especial, os quais se encontram entre as estruturas 10/4 e 11/2. A Figura 5 ilustra o tramo escolhido para aplicação da técnica a uma temperatura de 50°C e a Figura 6 mostra os vãos onde foi aplicada a técnica. Um exame da Tabela 1 permite verificar a ocorrência de violações em quase todos os vãos do tramo. Vale ressaltar que a proposta do estudo é validar a metodologia para correção das distâncias de segurança utilizando tramos mistos. Deste modo e diante da escassez de recursos financeiros três vãos é um número suficiente.

Tabela 1 – Dados das estruturas do trecho da LT 69 kV Rio Largo – Pilar escolhido para correção das distâncias de segurança.

Estrutura	Violação (m)	Condição da plotação	Ponto Crítico	Natureza da região	Progressiva do Ponto Crítico (m)
9/3	-1.64	Flecha na condição operacional de 50°C	P-4	Canavial	225.08
10/1	-0.33		P-7		345.65
10/3	-0.56		P-14		663.73
10/4	-1.66		P-17		831.82
10/5	-0.57		P-21		1028.00
11/1	-1.33		P-25		1278.30
11/2	-0.99		P-30		1418.60
11/3	-0.03		P-33		1598.70
11/4	-0.97		P-36		1782.20
11/5	-0.13		P-38		1923.50
12/1	-0.65		P-43		2162.20

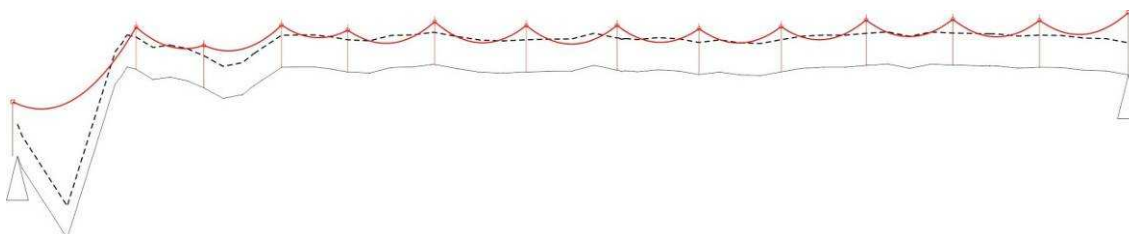


Figura 5 – Tramo da linha Rio Largo Pilar escolhido para aplicação da técnica de correção das distâncias de segurança.

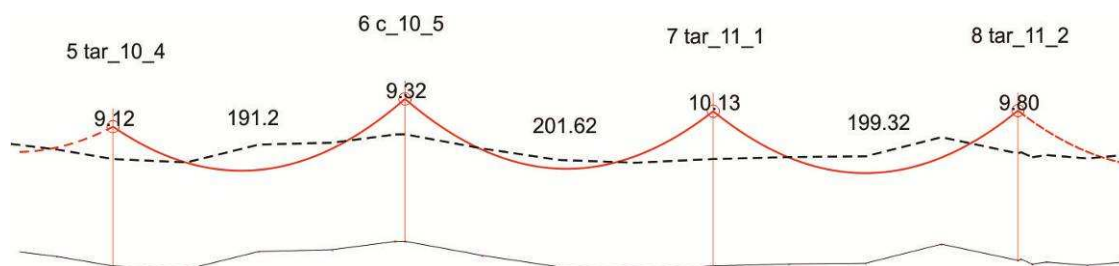


Figura 6 – Vãos escolhido para aplicação da técnica de correção das distâncias de segurança.

Primeiramente foram analisados os cabos ACCC e ACCR, porém as bitolas disponíveis comercialmente não forneceram os ganhos necessários para aplicação da técnica. A solução encontrada foi utilizar condutores termorresistentes ou de bitolas diferentes, disponíveis comercialmente nas mais diversas bitolas. Fato que facilitou a escolha do condutor mais apropriado para aplicação da técnica proposta.

Para avaliação da técnica foram analisados os cabos CAA Quail, CAA Pigeon e T-CAA Raven. Nas simulações realizadas, esses condutores passariam a ser percorridos pela mesma corrente, aproximadamente 330 A, porém suas temperaturas seriam desiguais devido à diferença de diâmetro. Quanto menor o diâmetro do cabo maior a temperatura do condutor. A Figura 7 mostra a variação da corrente elétrica em função da temperatura do condutor [8]-[10]. Para uma corrente de 330 A, valor correspondente ao limite térmico da linha de 50°C sob as condições típicas da região, a temperatura do CAA Quail seria de 69 °C, do CAA Pigeon de 59 °C enquanto a do cabo T-CAA seria de 97 °C.

