



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

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO XIII

GRUPO DE ESTUDO DE TRANSFORMADORES, REATORES, MATERIAIS E TECNOLOGIAS EMERGENTES - GTM

A CONSOLIDAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA TÉCNICA DE EMISSÃO ACÚSTICA COMO TÉCNICA PREDITIVA NO DIAGNÓSTICO DE TRANSFORMADORES E REATORES NA ELETRONORTE

Sérgio Luis Zaghetto (*)

Francisco Figueiredo Silva Neto

Oswaldo Gonçalves dos Santos Filho

CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S.A - ELETRONORTE

RESUMO

O presente trabalho descreve os passos de implantação da técnica de emissão acústica bem como os resultados obtidos e a experiência da Eletronorte em executar o ensaio e diagnóstico de transformadores e reatores através da técnica, tanto para defeitos mecânicos quanto defeitos elétricos. Este artigo também visa demonstrar os ganhos que a Eletronorte teve com a implantação e consolidação da técnica na empresa e como a mesma pode ser útil para o setor elétrico.

PALAVRAS-CHAVE

Emissão Acústica, Transformadores, Reatores, Diagnóstico

1.0 - INTRODUÇÃO

A Eletronorte é uma das empresas do grupo Eletrobrás o qual atua na área de geração e transmissão de energia elétrica. A Eletronorte esta dividida em nove regionais de manutenção que representam mais de 50% do território nacional brasileiro. Ao todo são 10781,33km de linhas de transmissão e 60 subestações com os níveis de tensão de 69kV, 138kV, 230kV e 500kV.

Em função do envelhecimento de seus equipamentos e buscando aumentar a confiabilidade do sistema foi iniciado um trabalho de avaliação e diagnóstico de transformadores e reatores com mais de 20 anos, na regional do Mato Grosso. Nesta avaliação buscava-se diagnosticar o estado de conservação de cada equipamento através de técnicas já consolidadas, como análise de gás e ensaios de fator de potência. Alguns dos equipamentos avaliados possuíam indicativo de descargas parciais e a real necessidade de intervenção interna no equipamento. A Eletronorte, em parceria com o CEPEL, decidiu pela realização do ensaio de emissão acústica, técnica esta que vinha sendo desenvolvida em pesquisas há algum tempo pelo CEPEL e que poderia contribuir no processo de avaliação e diagnóstico dos equipamentos.

Neste período foram realizados ensaios em 26 equipamentos junto com o CEPEL. Dentre os equipamentos ensaiados pudemos intervir em três transformadores e três reatores antes que estes viessem a falhar.

Após este resultado a Eletronorte resolveu investir na compra de um instrumento próprio e incluir na rotina de manutenção para diagnóstico e avaliação destes equipamentos. Após treinamento com o CEPEL e com o fornecedor do instrumento, foram executados 48 ensaios, dos quais 9 resultaram em indicação para inspeção interna.

2.0 - ETAPAS PARA DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DA TÉCNICA

Foram tomadas as seguintes ações para a implantação e consolidação da técnica de emissão acústica em transformadores e reatores:

- Aquisição de um instrumento para ensaio de emissão acústica com 24 canais e respectivo software para análise dos sinais.
- Formada uma equipe multidisciplinar com membros da engenharia de manutenção, equipes de manutenção das regionais e do laboratório de manutenção;
- Feito treinamento de capacitação com o fornecedor do instrumento e com CEPEL;
- Priorizados os equipamentos a serem ensaiados em 2008 e montada uma programação para a realização dos ensaios;
- Divulgação da técnica junto às equipes técnicas das instalações por ocasião da realização dos ensaios.

