



**XXIII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GLT/15
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

**AUMENTO DAS CAPACIDADES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE CONEXÃO DE PARQUES EÓLICOS
ATRAVÉS DA CORRELAÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS, CORRENTES E TEMPERATURAS NOS
CONDUTORES**

**O. RegisJunior(*)
CHESF**

**L.A.M.C.Domingues
CEPEL**

RESUMO

O informe técnico apresenta um caso real onde o adiamento do circuito 2 da LT Extremoz II – Natal III, e a previsão de aumento imediato da geração eólica injetada em Extremoz, iria causar sobrecarga no circuito 1 dessa mesma LT, ou restrição ao despacho da geração, com desperdício dessa fonte limpa. A capacidade de projeto da LT, por limite térmico, era de 502MVA.

São mostrados aspectos técnicos e processuais adotados para a “repotencialização” dessa LT por monitoração de várias grandezas, permitindo aumentos da ordem de 50% na capacidade e praticamente eliminando a restrição do despacho das usinas eólicas ligadas a esta LT.

PALAVRAS-CHAVE

Ampacidade, Limite Térmico, Monitoração, Repotencialização, Conexão de Eólicas

1.0 - INTRODUÇÃO

Um enorme potencial de geração eólica foi identificado na região Nordeste, e está em desenvolvimento um extenso programa de instalação de aerogeradores nos sítios disponíveis na região. O sistema de transmissão para coletar essa produção de energia e conectá-la ao Sistema Interligado Nacional tem sido também um enorme desafio. Linhas de Transmissão em 69kV, 138kV, 230kV e 500kV estão em pleno processo de projeto e implantação para permitir o adequado escoamento de toda a energia gerada nessas plantas eólicas.

Em virtude de dificuldades com licenciamento ambiental, patrimônio histórico e legalização fundiária tem havido o adiamento da entrada em operação de importantes Linhas de Transmissão de conexão destas centrais de geração. Isto poderia se tornar num transtorno pelo impedimento de se inserir no sistema nacional uma quantidade de energia significativa, num momento em que se passa por uma restrição de geração hidráulica, por conta do reduzido nível dos reservatórios, devido à escassez de chuvas.

O informe técnico apresenta um caso real no estado do Rio Grande do Norte, onde o adiamento do circuito 2 da LT Extremoz II – Natal III, e a previsão de aumento imediato da geração eólica injetada em Extremoz, a partir das SE João Câmara II e João Câmara III, iria causar sobrecarga no circuito 1 dessa mesma LT. Isto significaria excesso de temperatura nos cabos e redução das suas distâncias de segurança ao solo.

Igualmente grave, haveria restrição ao despacho da geração, com desperdício da energia dessa fonte limpa, no montante que fosse superior a capacidade da LT em assunto.

