



REPOTENCIAÇÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO 138 kV DA USINA PRESIDENTE VARGAS (UPV) ¹

Flávio Costa Martinez ²

Resumo

Este trabalho vem apresentar uma nova tecnologia em condutores elétricos, utilizada na repotenciação das Linhas de Transmissão 138 kV que interligam as subestações Soprador x Leste e as subestações Leste x Sudeste da Companhia Siderúrgica Nacional, localizada em Volta Redonda-RJ, de forma a atender aos novos carregamentos de seu sistema elétrico, respeitando as normas do sistema de transmissão de energia para condições normais de operação ou de emergência. Esta nova tecnologia em condutores elétricos é conhecida como ACCC (Condutor de Alumínio com Núcleo de Fibra de Carbono), a qual apresenta uma maior resistência mecânica e um menor peso, se comparado com os tipos de condutores convencionais de mesmo diâmetro. A implantação do cabo ACCC, além de apresentar menores perdas elétricas para o sistema, evitou a necessidade de reforços estruturais nas torres de transmissão, nas fundações, nas fixações dos cabos, além de ter exigido um menor tempo de desligamento das linhas para repotenciação, trazendo para a empresa ganhos financeiros e operacionais.

Palavras-chave: Repotenciação; Linhas de transmissão; Condutores elétricos.

REPOWERING OF 138 KV TRANSMISSION LINES OF USINA PRESIDENTE VARGAS

Abstract

This work comes to present a new technology in electrical conductors, used in the repowering of 138 kV Transmission Lines that interconnect the substations Soprador x Leste and substations Leste x Sudeste of Companhia Siderúrgica Nacional, located in Volta Redonda-RJ, in order to meet the new demand of your electrical system, respecting the rules of power transmission system to normal operation or emergency. This new technology in electrical conductors is known as ACCC (Aluminum Conductor with Carbon Fiber Core), which presents a greater mechanical resistance and a lighter weight compared to the conventional kinds of conductors of the same diameter. The ACCC cable deployment, in addition to depict minors system electric losses, avoided the necessity for structural reinforcements in the transmission towers, the foundations, the anchorages of cables, in addition to require a shorter time to shutdown the lines for repowering, bringing to the company operating and financial gains.

Key words: Repowering; Transmission lines; Electrical conductors.

¹ *Contribuição técnica ao 33º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 27º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 22 a 24 de agosto de 2012, Belo Horizonte, MG.*

² *Engenheiro Eletricista – Engenheiro de Produção da Gerência de Distribuição de Energéticos, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda-RJ.*



1 INTRODUÇÃO

A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) está conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) atualmente a partir da Subestação (SE) de Volta Redonda, propriedade da Light, por intermédio de quatro Linhas de Transmissão (LT) em 138 kV, com entradas nas Subestações Sul e Leste, pertencentes ao sistema elétrico interno à CSN. Este sistema interno é composto basicamente por seis subestações, denominadas Leste, Sudeste, Sopradores, Norte, Sul e CTE#2 (Central Termelétrica 2).

O sistema de transmissão de energia em 138 kV da Usina Presidente Vargas, propriedade da CSN, é dividido basicamente em dois circuitos conhecidos por Anel da Metalurgia e Anel da Laminação. Este sistema de alta tensão é constituído de:

- 5 Subestações convencionais;
- 1 Subestação abrigada (SF6);
- 52 Torres de Transmissão;
- 9.850 metros de Linhas de Transmissão; e
- 1.365 MVA de potência instalada.

Em virtude das expansões da Usina Presidente Vargas, como a fábrica de Cimento, a instalação da nova fábrica de Aços Longos e uma nova fábrica de Oxigênio para o futuro, fez-se necessário uma readequação do sistema elétrico de potência de 138 kV, de modo a atender o novo carregamento do sistema de transmissão de energia.

A Figura 1 a seguir, apresenta a topologia do sistema elétrico em 138 kV associado às instalações da CSN. A fábrica de Aços Longos foi conectada ao barramento da SE-Sudeste, a fábrica de Cimentos à SE-Leste e a nova fábrica de Oxigênio se conectará à SE-Sopradores.

