



GRUPO IV

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA – (GAT)

**INTERLIGAÇÃO NORTE-SUL: DESAFIOS, PROBLEMAS, SOLUÇÕES E PERSPECTIVAS PARA A
OPERAÇÃO ELÉTRICA INTEGRADA NACIONAL**

M. Groetaers dos Santos* P. Gomes
Lillian Monteath J. C. Ferreira da Luz
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

M. Th. Schilling
Eletrobrás

L. E. S. Ferreira A.C. B. Martins
Nilo J. P. de Macedo I. J. da Silva F^o
FURNAS Centrais Elétricas S.A.

RESUMO

Este artigo registra um conjunto de tópicos de interesse relacionados aos estudos pré-operacionais e de comissionamento da interligação Norte-Sul, propondo a discussão de alguns temas inéditos no contexto da integração do sistema elétrico nacional.

PALAVRAS CHAVE

Interligação, Operação, Planejamento

1.0- INTRODUÇÃO

Os sistemas de transmissão Norte/Nordeste e Sul/Sudeste/Centro-Oeste, que operavam separadamente até meados de 1998, concentram cerca de 95% do consumo de energia elétrica do País. Estudos de planejamento que vinham sendo desenvolvidos desde o início da década de 90 pela Eletrobrás indicavam que a interconexão dos dois sistemas proporcionaria ganhos energéticos significativos, decorrentes da diversidade hidrológica que existe entre eles, permitindo uma operação otimizada dos reservatórios das usinas (1).

Esta conexão estava prevista como resultado da própria expansão do sistema e nos anos 70 uma outra rota de ligação, passando próxima do litoral, chegou a ser intensamente estudada pela Eletrobrás. Foram também exaustivamente estudadas alternativas de interligação contemplando a exploração do vasto potencial hidráulico da margem direita do Amazonas e que demandaria o desenvolvimento de soluções criativas para o transporte de grandes blocos de energia através de grandes distâncias. No âmbito desses estudos foram analisadas alternativas baseadas em transmissão hexafásica, 1200 kV CA, 1000 kV CC, transmissão em potência natural elevada (LTPNE), operação em meia onda, etc. Por razões diversas, nenhum desses empreendimentos avançou além da fase de planejamento. Recentemente, o crescimento acentuado do mercado de energia elétrica, aliado à conveniência de exploração do potencial

hídrico da bacia do Tocantins, propiciou o incentivo necessário para a realização da interligação dos sistemas. Dentre as alternativas cotejadas pela Eletrobrás, concluiu-se que a antecipação da construção de um elo de ligação entre os dois sistemas com capacidade de 1000 MW, permitiria a obtenção de um ganho energético de cerca de 600 MW médios anuais, com custo aproximado de US\$ 15 para cada MWh adicional produzido, que, de per si, justifica o empreendimento, orçado em \$ 738 000 000,00. Além desse aspecto, outros fatores devem ser ressaltados (1):

- a integração do sistema elétrico nacional, com a equalização dos níveis de risco, aumento da confiabilidade, redução das necessidades de reserva girante global e possibilidade de otimização dos programas de manutenção;
- o desenvolvimento econômico-social da região onde será implantado o empreendimento;
- a melhoria das condições de atendimento à demanda do estado do Tocantins;
- a criação de um novo elo de telecomunicações no País, através da utilização de cabos pára-raios com fibra ótica (OPGW);
- o avanço tecnológico indireto, induzido pelo uso de equipamentos inéditos na malha nacional (TCSC - thyristor controlled series capacitor);
- o aperfeiçoamento das técnicas analíticas utilizadas no trato de problemas não convencionais e inéditos, tanto no regime operativo estacionário, como no regime transitório.

Este artigo apresenta um conjunto de tópicos inéditos relacionados ao comissionamento operativo da interligação Norte-Sul, enfatizando aspectos relativos aos estudos pré-operacionais e de comissionamento procurando avaliar futuras necessidades e desafios postos sob a ótica da operação do sistema interligado nacional e de sua expansão.

2.0- ASPECTOS GERAIS(2)

2.1- Caracterização espacial do sistema

O advento da interligação Norte-Sul proporcionou o surgimento de um grande sistema interligado nacional, integrando bacias hidrográficas das regiões Norte e Nordeste as do Sul e do Sudeste. Eletricamente passa-se a contar com uma rede tronco de transmissão estendendo-se, no sentido leste-oeste, do norte da Bahia ao Pará e, no sentido Norte-Sul, do Maranhão a Goiás, daí seguindo, rumo ao sul, através de Minas, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Desse eixo principal derivam os atendimentos radiais aos demais estados brasileiros à exceção daqueles da região amazônica.