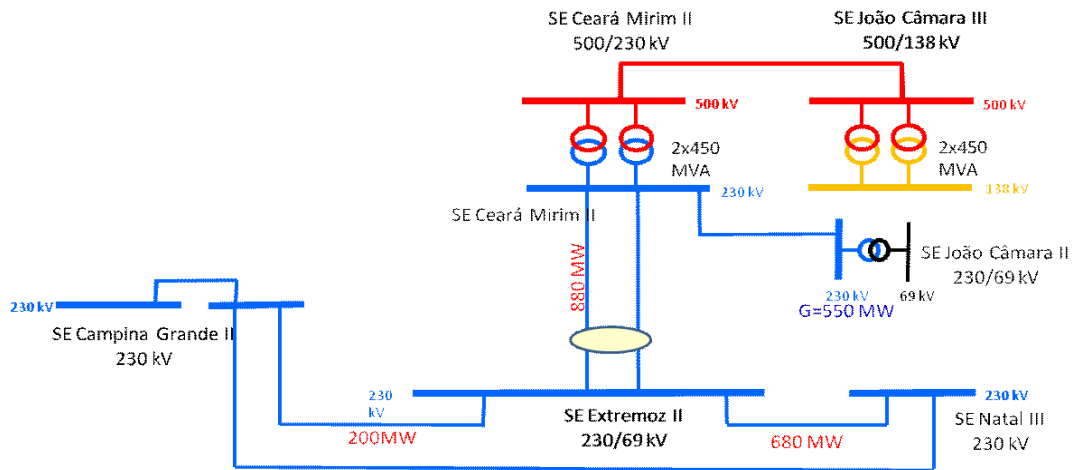


Figura 1 – Diagrama unifilar do sistema de transmissão de influência

Ressalta-se que a LT tem dois cabos Flint por fase e a capacidade de projeto para a condição de longa duração da LT, definida por limite térmico para temperatura de 61 °C, é de 502MVA (630 A por subcondutor). Esses cálculos têm como base as recomendações da NBR 5422 - Norma de Linhas de Transmissão, dentre as quais a velocidade de vento, para resfriamento do condutor na equação de equilíbrio térmico, não deve ser superior a 1m/s. Esse critério conservador procura cobrir todas as regiões do Brasil e todas as condições ambientais no sentido de prover segurança a operação das linhas de transmissão.

Sabe-se que a geração máxima das eólicas se dá com ventos entre 8m/s a 12m/s, ventos esses na altura dos aerogeradores, em torno de 60m ou mais. Por outro lado, considerando-se que o relevo bastante plano na região é favorável, pode-se esperar ventos atingindo a linha de transmissão, na altura dos cabos condutores, com velocidades maiores que o vento mínimo de projeto que, conforme norma é de 1m/s. Isto resultaria em uma retirada de calor dos cabos e resfriamento por convecção mais elevada.

Como toda a potência que flui nesta linha é de origem da geração eólica, é razoável estimar capacidades da linha maiores que o valor previsto no projeto, sem violar as temperaturas e distâncias de segurança deste mesmo projeto, justamente nos momentos em que as correntes maiores ocorreriam associadas a mais atividade do vento.

Por exemplo, para um vento de 2,5m/s atingindo os cabos, esta linha aérea poderá transmitir uma potência maior, no valor de 679MVA, sem violação de critérios de projeto (temperatura máxima e altura de segurança), descaracterizando assim o risco de sobrecarga.

Entretanto, por aspectos legais e de segurança, essa estimativa precisa ser corroborada por medições e estudos, através de simulações e equipamentos de leitura e monitoração, aferindo correntes e temperaturas nos cabos, dentre outras informações.

Conclui-se que com esses resultados, mais a associação ao aspecto legal do anexo técnico do edital de licitação de concessão, que se refere a "condições ambientais comprovadamente mais favoráveis", foi possível autorizar a injeção de mais potência gerada pelas eólicas, nesta linha em assunto.

É fundamental ressaltar que este aumento na potência da linha **é condicional**, associado à alta atividade eólica na região de influência, e principalmente suportado por monitoração em tempo real, simulações abrangentes, e inspeção sistemática de equipe de manutenção por terra.

2.0 - ABORDAGEM INICIAL.

A princípio foram analisados os dados de projeto e do anexo técnico do edital da linha em estudo. Os dados de projeto, em respeito à NBR 5422, incluem entre vários outros, a velocidade de vento mínima no cálculo da capacidade de corrente da LT de 1 m/s.

A consulta e análise preliminar de dados do Inmet (Instituto nacional de meteorologia) mostraram a possibilidade de condições mais amenas que as de projeto, nas únicas estações disponíveis nas proximidades, a saber, estação Natal e estação Calcanhar (Touros).



Figura 2 – Mapa com indicação das Estações Inmet na região

A NBR aponta que a velocidade de vento mínima é indicada como critério de segurança, para cálculo da distância do cabo ao solo, a ser utilizada em quaisquer condições favoráveis ou adversas. Por outro lado o anexo técnico do edital ressalta que:

“Em condições climáticas comprovadamente mais favoráveis do que as estabelecidas acima, a linha de transmissão pode ser solicitada a operar com carregamento superior à capacidade de longa ou curta duração, desde que as distâncias de segurança, conforme definidas nos itens acima, sejam respeitadas”.

A capacidade de projeto de longa duração desta LT é de 502MVA, conforme condições estabelecidas no anexo técnico do edital e no projeto básico.