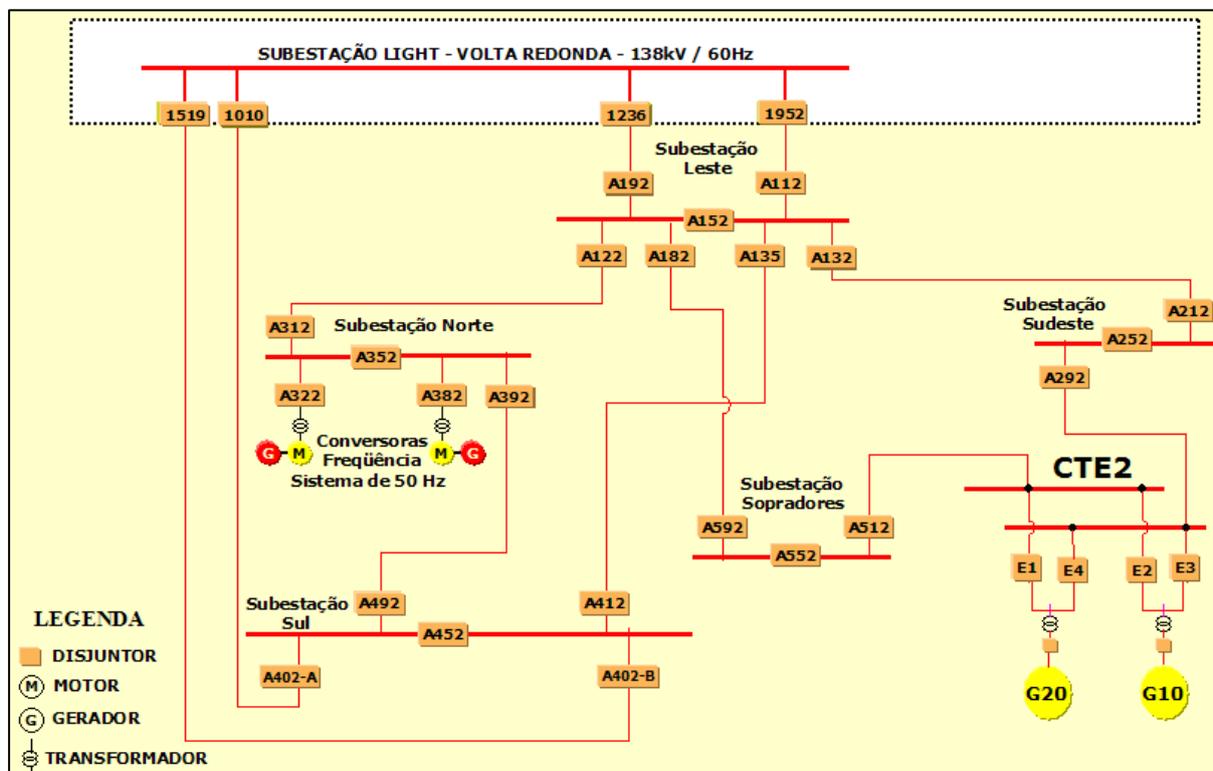


Figura 1. Sistema elétrico de potência 138 kV da CSN.



Os estudos de fluxo de potência realizados,⁽¹⁾ apontaram a necessidade de repotenciação de duas Linhas de Transmissão, denominadas como SE-Soprador x SE-Leste e SE-Leste x SE-Sudeste, bem como os barramentos das respectivas Subestações.

Com a entrada das novas fábricas, espera-se que o consumo da UPV se estabeleça em torno de 480 MW, representando um aumento da ordem de 90 MW em relação à carga atual.

