



Grupo de Estudo de Linhas de Transmissão-GLT

RECAPACITAÇÃO DA LD 138 kV TRINDADE - DESTERRO - ANÁLISE E EXPERIÊNCIA DA CELESC-D NA UTILIZAÇÃO DE CABOS DE BAIXA FLECHA E ALTA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO

**MAURICIO CARGNELUTTI VENTURINI(1); GEORGS NIQUES(1);
CELESC(1);**

RESUMO

Na busca permanente por soluções técnicas com melhor custo-benefício para expansão do sistema elétrico do estado de Santa Catarina, a CELESC Distribuição S.A. executou a recapacitação de uma linha de distribuição essencial para atender à crescente demanda de energia elétrica na Ilha de Santa Catarina.

Neste IT será apresentado o case do projeto da RECAPACITAÇÃO DA LD 138 kV TRINDADE - DESTERRO, comparando técnica e economicamente a execução de uma nova LD convencional com o da recapacitação da LD realizada utilizando cabos condutores de alumínio termorresistente com alma de aço INVAR AW, e também a descrição da execução do empreendimento.

PALAVRAS-CHAVE

Recapacitação, Recondutoramento, HTLS, INVAR, Flecha

1.0 - INTRODUÇÃO

Em junho de 2014 foi concluído o estudo realizado em conjunto entre a EPE (Empresa de Pesquisas Energéticas) e a Celesc Distribuição denominado Estudo de Atendimento ao Estado de Santa Catarina: Região de Florianópolis – R0 onde ficou definido, através de análises técnicas e econômicas, a implantação de reforços no sistema elétrico de Rede Básica e da Celesc Distribuição na região da Grande Florianópolis até o ano horizonte 2027.

Este estudo considerou, dentro do horizonte de análise, a construção de uma nova LD de 138 kV, desde a futura SE Saco dos Limões até a SE Desterro 230/138 kV, totalmente subterrânea, com cabo 800 mm² (185 MVA), com finalidade de reforçar a interligação da distribuidora com a SE Desterro 230/138 kV e cuja função principal era eliminar as sobrecargas previstas na LD 138 kV Trindade – Desterro, antes e após a implantação da SE Ratoões 230/138 kV, em regime normal de operação e em contingências.

Como etapa do processo para implantação das obras necessárias ocorreu a execução dos relatórios ambientais e fundiários por parte da Eletrosul, onde a revisão dois (R2) desses relatórios alterou, a pedido da Celesc Distribuição, os reforços de integração do sistema de 138 kV da distribuidora com a SE Desterro 230/138 kV. Essa integração, a ser realizada através da implantação da futura LD 138 kV Saco dos Limões – Desterro, totalmente subterrânea, após estudos por parte da área de engenharia da empresa, mostrou-se de difícil execução e com valores financeiros elevados.

Foi então substituída pela obra de recapacitação da LD 138 kV Trindade – Desterro, que consistiu na troca dos antigos cabos 477,0 Cosmos (9,03 km) e cabo 636,0 Grosbeak (1,03 km) por cabo 477,0 termorresistente (HTLS), de maior ampacidade, cuja execução apresentou reduzidos impactos ambientais e financeiros.

As características técnicas e econômicas da obra de recapacitação foram aceitas pela EPE, dentro do critério de menor custo global de implantação, e essa solução passou a integrar o conjunto de obras necessárias e também assumidas pela distribuidora junto à EPE e a Aneel para solução dos problemas elétricos estudados dentro do horizonte do estudo, para a região da Grande Florianópolis.

A recapacitação da LD também foi necessária para mitigar os cortes de carga na Ilha de Santa Catarina em eventual contingência na LD 138 kV Palhoça – Trindade ou na LD 138 kV Palhoça – Ilha Centro – Agronômica – Trindade, mesmo após a implantação da SE Ratoles 230/138 kV, inclusive na excepcionalidade de perda daquela nova subestação de fronteira, quando em operação.

2.0 - O EMPREENDIMENTO

O projeto contemplou a substituição dos cabos 477,0 MCM Cosmos e 636,0 MCM Grosbeak da LD 138 kV Trindade – Desterro pelo cabo T-CAA INVAR AW 477 MCM (T-Hawk), termorresistente (HTLS - High Temperature Low Sag), aumentando em 57% a sua ampacidade.