Entretanto, ao se considerar condições ambientais mais favoráveis, no que se refere apenas a velocidade de vento, mantendo-se as demais variáveis (sol, temperatura ambiente, etc), chega-se aos resultados preliminares abaixo.

m/s	A/cabo	A/2cabos	MVA	Plus
1	630	1260	501.95	
1.5	700	1400	557.72	55.77
2	770	1540	613.49	111.54
2.5	852	1704	678.83	176.88
3	926	1852	737.78	235.84

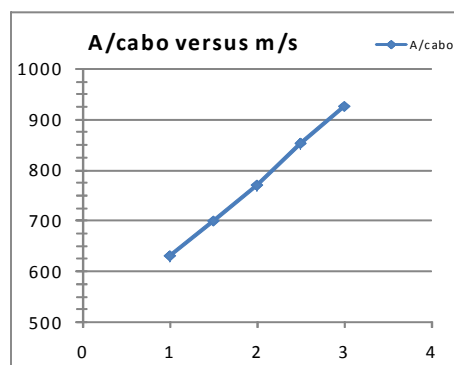


Figura 3 – Aumento da capacidade mediante aumento da velocidade do vento

Porém, para se utilizar esta abordagem é necessário estar coberto de todas as garantias de que as distâncias de segurança não serão violadas.

3.0 - ABORDAGEM SEGUINTE

3.1-Início da Monitoração

Com o apoio do Cepel foram instalados medidores de corrente e temperatura chamados de “Power Donuts”, diretamente nos cabos.



Figura 4 - Power Donuts

Nesta etapa não foi viável a instalação de medidores de dados ambientais (estações meteorológicas) necessários a uma adequada simulação e extrapolação de resultados. Desta forma, mais uma vez só se dispunha de dados do Inmet na análise e comparação dos resultados.

3.2-Análises dos primeiros resultados

A Figura 4 abaixo mostra a correlação entre as leituras do power donut, de corrente no cabo (I_{pd} em azul - eixo esquerdo) e da temperatura também medida no cabo (T_{cabo} em vermelho - eixo direito), ao longo das horas de um dia.

Observa-se uma boa correlação no formato da curva, sendo as temperaturas proporcionalmente maiores quando as correntes são mais baixas. Quando as correntes sobem, as temperaturas são proporcionalmente menores, principalmente devido aos efeitos de maiores velocidades de vento, que coincidem com a maior geração.

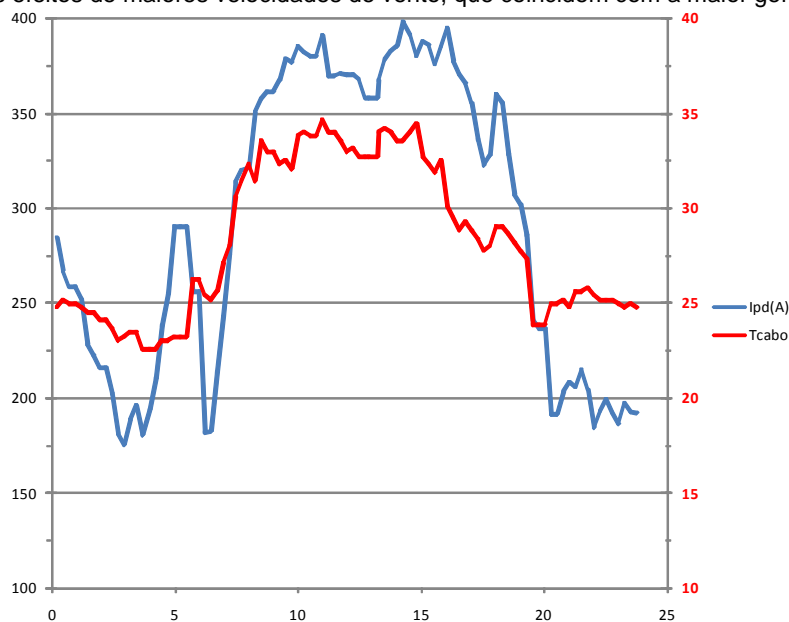


Figura 5 – Gráfico Corrente versus Temperatura nos cabos

Na Figura 6 a temperatura “ T_{proj} ” foi calculada pelos critérios de projeto com velocidade do vento de 1m/s e levando em conta a variação das correntes na linha e a temperatura ambiente pela estação de Natal, mostrou-se pelo menos 10oC, e até 15oC, mais alta que a medida pelos Power Donuts (T_{pd}).

