

Grupo de Estudo de Operação de Sistemas Elétricos (GOP)

#### RELATÓRIO ESPECIAL PRÉVIO

Antonio Carlos Barbosa Martins - Furnas  
André Luiz Diniz Souto Lima - CEPEL  
Paulo Gomes - ONS

#### 1.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Grupo de Estudo de Operação de Sistemas Elétricos - GOP - analisou em torno de 80 resumos e, após a classificação dos Relatores, 36 ITs foram aprovados pelo Comitê Técnico do XXIV SNPTEE. Dos 36 ITs aprovados, 34 ITs foram enviados pelos autores e analisados pelos Relatores do GOP. Desta análise foi criado o Relatório Especial Prévio - REP – composto por breve relato do perfil dos ITs aprovados, perguntas e comentários aos autores dos ITs e a grade de programação do GOP. Sete ITs estão aderentes ao Tema Preferencial 1, Metodologias para previsão de mercado de energia elétrica. Três ITs abordam o Tema 2 - Planejamento da oferta considerando a diversificação da matriz energética. Dois ITs foram classificados no Tema 3 - Planejamento da transmissão considerando incertezas. Desafios na integração de grandes blocos de geração e Tarifação da transmissão e da distribuição, valoração das perdas e custos de referência (Temas 4 e 5) são os temas de 18 ITs. Um IT aborda Novas metodologias para avaliação e monitoramento de impactos socioambientais (Tema 6). E, finalmente, cinco ITs abordam o Tema 7 - Integração eletroenergética na América Latina.

O Relatório Especial Prévio - REP apresenta a grade de programação, um breve relato dos IT selecionados e perguntas previamente elaboradas pelos relatores.

Constatações Técnicas Prévias:

- Preocupação com atualização dos procedimentos de Black Start em usinas para fazer frente a grandes distúrbios;
- Procura de novas metodologias mais precisas de previsão de ventos, para o planejamento das Usinas eólicas;
- Surgimento de novas tecnologias de Realidade Virtual para operação a distância de subestações;
- Importância dos estudos de previsão e geração de cenários de vazões naturais às usinas hidroelétricas levando em consideração informações de chuvas, dados meteorológicos, e o possível impacto das mudanças climáticas;
- Necessidade de contínuo aprimoramento dos estudos de mecanismos de aversão ao risco aplicados ao problema de planejamento e operação hidrotérmica;
- Necessidade de realizar estudos de determinação da reserva operativa do sistema, frente ao crescimento da parcela de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira;
- Com a integração crescente as usinas eólicas aumenta também a importância de se rever o cálculo da reserva de potência Operativa.
- É crescente a necessidade de se dispor nos centros de controle de recursos avançados para avaliação das condições climáticas e para detecção de queimadas e de descargas atmosféricas;
- Em algumas áreas da rede de 138 kV de São Paulo tem-se verificado um aumento significativo dos níveis de curto circuito. As soluções a serem adotadas devem considerar a não degradação da segurança operativa da rede;
- Um questão que tende a se tornar cada vez mais importante: a capacidade operativa das linhas de transmissão.

#### 2.0 CLASSIFICAÇÃO DOS INFORMES TÉCNICOS

Os ITs foram bem classificados, com a média das notas por parte dos relatores situando-se próxima a 8,0. A classificação dos ITs, de acordo com os temas preferenciais do GOP no XXIV SNPTEE, se apresentou da seguinte forma: os ITs

cobrem os 7 Temas Preferenciais - Metodologias para previsão de mercado de energia elétrica (Tema 1) com 7 ITs; Planejamento da oferta considerando a diversificação da matriz energética (Tema 2) com 3 ITs; Planejamento da transmissão considerando incertezas (Tema 3) com 2 ITs; Desafios na integração de grandes blocos de geração (Tema 4) com 4 ITs; Tarifação da transmissão e da distribuição, valoração das perdas e custos de referência (Tema 5) com 14 ITs; Novas metodologias para avaliação e monitoramento de impactos socioambientais (Tema 6) com 1 IT; e, Integração eletroenergética na América Latina (Tema 7) com 5 ITs, somando os 34 ITs.

Oito ITs tratam de ferramentas e métodos computacionais. Oito ITs tratam de modelagem, sendo abordados os assuntos: o problema de comissionamento de unidades hidrelétricas, programação dinâmica dual e a definição dos parâmetros da superfície de aversão ao risco. Cinco ITs tratam de previsão probabilística. Quatro ITs abordam recomposição. Quatro ITs abordam a integração de eólicas. Três ITs tratam de realidade virtual. Dois ITs abordam a aversão ao risco. Um IT trata de erros grosseiros em previsões. Um IT trata de erros humanos. Um IT trata de capacidade operativa.