3.0 - CONCEITO DA TÉCNICA DE EMISSÃO ACÚSTICA

Sinais de emissão acústica são ondas mecânicas de natureza transitória que se propagam através do óleo isolante e estrutura interna até superfície externa do equipamento. Estes sinais de emissão acústica podem ser gerados por descargas parciais, vibrações mecânicas, trincas, etc. Estas ondas são captadas e transmitidas através de sensores piezelétricos montados sobre a superfície do equipamento. Estes sensores transformam os sinais captados em sinais elétricos onde são transmitidos através de cabos até uma unidade de processamento de sinais. Nesta unidade de processamento o sinal é digitalizado e feita a sua caracterização. A Figura 1, a seguir, exemplifica o ensaio de emissão acústica em um equipamento elétrico.



FIGURA 1 - Exemplicação do ensaio de emissão acústica

Os principais parâmetros para caracterização dos sinais, representados na Figura 2 são:

- **Amplitude Máxima** – pico de voltagem do sinal, expresso em decibéis (dB);
- **Número de contagens** – número de vezes que a amplitude do sinal excede um limite de referência adotado;
- **Energia** – área medida sob um envelope do sinal retificado, em coordenadas de amplitude x tempo. Este parâmetro, da forma como é obtido, é adimensional;
- **Duração** – intervalo de tempo entre a primeira e a última vez que o sinal cruza o limite de referência;
- **Frequência Média** – relação entre o número de contagem e duração
- **Tempo de subida** – intervalo de tempo entre a primeira vez que o sinal cruza o limite de referência e o momento em que ocorre o pico de voltagem.

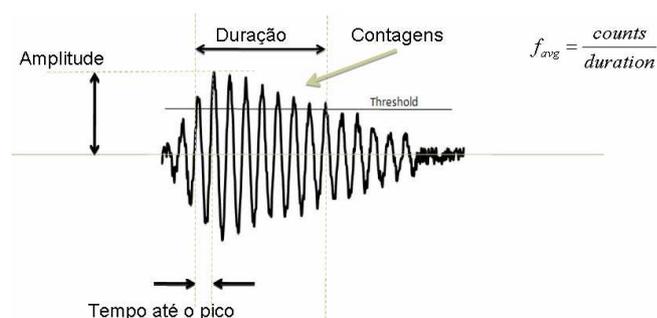


FIGURA 2 Representação do sinal de emissão acústica

Uma das principais vantagens da técnica de emissão acústica é a possibilidade da localização do defeito. Para que essa localização seja possível é necessário que pelo menos quatro sensores detectem o mesmo sinal. Conforme Figura 3, a localização do defeito é baseada na diferença entre os tempos de recepção do sinal entre um sensor e outro.

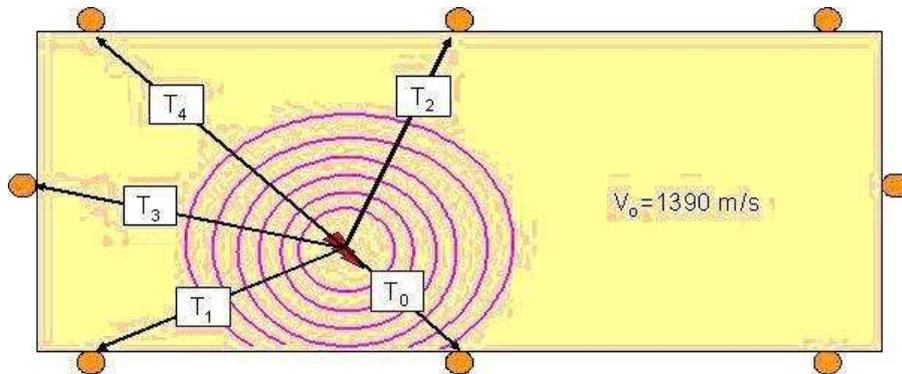


FIGURA 3 - Processo de localização do defeito

Conhecendo-se a velocidade de propagação dos sinais no meio e determinando os instantes de detecção dos sinais em cada canal, pode-se estimar a localização do defeito.