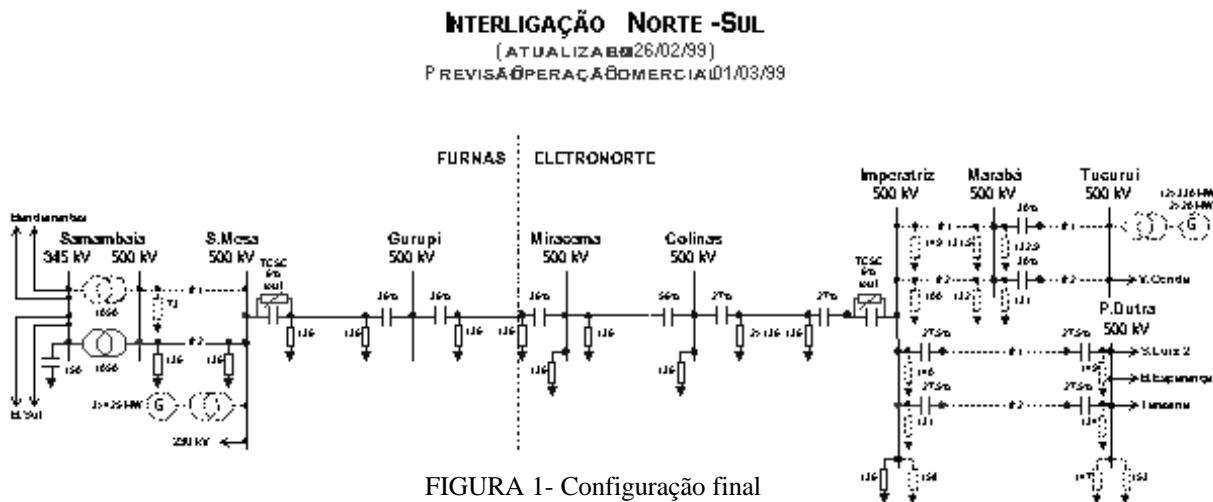
2.2- Contexto tecnológico

Indiretamente, a interligação Norte-Sul representa um avanço tecnológico importante quer pela presença de um novo equipamento como o TCSC, quer pela criação de uma nova rota de comunicações através da instalação de cabos pára-raios de tecnologia OPGW. No que concerne à representação em estudos elétricos desse novo sistema interligado de grandes dimensões e características peculiares, houve a necessidade de des-

empenhimento, Eletrobrás, Furnas e Eletronorte, dos grupos de estudos no âmbito do Planejamento e da Operação vinculados ao GCPS e ao GCOI, contando com a participação das empresas representadas nesses fóruns e do Cepel. Como frutos dessa conjunção sinérgica de esforços resultaram a modernização dos antigos programas de análise estática e dinâmica amplamente utilizados pelas empresas bem como os avanços incorporados às modernas ferramentas produzidas pelo Cepel como o Anarede, NH2 e PacDyn, dentre outras.

2.3- Desempenho da rede

Uma premissa básica adotada durante a fase de estudos de planejamento e de operação foi a de que a interligação Norte-Sul não deveria degradar o desempenho dos sistemas operando separadamente. Feita a opção pela interligação em corrente alternada, foram definidos, além das características da própria interligação, reforços nos sistemas receptores de forma a atender a premissa estabelecida. Um dos possíveis problemas antecipados foi o do modo de oscilação de baixa frequência que resultaria da dinâmica do novo sistema criado pela interligação. Para fazer frente a este problema foi especificada a instalação de dois capacitores série controlá-



envolvimentos computacionais inéditos nos programas de simulação utilizados no Brasil no sentido de dotá-los de capacidade suficiente para comportar a dimensão da nova rede interligada e de permitir a modelagem de novos componentes incorporados, como os TCSCs e seus controles. As novas necessidades de representação estática demandavam a possibilidade de representação de sistemas mistos AC/DC com 3000 barras, a utilização de algoritmos eficientes, quer do ponto de vista de sua estabilidade numérica quer do ponto de vista de tempo computacional, a validação de dados e modelos, etc. Em pouco menos de um ano foi possível adaptar programas e bases de dados às novas necessidades bem como fazer a validação de novos algoritmos, modelos e dados.

