



**XXIII SNPTEE
SEMÍNÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GOP/03
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP

TREINAMENTO DE PROCEDIMENTOS OPERATIVOS ATRAVÉS DE SIMULADOR DIGITAL DE SISTEMAS DE SUPERVISÃO E CONTROLE DA ITAIPU BINACIONAL

**Henrique Ribeiro (*)
ITAIPU BINACIONAL**

**Marcelo Roca Hahn
ITAIPU BINACIONAL**

RESUMO

Para realizar treinamentos práticos, foram selecionadas algumas perturbações de grande porte no histórico da Itaipu Binacional. Com base na sequência de alarmes, é possível repetir a perturbação em simulador; e otimizar as manobras de restabelecimento. Este treinamento vem ao encontro das recomendações do ONS para desenvolvimento de simuladores.

A metodologia aplicada no treinamento, usa um aplicativo digital para a socialização da informação. Os resultados aparecem na detecção de algumas falhas de comunicação e execução. Uma vez detectadas no treinamento, dificilmente as mesmas falhas ocorrerão em tempo real.

PALAVRAS-CHAVE

Simulador, Procedimentos, Comunicação, Treinamento, Falha Humana.

1.0 - INTRODUÇÃO

As análises das ocorrências de perturbações registradas na Itaipu, permitem a criação de cenários para treinamento. A prática da simulação permite o debate técnico para as demais equipes de turno, que não participaram diretamente da recomposição em tempo real. Este exercício estimula a atualização das Instruções Operativas, e também fomenta uma interpretação homogênea dos procedimentos em todos os membros da equipes de turno. O simulador compartilha do mesmo banco de dados, e também tem as mesmas telas; de seu principal sistema digital de controle e aquisição de dados de tempo real (SCADA). Quanto mais rara é a manobra de restabelecimento, maior a necessidade de treinamentos práticos realizando as sequências previstas nos procedimentos.

Os treinamentos, realizados em 2013 e 2014, foram programados para o exercício de manobras sobre o Restabelecimento do setor 60Hz e do setor 50Hz; Operação da Subestação com frequências distintas, devido a separação de barras; Cenários de supervisão para o controle da pressão do Regulador Velocidade; Rearme local de proteção de linhas; Cenários de supervisão do sistema de água pura do Gerador.

Com o objetivo de atender às solicitações do ONS (Operador Nacional do Sistema), e também às recomendações da FERC (Federal Energy Regulatory Commission), os empregados da Divisão de Estudos e Normas, em conjunto com a Divisão de Operação da Usina e Subestações; desenvolveram um conjunto de treinamentos e cenários de recomposição, para a prática de situações previstas nos procedimentos operativos, com foco na máxima segurança e confiabilidade.

2.0 - METODOLOGIA

O método usado no planejamento do treinamento usa um aplicativo digital para a socialização da informação. O aplicativo CCO – Criação de Cenários de Operação - foi desenvolvido por profissionais da Itaipu, e está disponível na intranet da Itaipu. Nesta metodologia, todos os Supervisores e Operadores podem participar da seleção de quais cenários serão usados nos treinamentos. Os cenários propostos ficam disponíveis para edição, deste modo cada Operador pode inserir seus comentários. O aplicativo emite e-mails automaticamente, avisando os usuários sobre os prazos, e o acompanhamento das etapas de preparação dos cenários.

Os critérios utilizados na etapa de execução consistem na observação de vários itens, abrangendo da comunicação às Instruções de Operação. São eles: a interpretação dos alarmes através de um diagnóstico rápido e preciso das causas, o definição se o equipamento está impedido, o acionamento da equipe de manutenção, o correto cumprimento dos procedimentos de restabelecimento, a estimativa do tempo para retorno do equipamento com falha, a correta comunicação entre as salas de controle, e o tempo razoável para as manobras de recomposição. Convém lembrar que o tempo registrado, não é o foco do treinamento, o objetivo é a fomentar a sequência das manobras conforme procedimentos.

Caso a equipe em treinamento execute corretamente as manobras de recomposição, conforme esperado nos procedimentos operativos, o treinamento é considerado concluído. Convém lembrar que: em caso negativo, não é feita uma avaliação numérica sobre o desempenho individual. Nestes casos, é realizada uma sessão de debates e explanações teóricas sobre as anomalias constatadas. E em seguida, é feita uma repetição do mesmo cenário, objetivando sua conclusão com sucesso.

