



XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

## **GRUPO – XII GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS - GMI**

### **UMA SOLUÇÃO TÉCNICA E INOVADORA DE SUCESSO APLICADA NA MANUTENÇÃO DE DISJUNTORES DE ALTA TENSÃO NA UHE JUPIÁ.**

**I. M. FATTORI\***  
CESP

**C. C. ALCÂNTARA**  
CESP

**C. A. S. MARIANO**  
CESP

**P. R. D. ODA**  
CESP

**F. C. FERNANDES**  
CESP

#### **RESUMO**

O presente trabalho se propõe a apresentar uma solução técnica e inovadora de sucesso, aplicada na ocorrência de uma anormalidade no equipamento vital do processo de geração de energia elétrica, "DISJUNTOR PRINCIPAL" das Unidades Geradoras (UG) da UHE Jupiá. A solução adotada proporcionou a visualização e análise de componentes, peças e detalhes internos à câmara do disjuntor. Esta técnica se mostrou eficaz, foi realizada com a participação e anuência do fabricante e será implantada nas manutenções preventivas dos disjuntores.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

Disjuntor, Ocorrência, Inspeção, Inovação, Vídeo-Endoscopia.

#### **1.0 - INTRODUÇÃO**

A Unidade de Produção (UP) de Jupiá da CESP- Companhia Energética de São Paulo, é responsável pela produção e conservação da Usina Hidroelétrica Eng.º Souza Dias (Jupiá). Está localizada no rio Paraná entre os municípios de Castilho - SP e Três Lagoas – MS. São 14 unidades geradoras com turbinas Kaplan com potência de 110,8MW cada e reservatório tipo fio d'água com 330 Km<sup>2</sup>. A CESP tem realizado a modernização dos equipamentos de suas usinas, para aumentar a disponibilidade operacional, buscando continuamente a eficácia dos sistemas de gestão. Os disjuntores principais das 14 unidades geradoras da UHE Jupiá, após 40 anos de operação foram substituídos recentemente para atender as demandas do mercado e adequação aos atuais padrões tecnológicos do setor elétrico, ver Figura 1.



Figura 1 – Vista dos Disjuntores principais da Unidade Geradora – UHE JUPIÁ.

(\*) Endereço Usina Hidrelétrica de Jupiá, Rodovia Marechal Rondon, Km 667, CEP 16920-000 – Castilho - SP  
Tel: (+55 67) 3509-2704 – Fax: (+55 67) 3521-3150 – Email: izaelfatori@cesp.com.br

## 2.0 - DESCRIÇÃO DOS FATOS:

Os disjuntores substituídos têm duas Câmaras por pólo, ver figura 2.