A totalidade do esforço envolvido nessas tarefas originou-se das empresas diretamente envolvidas com o

veis nos dois extremos da interligação Norte-Sul.

2.4- A interligação

A Figura 1 apresenta esquematicamente a configuração dos sistemas na parte de sua integração com a interligação Norte-Sul. Destacam-se as seguintes características da linha de interligação:

- Comprimento total de aproximadamente 1200 km de Imperatriz a Samambaia;
- 100% compensada em derivação;
- compensação fixa de 60% da reatância série;
- compensação série variável de 5 a 15% da reatância série total, com repouso em 6%;

Foram incorporados os seguintes reforços ao sistema receptor de Furnas:

- segundo transformador de Samambaia 500/345 kV, 1050 MVA;
- segundo circuito Serra da Mesa–Samambaia 500 kV;
- capacitor de 150 MVar em Samambaia 345 kV;
- adequações de compensação reativa.

E, ao sistema receptor da Eletronorte:

- compensação série de 30% nos circuitos 1 e 2 da linha Tucuruí-Marabá 500 kV, em Marabá;
- compensação série de 55% nos circuitos 1 e 2 da linha Imperatriz-Presidente Dutra 500 kV, sendo 27,5% em Imperatriz e 27,5% em Presidente Dutra;
- adequações de compensação reativa.

Cabe destacar que a UHE Serra da Mesa, embora independente do empreendimento da interligação, representa um reforço fundamental com reflexos importantes sobre a operação da interligação.

3.0- ESTUDOS ELÉTRICOS

Um aspecto marcante do empreendimento da interligação foi o da exigüidade de tempo disponível para execução de todas as etapas envolvidas com o projeto. Tal fato refletiu-se sobre a realização dos estudos elétricos necessários não só para especificação de características elétricas da interligação e de seus equipamentos como também sobre aqueles no âmbito do Planejamento da Operação já que, por força da antecipação de prazos, os processos de planejamento da expansão e de planejamento da operação tiveram seus horizontes superpostos.

A estratégia utilizada no âmbito da operação consistiu, em um primeiro momento, na criação de dois grupos mistos Planejamento/Operação. Os assim chamados Grupos Mistos da Interligação Norte-Sul (GMINS), tiveram sob sua responsabilidade estudar o novo sistema interligado sob o ponto de vista de seu desempenho em regime transitório (GMINS/T) e em regime permanente e dinâmico (GMINS/R).

As atividades desses grupos estenderam-se de março de 1997 a fevereiro de 1998 e foram executadas em grande parte do tempo paralelamente aos estudos elétricos de planejamento da expansão.

Em março de 1998 foram criadas três Forças Tarefas para Estudos Pré-operacionais no âmbito do GCOI, duas em continuidade aos grupos mistos anteriores, denominadas FT-NSPRE/T e FT-NSPRE/R, e uma enfocando o problema do controle carga-freqüência, denominada FT-NSPRE/F.

As atividades dessas forças tarefas, acompanhadas nos meses de janeiro e fevereiro de 1999 das atividades de uma força tarefa específica para o comissionamento, culminaram com a entrada em operação comercial da interligação Norte-Sul em março de 1999.

3.1- Regime permanente

Anteriormente à entrada em operação da UHE Serra da Mesa e da interligação Norte-Sul, a área GO/Brasília caracterizava-se por ser um sistema radial cujo maior problema residia na determinação de um adequado controle de tensão e no controle de eventuais sobrecargas em equipamentos, resultantes de contingências no sistema de transmissão de suprimento à área.

Com a entrada da primeira máquina da UHE Serra da Mesa, afastaram-se os problemas de controle de tensão com sensível melhora do desempenho.

A entrada em operação da interligação Norte-Sul representou nova mudança significativa para o desempenho da área, reforçando o controle da tensão em condições de regime permanente.

Efeito similar pode ser verificado no controle de tensão da interligação Norte/Nordeste, permitindo simplificar procedimentos. Ganho significativo foi observado nos limites de transferência de potência através dessa interligação.

3.2- Regime dinâmico

Sob a ótica da avaliação do desempenho do sistema em regime dinâmico pode-se dizer que é neste âmbito que residem os maiores desafios para a operação do sistema integrado nacional.