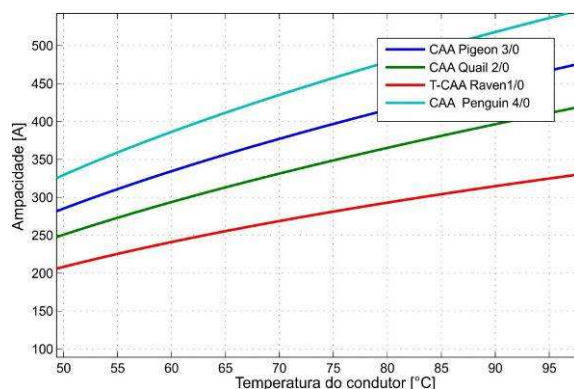


Figura 7 – Variação da ampacidade em função da temperatura do condutor.

O ganho na distância do cabo ao solo em cada vão foi avaliado utilizando como referência as cotas dos pontos críticos, obtidas através do PLS-CADD[13] e registradas na primeira coluna da Tabela 2, mais sete metros devido a distância de segurança. Um valor acima da cota de referência significa que os valores de segurança normativos estariam sendo respeitados.

Dos três casos estudados, o que apresentou melhor resultado foi a associação entre os cabos CAA Penguin e T-CAA Raven. Enquanto o primeiro operaria a 50 °C, o segundo estaria a 97 °C. Como o cabo termorresistente pode operar em regime contínuo a 150 °C sem que haja deterioração de suas propriedades mecânicas, a solução poderia ser empregada.

A associação entre os cabos CAA Penguin e CAA Quail produz ganhos menores, mais relativamente próximos dos valores obtidos quando da aplicação do cabo T-CAA Raven. Como o cabo CAA Quail operaria a uma temperatura inferior a do cabo termorresistente, torna-se desnecessário o uso de ferragens especiais. A tração de ruptura deste cabo também é superior a do T-CAA Raven, logo as taxas de trabalho são menores. Diante do exposto, foi escolhido o cabo CAA Quail para instalação nos vãos entre as estruturas 10/4 e 11/2 da linha de distribuição Rio Largo-Pilar. O ganho na altura do condutor ao solo poderia ainda ser ampliado utilizando uma falsa amarração com comprimento vertical reduzido, conforme ilustrado na Figura 3. Ressalta-se a robustez da metodologia uma vez que foi possível escolher um condutor ACSR tradicional de menor bitola para compor o tramo misto desejado.

Tabela 3.1 – Dados das estruturas do trecho da LT 69 kV Rio Largo – Pilar escolhido para correção das distâncias de segurança

Referência	PENGUIN T-RAVEN	PENGUIN QUAIL	PENGUIN PIGEON
221,6	220,1	220,2	220,3
223,1	222,5	222,7	222,8
222,4	223,8	224	224,1
225,3	224,4	224,6	224,7
225,2	225	224,7	224,1
224,2	225,2	224,8	224,2
225,6	225,6	225,3	224,9
224,7	223,2	223,4	223,7
223,6	223,1	223,3	223,5
225,2	223,9	224,1	224,3
225,9	225,6	225,7	225,9
225,5	224,6	224,7	224,9
224,6	224,6	224,7	224,9

O tramo misto projetado foi montado por uma equipe própria da Eletrobras Distribuidora Alagoas, caracterizando a facilidade e flexibilidade da solução concebida, a qual dispensou consultorias especializadas e ferragens específicas na sua implementação, caso os condutores especiais tivessem sido escolhidos. Na Figura 8 encontram-se registrados detalhes da montagem realizada.

Visualmente o comportamento da solução ficou dentro das expectativas. Medições posteriores ao lançamento comprovaram o ganho desejado nas distâncias do condutor ao solo. A fim de consolidar ainda mais a solução concebida, o trecho experimental está sendo monitorado em tempo real, quanto às condições meteorológicas reinantes na região, temperatura do condutor, corrente elétrica e vibrações eólicas eventualmente existentes. Estão sendo utilizados para monitoração e avaliação da linha um Sensor de Monitoramento de Temperatura (SMT), uma estação meteorológica e um vibrôgrafo, respectivamente registrados nas Figura 9 (a), (b) e (c). O SMT monitora em tempo real a temperatura do condutor e corrente que o percorre, permitindo o acesso aos dados remotamente via internet. Do mesmo modo, são avaliados os dados de temperatura ambiente, radiação solar, velocidade e direção do vento fornecidos pela estação meteorológica. Já os dados do vibrôgrafo são armazenados no mesmo e analisados após sua retirada da linha.