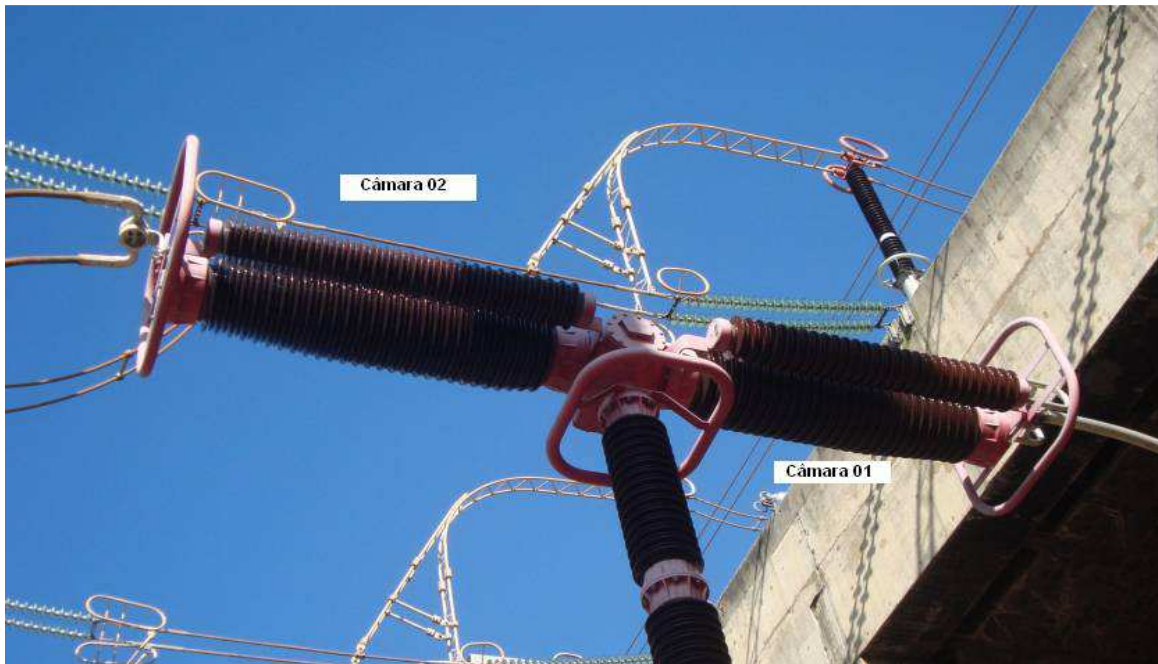


Figura 2 – Câmaras de um (01) pólo do disjuntor

### 2.1 Relato da Ocorrência:

Em 30/10/2009 durante a sincronização da UG 11 ao SIN (Sistema Interligado Nacional), estando a Unidade Geradora (UG), excitada, após fechamento dos seccionadores, com disjuntor principal da UG aberto, foi constatado pelo operador em sua inspeção um ruído de centelhamento anormal (não visível) no pólo da fase Branca (B), Câmara – 2, ver Figura 2. Foi interrompido o processo de sincronização da UG para análise das causas da anormalidade. Foi solicitada uma Autorização para Execução de Serviço de Inspeção visual no disjuntor com a UG totalmente parada.

### 2.2 Inspeção das cabeças de duplo acionamento do Disjuntor da UG 11 em Campo:

A CESP informou o Fabricante do disjuntor, relatando a ocorrência. Em 09/11/2009 com a presença do representante (Fabricante) do disjuntor na UHE Jupia, iniciou – se a investigação do ruído anormal no pólo da fase Branca (B) do disjuntor de 460 kV da Unidade Geradora 11. Despressurizarão o circuito do óleo hidráulico do pólo (B), foi recolhido o gás SF6 do pólo para realizar inspeção na cabeça de duplo acionamento, ver Figura 3. Foi constatado uma anormalidade interna na câmara 2 (dois) do módulo. Encontrado resíduo de grafite, porcelana e aço no compartimento de acoplamento da cruzeta com as Câmaras, ver Figura 4. Também foi desmontada a coluna para inspeção visual na haste isolante, encontrado muitos fragmentos de grafite, porcelana e aço no flange de fixação da haste isolante ver Figuras 5 e 6.



Figura 3 – Recolhimento gás SF6, pólo (B)



Figura 4 – Resíduo encontrado - Inspeção em Campo





Figura 5 - Fragmentos – Inspeção em Campo

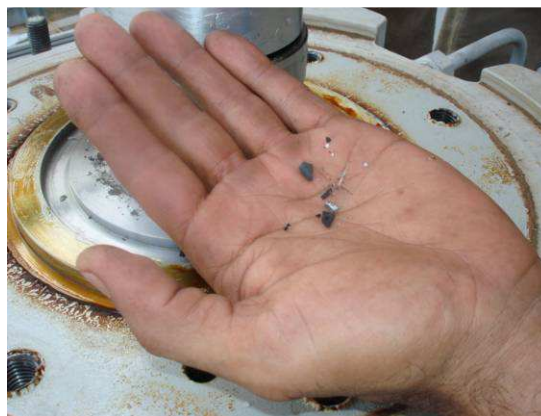


Figura 6 - Detalhes Fragmentos – Inspeção em Campo

Diante das anormalidades encontradas, a CESP em conjunto com o fabricante do disjuntor, optou pela desmontagem das câmaras na fábrica para **busca da causa fundamental da ocorrência**.

### 2.3 Normalização do Disjuntor para retorno da UG ao Sistema Interligado Nacional (SIN)

- Para evitar uma maior indisponibilidade da UG ao Sistema Interligado Nacional (SIN), foi substituída a Cabeça de duplo acionamento do pólo (B), por uma unidade reserva;
- Restabelecimento do pólo (B), com vácuo e pressurização de gás SF<sub>6</sub> na pressão nominal;
- Para avaliação e informações referenciais, foi realizada Inspeção na cabeça de duplo acionamento do pólo da fase vermelha (V), ver Figuras 7 e 8, não encontrado nenhum tipo de anormalidade no compartilhamento de acoplamento da cruzeta com as câmaras. Restabelecido o pólo (V), com vácuo e pressurização de gás SF<sub>6</sub> na pressão nominal;
- Realizado purga no sistema hidráulico do pólo (V),
- Ensaio de oscilografagem tripolar;
- Ensaio de resistência de contato;
- Ensaio de queda de pressão de gás SF<sub>6</sub> dos três pólos, Azul (A), Branco (B) e Vermelho (V), com manômetro de precisão, verificando atuações de sinalização e bloqueios.