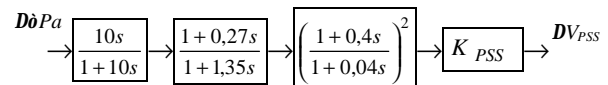


FIGURA 2– Diagrama de blocos com a compensação de fase dos PSSs

Já nos estudos de planejamento havia uma preocupação com relação ao modo de baixa freqüência Norte-Sul. Tal preocupação era justificada pois o baixo amortecimento característico desse modo de oscilação poderia trazer dificuldades na manutenção do sincronismo entre os sistemas N/NE e S/SE. Os estudos demonstraram a eficácia da atuação dos TCSCs no amortecimento das oscilações de baixa freqüência. Adicionalmente, já no contexto dos estudos pré-operacionais, foi realizado um estudo exclusivo de otimização de controladores(3) visando o projeto de sinais adicionais estabilizadores, a serem instalados em pontos estratégicos do sistema, de forma a conferir amortecimento adicional para o modo oscilatório de baixa freqüência. Conforme ficou demonstrado em simulações realizadas com o programa Pacdyn, os pontos ideais para colocação de esforço adicional de estabilização foram identificados nas usinas de Xingó, Paulo Afonso IV e Itaparica, na Chesf. Simulações de estabilidade no domínio do tempo, realizadas com os programas Microdin e Anatem, confirmaram a efetividade do sinal estabilizador proposto, cuja estrutura é apresentada na Figura 2, na qual se destaca a presença de um terceiro bloco cuja função é conferir adequada compensação de fase ao sinal estabilizador na freqüência de interesse, como pode ser observado na Figura 3. Também ficou demonstrada a inexistência de interação adversa entre estes sinais e os controles do TCSCs. A Figura 4 mostra o comportamento dos autovalores do sistema para

variações do ganho do estabilizador, relativamente aos ajustes anteriores e aos ajustes propostos.

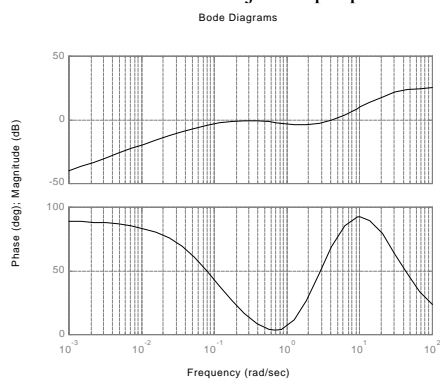


FIGURA 3– Diagrama de Bode da compensação de fase dos PSS's

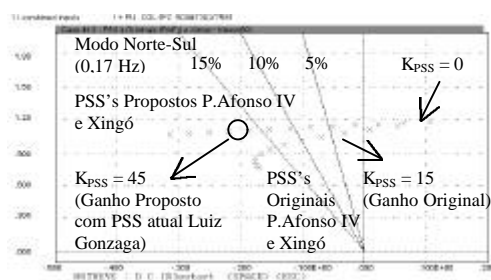


FIGURA 4– “Root Locus” com variação dos ganhos dos PSS's originais e propostos de Paulo Afonso IV, Xingó, mantendo-se o ajuste atual de Luiz Gonzaga

Todavia, se do ponto de vista das pequenas perturbações o sistema apresentava bom amortecimento, confirmado ainda por simulações no domínio do tempo de distúrbios do tipo curto-circuito eliminado por abertura do elemento defeituoso, em algumas situações poderiam ocorrer distúrbios tais que se potencializaria uma perda de sincronismo Norte-Sul(4).

Tais situações estão associadas a perda de grandes blocos de geração no SE (por exemplo por atuação das lógicas 2 e 5 dos esquemas especiais de proteção do tronco de 765 kV) ou de outros distúrbios que provoquem incremento transitório significativo na injeção de potência via interligação Norte-Sul no sistema receptor SE. Para contornar essas situações foram implantados ajustes nas proteções para perda de sincronismo da interligação nas subestações de Serra da Mesa e Gurupi(4).

A experiência adquirida durante os estudos deixou clara a possibilidade de propagação de distúrbios envolvendo grandes oscilações entre áreas do sistema. Assim, no caso de perda de sincronismo Norte-Sul, é possível que, após a separação dos sistemas por atuação da PPS em Serra da Mesa, o centro elétrico do sistema se desloque para a interligação S/SE, forçando sua abertura pela atuação dos esquemas para perda de sincronismo ali existentes. A Figura 5 mostra uma situação na qual após a atuação da PPS Norte-Sul, a máquina de Itaipu apresenta uma oscilação sustentada que eventualmente poderia se tornar instável.