4.0 - RESULTADOS ENCONTRADOS

Após a compra do instrumento e treinamento da equipe, foram feitos 48 ensaios em diversos equipamentos. Como resultado, encontrou-se atividade acústica relevante em 9 equipamentos, recomendando-se a sua inspeção interna. Destes, 5 equipamentos já foram inspecionados e 4 estão aguardando inspeção.

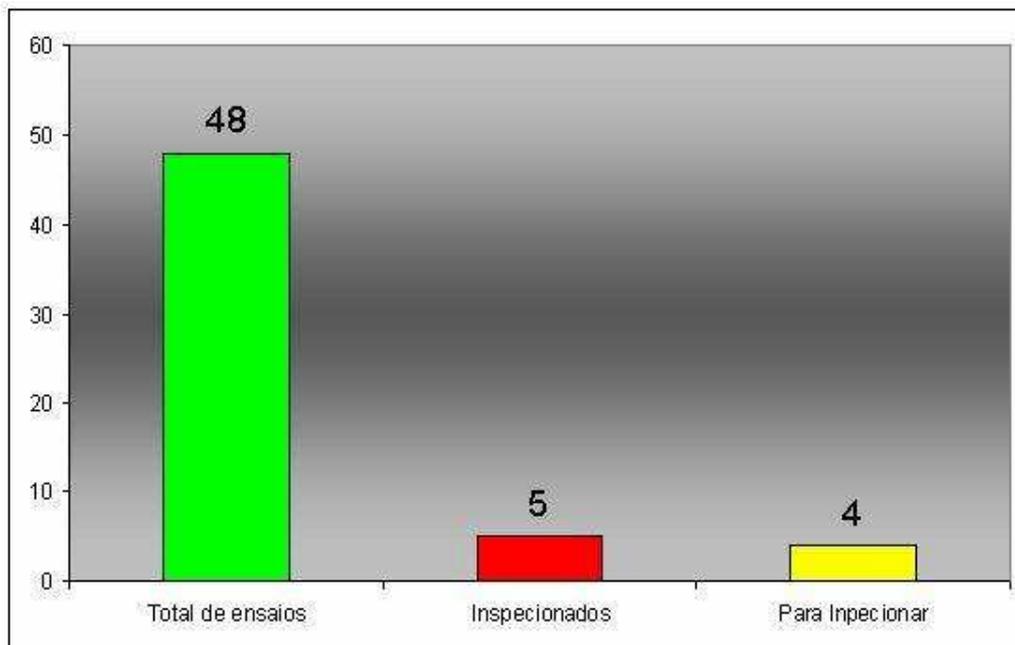


FIGURA 4 - Total de equipamentos ensaiados e inspecionados com ensaio de Emissão Acústica

Dos equipamentos submetidos a inspeção interna, em todos foram encontrados defeito conforme indicado no relatório de ensaio de emissão acústica, o que serviu de validação da técnica no diagnóstico de defeitos tanto de natureza elétrica quanto mecânica.

4.1 RESULTADO DO ENSAIO DO REATOR DE 500kv – SE COLINAS –TO

Este reator já possuía um histórico de problemas de vibração elevada desde a sua entrada em operação. Durante a execução do ensaio foi encontrado atividade de emissão acústica na região da bucha de alta tensão. As características de frequências relativamente baixas (em torno de 22 kHz) dos sinais de emissão acústica davam indicativo de defeito mecânico conforme Figura 5.