A carga considerada para a fábrica de Aços Longos é composta basicamente por motores de indução, síncronos e cargas passivas, totalizando cerca de 72 MVA, já a fábrica de Cimentos não possui motores síncronos, sendo a carga composta apenas por motores de indução e cargas passivas, totalizando aproximadamente 17 MVA. A nova fábrica de Oxigênio terá um consumo médio de 18 MVA, sendo composta por motores síncronos, indução e cargas passivas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o projeto de repotenciação das LTs, frente aos novos carregamentos devido à entrada de novas fábricas na CSN, foi necessário fazer alguns estudos levando em consideração, além do fluxo de energia externa vindo da Light, o fluxo de energia proveniente da geração interna, vindo da CTE#2. Estes estudos se basearam nas diretrizes e critérios adotados pelo Operador Nacional do Sistema (ONS)⁽²⁾ e pelo Comitê Técnico para Expansão da Transmissão (CTET).⁽³⁾ As ferramentas computacionais adotadas nesses estudos foram os programas ANAREDE, ANATEM e PlotCEPEL, todos do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Foram simulados casos considerando quatro cenários de geração na CTE#2, conforme abaixo:

- Geração interna alta - 181 MW;
- Geração interna média - 90 MW;
- Geração interna média - 70 MW; e
- Geração interna nula.

O sistema foi estudado, em cada um destes cenários de geração, em regime normal de operação e sob indisponibilidade de linhas de transmissão.

Tais estudos visaram encontrar condições que pudessem provocar a ocorrência de sobrecargas em equipamentos e/ou de subtensão e sobretensão nos barramentos internos à CSN, considerando cenários diferentes de geração interna, sendo dois casos extremos, de geração alta e geração nula, e dois cenários restantes referindo-se a gerações intermediárias.

A seguir, as Figuras 2 e 3, ilustram a distribuição da potência pelos circuitos de 138 kV do sistema elétrico interno da CSN para os dois casos extremos, de geração alta e geração nula, estudados.

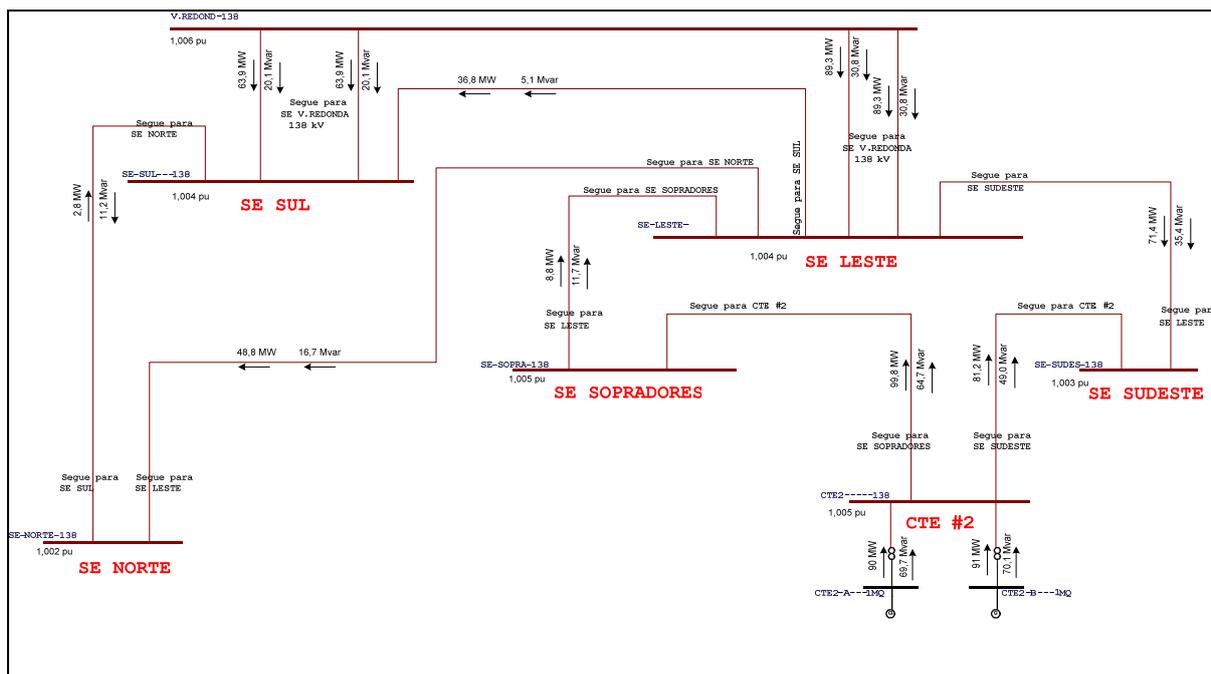


Figura 2. Cenário de Geração Interna Máxima, CTE#2 = 181 MW.