Figura 7 – Inspeção em Campo – Pólo (V)



Figura 8 – Inspeção em Campo – Pólo (V)

Após a conclusão dos ensaios no disjuntor e encontrado valores normais, o mesmo foi normalizado para a sua energização. Na sequência foi excitada a unidade geradora (UG) 11, fechado o seccionador, realizado inspeção audível no local durante a manobra e não foi constatado nenhum tipo de ruído nos três pólos do disjuntor. Liberado a unidade geradora para sincronização ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

### 3.0 - ANÁLISE DA CAUSA FUNDAMENTAL DA OCORRÊNCIA.

Depois de retirada do pólo (B) completo com as duas Câmaras, embalado e transportado para a fábrica do fornecedor, foi agendado a desmontagem da Câmara para análise da **causa fundamental da ocorrência**.

### 3.1 Desmontagem das Câmaras do Pólo (B) para inspeção na Fábrica.

Em 14 e 15/12/2009 na presença de representantes da CESP e fornecedor (Fabricante), foi realizada a desmontagem das câmaras do pólo (B) ver Figura 9, onde foi constatado:



Figura 9 – Desmontagem das Câmaras do Pólo (B) na Fábrica

#### a. Câmara número 2 (avariada)

- Descarga elétrica no cilindro insuflador e contato móvel, em detalhe, descarga elétrica do contato móvel perfurando o cilindro insuflador, ver figura 10 e 11;
- Quebra das peças do sistema de extinção de arco, em detalhe, peças retiradas de dentro do isolador da câmara do pólo (B) e expostas dentro de uma caixa, ver Figura 12;
- Quebra das barras Guias do eletrodo de fluxo de corrente do contato fixo, em detalhe as duas barras quebradas, ver Figura 13;
- Esmalte do interior da Câmara danificado, ver Figura 14;
- Falta das contra-porcas da barra guia do eletrodo de fluxo de corrente do contato fixo, ver Figura 15.



Figura 10 – Descarga Elétrica no Cilindro

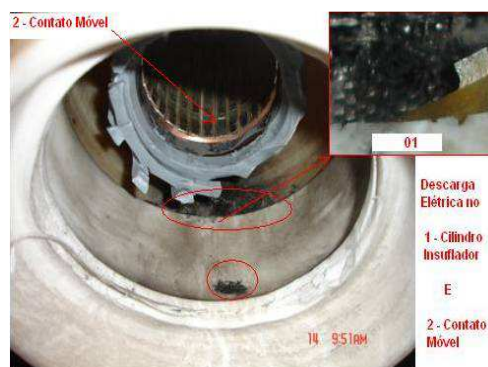


Figura 11 – Descarga Elétrica Contato Móvel



Figura 12 – Peças do Sistema de Extinção Arco

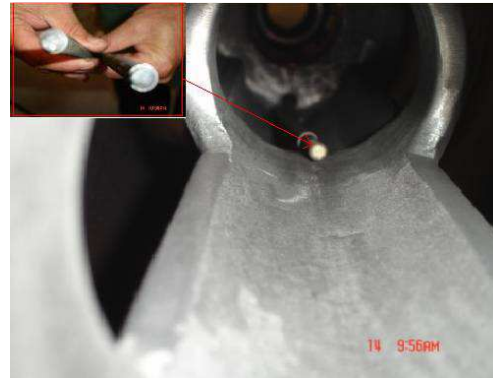


Figura 13 – Detalhes das Barras Guias Quebradas



Figura 14 – Esmalte interior da câmara danificado

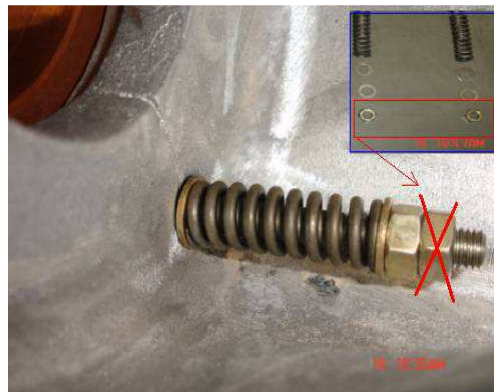


Figura 15 – Falta Contra Porcas das Barras Guias

b. Câmara número 1 (Normal)

- Foi aberta, inspecionada e não encontrada nenhuma avaria.