Isto significa que, nestas condições, a medição em tempo real está mostrando uma capacidade latente adicional, no mínimo, proporcional a estes 10oC.

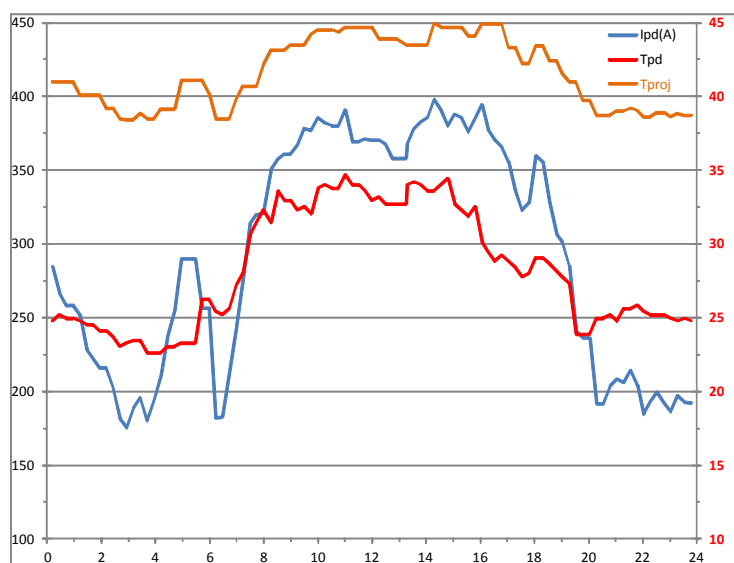


Figura 6 – Temperatura pelos critérios de projeto - Tproj

3.3-Conclusões preliminares

A orografia (nuances do relevo) do terreno permitiu admitir que o vento que atinge a LT será mais elevado nas condições de carregamento elétrico mais elevado devido a maior geração eólica.

A LT foi monitorada por equipamentos (corrente e temperatura no cabo) continuamente, e por equipe de inspeção por terra frequentemente.

Com a monitoração inicial e demais cuidados considerou-se seguro permitir, apenas nessa LT, apenas na geração eólica elevada, apenas nessa região: 680MVA - 1706 A/fase - 853 A/subcondutor. Este novo valor foi chamado de Capacidade Condicional e representou um aumento de 35% em relação à Capacidade de Longa Duração.

3.4-Resultados no período

A Figura 7 mostra os valores de sobrecarga registrados nos meses de dezembro de 2014 e janeiro de 2015, até o dia 13/01/2015, considerando o limite de corrente de projeto (1265 A). Neste período ocorreram correntes acima do limite de projeto em 13 dias, mas sem violação do limite de temperatura de projeto (61°C) devido as condições de vento também mais favoráveis sobre a linha.

A sobrecarga máxima registrada foi de 34,89% no dia 11/01/2015 em decorrência da indisponibilidade da LT 04V3 Campina Grande II - Extremoz II, ficando todo o fluxo direcionado pela LT 04F3 ETD – NTT, com a corrente na linha atingindo 1702A que é um valor próximo ao Limite Condicional de corrente autorizado (1706 A).

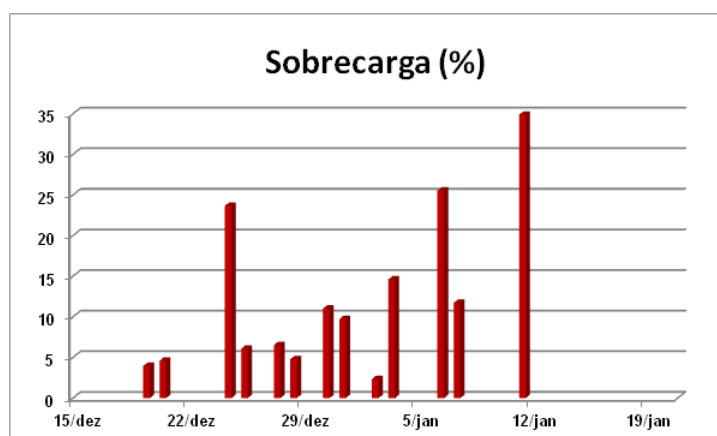


Figura 7 – Sobrecarga registrada na LT 04F3 Extremoz II – Natal III

A Figura 8 mostra os valores de corrente por subcondutor e temperatura do cabo medidos pelo dispositivo de monitoramento no dia da sobrecarga máxima registrada.