#### **2.1 227 Operação do sistema em condições normais e em contingências:**

- 242 - ANÁLISE QUANTITATIVA DO IMPACTO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA SOBRE A MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA
- 265 - INTEGRAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE SSA AO SISTEMA EMS SAGE
- 356 - INTEGRAÇÃO DA UHE TELES PIRES AO SIN \* DESAFIOS OPERATIVOS VIVENCIADOS PELO ONS
- 387 - FUNÇÕES OPERACIONAIS DO CONTROLE MESTRE NO SISTEMA HVDC DO MADEIRA: COORDENAÇÃO ENTRE BIPOLOS, BACK-TO-BACK E USINAS.
- 8 - REDUÇÃO DO NÍVEL DE CURTO CIRCUITO EM REDES DE SUBTRANSMISSÃO UTILIZANDO REATORES COM NÚCLEO DE AR
- 158 - CAPACIDADE OPERATIVA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: LIMITE REAL X LIMITE CONTRATUAL
- 302 - ESTRATÉGIA PARA PREVENÇÃO DO ERRO HUMANO DURANTE A EXECUÇÃO DE MANOBRAS EM SUBESTAÇÕES DE TRANSMISSÃO
- 163 - METODOLOGIA DA GESTÃO DAS PREVISÕES DE GERAÇÃO EÓLICA EM TEMPO REAL NOS CENTROS DE OPERAÇÃO DO ONS

#### **2.2 228 Recomposição do sistema de potência**

- 495 - RECOMPOSIÇÃO DA UHE JIRAU - BLACK START COM 13 UNIDADES GERADORAS EM TEMPO INFERIOR A 20 MINUTOS
- 15 - FERRAMENTAS DE APOIO À RECOMPOSIÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE TRANSMISSÃO NA CEEE-GT
- 170 - SINCRONIZAÇÃO AUTOMÁTICA APLICADA A FECHAMENTO DE PARALELO ENTRE ILHAS E FECHAMENTO DE ANEL NO SIN
- 183 - NOVOS PROCEDIMENTOS E PRÁTICAS PARA MELHORIA DO PROCESSO DE RECOMPOSIÇÃO DOS SISTEMAS APÓS GRANDES PERTURBAÇÕES

#### **2.3 229 Operação em ambiente competitivo**

- 349 - UMA VISÃO GERAL SOBRE AS QUESTÕES RELACIONADAS COM A INTEGRAÇÃO E OPERAÇÃO DE USINAS DE ENERGIA EÓLICA NO SISTEMA BRASILEIRO INTERLIGADO
- 238 - COORDENAÇÃO DA GERAÇÃO EM MERCADO COMPETITIVO

#### **2.4 230 Gestão da informação e qualidade na operação**

- 137 - RVCEMIG: USO DE REALIDADE VIRTUAL NA OPERAÇÃO E CONTROLE DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA
- 223 - AMBIENTE GRÁFICO INTERATIVO PARA TREINAMENTO DE OPERADORES DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA
- 4 - UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS GRATUITOS VOLTADOS A AVALIAÇÃO DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E A DETECÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E DE QUEIMADAS PELA ELETROFORSE NO SISTEMA ELÉTRICO DO MATO GROSSO
- 251 - GERENCIAMENTO DE ALARMES NA ELETROBRAS ELETROSUL