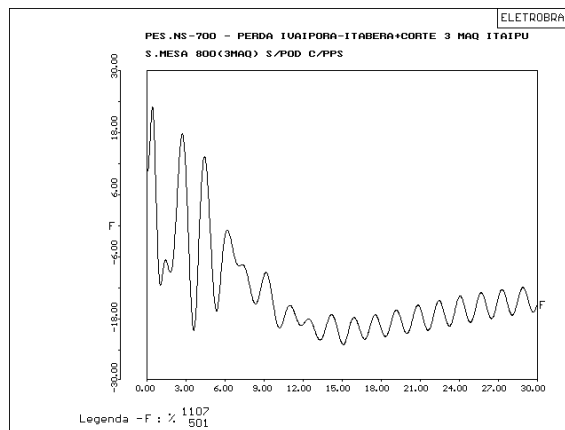


FIGURA 5- Ângulo de Itaipu após atuação da PPS

3.2.1- Regime lento

A Força-Tarefa Para Estudos Pré-Operacionais de Controle Carga-Freqüência para a Interligação Norte-Sul teve por objetivo determinar medidas a serem tomadas visando contemplar as regulações primária e secundária e a Reserva de Potência, além de aspectos gerais ligados a estes assuntos, para que o sistema formado após a entrada em operação dessa interligação tivesse desempenho seguro e confiável(5). Essa interconexão revestiu-se de diversos aspectos relevantes, sendo que, para este grupo de estudos, dois mostravam-se mais significativos, a saber, os aspectos elétrico e operativo.

O aspecto elétrico, sem dúvida o mais importante, advinha da interconexão de dois sistemas bastante diferentes que independentes funcionavam de maneira satisfatória e que deveriam formar um sistema com desempenho adequado quando interligados.

O aspecto operativo surgia em função de serem dois sistemas com sistemáticas operativas próprias, sob o ponto de vista do Controle Automático de Geração e que, unidos, deveriam operar harmoniosamente.

A coordenação desta força-tarefa buscou então, em consonância com os participantes, representantes das dez empresas controladoras de área (oito do Sul-Sudeste e duas do Norte-Nordeste), definir objetivos para cada um dos aspectos considerados. Sob o ponto de vista elétrico, a meta seria que o desempenho do novo sistema interligado não poderia ser degradado em relação àquele dos sistemas independentes. Já sob o aspecto operativo buscar-se-ia a unificação de procedimentos entre as empresas envolvidas.

Relativamente ao aspecto elétrico, o primeiro passo foi a coleta de informações a respeito dos sistemas de regulação de freqüência e do levantamento das estratégias atuais de operação. A partir daí buscou-se verificar as características particulares dos dois sistemas que se mostrassem incompatíveis ou que pudessem representar situações indesejáveis após a interligação. Foi identificada assim a necessidade de recomendar-se que

parâmetros dos sistemas de controle associados ao controle de frequência que têm valores padronizados e não estavam atendendo ao padrão fossem reajustados. Como exemplo pode ser citado o estatismo permanente dos reguladores de velocidade, cujo valor determinado é 5%, e verificou-se que algumas usinas não estavam ajustadas neste valor.

Sob o ponto de vista das análises computacionais, inicialmente foram simulados os dois sistemas separadamente, com o objetivo de analisar seu comportamento antes da interligação, para posteriormente verificar-se se seria atendida a premissa básica de não haver degradação após a entrada da Norte-Sul. Foram utilizados em todas as situações os mesmos casos-base adotados pela FT-NSPRE/R, após reduzidos com o auxílio de um programa computacional. Foram aplicados diversos impactos em cada um dos sistemas isolados, tendo-se analisado o comportamento da frequência em cada caso. Os sistemas foram então interligados e aplicados os mesmos impactos. Partiu-se então para análises mais detalhadas sobre o comportamento no novo sistema, considerando-se os cenários de carga pesada e média.

Dessas análises foram tiradas conclusões que, em alguns casos, levaram à necessidade de formulação de recomendações às empresas controladoras de área. Um exemplo foi a recomendação pela disponibilidade em todos os equipamentos de CAG do modo de operação Tie-Line-Bias, que os estudos apontaram como o mais adequado para ser adotado em todas as áreas de controle.