2.1 Estrutura do Simulador

O Treinamento é feito com a participação de seis operadores por sessão. Devido à rotina de turnos de Operação, esta mesma sessão de treinamento é repetida cinco vezes. Deste modo, todos os turnos receberão o mesmo conteúdo, e haverá uma otimização na divulgação do conhecimento teórico e habilidades práticas.

O Simulador de Operação em Tempo Real é composto de três salas separadas por janelas de vidro. Uma sala é onde ficam os instrutores e observadores. Na sala do instrutor são disparados os alarmes, e verificada a correta sequência de manobras, conforme os procedimentos operativos vigentes. As duas salas podem assumir a configuração de simular a sala de controle central (CCR); a sala de controle da SEMD (Subestação da Margem Direita); a sala de operação do sistema; e sala de controle local. A configuração varia conforme o tipo de equipamento/sistema a ser treinado, ou conforme a instrução operativa a ser praticada. Lembrando que o simulador também dispõe de gravação de voz.

3.0 - CASOS SIMULADOS

3.1. Restabelecimento do setor 60Hz

Nas instruções operativas, existem procedimentos para desconexões parciais e totais da Usina. Durante os treinamentos, ambas são simuladas. Para o presente trabalho, será apresentado o caso mais complexo. O cenário reproduz uma condição severa de desconexão de todas as linhas de 500kV do setor 60Hz. ver Figura 1.

Permanecendo todas as linhas desenergizadas, e quatro ou mais unidades geradoras sincronizadas, o operador deve executar as manobras, conform as instruções vigentes:

- a. ajustar a frequência na faixa entre 59Hz e 61Hz;
- b. ajustar a tensão nas unidades em 16,2kV (aproximadamente 460kV na SE-IPU 60Hz);
- c. energizar a LI IPU 60Hz-FI 4 e a LI IPU 60Hz-FI 2 e informar o despachante;
- d. confirmar se está energizada a LI 13,8kV IPU-FI e informar o despachante.

Nota: No caso de impossibilidade de energizar a LI IPU 60Hz-FI 4, o operador deve energizar a LI IPU 60Hz-FI 3. Após essa etapa, O despachante deve:

- a. coordenar ajustes adicionais na tensão da SE-IPU 60Hz;
- b. coordenar a tomada de carga nas unidades geradoras;
- c. coordenar a energização das demais linhas de 500kV.