2.1 O Sistema de Transmissão da Celesc

A Celesc Distribuição é a principal distribuidora de energia do estado de Santa Catarina, atendendo a 262 municípios no Estado e o município de Rio Negro, no Paraná, totalizando o atendimento a cerca de 2,7 milhões de unidades consumidoras.

Atualmente a Celesc Distribuição conta com um total de 168 subestações em operação, contabilizando 298 transformadores de potência, com potência instalada total de 7.307 MVA. O sistema de alta tensão da Celesc conta com linhas de transmissão na tensão de 138 kV e 69 kV, totalizando 4.644 km de extensão, além dos sistemas de média e baixa tensão, que totalizam 150.820 km de redes elétricas, com perfil sócio-econômico descrito na Figura 1.

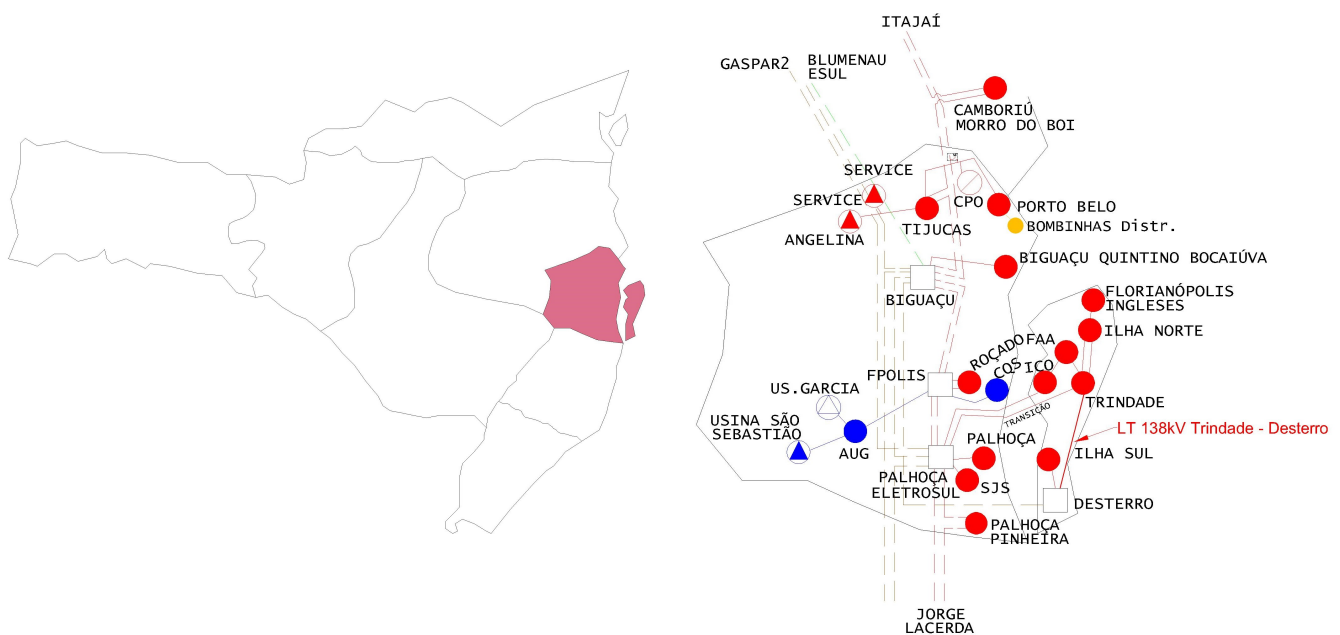


FIGURA 1 – Região geoeletrica Florianópolis no contexto do estado de Santa Catarina

2.2 Histórico da implantação da recapacitação da LD 138 kV Trindade – Desterro.

Em 2014 foi iniciado o Estudo de Atendimento ao Estado de Santa Catarina – região da Grande Florianópolis, cujo objetivo foi avaliar a capacidade das subestações e linhas de transmissão da Rede Básica e da Celesc Distribuição que atendem a região da Grande Florianópolis, para desempenho em regime normal e de contingências, até o ano de 2026.

Tendo em vista que o estudo avaliou o atendimento da capital do estado de Santa Catarina, umas das premissas adotadas no estudo é que as linhas de distribuição da Celesc e as DITs em 138 kV deveriam atender ao critério de N (regime normal) e de N-1 (contingências).