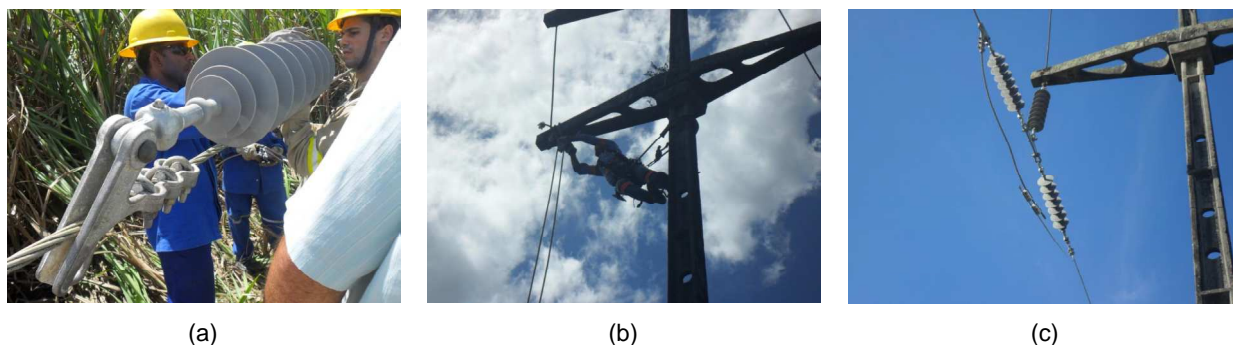


Figura 8 – (a) Montagem da cadeia de falsa amarração. (b) Lançamento do condutor para posterior fixação. (c) Cadeia do final do tramo já montada.

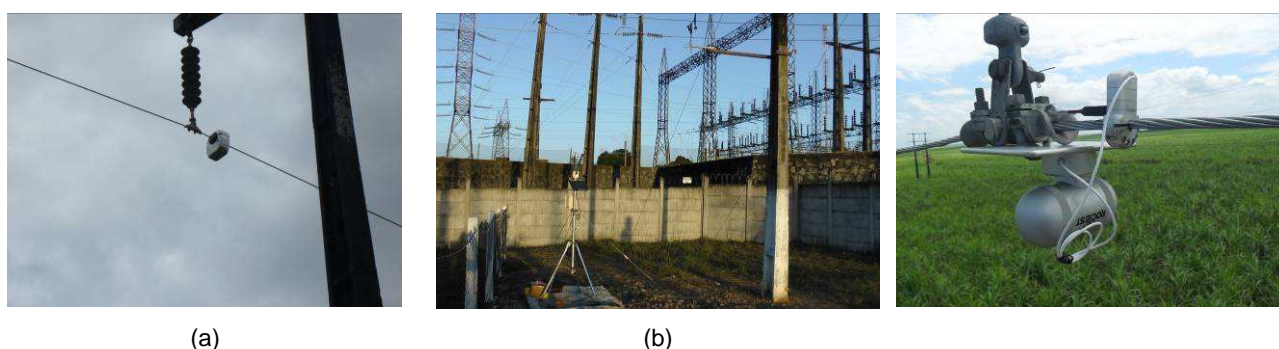


Figura 9 – Equipamentos para avaliação e monitoração da LT Rio Largo – Pilar. (a) SMT. (b) Estação meteorológica. (c) Vibrôgrafo.

4.0 - CONCLUSÃO

A técnica dos tramos mistos foi testado na linha de 69 kV, instalada entre os municípios de Rio Largo e Pilar, no Estado de Alagoas. A fim de consolidar ainda mais a solução concebida, o trecho de linha está sendo monitorado em tempo real, quanto às condições meteorológicas reinantes na região, temperatura do condutor, corrente elétrica e vibrações eólicas eventualmente existentes.

O estudo de casos apontou competitividade econômica significativa em relação às soluções convencionais. A aplicação da tecnologia leva a soluções diferenciadas, enfocando-se caso a caso. A título de exemplificação, para o trecho analisado se poderia replicar para até 4 situações similares, levando-se a custo total inferior à substituição do trecho por um condutor novo que viesse a equacionar as restrições operacionais existentes. Guardando as devidas proporções em relação ao corpo humano, é como se tivesse sido instaladas pontes de safena, dando-se sobrevida ao paciente.

A solução encontrada para o caso estudado caracterizou a robustez da tecnologia desenvolvida pois levou à utilização de um condutor convencional de menor bitola, o qual, mesmo passando a operar em uma temperatura superior ao condutor original, não se violou as suas limitações físicas. Outros casos poderiam levar a aplicação de condutores especiais, também considerados no modelo concebido.