Ressalta-se que a temperatura dos cabos ficou abaixo de 61°C, atingindo quase 50 °C, pois naquela ocasião houve ocorrência de ventos da ordem de 5 m/s, na altura dos cabos da linha. Tal premissa não deve ser extrapolada para outras ocasiões, e não se deve adotar maiores correntes, antes de mais estudos serem realizados.

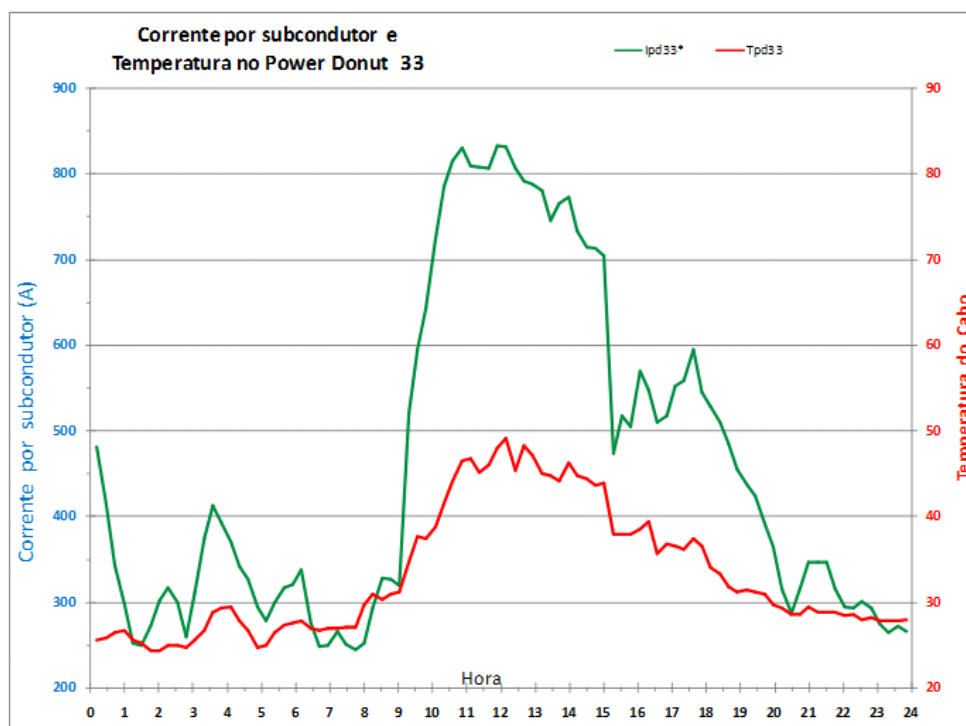


Figura 8 – Sobrecarga registrada na LT 04F3 Extremoz II – Natal III

É importante destacar que esta solução inovadora evitou no período analisado um corte de geração eólica estimado em 2044 MWh que corresponde a uma economia de cerca de R\$794.000,00 considerando o valor do PLD vigente neste mês de janeiro (R\$388,84/MWh).