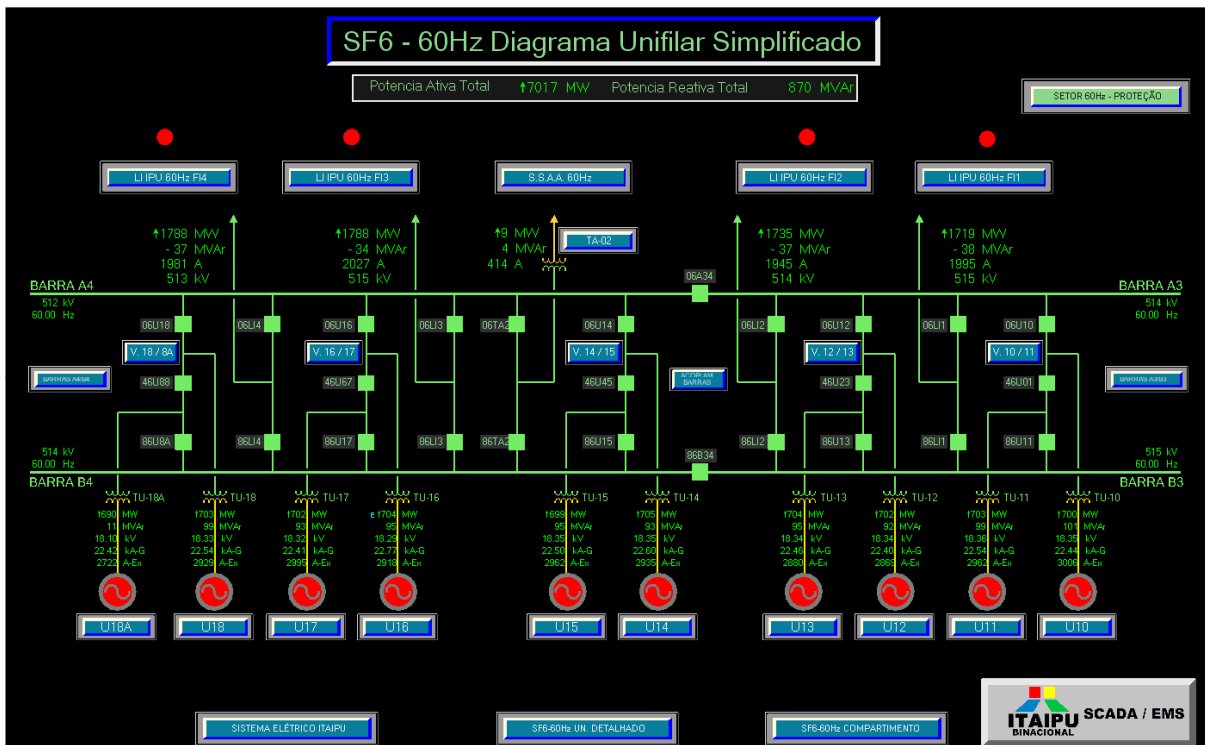


FIGURA 1 – Desconexão total do suprimento em 60Hz

3.2. Restabelecimento no setor 50Hz

A configuração de barra separada para ANDE é necessária quando existe modificação nos quadros de proteção ou nas lógicas de controle. Tal configuração é muito sensível, por isso são investidos esforços no treinamento prático, de modo que a probabilidade de falha humana, devido a erro de manobra, seja minimizada.

A variação de frequência que ocorreu, após a separação dos dois sistemas elétricos foi pequena, formando duas ilhas separadas. Previamente a abertura do último disjuntor, rotineiramente, é feito o ajuste das cargas ativa e reativa, compatibilizando a geração das quatro unidades separadas (U1 a U4) com a carga instantânea da ANDE. Neste cenário, houve uma variação de 0,05Hz. Valor este que está dentro dos parâmetros de confiabilidade.

Neste exercício, foi criado um cenário com a desconexão total da ANDE, permanecendo 3 unidades geradoras disponíveis para as barras separadas. Ver figura 2. A condição de energização do primeiro conjunto transformador precisa que as unidades geradoras tenham tensão máxima de 18kV. Na sequência, é verificado se os operadores da SEMD, consideraram o bloqueio da barra A2. Neste caso, o primeiro autotransformador regulador energizado é T04/R04 ou T05/R05; devido a existência de resistor de pré-inserção nos disjuntores 84T04 e 84T05. Não é permitida a energização do conjunto T02/R02 porque o disjuntor 84T02 não possui resistor de pré-inserção.

O operador da SEMD deve:

- energizar as barras B1/B2 de 220kV;
- se necessário, ajustar a tensão na SE-MD 220kV num valor entre 210kV e 215kV;
- energizar a LI 220 kV MD-ACY 1 ou 2;
- energizar a outra LI 220 kV MD-ACY;
- energizar o transformador T07;
- energizar o transformador T06;
- energizar a barra A1/A2. Essas manobras devem ser informadas ao despachante.

Assim que houver fluxo de potência ativa pelo autotransformador regulador já normalizado, o operador da SE-MD deve energizar e normalizar os demais, sequencialmente e informar ao despachante.