No que tange ao aspecto operativo, a coordenação da força-tarefa procurou provocar nas reuniões uma grande troca de informações, para que representantes de empresas de um sistema pudessem se familiarizar com os procedimentos adotados no outro sistema. Isto mostrou-se especialmente valioso no sentido que pode-se identificar situações com o potencial de trazer alguma operação inadequada e que foram objeto de recomendações, evitando-se problemas futuros, após efetivada a interligação. Como exemplo pode ser citado o fato de que havia diferença entre o horário de início das alterações programadas de intercâmbio entre as empresas controladoras do Norte-Nordeste e as do Sul-Sudeste-Centro-Oeste. Estando os sistemas independentes não aconteciam problemas, porém, se após a interconexão fosse mantido este procedimento, ele provocaria variações de frequência consideráveis, dependendo do montante da reprogramação desejada.

Esta comparação dos procedimentos operativos adotados sob o ponto de vista do controle carga-frequência e a troca de informações entre os participantes foi mantida durante todo o período da força-tarefa, tendo sido sempre incentivadas pela coordenação em todas as reuniões.

Finalmente, cabe destacar a identificação da necessidade de uniformização de procedimentos operativos e de

ajustes de parâmetros entre as diversas empresas envolvidas.

3.2.2- Estabilidade de tensão

Foram analisados os eventuais problemas de instabilidade de tensão em determinadas áreas, investigando-se a possibilidade de “colapsos de tensão” parciais e/ou totais decorrentes de situações de instabilidade de tensão na interligação Norte/Sul.

A análise estática que foi realizada é composta de Levantamento de Curvas P x V, com rampa de Carga no Sistema Sul/Sudeste com tomada de carga no Sistema Norte/Nordeste e vice-versa, e levantamento de Curvas Q x V, todos em períodos de cargas pesada e leve.

O estudo foi complementado por uma análise modal, com identificação dos polos dominantes de interesse, com análise da forma de modo e com estudo de resíduos da função de transferência $\Delta V_b / \Delta B_{shu}$ para uma análise de sensibilidade com o objetivo de se estabelecer os barramentos mais críticos associados a este modos, e com a indicação de onde se é mais eficaz a instalação de equipamentos de controle de tensão e/ou equipamentos FACTS(6).

Foi também feita, uma análise dinâmica de longo termo para verificação de instabilidade de tensão na interligação Norte/Sul devido a crescimento de carga no Sistema Norte/Nordeste com tomada de carga no Sistema Sul/Sudeste e vice-versa, considerando-se a rede alterada. E, finalmente, foi feita uma análise da atuação do limitador de sobre-excitação das máquinas da UHE Serra da Mesa.

Os resultados indicaram, até o momento, um bom comportamento da Interligação Norte/Sul no que se refere a estabilidade de tensão, não se verificando modos próximos da região instável e com aumentos de carregamento apresentando bons perfis de tensão.

3.2.3- Perturbações geomagnéticas

Não foi realizado nenhum tipo de avaliação dessa natureza nos estudos de integração da interligação Norte-Sul. Todavia, a atual continuidade da rede elétrica nacional se dá numa extensão geográfica suficientemente ampla para que fenômenos oriundos de perturbações geomagnéticas possam eventualmente vir a estar na origem de perturbações no sistema elétrico.

Estes fenômenos possuem a característica de serem ultralentos, provocados por tempestades solares, já tendo sido associados a blecautes no Canadá.

4.0- CONCLUSÕES

Tomada a decisão de construção da linha de interligação entre os sistemas Norte/Nordeste e Sul/Sudeste brasileiros, justificada pelo benefício representado pela equivalente agregação de um ganho energético para os sistemas interligados da ordem de 600 Mw médios., aceleraram-se os processos de planejamento de forma a viabilizar, em tempo recorde, a realização deste importante empreendimento para o sistema elétrico nacional.

A importância do projeto, aliada às características inéditas de algumas soluções técnicas adotadas para viabilizar a interligação em corrente alternada - como, por exemplo, a utilização de capacitor série controlado - e à exigüidade de prazo para realização de obra de tal magnitude, impuseram enormes desafios, superados através do alto grau de profissionalismo e de maturidade atingido pelo Setor Elétrico Brasileiro.