#### **2.5 231 Planejamento e programação da operação**

- 334 - ESTUDOS E SOLUÇÕES PARA INTEGRAÇÃO DE USINAS EÓLICAS EM REDES FRACAS \* EXPERIÊNCIA DO PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO
- 51 - PROPOSTAS PARA A PREVISÃO PROBABILÍSTICA DA GERAÇÃO EÓLICA
- 64 - VANTAGENS EM SE CONSIDERAR METAS DE DEMANDA PARA GRUPOS DE USINAS NA MODELAGEM DO PROBLEMA DE COMISSONAMENTO DE UNIDADES HIDRELÉTRICAS
- 102 - SISTEMA DE PREVISÃO DE VAZÕES A JUSANTE DE ITAIPU
- 227 - ESTIMATIVA DE HIDROGRAMAS AFLUENTES A RESERVATÓRIOS OBTIDOS UTILIZANDO O FILTRO DE KALMAN POR ENSEMBLE
- 325 - CO-OPTIMIZAÇÃO DE ENERGIA E SERVIÇOS ANCILARES NO PLANEJAMENTO DE MÉDIO-PRAZO DE SISTEMAS HIDROTÉRMICOS
- 353 - AVALIAÇÃO DO USO DE RESTRIÇÕES PROBABILÍSTICAS PARA A SUPERFÍCIE DE AVERSÃO A RISCO NO PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO DA OPERAÇÃO HIDROTÉRMICA
- 408 - AVALIAÇÃO DOS DADOS CADASTRAIS UTILIZADOS PARA CÁLCULO DA PRODUTIBILIDADE DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DO SIN
- 444 - PROGRAMAÇÃO DINÂMICA DUAL: ESTRATÉGIAS EFICIENTES APLICADAS A PROBLEMAS ESTOCÁSTICOS DE COORDENAÇÃO HIDROTÉRMICA
- 471 - AVALIAÇÃO DO USO DE INFORMAÇÃO DE CHUVA PARA PREVISÕES DE VAZÕES NO PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO DE CURTO PRAZO
- 473 - NECESSIDADE DE RESERVA GIRANTE E IMPACTOS NO SIN DEVIDO À INSERÇÃO DE GERAÇÃO INTERMITENTE
- 488 - DETERMINAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAR A INCERTEZA NA PREVISÃO DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO AFLUENTE POR SISTEMAS HIDRO-METEOROLÓGICOS PARA AUXÍLIO NA OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E PLANEJAMENTO HIDRO-ENERGÉTICO
- 493 - METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DA SUPERFÍCIE DE AVERSÃO AO RISCO

#### **2.6 294 Disponibilidade de ativos e penalidades**

- 326 - MONITORAMENTO DE SEGURANÇA E OPERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES ATRAVÉS DE SISTEMA DE IMAGENS, SEGURANÇA VIRTUAL E CENTRAL DE MONITORAMENTO

#### **2.7 305 Uso de sistemas informatizados.**

- 30 - APLICATIVO DE SUPORTE À OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS
- 417 - PROCESSAMENTO DE ERROS GROSSEIROS ASSOCIADO A MÉTODOS DE FUSÃO DE ESTIMATIVAS EM SISTEMAS DE POTÊNCIA MONITORADOS POR MEDIDAS CONVENCIONAIS E FASORIAIS

### **3.0 RELATÓRIO SOBRE OS INFORMES TÉCNICOS**

### 3.1 - ANÁLISE QUANTITATIVA DO IMPACTO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA SOBRE A MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

GARCIA, P.H.V.(1);PEREIRA, J.D.S.(1);PERRETTO, H.(1);BENEDITO, R.A.D.S.(1); - UTFPR(1);

Este artigo estuda o efeito da inserção de Geração Distribuída na estabilidade de tensão de sistemas elétricos de potência, utilizando a função de Fluxo de Potência Continuada do programa ANAREDE do CEPEL. Tal programa proporciona de forma simples e prática a obtenção das curvas PV, que indicam a margem de carregamento do sistema, bem como o ponto de máximo carregamento ou ponto de colapso de tensão. As análises e simulações foram feitas no sistema 57 barras do IEEE, e demonstram que a adição de Geração Distribuída em barras distantes dos grandes geradores aumenta a margem de carregamento total do sistema e que este aumento está diretamente relacionado à troca de reativo entre geração e carga, e a nível de fluxo de potência ativa nas linhas de transmissão.

Perguntas e respostas:

A) Os autores pretendem desenvolver trabalhos futuros no tema deste IT? Em caso positivo, os autores pretendem levar em consideração outros modelos de carga, tal como carga ativa para representação de motores de indução ou variação de tapes em transformadores?

Atualmente, nosso grupo de pesquisa no Laboratório de Estudos em Sistemas Elétricos de Potência (LESEP) vem desenvolvendo outros trabalhos sobre Análise de Estabilidade de Tensão e também estamos dando continuidade à esta pesquisa do Informe Técnico. Sobre a continuidade desta pesquisa, pretendemos, num primeiro instante, utilizar o modelo de carga ZIP e assim levar em consideração a variação da carga com relação à tensão. Num segundo instante, contemplar a representação de motores de indução. Em relação à variação de TAPES em Trafos e de possível inserção de banco de capacitores, pretendemos utilizar uma estratégia que utilize Análise de Sensibilidade durante a execução de Fluxo de Potência Continuada, com o intuito de definir as ações mais efetivas de controle de tensão e aumento da margem de estabilidade.