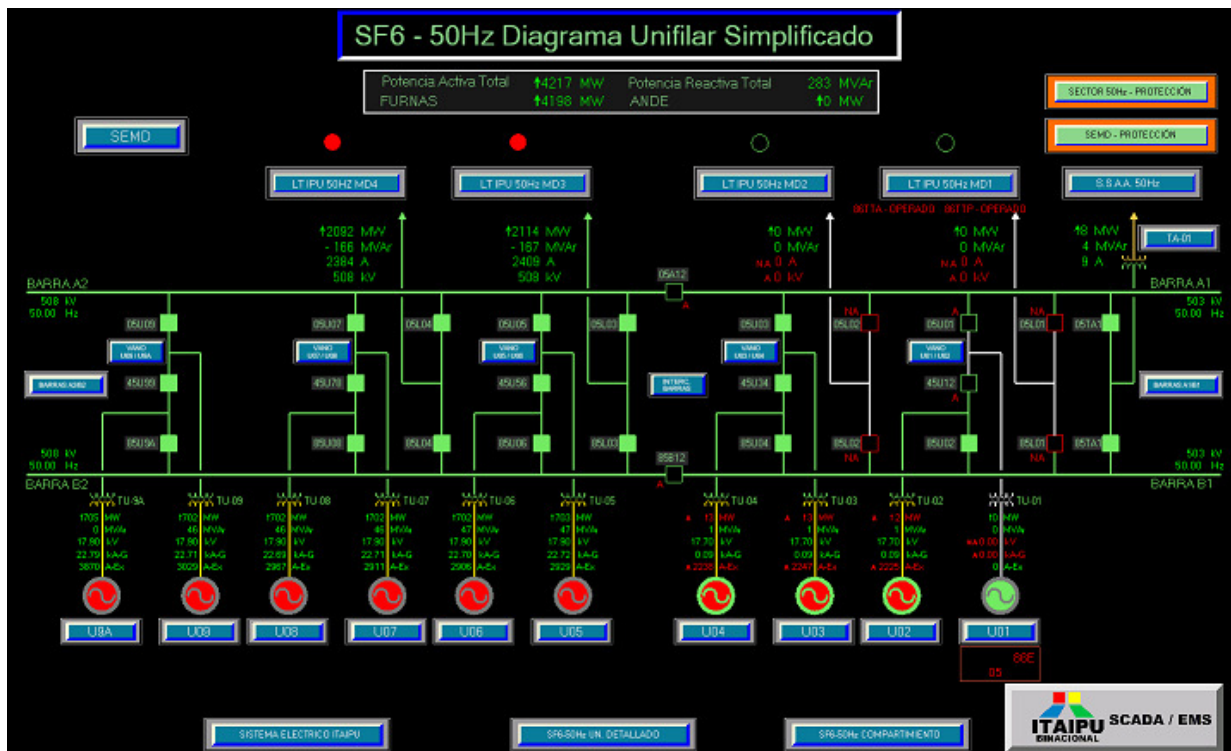


FIGURA 2 – Desconexão do suprimento para ANDE

3.3. Cenário de Supervisão de Geração

Tão importante quanto a correta sequência de manobras de restabelecimento, são as manobras em equipamentos periféricos das unidades geradoras em plena produção. Todos esforços investidos na prevenção de interrupções abruptas são fundamentais para manter a disponibilidade. Os sensores avisam da iminência de um trip. Em certos casos, as manobras operacionais permitem corrigir a anomalia, e em último caso, reduzir a carga da unidade, evitando uma interrupção com impacto na demanda contratada.

Para este exercício, foi reproduzida uma ocorrência em tempo real, na qual as ações operativas evitaram uma desconexão não programada. O sistema de água pura apresentou um vazamento na parte interna do gerador. A supervisão dos níveis dos tanques de reposição e expansão, permitiu ao turno tomar decisões antes que a proteção atuasse.

Neste exercício foi simulada uma falha durante o fim de semana. No instante inicial, o SCADA detecta a atuação do alarme analógico: AGUA_PURA TANQUE REPOSICAO NIVEL BAIXO, sem aceitar rearme. O valor está menor que o limite mínimo de 230 mm.

O Operador desloca-se até o local, e informa ao Operador Sênior os valores verificados nos tanques de expansão e reposição. O Operador confirma o valor de 220 mm, no medidor de nível do tanque de reposição. Este fato descarta a falha do sensor. O tanque de expansão apresenta valor de 280 mm. Portanto, os valores no painel PWB (Pure Water Board) estão compatíveis com os valores do local.

Durante a inspeção, o Operador observa o valor aproximado de 0,3 l/s no 80PW. É esperado que o Operador informe o Operador Sênior da necessidade de iniciar uma inspeção nas tubulações externas do circuito de água pura. O instrutor avisa para considerar que não foi encontrado vazamento na tubulação externa.