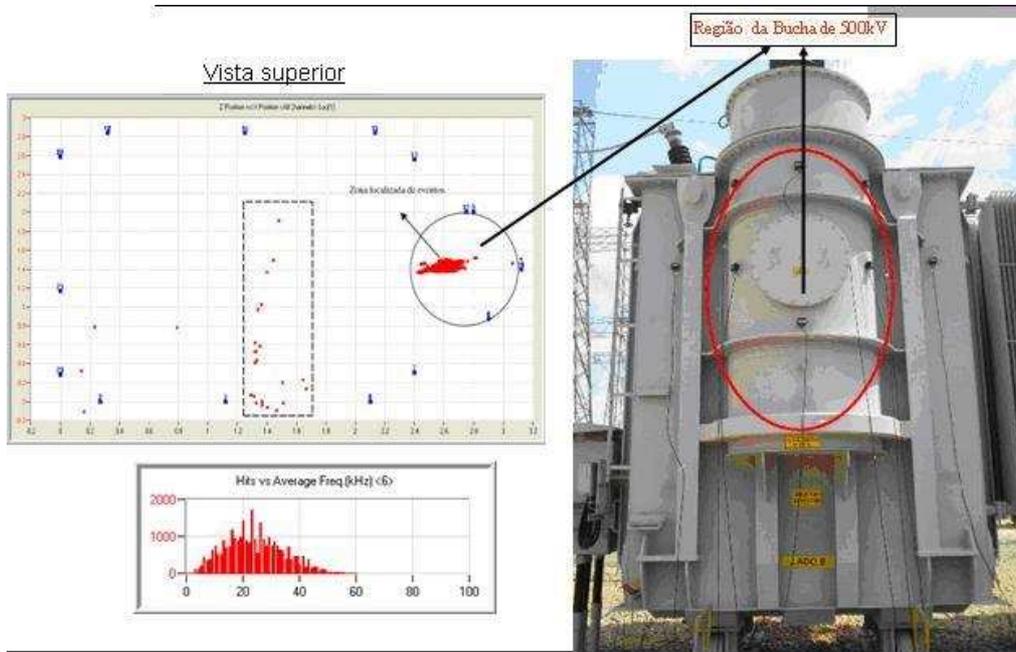


FIGURA 5 - Resultados do ensaio do Reator de 500kV da SE Colinas no Tocantins

Com base neste resultado e considerando-se a bucha como um componente crítico do reator, decidiu-se por efetuar a intervenção no equipamento. Durante a inspeção interna realizada pela equipe de manutenção local identificaram-se anomalias mecânicas na região da bucha de alta tensão, conforme Figura 6, como calços folgados, parafusos frouxos.

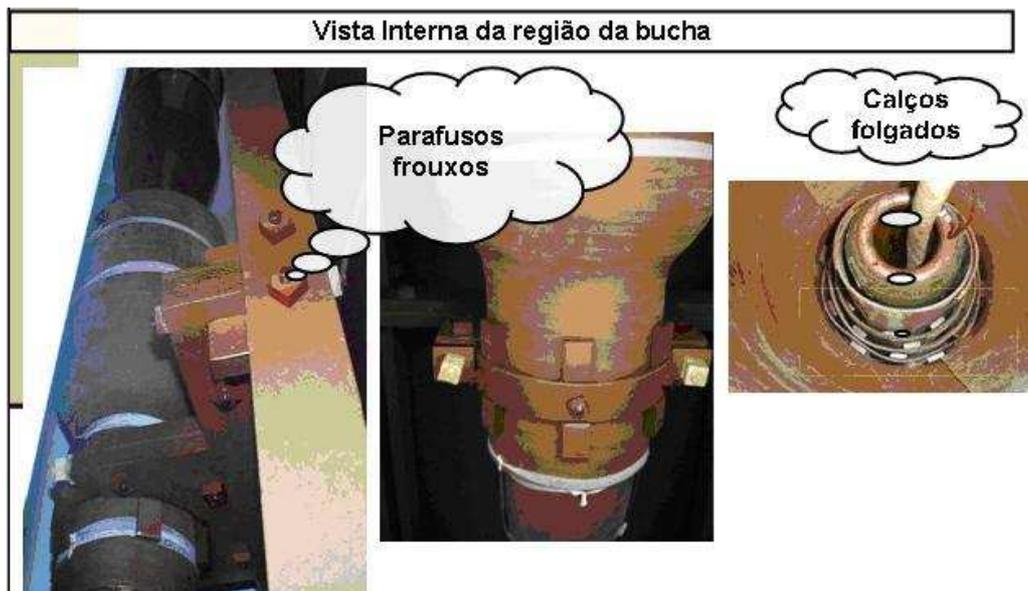


FIGURA 6 - Vista interna da região da bucha de alta tensão do reator de 500kV durante a inspeção interna