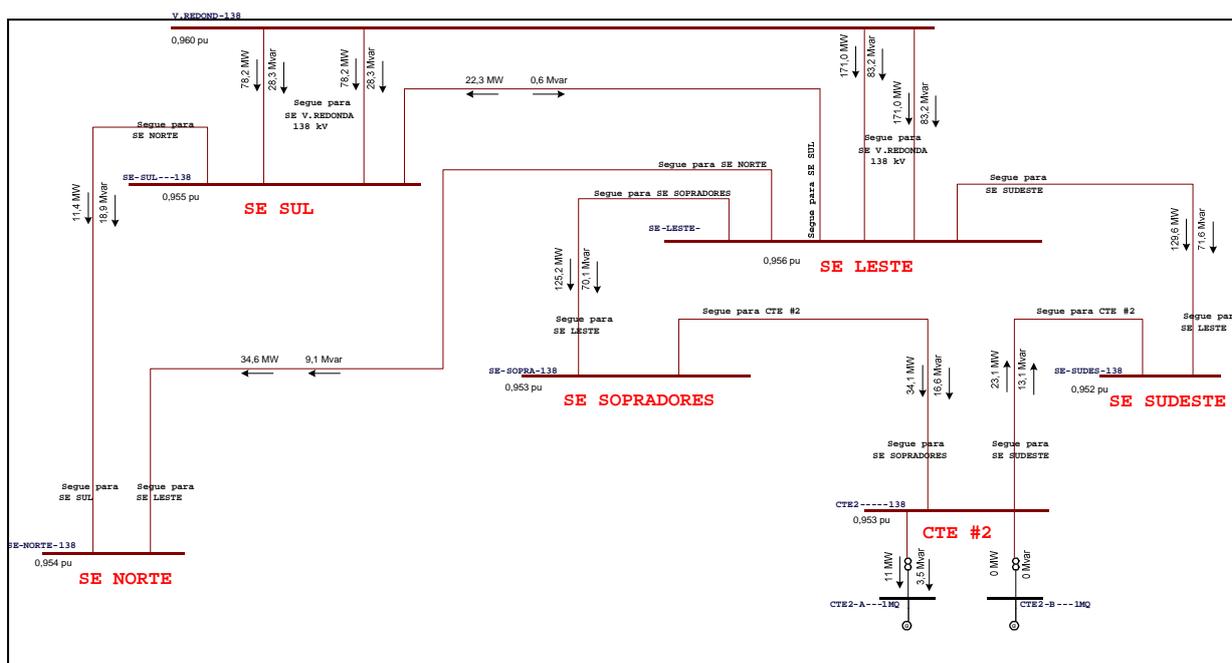


Figura 3. Cenário de Geração Interna Nula, CTE#2 = 0 MW.

2.1 Emergências Simuladas

Para a realização dos estudos foram simuladas as seguintes emergências:

- Sistema completo - Regime normal de operação;
- Indisponibilidade dupla da LT Light - Leste;
- Indisponibilidade dupla da LT Light - Sul;
- Indisponibilidade da LT Leste - Sudeste;
- Indisponibilidade da LT Sudeste - CTE;
- Indisponibilidade da LT Sopradores - CTE;



- Indisponibilidade da LT Leste - Sopradores;
- Indisponibilidade da LT Leste - Norte;
- Indisponibilidade da LT Sul - Leste;
- Indisponibilidade da LT Sul - Norte;
- Indisponibilidade simples da LT Light - Leste;
- Indisponibilidade simples da LT Light - Sul;
- TIE A-152 aberto;
- TIE A-252 aberto;
- TIE A-352 aberto;
- TIE A-452 aberto; E
- TIE A-552 aberto.