Após 10 minutos do início da ocorrência do primeiro alarme, o Operador verifica - no local - os seguintes valores: sensor de vazão para grande vazamento (80PW) com valor de 0,5 l/s. Tanque de reposição com nível em 110mm. Tanque de expansão com 277 mm. O Operador Sênior aciona o responsável pelo sobreaviso da Divisão de Manutenção Mecânica de Unidades Geradoras (SMMU.DT). O empregado da Manutenção informa que dentro de 30 minutos, se apresentará na Usina para solução do motivo pelo qual a variação de fluxo de água pura em reposição, está aumentando.

15 minutos após início da ocorrência, o Operador verifica os seguintes valores: medidor de vazão com 0,7 l/s. Tanque de reposição com valor de nível menor que 100 mm. Tanque de expansão com 240 mm. Com base na evolução do vazamento de água, é possível estimar que nos próximos 20 minutos aproximadamente, os valores de nível atingirão os limites. Em consequência, haverá a desconexão e bloqueio da Unidade Geradora. É esperado que o Operador Sênior, em conjunto com Encarregado de Turno da Operação(ETO), decida por avisar o Despachante da necessidade de parar a unidade para uma inspeção mais detalhada. Em seguida, é feita a

redução de carga do Gerador e posterior parada programada. Com estas ações, foi evitada uma desconexão abrupta de potência ativa, a qual poderia causar impactos na produção e na frequência.

3.4. Supervisão do Regulador de Velocidade

Este é um cenário de supervisão, cujo objetivo é possibilitar que os operadores sejam treinados na simulação de uma situação prática: ocorrência de uma falha na válvula de intermitência de uma das bombas de óleo do sistema hidráulico do Regulador de Velocidade. As ações operacionais, se forem tomadas no tempo correto, e conforme às instruções operativas; certamente irão evitar uma desconexão intempestiva, minimizando os impactos na produção e na confiabilidade.

Nesta situação, o Operador deverá efetuar as manobras necessárias no local, a fim de detectar se a falha é na válvula detectora de pressão ou na válvula de intermitência de uma das bombas de óleo.

Definições:

- Falha na válvula de detectora de pressão: Caso a anomalia operacional ocorra na entrada e saída de carga das três bombas de óleo, significa que a falha é na válvula detectora de pressão, devendo ser negociado como o despachante a retirada da unidade do sistema e acionada a manutenção mecânica.
- Falha na válvula de intermitência: Caso a anomalia operacional ocorra somente na entrada e saída de carga de uma das bombas de óleo, significa que a falha é na válvula de intermitência dessa bomba devendo, se possível, ficar a próxima bomba na sequência de seleção selecionada como principal.

Na situação de defeito na válvula de intermitência de uma bomba de óleo, esta entra em carga e permanece nessa condição, mesmo após a válvula detectora de pressão ter sido pilotada para a posição vazio. Em consequência dessa anomalia, são atuadas as supervisões de nível e pressão alta de óleo do tanque ar/óleo, bem como é atuada a boia de supervisão de nível baixo de óleo no tanque sem pressão.

A atuação da bóia do tanque sem pressão comanda a parada automática da bomba de óleo 01 / 02 / 03, que esteja em funcionamento e mantém a partida bloqueada até que o nível de óleo do tanque seja normalizado. O retorno natural do óleo para o tanque sem pressão provoca o rearme da boia desse tanque, liberando a partida das bombas de óleo do regulador de velocidade.

Caso a equipe não adote o procedimento operacional esperado, permitindo que as bombas de óleo do sistema hidráulico do regulador de velocidade permaneçam paradas, haverá, em consequência, um desligamento automático da unidade devido queda extremamente acentuada do nível de óleo/pressão por atuação da proteção de nível de óleo muito baixo no tanque ar/óleo e/ou de pressão muito baixa no taque ar/óleo. Ver figura 3.