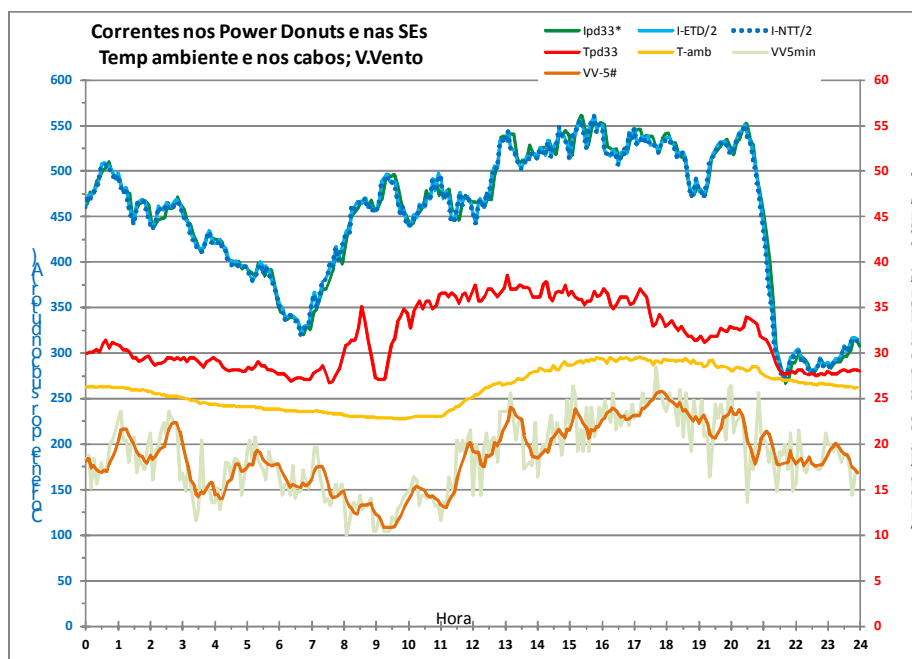


Figura 9 - Correntes nos Power Donuts e nas SEs ; Temp ambiente e nos cabos; V.Vento

4.0 - EXPECTATIVA ADICIONAL DE CARREGAMENTOS MAIS ELEVADOS

Foram instalados a seguir mais um “Power Donut” e duas estações meteorológicas cobrindo assim os dois terminais. Isto permitiu avaliações mais precisas e foi autorizado um novo limite chamado de Limite Condicional 2.

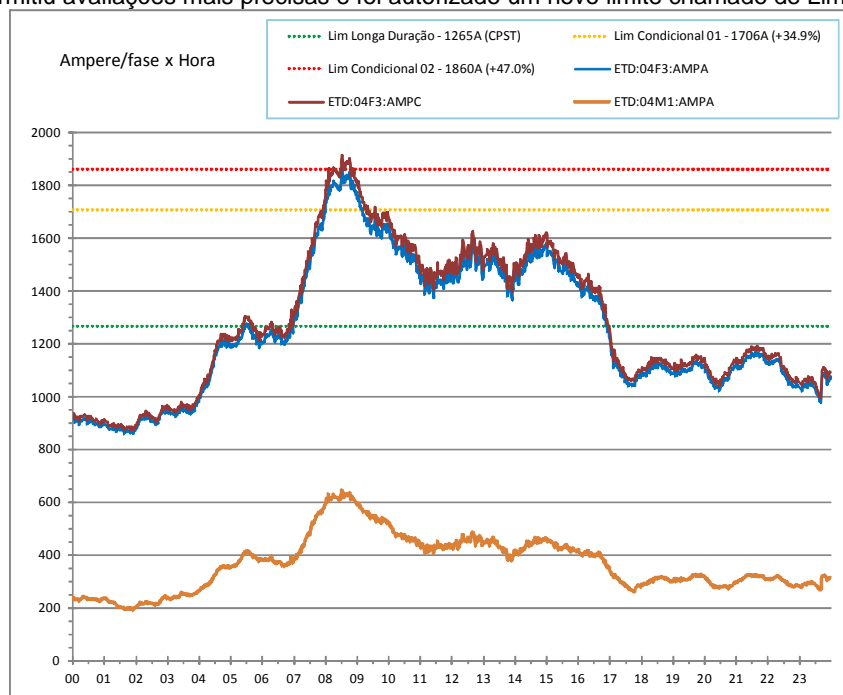


Figura 10 - Correntes

A Figura 10 mostra as correntes registradas em um dia típico após a autorização do limite condicional 2 de 1860A.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR – 5422 : Norma de Projeto de Linhas de Transmissão.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

- Oswaldo Regis Junior
- Nascimento : Recife, 09-07-1956
- Graduação : UFPE – 1978
- Especialização : Itajubá - MG –EFEI - 1982
- Atuação em Estudos e Engenharia de Linhas de Transmissão