2.2 Análise do Desempenho do Sistema sob Emergências – Fluxo de Potência

Para o estudo de desempenho do sistema sob emergências, foram analisadas as emergências nas quais o sistema elétrico da CSN pudesse ser submetido, levando em consideração os quatro cenários de geração interna.

2.2.1 Sob geração interna máxima - 181 MW

As conclusões gerais sobre o cenário de geração interna máxima foram divididas quanto a tensão e quanto ao carregamento.

Quanto à tensão:

Não são esperadas ocorrências de subtensão em nenhuma das emergências simuladas, havendo pouca variação no perfil de tensão do sistema elétrico interno da CSN.

Quanto ao carregamento:

A única ocorrência de violação de carregamento verificada se deu na LT 138 kV SE-Leste x SE-Sudeste, com carregamento bem próximo do nominal, quando da perda da LT 138 kV SE-Sudeste x SE-CTE#2. Assim, foi recomendado o recondutoramento desta LT.

Em todos os outros casos o sistema permaneceu com carregamentos bem distribuídos, não indicando problemas.

2.2.2 Sob geração interna média - 90 MW

As conclusões gerais sobre o cenário de geração interna média foram divididas quanto a tensão e quanto ao carregamento.

Quanto à tensão:

Não são esperadas ocorrências de subtensão em nenhuma das emergências simuladas, havendo pouca variação no perfil de tensão do sistema elétrico interno da CSN.

Quanto ao carregamento:

Para esta condição de geração são esperadas sobrecargas em elementos do sistema elétrico da CSN, sejam elas:

- Sobrecarga de 5%, dentro do limite admissível de 20% informado pela Light ao Operador Nacional do Sistema Elétrico, na interligação com a Light através da SE-Sul, quando da perda dos dois circuitos SE-Light x SE-Leste.
- Sobrecargas 5% na LT SE-Leste x SE-Sudeste, na perda da LT SE-Sudeste x SE-CTE#2.



Assim, foi recomendado reconduzir a LT 138 kV SE-Leste x SE-Sudeste, para suportar o carregamento necessário quando em emergência.

2.2.3 Sob geração interna média - 70 MW

As conclusões gerais sobre o cenário de geração interna média foram divididas quanto a tensão e quanto ao carregamento.

Quanto à tensão:

Não são esperadas ocorrências de subtensão em nenhuma das emergências simuladas, havendo pouca variação no perfil de tensão do sistema elétrico interno da CSN.

Quanto ao carregamento:

Para esta condição de geração são esperadas sobrecargas em elementos do sistema elétrico da CSN, sejam elas:

- Sobrecarga de 5%, dentro do limite admissível de 20% informado pela Light ao Operador Nacional do Sistema Elétrico, na interligação com a Light através da SE-Sul, quando da perda dos dois circuitos SE-Light x SE-Leste.
- Sobrecarga da ordem de 10% na LT SE-Leste x SE-Sopradores quando da perda da LT SE-Leste x SE-Sudeste.
- Sobrecargas de 10 e 5% na LT SE-Leste x SE-Sudeste, respectivamente nas perdas das LTs SE-Leste X SE-Sopradores e SE-Sudeste x SE-CTE#2.

Assim, foi recomendado reconduzir a LTs SE-Leste x SE-Sopradores e SE-Leste x SE-Sudeste, de forma a suportar o carregamento previsto em emergência.

2.2.4 Sob geração interna nula

As conclusões gerais sobre o cenário de geração interna nula foram divididas quanto a tensão e quanto ao carregamento.

Quanto à tensão:

Para esta condição, é esperada uma redução no perfil do sistema de 138 kV da CSN em virtude do aumento de carga e da falta das unidades geradoras da CTE#2 contribuindo com a geração de reativos, porém, as variações de tensão nos barramentos da planta da CSN quando da ocorrência de emergências são pequenas, indicando que não há necessidade de reforços.