A configuração a ser adotada como base para o estudo foi a apresentada na Figura 2, onde se consideraram as obras previstas, até então, no Programa Quinquenal de Obras da Celesc vigente antes do estudo (obras previstas até 2014).

Dentro desse horizonte temos a obra de implantação da SE Saco dos Limões, prevista para 2017, a partir de uma LD em 138 kV radial da SE Desterro, totalmente subterrânea e em circuito duplo:

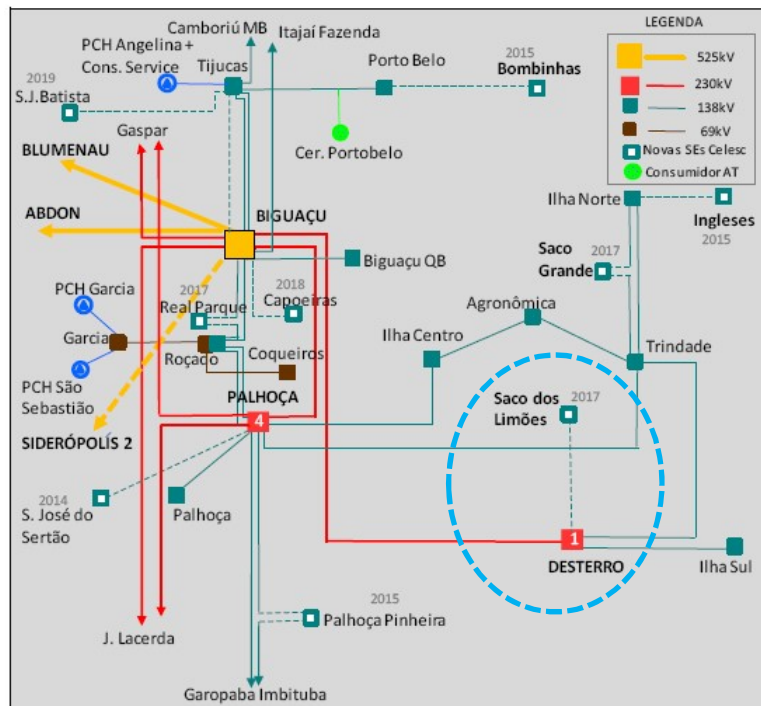


FIGURA 2 – Alternativa descartada: circuito duplo Desterro – Saco dos Limões

Durante a elaboração do estudo, ficou definido que todas as subestações a serem implantadas dentro da Ilha de Santa Catarina, assim como todas as linhas de distribuição atuais e futuras, deveriam obedecer ao critério de operação em regime normal e em regime de contingências de outras linhas de distribuição.

Dentro deste critério, verificou-se que a implantação da SE Saco dos Limões já atendia ao critério de N-1, conforme havia sido planejado pela distribuidora e considerado como obra para o caso base utilizado no estudo. Em consultas realizadas junto a equipe de engenharia e construção da Celesc, divisão de linhas, foi informado que a implantação da LD Desterro – Saco dos limões seria uma obra extremamente cara e de difícil realização. A partir desta informação a Divisão de Planejamento da Celesc passou a considerar alternativas para a não implantação da referida LD subterrânea.

Para atendimento ao critério de N-1 da SE Saco dos Limões, optou-se por implantar a LD 138 kV Saco dos Limões – Seccionamento (Trindade – Palhoça), circuito duplo, obra de baixo custo e de fácil implantação. Esta obra foi incluída no estudo, com aceno positivo da EPE.

Sendo que a obra de seccionamento da LD 138 kV Palhoça – Trindade na SE Saco dos Limões resolvia a necessidade de garantir N-1 para a SE Saco dos Limões, a LD 138 kV Desterro – Saco dos Limões passou a ter outra finalidade dentro das análises do estudo da EPE.

Foram efetuadas análises de fluxo de potência para verificar se era possível retirar a LD 138 kV Desterro – Saco dos Limões. As análises mostraram que a partir de 2020 estava previsto o esgotamento da LD 138 kV Desterro – Trindade e que a implantação da LD Saco dos Limões – Desterro eliminaria este esgotamento, que ocorreria antes da implantação da SE Ratoles.