Situações similares às estudadas são encontradas rotineiramente no sistema elétrico, caracterizando que a solução concebida representa uma grande contribuição para restaurar a capacidade de diversas linhas de transmissão do Setor Elétrico Nacional. A solução pode também ser adaptada para expandir a capacidade de transmissão ao se planejar a solução final de tal forma a permitir a operação dos condutores a uma temperatura maior do que a do projeto original.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SILVA, A. A. P., BEZERRA, J. M. B. A Model for Uprating Transmission Lines by Using HTLS Conductors. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 26, n. 4, p. 2180-2188, out. 2011.
- [2] DWIGHT, H. B. Sag Calculations for Transmission Lines. Transaction of the American Institute of Electrical Engineers, v. XLV, p. 796-805, jan. 1926.
- [3] MOTLIS, Y., BARRET, J. S., DAVIDSON, G. A., et al. Limitations of the Ruling Span Method for Overhead Line Conductors at High Operating Temperatures. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 14, n. 2, p. 549-560, abr. 1999.
- [4] KESHAVARZIAN, M., PRIEBE, C. H. Sag and Tension Calculations for Overhead Transmission Lines at High Temperatures – Modified Ruling Span Method. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 15, n. 2, p. 777-783, abr. 2000.
- [5] FILHO, J. I. S.; LISBOA, E. F. A.; JUNIOR L. F. E. Influência da Variação das Flechas dos Condutores de Vãos Contínuos na Avaliação da Ampacidade Estatística e no Monitoramento de LTs. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (17.: Out. 2003: Uberlândia, Minas Gerais).
- [6] KIESSLING, F., NEFZGER, P., NOLASCO, J. F., et al. Overhead Power Lines – Planning, Design, Construction. Germany. Springer. 2003.
- [7] BARTHOLD, L. O.; DOUGLASS, D. E.; WOODFORD, D. A. Maximizing the Capability of Existing AC Transmission Lines. In: CIGRÉ SESSION (42.: Ago. 2008, Canadá).
- [8] IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors, IEEE Std 738-2006 (Revision of IEEE Std 738-1993). 2007.
- [9] SILVA, A. A. P., BEZERRA, J. M. B. Applicability and limitations of ampacity models for HTLS conductors. Electric Power Systems Research, v. 93, p. 61-66, dez. 2012.
- [10] SILVA, A. A. P. Modelagem para Repotencialização de Linhas de Transmissão através da Aplicação de Condutores Especiais. Recife, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica - Procedimento, NBR 5422. 1985.
- [12] BEZERRA, J. M. B., AMARAL, W. L. S., JUNIOR, O. R. Limites de Carregamento de Linhas de Transmissão. Definição e Expansão. Curso de Extensão Universitária. UFPE.
- [13] POWER LINE SYSTEMS INC. PLS-CADD – Version 10.6. Rio de Janeiro, 2010.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

José Maurício de Barros Bezerra é engenheiro eletricista, formado pela Universidade Federal de Pernambuco, em 1975, pós-graduado em Análise de Sistemas de Potência, em 1982, pela Escola de Engenharia de Itajubá/MG, concluiu mestrado em Engenharia de Sistemas, em 1995, pela Universidade Federal de Pernambuco e doutorado em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal de Campina Grande/PB, em 2004. Desde 1997 é professor da Universidade Federal de Pernambuco, no Departamento de Engenharia Elétrica e Sistemas de Potência, onde desenvolve pesquisas na área de transmissão e distribuição de energia elétrica.

Alexsandro Aleixo Pereira da Silva nascido em Pernambuco, Brasil em 29 de outubro de 1983. Engenheiro eletricista formado pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em 2006; concluiu mestrado em Processamento de Energia, em 2009, na mesma instituição. Atualmente é doutorando do PPGEE e integrante do grupo de pesquisas em transmissão de energia elétrica, no Departamento de Engenharia Elétrica e Sistemas de Potência da UFPE.

Zanoni Dueire Lins é engenheiro eletricista formado pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em 1985, realizou o mestrado na área de sistemas elétricos de potência na UFPE em 1992 e, doutorado em engenharia elétrica, pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em 2001, na área de automação de máquinas elétricas. É professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPE desde 1993, onde desenvolve pesquisas na área de acionamentos de máquinas elétricas, eficiência energética, qualidade de energia, sistemas fotovoltaicos e transmissão/distribuição de energia elétrica.

José Caetano de Oliveira Junior é engenheiro eletricista na Eletrobrás Distribuição Alagoas desde 2005. Atuando na área de projetos e obras de LT e planejamento elétrico. Formou-se em pela UFPE.

Edmison. L. Santos é engenheiro eletricista na Eletrobrás Distribuição Alagoas desde 2005. Atuando na área de eficiência energética. Formou-se pela UFPE e possui MBA em gerenciamentos de projeto.