B) Dependendo do tipo de geração distribuída pode não haver contribuição de potência reativa por parte destas gerações. Os autores pretendem avaliar esta situação?

Neste Informe Técnico, apresentamos resultados de cenários em que as Gerações Distribuídas geravam apenas potência ativa para rede (ou seja, potência reativa nula). Tais casos, denotamos como "FP1.0" e pode ser visualizado nas figuras 5, 6 e 7 através da cor "bordô". A Tabela 2 mostra os valores injetados de ativo das GDs e valor nulo dos reativos dessas mesmas GDs. Com base nos resultados e comparando com o Caso Base, observa-se que nos três cenários individuais de adição de GD no sistema de 57 barras houve um aumento na margem de carregamento do sistema, mesmo com a inserção de GD com fator de potência unitário (curvas em bordô). Desse modo, quanto mais potência ativa for injetada pela GD, maior será a sua contribuição para aumento da margem, principalmente GDs próximas aos barramentos mais sensíveis (críticos).

C) Os agentes de distribuição têm aberto barramentos em subestações e trechos de linhas de transmissão em função de aumento excessivo do nível de potência de curto-circuito devido às diversas gerações distribuídas em seus sistemas de distribuição. Como isto pode afetar a margem de estabilidade de tensão nestes sistemas?

Boa pergunta. Este Informe Técnico contemplou a rede Transmissão e uma forma simplificada (muito simples mesmo) de se analisar as Gerações Distribuídas inseridas nos sistemas de Distribuição. Assim, para responder adequadamente e de forma razoável à essa pergunta, poderíamos inserir a rede de distribuição na modelagem matemática, ou então, contemplar um modelo equivalente da rede com mais detalhes que os apresentados neste Informe Técnico. A partir disso, efetuar várias simulações e situações de contingências. De qualquer modo, os autores agradecem as perguntas feitas, que servirão para nortear outras pesquisas sobre o tema. Cordialmente, prof.Dr. RAphael Augusto de S. Benedito

### 3.2 - INTEGRAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE SSA AO SISTEMA EMS SAGE

COSTA, M.R.D.(1);JUNIOR, S.G.(1);PARREIRAS, T.J.M.A.(1); - CEPEL(1);

Este trabalho tem por objetivo descrever a integração da função RTMO (Real-Time Monitoring of Oscillations) do PacDyn ao sistema SAGE EMS, de modo a permitir a avaliação de segurança dinâmica a pequenos sinais (Small-signal Security Assessment - SSA) de sistemas de potência, onde modos de oscilação podem ser monitorados em tempo real. São apresentados resultados, utilizando um sistema teste com 65 barras e 5 usinas, que permitem avaliar a solução de integração implementada, com o intuito de se demonstrar a importância da ferramenta desenvolvida. Também são discutidos os resultados da avaliação de segurança a pequenos sinais do sistema teste.

Perguntas e respostas:

A) Os autores poderiam descrever quais treinamentos seriam necessários para os operadores para o perfeito entendimento das curvas de amortecimento apresentadas e das medidas corretivas a serem adotadas?

Os engenheiros de operação poderiam participar do curso de treinamento do programa PacDyn (Análise e Controle de Oscilações Eletromecânicas em Sistemas de Potência), realizado anualmente pelo CEPEL. Este curso tem como requisitos conhecimentos básicos sobre análise de redes elétricas.

B) Os autores informam que a integração da função RTMO do PacDyn ao SAGE é executada em um computador dedicado e de forma independente. Como manter e atualizar este computador nas empresas que obtiverem este produto?

A atualização do programa PacDyn, incluindo a função RTMO, é realizada a partir do pacote de instalação do programa, disponível no site do Cepel. Mas esta atualização poderá ser realizada na máquina dedicada e de acordo com a decisão do cliente. É possível parar a monitoração para a realização dessa manutenção e, depois, voltar a monitorar o sistema a partir do último ponto de operação monitorado. Isso é feito através de um programa auxiliar desenvolvido para o gerenciamento das datas e horas dos cenários que são processados pela função RTMO do programa PacDyn.

C) Os autores inferem como estas informações sobre estabilidade podem interagir com o VSA/DSA do Anarede/Anatem?