Como em 2020 a SE Ratoles não estaria concluída, foram avaliadas outras opções para eliminar os carregamentos previstos na LD Trindade – Desterro, além da implantação da LD Saco dos Limões - Desterro. Uma destas alternativas foi a de aumentar a capacidade da própria LD 138 kV Trindade – Desterro.

A opção de construção de um segundo circuito próximo da atual LD foi descartada pela área de linhas devido à proximidade com área urbanizada e com área de proteção ambiental.

A obra apontada foi a recapacitação da LD 138 kV Trindade – Desterro, substituindo o cabo atual pelo cabo termoresistente, HTLS, de mesma bitola 477. Esta obra elimina o problema de sobrecarga previsto na LD 138 kV Trindade – Desterro para 2020, a postergando para além do horizonte de 2030.

Como ponto negativo, cabos termoresistentes tem maior resistência, o que aumenta as perdas. Esta situação de aumento nas perdas foi compensada já que quando da entrada em operação da SE Ratores, prevista para 2023, os carregamentos na LD 138 kV Trindade – Desterro diminuem de forma expressiva, diminuindo também as suas perdas elétricas.

A opção de recapacitação foi então apresentada para a Diretoria Técnica da Celesc que, diante da diferença expressiva nos custos de implantação, quando comparada a obra de implantação da LD 138 kV Saco dos Limões – Desterro, optou pela recapacitação.

Os custos previstos na época para implantação da LD 138 kV Saco dos Limões – Desterro, incluindo entradas de linha nas subestações, foi de aproximadamente 40 milhões de reais, contra o custo de Recapacitação da LD Trindade – Desterro, por cabo de alta temperatura e baixa flecha (HTLS) na LD, com capacidade para 235 MVA, de aproximadamente 5,5 milhões de reais.

A obra foi apresentada para a EPE como alternativa de eliminação da LD Saco dos Limões – Desterro, a qual aceitou a obra de recapacitação já que a mesma após a entrada da SE Ratores também atende ao critério de N-1 na ilha. Nas situações de perda de outras linhas em 138 kV da Celesc Distribuição a linha tem condições de suprir as demais subestações, pois o cabo termoresistente tem capacidade de operação de até 235 MVA. A diferença nos custos também foi aspecto considerado pela EPE na escolha da recapacitação.