Ainda durante a inspeção foram reapertados as porcas e parafusos folgados e reforçado o sistema de amarração aumentando o número de cintas brancas. Logo após a inspeção o reator foi posto em operação novamente. Após a sua entrada em operação efetuou-se novamente o ensaio de emissão acústica para validar a intervenção preventiva. Os resultados foram positivos como mostra a Figura 7. Os sinais localizados no primeiro ensaio simplesmente desapareceram.

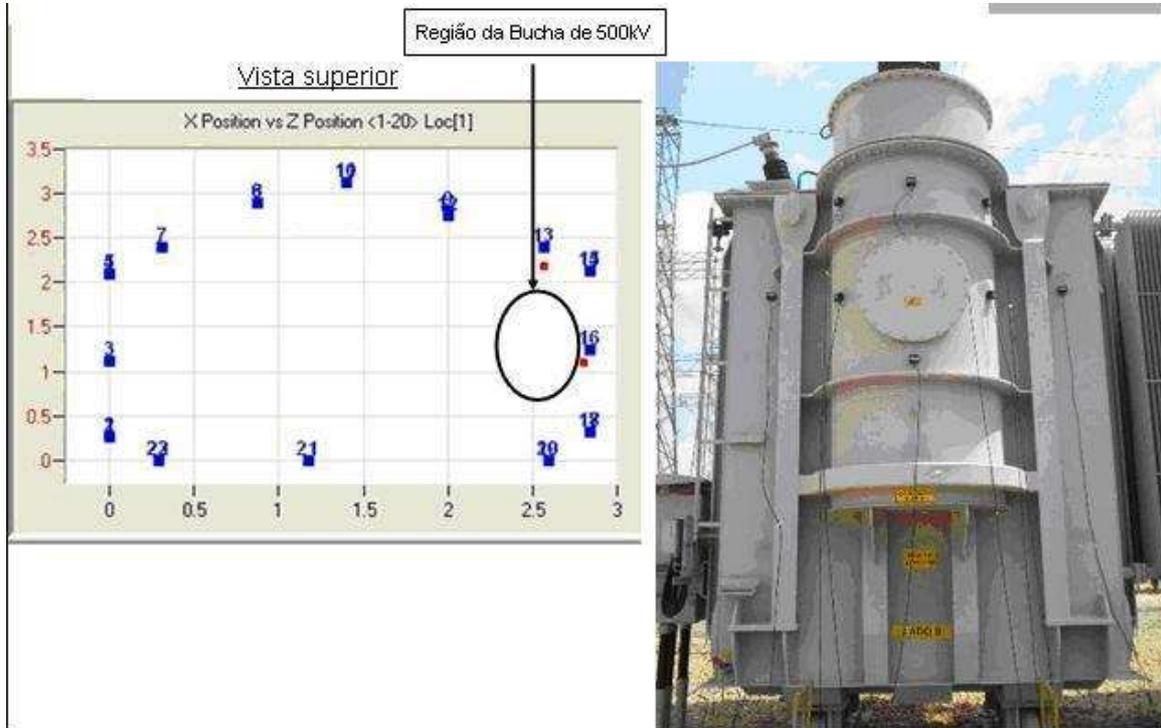


FIGURA 7- Resultado do ensaio de emissão acústica após a intervenção no equipamento

4.2 ENSAIO DO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 230kv – SE MARABÁ – PA

Este equipamento vinha apresentando taxa de crescimento elevada de acetileno. Baseado nesta informação decidiu-se executar o ensaio de emissão acústica antes da realização de inspeção interna, para avaliar a localização do defeito. Conforme mostrado na Figura 8, o ensaio de emissão acústica identificou defeito na região das réguas do comutador de tap sem carga. As características dos sinais acústicos observados, com frequências relativamente elevadas (100 kHz), davam indicativo de descargas parciais.