A avaliação de segurança de sistema de potência frente a pequenas perturbações em tempo real complementa as ferramentas existentes de VSA/DSA, obtendo sempre informações do ponto de operação atual do sistema monitorado. Essas informações complementares estão relacionadas aos polos dominantes desse sistema elétrico, tais como seus fatores de amortecimento e suas frequências. A partir desses dados, é possível inferir em tempo-real se o nível de amortecimento de oscilações naturais do sistema está ou está se tornando inadequado, permitindo que os operadores possam pensar em medidas operativas para evitar problemas de estabilidade.

**Comentário:** No item Introdução, a última frase do último parágrafo está incompleta.

### 3.3 - INTEGRAÇÃO DA UHE TELES PIRES AO SIN " DESAFIOS OPERATIVOS VIVENCIADOS PELO ONS

FRANCISCO, G.D.S.(1);AQUINO, A.F.D.C.D.(1);TENORIO, A.R.D.M.(1);PADOVANI, E.(1);OLIVEIRA, E.F.D.(1);ROCHA, G.F.C.D.(1);JUNIOR, G.C.(1);GOMES, J.A.(1);HERSZTERG, K.S.(1);ABREU, L.M.D.S.D.(1);SOARES, N.H.M.(1); - ONS(1);

A usina hidrelétrica (UHE) Teles Pires (1.820 MW), localizada no rio Teles Pires, na divisa dos Estados de Mato Grosso e Pará, nos municípios de Paranaíta e Jacareacanga, faz parte do conjunto de usinas dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia dos rios Teles Pires e Apicás, o qual é constituído pelas futuras UHE Colider (300 MW), Sinop (400 MW), São Manoel (700 MW) e Foz do Apicás (230 MW). A integração da UHE Teles Pires ao Sistema Interligado Nacional (SIN) é feita através de quase 1.000 km de linhas de transmissão em circuito duplo, seccionadas pelas subestações de Paranaíta, Cláudia e Paranatinga, conectando-se ao SIN na subestação (SE) Ribeirãozinho. Em razão do atraso das obras, do descasamento dos cronogramas das obras de geração e transmissão e da falta de proponente ao Leilão do terceiro circuito entre as SE Paranaíta e Ribeirãozinho, foi necessário realizar uma série de estudos pelo ONS para atender configurações alternativas não planejadas que foram propostas a partir da sinalização do primeiro sincronismo de máquina em Teles Pires, em um momento em que o país enfrentava uma grave estiagem. Tais fatos constituíram um grande desafio para o ONS face a complexidade e o volume de estudos necessários para viabilizar a integração da usina. Dessa forma, o presente trabalho apresenta os principais resultados dos estudos e as soluções adotadas para o equacionamento dos problemas identificados tendo como foco o desempenho dinâmico do sistema.

Perguntas e respostas:

A) Os autores fizeram os estudos em um prazo exíguo devido aos atrasos das obras planejadas. Houve alguma ocorrência onde tenha sido possível checar os limites adotados nos estudos?

Desde o início da operação da usina, em outubro de 2015, foram registradas 31 ocorrências envolvendo o sistema de 500 kV associado. Desse total, em 10 delas verificou-se a atuação correta dos SEP propostos para as configurações estudadas, atestando os ajustes indicados nos estudos pré-operacionais realizados.

B) Com a entrada da UHE Teles Pires, os autores têm a contabilização da economia ao SIN da correspondente geração térmica que deixou de ser despachada?

Não temos esta contabilização. Para tal teríamos que utilizar os modelos energéticos Newave e Decomp, calcular o custo da energia sem a UHE Teles Pires, desde a data de entrada em operação desta usina e considerar o correspondente custo e despacho da usina térmica substituta. Estes valores poderiam então ser comparados com aqueles obtidos ao se considerar a usina de Teles Pires em operação.

C) Quais são as vantagens ao SIN da configuração planejada em relação à configuração atualmente adotada?

A configuração planejada mostrou-se a mais adequada sob o ponto de vista do desempenho elétrico, ressaltando-se que esta configuração é a que proporciona maior facilidade para execução das obras necessárias na SE Sinop, caso a decisão de planejamento estabeleça o atendimento ao norte do Mato Grosso pelo 500 kV. Sob o aspecto de regime permanente e de transitórios eletromecânicos foi possível a adoção da configuração intermediária. No entanto foi necessário implementar SEP de

corde de geração para contingências de linhas de 500 kV desde as SE Paranaita até a SE Ribeirãozinho, o que mostra uma maior fragilidade desta conexão com relação a configuração planejada.