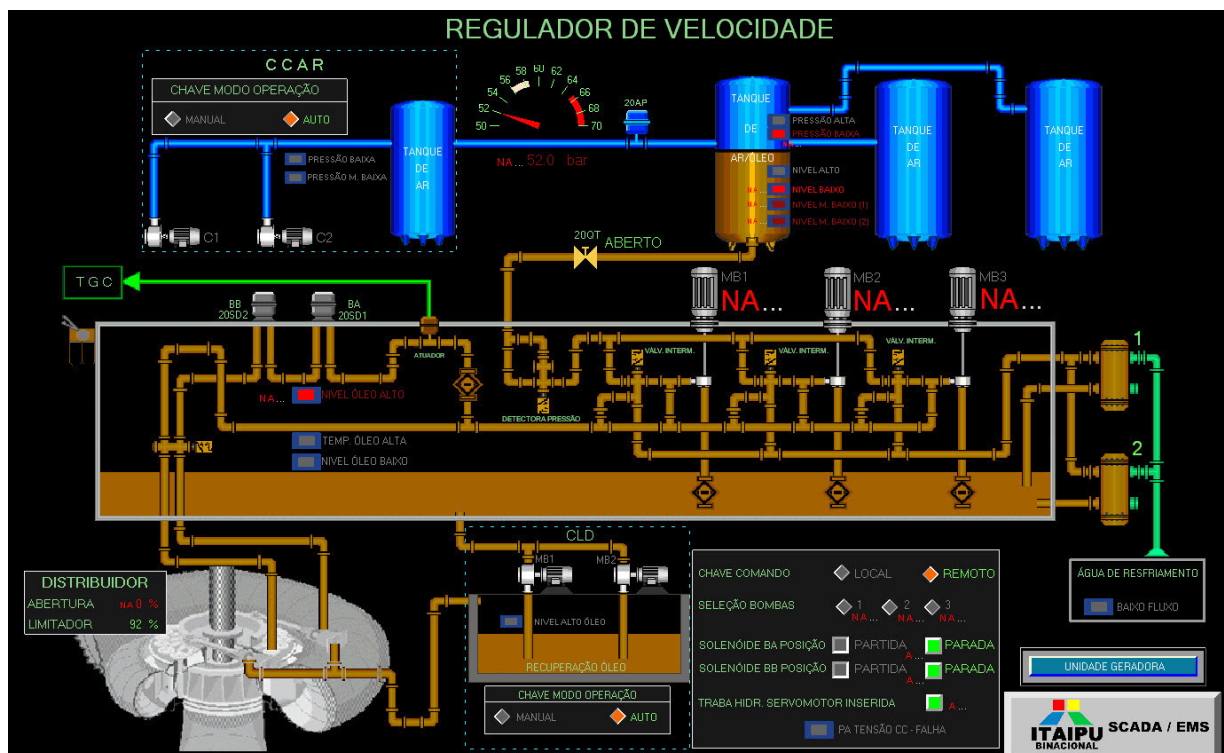


FIGURA 3 – Regulador de Velocidade com pressão baixa no tanque ar/óleo

Ações Esperadas:

- a. Avisar o despacho de carga da ocorrência, e solicitar a unidade em controle Individual;
- b. Abrir da válvula 22 do sistema hidráulico, com o objetivo de repor óleo para o tanque sem pressão através do tanque pressurizado; compatibilizando o nível e a pressão;
- c. Fechar a válvula 22;
- d. Selecionar o painel PA para Local (Chave 43QP);
- e. Partida local das bombas de óleo. Acionar sequencialmente a partida de uma das bombas de óleo. Iniciando a partir da bomba que estava selecionada anteriormente ao alarme;
- f. Verificar comportamento (entrada e saída de carga). Persistindo a anormalidade, fazer reversão de bomba e verificar comportamento. Caso os alarmes ocorram somente em uma das bombas, isto caracteriza falha em somente uma das válvulas de intermitência. Neste caso, avisar a Manutenção de forma programada, sem necessidade de reduzir a carga da Unidade;
- g. Verificar se a anormalidade ocorra em todas as bombas, este fato caracteriza falha na válvula detetora de pressão. Neste caso, devido ao risco de desligamento intempestivo da unidade, é necessário que o Operador Sênior, após autorização do Supervisor do Turno, entre em contato com o Operação do Sistema (despachante); avisando da redução de carga da Unidade e posterior desligamento manual;
- h. Acionar o responsável da Manutenção Mecânica das Unidades Geradoras.

Uma vez executadas as ações acima descritas, dentro de um intervalo de tempo razoável; é possível considerar que foi evitada uma desconexão abrupta de potência ativa, a qual poderia causar impactos negativos na produção e na frequência.