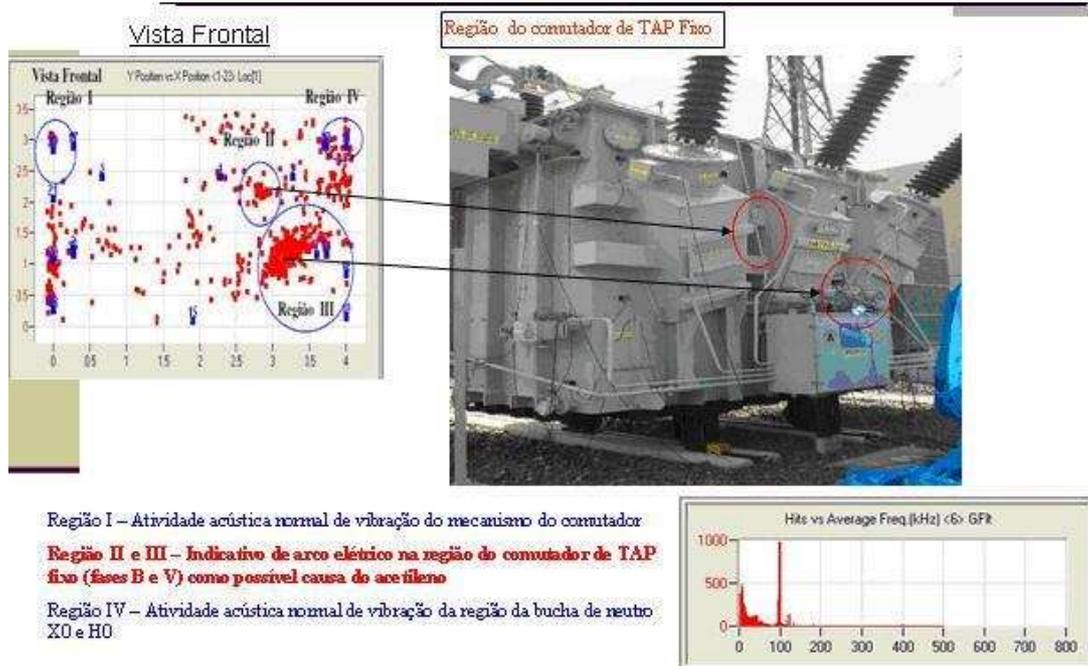


FIGURA 8 - Dados do ensaio de emissão do transformador trifásico de 230kV

Durante a inspeção interna deste equipamento, foi encontrada uma quantidade de óleo carbonizado na região do comutador de tap sem carga como mostra a Figura 9, abaixo, causado por aquecimento devido mau contato nos terminais elétricos do comutador.