Quanto ao carregamento:

Para esta condição de geração ocorreriam sobrecargas severas em diversos elementos do sistema elétrico da CSN quando da ocorrência de emergências.

Ao considerar a CTE#2 fora de operação, verificou-se a necessidade das LTs 138 kV SE-Leste x SE-Sopradores e SE-Leste x SE-Sudeste suportarem individualmente toda a carga ligada às SE's Sudeste, Sopradores e CTE#2. Isto ocorre, pois ao se proceder o desligamento de um dos circuitos supracitados, as referidas cargas são atendidas via circuito remanescente, colocando-o sob alto carregamento. As sobrecargas verificadas são da ordem de 75%, indicando necessidade de reforços.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Solução Proposta

A partir dos estudos realizados, foi verificado que o sistema elétrico interno à CSN em sua configuração atual não era capaz de atender os requisitos necessários ao atendimento das novas fábricas. Com isto, verificou-se a necessidade de



recondutoramento de algumas LTs em 138 kV, de forma a suportar os maiores carregamentos impostos às mesmas.

Quanto às LTs 138 kV SE-Leste x SE-Sopradores e SE-Leste x SE-Sudeste, havia possibilidade de substituir o cabo existente (Dove 556,5 MCM, um por fase) por um cabo Bluejay 1113 MCM, ou ainda adicionar um cabo Dove 556,5 MCM por fase, configurando LTs com dois cabos Dove 556,5 MCM por fase.

Com o recondutoramento para cabo Bluejay, as referidas LTs teriam sua capacidade aumentada para cerca de 256 MVA (1070 Ampères) em regime normal e cerca de 310 MVA em regime de emergência (cerca de 20% de capacidade de sobrecarga), porém, quando da ocasião de emergências, estas LTs são submetidas a fluxos da ordem de 310 MVA e portanto a solução com o cabo Bluejay não deixaria margem de segurança para a operação da UPV.

Logo, foi recomendado a adição de um segundo cabo Dove 556,5 MCM às LTs 138 kV SE-Leste x SE-Sopradores e SE-Leste x SE-Sudeste, pois a capacidade das mesmas com esta configuração seria maior do que os fluxos solicitados mesmo nas piores emergências. Ainda, ficaria contemplada a possibilidade de futuras expansões da UPV, sem que fosse necessário reforçar novamente tais circuitos.

Para a implementação da proposta apresentada, também seria necessário reforços das torres nas quais seriam feito o recondutoramento, em suas estruturas, fundações e fixação dos cabos, de forma a suportar a nova configuração das LTs, com dois cabos Dove 556,5 MCM por fase.

Uma vez realizado os reforços recomendados, o sistema elétrico da UPV tornaria-se capaz de alimentar com segurança as novas fábricas de Aços Longos, Cimento e Oxigênio.

3.1.1 Viabilidade técnica e financeira

Ao analisar a proposta inicial, por motivos técnicos, optou-se em utilizar mais um cabo Dove 556,5 MCM de alumínio com alma de aço (CAA) por fase, no entanto, esta proposta teria como implicações a necessidade de reforços em todas as estruturas, fundações e fixações das torres pertencentes aos trechos a serem repotenciados.

Os reforços estruturais deveriam ser da ordem de aproximadamente 20% do peso das estruturas, o que traria um grande impacto no custo do projeto, além disso, para se fazer os devidos reforços nas torres de transmissão, seria necessário fazer uma longa parada das respectivas LTs, implicando na confiabilidade do sistema elétrico de alta tensão da UPV.

O alto custo associado ao grande tempo de desligamento das LTs, acabaram por inviabilizar a proposta em questão, fazendo-se necessário encontrar uma alternativa que reduzisse os custos e ao mesmo tempo diminuísse a vulnerabilidade do sistema elétrico durante a implementação do projeto.