4.0 - RESULTADOS OBTIDOS.

Os resultados aparecem na detecção de algumas falhas de comunicação e execução, que podem levar desconexões. Uma vez detectadas no treinamento, dificilmente as mesmas falhas ocorrerão em tempo real. Estas falhas são discutidas durante o treinamento, a fim de fomentar a análise técnica sobre as instruções operativas, características operativas de equipamentos, e também homologar a interpretação para todos integrantes daquela sessão de treinamento.

Nos últimos dois anos, o índice de falha humana na Operação da Usina foi zero. Isto significa que além dos tradicionais investimentos em planejamento e pré-Operação, o simulador contribuiu significativamente para redução deste índice. Durante este período, o setor 50Hz da Itaipu ficou 18 vezes, em configuração de unidades geradoras separadas exclusivamente para a ANDE. Considerando que esta é uma das manobras mais delicadas, todas as seqüências foram executadas com sucesso.

A utilização do simulador foi um dos fatores importantes que permitiu garantir o suprimento de energia para os clientes, com segurança e disponibilidade. Um dos Supervisores costuma utilizar uma frase bastante interessante: "O Operador poderia ser comparado a um atleta olímpico, que treina 4 anos para jogar por alguns segundos. A diferença é que o atleta olímpico sabe o momento de jogar". Treinar é indiscutivelmente a chave do sucesso. Se, por um lado, apenas o treinamento não é garantia de falha humana zero, por outro a ausência de treinamento é caminho direto para a falha.

A vantagem do uso do simulador tornar o treinamento mais atrativo que uma sessão de palestras teóricas. Outra vantagem é dispor de uma ferramenta, para desenvolver o desempenho coletivo, visando que todos os turnos vivenciem a dinâmica ocorrida com aquele turno que passou pela recomposição.

5.0 - CONCLUSÃO

A experiência sinaliza que o tratamento contínuo da falha humana é primordial para o sucesso do negócio. Investir em treinamento reduz a frequência de ocorrências; e conseqüentemente aumenta a segurança das pessoas, a integridade dos equipamentos e a continuidade da produção.

Treinamento é a chave para todas as plantas de energia que investem seus recursos humanos e financeiros, na busca de atingir os mais altos resultados de produção e confiabilidade.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) LEFEVRE, M. A. P., SANCHEZ, J. M., TORINO, C. V., ISASI, R.A.G., VERGARA, C.A.B., Fighting Human Error in Real-Time Operation: the Experience at the ITAIPU Binacional Hydroelectric Power Plant - Congresso Water Power XV; Julho de 2007; Tennessee, USA.
- (2) TORINO, C. V., MENEZES, F.S., RIBEIRO, H.G., Training Itaipu Operators to work with digital systems; artigo publicado na revista HRW - Hydro Review Worldwide; novembro de 2007; Colorado, USA.
- (3) MENEZES, F.S., ALVAREZ, V.G., RIBEIRO, H.G., Recomposição do Sistema Elétrico de Itaipu 50 Hz; através de simulações práticas do Sistema Digital de Supervisão e Controle, XIII SEPOPE, maio de 2004, Paraná, Brasil.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Henrique Gomes Ribeiro;

- Itajubá - MG, 1972;
- UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá, graduação em Engenharia Elétrica, 1998.
- UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Medianeira - PR, pós-graduação em Automação e controle, 2006.
- Experiência profissional na Itaipu Binacional desde 2000. Exerce função de Supervisor na Divisão de Operação da Usina e Subestações. Área de atuação: Instrutor de procedimentos operativos usando simulador digital.



Marcelo Roca Hahn;

- Asunción, PY, 1976;
- Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (Eng. Eletromecânico com ênfase em Eletrônica).
- Experiência profissional: 2007 a 2015 - Itaipu Binacional, na Divisão de Operação da Usina e Subestações.
- 2005 a 2007 - TELECEL S.A. (Tigo) - RF - Departamento de Operaciones Técnicas.
- 2003 a 2004 - Universidad Nacional del Este (UNE) - (Facultad de Ciencias Económicas - FCE) - Professor Assistente na matéria "Matemática para administradores".
- 2003 - Universidad Nacional del Este (UNE) / Facultad de Ciencias Económicas (FCE) - Professor de Matemática.