3.2 Ações para encontrar a causa fundamental da Ocorrência pelo Fabricante com supervisão CESP

Foram analisados os componentes da Câmara avariada e concluímos que há necessidade de:

- Análise química e ensaios de tração na BARRA GUIA, pois durante a desmontagem a mesma se encontrava rompida;
- Análise detalhada dos componentes após desmontagem.

3.3 Resultado das Análises e causa fundamental da Ocorrência

Toda documentação das análises realizadas pelo fabricante em laboratório de ensaios foram apresentados a CESP, com os seguintes resultados:

3.3.1 Análise química e ensaio de tração na Barra Guia.

Os resultados foram considerados satisfatórios, estando o material em conformidade, norma E295GE(ST\_50-2), isto é dentro dos valores especificado.

3.3.2 Análise detalhada dos componentes após desmontagem.

Foi realizada a comparação dos componentes da Câmara avariada e os da Câmara sem avaria. Efetuado verificações dimensionais e de componentes não avariados, conclui – se que, todos os itens verificados estão em conformidade com o especificado.



### 3.3.3 A causa fundamental da Ocorrência.

Com base nos resultados dos ensaios, verificações e análise comparativa das Câmaras o fabricante concluiu que a **causa fundamental** da avaria na câmara (2) do pólo (B) do disjuntor da UG 11 da UHE Jupia, foi à **falta de uma porca de travamento da BARRA GUIA**, que devido às vibrações ocasionadas pelas manobras de abertura e fechamento do disjuntor ocasionaram a queda do ELETRODO DE FLUXO DE CORRENTE.

A não conformidade foi ocasionada por uma falha de montagem das câmaras realizadas pelo fabricante em sua sede fora do Brasil. Houve necessidade de encontrar uma solução eficaz para a inspeção preventiva nas Câmaras dos demais disjuntores (12 Unidades na S/E 440 kV) de forma a evitar uma nova ocorrência.

### 4.0 - A SOLUÇÃO TÉCNICA E INOVADORA DE SUCESSO APLICADA.

Com o objetivo de diminuir a indisponibilidade das UGs (Unidades Geradoras) ao sistema na realização das inspeções preventivas nas câmaras dos demais disjuntores, a CESP com aval do fabricante optou pela realização das inspeções em campo com o disjuntor montado e despressurizado com a utilização de vídeo – Endoscópio Industrial. O ensaio com a utilização de Vídeo-Endoscopia Industrial é uma técnica de inspeção visual remoto, que possibilita avaliar regiões que tenham um difícil acesso e que não possam ser observadas diretamente ao olho humano. A inspeção foi realizada com uma câmera tipo webcam com leds (Luz própria) e resolução de imagem suficiente para focar com nitidez os componentes/peças/detalhes específicos da inspeção, presa na ponta de uma haste (860 X 60 mm), possibilitando o acompanhamento das imagens por um PC.

No período de 20 à 23/07/2010 foi comprovada a eficácia da utilização da Técnica inovadora com registro de imagens e vídeos dos pontos em análise nas câmaras do disjuntor da UG 11 nos pólos A, B e V, ver Figuras 16, 17, 18 e 19.



Figura 16 – WEBCAM - presa a Haste



Figura 17 – Inspeção com WEBCAM - Pólo A



Figura 18 – Inspeção com WEBCAM - Pólo B



Figura 19 – Inspeção com WEBCAM - Pólo C

### 4.1 A utilização da Técnica Inovadora em Procedimento Padrão.

Para realizar as inspeções com segurança e sucesso nas Câmaras dos disjuntores das demais Unidades Geradoras, foi elaborado um procedimento padrão para utilização das equipes de manutenção CESP com supervisão do fabricante. Este procedimento tem as seguintes atividades:

- a. Liberação da Autorização e Execução dos Serviços pela operação e instalação dos conjuntos de aterramento móveis nas fases A, B e V do disjuntor;
- b. Despressurização do circuito do óleo hidráulico do pólo;
- c. Instalação da máquina de gás no pólo e recolhimento da carga de gás SF6 para uma garrafa externa;  
Nota: Será recolhido o gás SF6 do disjuntor somente se a umidade relativa do ar estiver abaixo de 65%.
- d. Desmontagem da tampa central da cabeça de duplo acionamento, retirando o filtro de alumina;  
Nota: O Fabricante garante que os filtros de alumina mantêm suas propriedades até 2 horas de exposição ao ambiente, com umidade relativa máxima de 60%, não sendo necessário substituí-lo se armazenar em estufa com temperatura controlada à 100°C;
- e. Soprar ar seco no compartimento aberto durante a inspeção;
- f. Inspeção visual, com tiragem de fotos, do compartimento do duplo acionamento das câmaras, bielas e cruzeta, para verificação da existência de resíduos de grafite, porcelana e metais;
- g. **Desmontagem da tampa de ruptura do contato fixo, para inspeção com imagem da haste da mola do contato fixo, verificando - se há existência das porcas e contra porcas, ou alguma não conformidade;**  
**Nota: A inspeção será feita através de uma câmera tipo webcam com leds (Luz própria), presa na ponta de uma haste (860 X 60 mm), possibilitando o acompanhamento das imagens por um PC;**
- h. Checagem com ajuda de um torquímetro, o aperto das porcas e contra porcas, aplicando 20 Nm, nas mesmas;
- i. Todos os pontos inspecionados, com imagem, serão fotografados e armazenados eletronicamente;
- j. Não encontrando não conformidades nos pontos inspecionados, será realizada a montagem das tampas, com substituição dos anéis de vedação, fornecidos pelo fabricante;
- k. Instalação da bomba de vácuo no pólo e realização de vácuo, alcançando um valor de 1mbar;
- l. Instalação da máquina de gás SF6 no pólo, realizando o enchimento do mesmo com gás SF6 até a pressão de 7,0 bar à 20°C;
- m. Pressurização do circuito do óleo hidráulico do pólo, até a pressão de 320 bar;
- n. Caso seja encontrada alguma não conformidade na inspeção, a cabeça de duplo acionamento será desmontada do pólo, onde será aberta e reparada, pelo fabricante em campo, ou seja, na UHE Jupia;
- o. Retirada dos aterramentos móveis das extremidades dos pólos do disjuntor;
- p. Devolução da Autorização e Execução do Serviço a operação;
- q. Sincronização da Unidade Geradora (UG) ao Sistema Interligado Nacional – SIN.

A utilização desta técnica inovadora possibilitou a verificação da falha de montagem nas demais câmaras de 05 unidades geradoras dos disjuntores instalados na UHE Jupia, até a presente data (14/03/2011). A aplicação da Técnica inovadora proporcionou uma redução significativa de:

- Indisponibilidade para as verificações de **treze dias** de geração por Unidade Geradora (UG), para **três dias** por Unidade Geradora;
- Mão de obra de manutenção na desmontagem e montagem das Câmaras;
- Custos operacionais envolvidos.

A solução utilizada proporcionou a capacitação dos colaboradores na utilização dessa técnica além da captura de imagem em tempo real, que possibilitou ser usada como filme (análise do evento) ou foto estática para ilustrar relatórios de inspeção e manutenção. Esta técnica se mostrou eficaz, foi realizada com a participação e anuência do fabricante e será implantada nos roteiros de manutenção preventiva periódica dos disjuntores na UHE Jupia.

## 5.0 - CONCLUSÃO

A técnica inovadora aplicada foi uma consequência de fatores inesperados, onde se aproveitou dos avanços tecnológicos existentes (WEBCAM – Vídeo – Endoscopia), que proporcionou uma solução de sucesso. A tecnologia habilita a imaginação a alçar seus voos, mas é a capacidade de empregá-la em arranjos originais que é essencial para a inovação. A inovação implantada com a utilização de endoscopia industrial, possibilitará a execução de manutenção preventiva sem necessidade de desmontagem total do disjuntor em função das características operativas do mesmo.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) <http://pt.wikipedia.org>
- (2) <http://www.nei.com.br/lancamentos/lista-lancamentos.aspx?cr=155570&wBusca=Endoscópios Industriais>

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Izrael Martins Fattori,  
Nascido em Penápolis, São Paulo em 05/09/1964,  
Formado em 1987 pela Escola de Engenharia de Lins em Engenharia Eletrotécnica / Eletrônica.  
Empresa: CESP – Companhia Energética de São Paulo  
Atuou na área de operação e de engenharia de manutenção, atualmente exerce o cargo de Supervisor da Área de Manutenção Elétrica da Unidade de Produção Jupia.