Como esperado, a Operação também se viu diante do desafio de preparar os sistemas para a futura entrada da interligação lidando, em vista da superposição temporal dos processos de planejamento e operação imposta pela decisão de antecipação das decisões de implantação do empreendimento, com incertezas e problemas cuja magnitude foi, freqüentemente, conhecida e avaliada ao passo da execução dos estudos pré-operacionais. Mais uma vez foi colocada à prova a capacidade de se gerar respostas adequadas em um ambiente de pressões de tempo, de contenção de pessoal especializado e de compromisso com a qualidade e segurança das soluções apontadas.

O momento por que passa a Engenharia de Sistemas de Potência, especialmente no Brasil, é rico em promessas, expectativas e problemas. Grandes transformações, preconizadas e preparadas em tempos recentes, ocorrem em velocidade cada vez maior, afetando não só a organização empresarial do setor mas, também, a forma de planejar e operar os sistemas elétricos, agora mais voltada ao mercado e à competição. Neste contexto estabelece-se a unificação elétrica nacional. Em que pesem os aspectos competitivos da nova organização institucional do setor, não temos receio em afirmar que ainda existirá amplo espaço para a cooperação, sendo o próprio advento do Projeto Norte-Sul um forte exemplo de cooperação bem sucedida.

Finalmente, gostaríamos de enfatizar a intenção dos autores em valorizar a enorme cadeia de parcerias e competências colocadas à disposição do sucesso do empreendimento denominado Interligação Norte-Sul.

4.0- AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os engenheiros que participaram dos Grupos Mistos e das Forças Tarefas da Interligação Norte-Sul no âmbito do CTST/GCPS e do SCEL/GCOI, cujo profissionalismo contribuiu de forma invalorável para o sucesso do Projeto Norte-Sul e tornou possível este artigo.

Parte do desenvolvimento deste artigo foi patrociniado pelo projeto FINEP/RECOPE 0626/96-SAGE, CNPq (Projeto 522849/96-2) e FAPERJ (Projeto E-26/171.060/98 APQ1).

5.0- BIBLIOGRAFIA

- (1) SALOMÃO, J.C.S. Interligação Norte-Sul: Principais Aspectos do Empreendimento, Simpósio Sobre Interligações Elétricas, CIGRÉ Brasil, Rio de Janeiro, 3-5 Set., 1997.
- (2) GAMA, C.A., ANDRADE, J.L.R., SILVA, E.F., FERREIRA, V.M. A Interligação Norte-Sul. Descrição Geral do Empreendimento, 6º EDAO, 13-18 Set., 1998.

- (3) FORÇA TAREFA DA INTERLIGAÇÃO NORTE-SUL PARA ESTUDOS PRÉ-OPERACIONAIS DE REGIME PERMANENTE E DE REGIME DINÂMICO, Estudos de Otimização do Desempenho de Controladores, Relatório SCEL/FT-NSPRE/R-01/98, Out., 1998.
- (4) GROETAERS DOS SANTOS, M., ORDACGI F^o, J.M., MARTINS, S.B., GEBIEN F^o, H., MARTINS, C.G., ALVES, S.R.M., MARTINS, A.C.B., SILVA F^o, I.J., LIMA, R.C. Investigação De Perda De Sincronismo Entre Os Sistemas Interligados Norte-Sul Devido A Impacto Severo De Geração No Sistema Interligado Sul-Sudeste. Identificação Do Problema E Propostas De Solução Através De Esquemas Especiais De Proteção, XV SNPTEE, Foz do Iguaçu, 17-22 Out., 1999.
- (5) FORÇA TAREFA PARA ESTUDOS PRÉ-OPERACIONAIS DE CONTROLE CARGA-FREQÜÊNCIA PARA A INTERLIGAÇÃO NORTE-SUL, Relatório de Estudos, Nov. 1998.
- (6) MARTINS, A.C.B., CORREIA, L.R.A., GOMES, A.V., PINTO, H.J.C.P., Estudos e Ferramentas de Estabilidade de Tensão Utilizados no Âmbito do Planejamento da Operação Elétrica do Sistema Interligado, XIII SNPTEE, Outubro 1995.
- (7) SCHILLING M. TH., GOMES P., MELLO J. C.O, NASSER I.C., Aferição da Qualidade Operativa da Rede Elétrica no Brasil, IV SEPOPE, Foz do Iguaçu, Mai 1994.