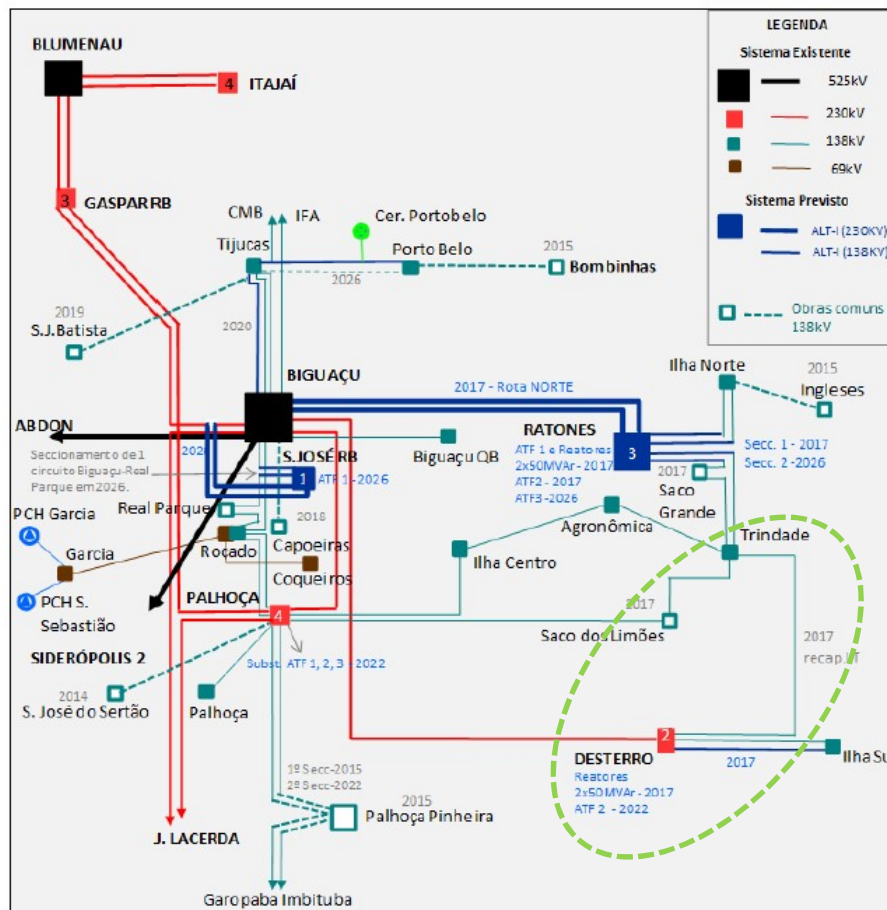


FIGURA 3 – Alternativa escolhida: recapacitação circuito simples Trindade – Desterro

2.3 Vantagens da recapacitação

2.3.1 Econômicas

Os custos previstos na época para implantação da LD 138 kV Saco dos Limões – Desterro, 9,6km de extensão em

circuito simples com cabo de 800MM² SUBTERRÂNEO, mais 01 EL de 138 kV na SE Desterro e 01 EL de 138 kV na SE Saco dos Limões foi de R\$ 38.400.000,00, contra o custo de Recapacitação da LD 138 kV Trindade – Desterro, 10,1km – circuito simples – substituição do cabo 477 por cabo de alta temperatura e baixa flecha (HTLS) , com capacidade para 235 MVA de R\$ 5.453.361,48.

Após os processos licitatórios para aquisição dos cabos e contratação dos serviços de execução, a obra foi concluída pelo valor de R\$ 3.032.176,24, extremamente inferior (praticamente 55%) ao valor inicialmente planejado.

A magnitude desse ganho econômico foi decorrente do aproveitamento total da infraestrutura instalada da linha de distribuição, exceto pela troca do cabo condutor e dos grampos de ancoragem. A criação de um novo corredor de linha de distribuição, além de extremamente difícil, tornaria a constituição de nova faixa de passagem extremamente cara, principalmente por tratar-se da capital do estado e ser uma ilha, fato que não foi necessário nesta solução.

2.3.2 Ambientais

A escolha pela recapacitação da linha de distribuição LD 138 kV Trindade - Desterro evitou a construção de um novo circuito numa nova rota extremamente complicada, pois o traçado da LD está inserido predominantemente em área de vegetação nativa pertencente ao bioma Mata Atlântica, e atinge diretamente duas Unidades de Conservação de Uso Sustentável: RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DO PIRAJUBAÉ e PARQUE MUNICIPAL DO MACIÇO DA COSTEIRA.

Ao evitar a implantação de uma nova linha de distribuição de energia elétrica na região, a Celesc impediu uma série de possíveis impactos socioambientais, principalmente a construção de novos acessos que poderiam ser utilizados para constituição de ruas de futuras ocupações irregulares. Enfatiza-se que as obras de recondução da linha de distribuição não modificaram os níveis de tensão elétrica de operação nem o número de estruturas ou o traçado da linha de distribuição. Assim, segundo os critérios estabelecidos pela legislação ambiental, não ocorreu alteração de porte do empreendimento, fato que evitou novo licenciamento ambiental (o qual geralmente é bastante moroso).

2.4 Desvantagens da recapacitação

Como ponto negativo, cabos termoresistentes tem maior resistência, o que aumenta as perdas. No entanto, para o caso específico deste projeto, esta situação de aumento nas perdas foi compensada já que, quando da entrada em operação da SE Ratoles, prevista para 2023, os carregamentos na LD 138 kV Trindade – Desterro diminuirão de forma expressiva, diminuindo também as suas perdas elétricas, as quais são mais presentes quando da utilização do cabo em sua condição máxima de operação (150°C).