3.2 Nova Proposta

Diante das implicações da proposta inicial, passou-se a buscar no mercado nacional e internacional, uma solução que minimizasse os impactos operacionais e financeiros do projeto.

Após diversas consultas a fornecedores de cabos elétricos, foi desenvolvida uma nova proposta para a repotenciação das LTs, utilizando-se um tipo de condutor especial, de alumínio com núcleo de compósito de fibra de carbono (ACCC).



Figura 4. Condutor de alumínio com núcleo de compósito de fibra de carbono (ACCC).

Fazendo um comparativo do condutor ACCC com os demais condutores de mesma bitola, o mesmo apresenta uma série de vantagens, tais como:

- 25% mais resistente e 5% mais leve que cabos com núcleo de aço;
- 28% a mais de alumínio, com maior ampacidade, redução de perdas e temperaturas mais baixas;
- 40% a menos de perdas elétricas se comparado a outros tipos de cabos;
- Baixo coeficiente de expansão termal, com menor flecha a altas temperaturas.

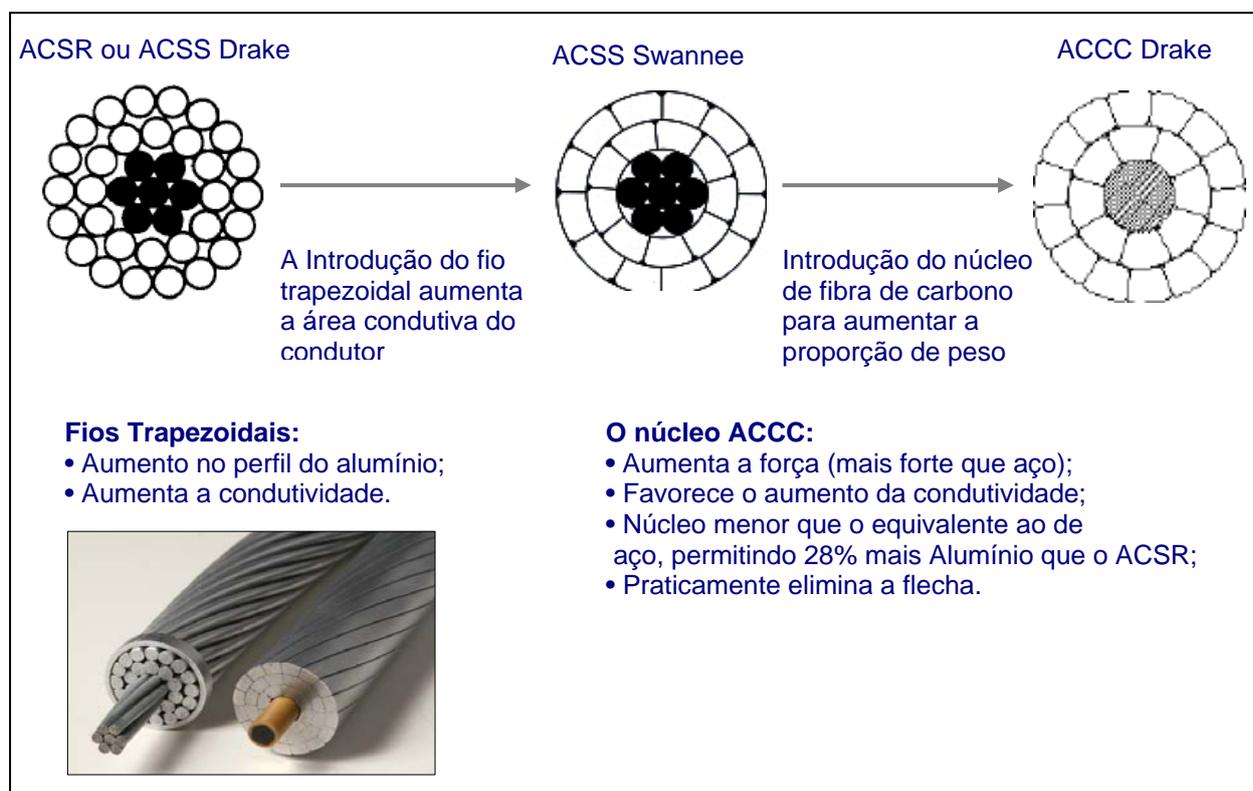


Figura 5. Desenvolvimento do condutor ACCC.