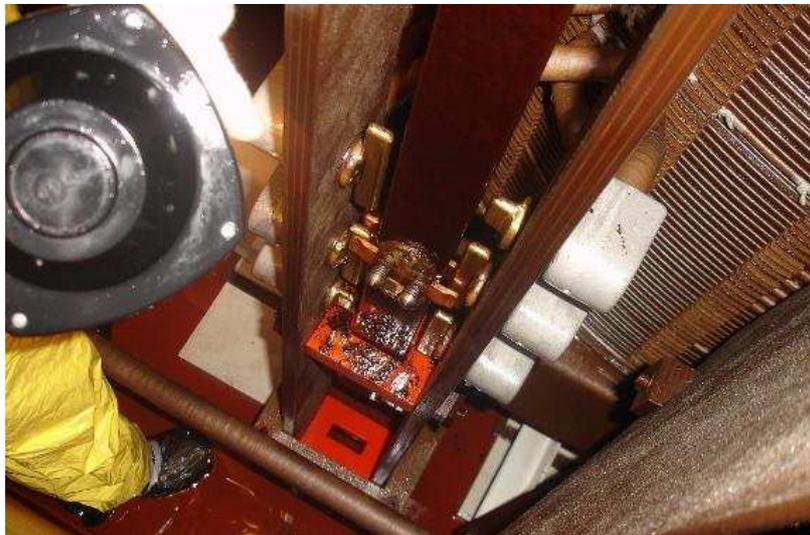


FIGURA 9 - Estado da região do comutador de tap sem carga encontrada durante a inspeção interna

Esta condição foi reparada provisoriamente com os recursos disponíveis na ocasião, ficando para uma intervenção posterior a sua correção definitiva.

5.0 - CONCLUSÃO

Através dos fatos expostos podemos concluir que:

- A utilização da técnica de emissão acústica deu condições de evitar que 4 equipamentos viessem a falhar e que um equipamento com defeito mecânico viesse a evoluir para um defeito elétrico e viesse a falhar;
- Ficou comprovado que esta técnica é uma ferramenta importante na avaliação das condições operacionais dos equipamentos elétricos e que contribui de forma decisiva nas tomadas de decisões relativas à programação de intervenções envolvendo inspeções em transformadores e reatores;
- A localização dos defeitos obtida através da técnica de emissão acústica foi efetiva e permitiu o direcionamento das inspeções internas e das manutenções realizadas, com conseqüente redução do tempo de parada de operação do equipamento;
- A técnica de emissão acústica além de localizar é capaz de identificar se o defeito é elétrico ou mecânico com a avaliação e caracterização dos sinais coletados durante o ensaio;
- Como todas, em todas as inspeções internas realizadas, as localizações e os tipos de defeito encontrados foram concordantes com os indicativos dos ensaios de emissão acústica, podemos concluir pela validação da técnica de emissão acústica para auxílio ao diagnóstico de transformadores e reatores de potência;
- A partir dos resultados obtidos e expostos a Eletronorte, em parceria com o CEPEL, está investindo em novos projetos utilizando a técnica de emissão acústica como o diagnóstico de comutadores de derivações sob carga.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Acoustic Emission Testing", Nondestructive Testing Handbook, Vol. 5, 2ª Ed., American Society for Nondestructive Testing.
- [2] Pollock, A. A., "Acoustic Emission Inspection", Metals Handbook, 9ª Ed., Vol. 17, American Society for Metals.
- [3] Trindade, M.B., Martins, H.J.A., Neves, A., Menezes, R.C., "Power Transformer Diagnostics Experience by Acoustic Emission Technique in Brazilian Electrical System", XIVth International Symposium on High Voltage Engineering

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Sérgio Luiz Zaghetto

Nascido em Juiz de Fora, MG, em 25 de janeiro de 1955.

Graduação (1980) em Engenharia Elétrica: UFJF- Juiz de Fora

MBA – Gestão Empresarial - 2000

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. - Eletronorte

Engenheiro de Manutenção Elétrica da Divisão de Engenharia da Manutenção – COTM

Francisco Figueiredo Silva Neto

Nascido em Paranaíba, PR, em 13 de abril de 1979.

Graduação (2006) em Engenharia Industrial Elétrica: UTFPR - Curitiba

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. - Eletronorte

Engenheiro de Manutenção Elétrica da Divisão de Engenharia da Manutenção – COTM

Oswaldo Gonçalves dos Santos Filho

Nascido em Castanhal, PA, em 06 de abril de 1957

Graduação (1980) em Engenharia Elétrica pela UFPa – Belém – PA

Especialização em Técnicas Modernas de Manutenção – COPPE – UFRJ

MBA – Gestão Empresarial – USP

Empresa: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.

Engenheiro do Centro de Tecnologia da Eletronorte – Belém – PA