2.5 Aspectos técnicos relevantes da utilização do cabo T-Hawk

A vantagem técnica preponderante da utilização do cabo T-Hawk é sua baixa flecha operando em altas temperaturas, que ocorre devido a composição da sua alma (aço INVAR) possuir coeficiente de expansão térmica muito inferior ao aço comum, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Comparativo aço comum x aço INVAR (valores típicos)

Propriedades	Aço comum	Aço INVAR
Material	Aço	Liga Aço-Ni
Carga ruptura a 1% (Mpa)	1,30	1.150
Coeficiente expansão térmica ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	11,5	3,7
Peso específico (g/cm ³)	7,8	7,8

Outro aspecto importante da utilização deste tipo de cabo é a utilização de acessórios e ferragens similares a uma LD convencional, com exceção do grampo de ancoragem, o qual necessariamente deve ser à compressão. A Celesc aproveitou as ferragens das cadeias instaladas efetuando apenas a substituição das cadeias de isoladores de vidro e porcelana por isoladores poliméricos, além dos grampos de ancoragem passante por grampos de ancoragem prensados. Não foi necessária nenhuma alteração de estrutura, bem como nenhum tipo de intervenção nas fundações.

A instalação do cabo T-Hawk, por ser exatamente igual a de um cabo convencional, não dificulta a execução deste tipo de projeto, pois não demanda mão-de-obra específica.

3.0 - A EXECUÇÃO DO PROJETO



FIGURA 5 – Traçado da LD 138 kV Trindade – Desterro

A LD 138 kV Desterro – Trindade foi construída no final da década de noventa e já à época, a Celesc precisou utilizar meios diferenciados para viabilização da construção, inclusive o uso de helicópteros, em função das condições de acesso e questões ambientais complexas. No trajeto a linha percorre áreas de mangue, encostas de morro, áreas de preservação permanente, áreas de risco social. Outra característica da linha é que a maioria das estruturas são do tipo ancoragem por conta do seu traçado e localização, o que dificulta o lançamento de cabos em tramos maiores.

Por limitações operacionais de suprimento da Ilha de Santa Catarina o ONS determinou que o projeto deveria ser executado entre os meses de abril e setembro, período no qual o carregamento do sistema é menor, devido a temperatura mais amena, além da menor quantidade de turistas em Florianópolis.

A fim de cumprir o cronograma e terminar os trabalhos no período estipulado foram iniciados os desligamentos pelos trechos sem necessidade de desligamento simultâneo de linhas. Destacamos que todos os desligamentos foram realizados dentro do prazo estabelecido com o ONS, apesar das dificuldades encontradas em função do acesso dentro da vegetação presente e do tempo exíguo para a execução.

Nas imagens abaixo, são apresentadas algumas situações encontradas durante a execução dos desligamentos e que não têm como ser previstos nas etapas de planejamento e com potencial de afetar a execução:



FIGURA 6 – Ossada humana encontrada junto à base de uma torre na região de mangue



FIGURA 7 – Transporte de materiais e equipamentos a pé até as torres sem acesso de veículos



FIGURA 8 – (a) Compressão dos terminais dos cabos / (b) Abelhas no topo do poste

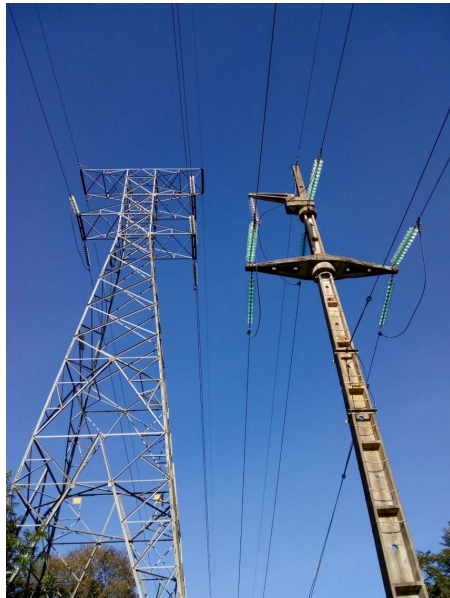


FIGURA 9 – Detalhe da distância entre as LDs

Todos os registros acima demonstram as dificuldades que foram encontradas durante a execução dos trabalhos, fatores de difícil (ou impossível) detecção nas etapas de planejamento da obra. Mesmo com todas as adversidades dessas situações os trabalhos planejados foram executados conforme o cronograma inicialmente previsto, ver Tabela 1:

Tabela 2 – Cronograma de execução dos desligamentos

Desligamento	Data	Trecho	Extensão (m)	Observação
1	31/05 a 03/06	Estr. 30 até SE Desterro	1.343,81	4 dias, (Feriadão dia de Corpus Christi); 6 estruturas (todas ancoragens)
2	09/06 a 11/06	Estr. 24 até Estr. 30	1.180,18	2,5 dias; 6 estruturas (1 suspensão e 5 ancoragens), travessia da SC-405
Folga 1	16/06 e 17/06	-	-	Jogo do Brasil dia 17/06 as 15:00 h
3	23/06 a 25/06	Estr. 18 até Estr. 24	2.144,48	2,5 dias; 6 estruturas (1 suspensão e 5 ancoragens)
4	30/06 e 01/07	Estr. 18 até Estr. 24	-	Conclusão das pendências do desligamento anterior
Folga 2	07/07 a 09/07	-	-	
Folga 3	14/07 e 15/07	-	-	Final da Copa do Mundo dia 15/07
5	21/07 a 23/07	SE Trindade até Estr. 06	1.026,89	2,5 dias; 6 estruturas (1 suspensão e 5 ancoragens)
6	11/08 a 13/08	Estr. 06 até Estr. 11	1.804,35	2,5 dias; 5 estruturas (2 suspensões e 3 ancoragens)
7	18/08 a 20/08	Estr. 11 até Estr. 18	2.568,58	2,5 dias; 7 estruturas (1 suspensão e 6 ancoragens)
8	26/08 a 27/08	Estr. 11 até Estr. 18	-	2,5 dias; conclusão dos serviços inacabados dos desligamentos 5, 6 e 7

4.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta resumidamente a execução da recapitação da LD 138 kV Desterro – Trindade, executada em 2018 em Florianópolis.

A implementação desta solução técnica evitou a construção de uma nova linha de distribuição subterrânea, bastante onerosa, além de demorado licenciamento ambiental e difícil execução.

Pelo exposto, evidenciam-se as vantagens proporcionadas pela utilização de cabos termorresistentes em vários aspectos tais como: ambientais, econômicos, velocidade de execução da obra, entre outros. A infraestrutura do Sistema Elétrico de Potência nesta região, que estava próxima da saturação pelos critérios de distribuição de energia estabelecidos pela área de planejamento, foi adequada à demanda através de uma alternativa mais viável técnica, econômica e ambientalmente.

A substituição dos cabos condutores convencionais, que já se encontravam no limite de sua capacidade de condução de corrente elétrica, por novos cabos condutores de alumínio termorresistente com alma de aço INVAR AW aumentou a confiabilidade do Sistema Elétrico da região em aproximadamente 1,72 vezes.

Apesar do restrito período de tempo disponível para execução dos serviços, em atendimento as exigências do ONS (Operador Nacional do Sistema), foram realizados apenas 8 desligamentos da linha, exclusivamente em finais de semana, ao final dos quais a recapitação foi concluída.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Recapitação de Linhas Aéreas de Transmissão com cabos de baixa flecha e alta temperatura de operação, XXIV SNTPEE, GLT, Grupo III.

(2) NEXANS Manual de instalação cabo T-Hawk Invar, 2016 - Brasil.

(3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5422: Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica. ABNT: Rio de Janeiro, 1985.

(4) G. E. Braga, CEMIG, E. B. G. Filho, CEMIG, C. A. M. Nascimento, CEMIG, C. H. S. Nogueira, CEMIG, P. J. C. Nogueira, CEMIG, I. L. M. Motta, CEMIG e G. C. Miranda, UFMG. Recapitação de linhas aéreas de transmissão existentes utilizando cabos condutores especiais de altas temperaturas de operação e baixa flecha. IV CITENEL, Araxá, 2007.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Mauricio Cargnelutti Venturini nasceu em Santa Maria - RS em 1979. Graduou-se em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em 2003 e obteve seu MBA em Gerenciamento de Projetos na Fundação Getúlio Vargas (FGV) em 2013. Trabalha na Celesc Distribuição S.A. desde 2007 como projetista e fiscal de obras de linhas de transmissão, tendo atuado em projetos básicos e executivos de linhas de transmissão de 69 kV e 138 kV.



Georg's Niques nasceu em Itajaí - SC em 1978. Graduou-se em engenharia civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em 2001 e concluiu o mestrado em Engenharia Civil pela UFSC em 2003. Trabalha na Celesc Distribuição S.A. desde 2005 como projetista e fiscal de obras de linhas de transmissão, tendo atuado em projetos básicos e executivos de linhas transmissão de 69 kV e 138 kV e suas fundações.