A utilização do cabo ACCC ao invés do cabo CAA, trouxe uma série de vantagens para a viabilização do projeto, como:

- Possibilidade de utilização de um único condutor Dove 556,5 MCM (ACCC) por fase;
- Acabou com a necessidade de reforços estruturais nas torres de transmissão, fundações e fixações dos cabos;
- Menor tempo de desligamento das linhas de transmissão a serem repotenciadas;



- Reserva de capacidade para futuras expansões.

As imagens abaixo mostram algumas atividades realizadas durante o lançamento dos cabos.



Figura 6. Lançamento do condutor ACBC.

3.3 Ganhos Financeiros

Conforme exposto no item 3.2, a alternativa encontrada para o projeto de repotenciação das duas LTs, trouxe ganhos tangíveis e intangíveis através da implantação desta nova tecnologia, contribuindo ainda mais para a alavancagem dos resultados da CSN, podendo todo o investimento feito, ser facilmente justificado em função dos ganhos financeiros, frente as necessidades da empresa.

Abaixo, é apresentado o potencial de ganho com o novo projeto.

Tabela 1. Custos estimados da proposta inicial (cabo 556,5 MCM – CAA).

Custo de Materiais	R\$ 901.240,00
Custos dos Serviços	R\$ 1.361.200,00
Projeto e Gerenciamento	R\$ 226.244,00
Contingências	R\$ 124.434,20
Custo Total Estimado	R\$ 2.613.118,20

Tabela 2. Custos estimados da nova proposta (cabo 556,5 MCM – ACBC)

Custo de Materiais	R\$ 1.035.640,00
Custos dos Serviços	R\$ 550.000,00
Projeto e Gerenciamento	R\$ 226.244,00
Contingências	R\$ 90.594,20
Custo Total Estimado	R\$ 1.902.478,02

Como mostram as tabelas acima, a utilização de mais um condutor DOVE 556,5 MCM (ACBC), reduziu os custos de implantação do projeto na ordem de R\$ 710.640,00, viabilizando a implantação da nova tecnologia.

Além dos ganhos envolvidos na implantação do projeto, o fato do cabo ACBC apresentar 40% a menos de perdas elétricas, comparado aos demais tipos de cabos de mesma bitola, a empresa deixará de gastar aproximadamente R\$ 431.692,80 ao ano com este tipo de perdas, apontando mais um benefício desta nova tecnologia de condutores elétricos.

4 CONCLUSÃO

A repotenciação das LTs SE-Soprador x SE-Leste e SE-Leste x SE-Sudeste, permitirá a adequação do sistema elétrico de potência de 138kV da CSN, atendendo



ao novo carregamento em função das expansões da UPV, contando ainda com uma reserva de capacidade de seu sistema para futuras expansões.

A escolha do cabo ACCC, além de apresentar menores perdas elétricas no sistema, entorno de 40% a menos, evitou a necessidade de reforços estruturais nas torres de transmissão a serem repotenciadas, fundações e fixações dos cabos e exigiu um menor tempo de desligamento das linhas de transmissão.

Estes benefícios, além de trazer consideráveis ganhos financeiros para a CSN, também contribuiu com o aumento da confiabilidade operacional do sistema de transmissão de energia elétrica da empresa, alinhando o projeto com as ações focadas em segurança operacional e otimização de recursos na CSN.

REFERÊNCIAS

- 1 CSN. Readequação do Sistema Elétrico da CSN em Virtude de Novas Fábricas, Volta Redonda, Abril de 2008.
- 2 Submódulo 23.3 – Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos – Procedimentos de Rede, ONS, Revisão 2, Janeiro 2007.
- 3 Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão – Comitê Técnico para Expansão da Transmissão – CTET, Versão de Outubro de 2002.