### 3.4 - FUNÇÕES OPERACIONAIS DO CONTROLE MESTRE NO SISTEMA HVDC DO MADEIRA: COORDENAÇÃO ENTRE BIPOLOS, BACK-TO-BACK E USINAS.

TAVARES, J.J.C.(1);CUNHA, Y.P.S.A.D.(1); - Eletrobras Eletronorte(1);

Atualmente o Sistema Interligado Nacional (SIN) passa por uma expansão contínua impulsionada principalmente pela construção de novas usinas hidrelétricas, as principais delas estão localizadas no Norte do País, onde foi instalado o complexo de geração / transmissão do Rio Madeira (UHES Santo Antônio e Jirau) e também da UHE Belo Monte. A transmissão em corrente contínua, denominada ?High Voltage DC Transmission System (HVDC)? está sendo ampliada no país pelas suas vantagens em relação a transmissão em corrente alternada para longas distâncias. Todavia, a operação e manutenção dos equipamentos que compõem o sistema HVDC têm demandado das equipes de operadores dos Centros de Operação e Instalações da Eletrobras Eletronorte diversos esforços adicionais para a gestão destes ativos nos aspectos relacionados à eficiência operacional e do ponto de vista da segurança quanto à manutenção dos equipamentos. Este trabalho destaca a experiência adquirida pela Eletrobras Eletronorte durante a operação inicial do Bipolo 1 avaliando o desempenho do Controle Mestre do Sistema HVDC do Madeira nas subestações Coletora Porto Velho e Araraquara II, através da execução de funções primordiais no sistema de geração e transmissão, como o balanço entre as potências gerada pelas usinas de Jirau e Santo Antônio e transmitidas pelas linhas em corrente contínua (atendimento ao Sudeste) e Back-to-Back (atendimento ao subsistema Acre/Rondonia); Redistribuir ordens de potência ativa de uma forma ideal entre os Bipolos e Back-to-back devido alguma perda ou limitação na capacidade de transmissão em qualquer parte do sistema. Vale ressaltar que com a entrada em operação do segundo Bipolo de propriedade do Agente IE Madeira, ocorrerá um aumento na complexidade operacional do Sistema HVDC, devido às mudanças no processo de recomposição, manobras de compartilhamento de eletrodo de aterramento, comunicação entre os centros de operação dos agentes, ou seja, vários fatores que irão impactar nos processos da Eletronorte.

Perguntas e respostas:

A) Os autores avaliam que nível de dificuldade haverá dos Controles Mestre e dos demais níveis de controle entre bipolos de diferentes fabricantes? Em caso positivo, o que está sendo feito pelo ONS para mitigar o problema?

A Eletronorte tem trabalhado com empenho e dedicação de sua equipe no desafio de operar um sistema completamente novo e diferenciado em termos tecnológicos. Neste sentido sempre tem buscado soluções para viabilizar a operação integrada de todos ativos do sistema de transmissão do complexo do Madeira. A Eletronorte é responsável pela operação de todos os equipamentos do bipolo 01, Back-to-back e participa dos testes no simulador RTDS e em campo no caso da operação compartilhada com o Bipolo 2 (exemplos: teste real de curto circuitos nas linhas de 600kV com reflexos nos polos, back-to-back e rede CA e ainda testes de compartilhamento do Eletrodo de Terra). Para exemplificar, após terem sido identificadas inicialmente algumas falhas no processo de TELECOM do Sistema HVDC na integração entre Eletronorte / IEMadeira, foram avaliadas a infra-estrutura de telecomunicação dos bipolos 1 e 2, análise das eventuais perdas de comunicação, avaliação de desempenho das adequações realizadas e definição de ajustes nos procedimentos operativos, tudo isso sob coordenação do ONS.

B) No item 2, explica-se que os pólos 1 ou 2 podem operar em sobrecarga de 1,33 pu em virtude de defeito no outro pólo em um período de 30 minutos, quando haverá uma redução para o valor nominal. É possível que esta redução seja feita através de um rampa?

Quando ocorre a perda de um dos polos do Bipolo 1, e este encontrar-se em modo de controle BPC (Bipolo Power Control), o polo remanescente assumirá a potência perdida até o seu limite de sobrecarga 1,33 pu (2095MW), e o excedente de potência que ultrapassar esse limite provoca o desligamento de unidades geradoras nas UHES Santo Antônio e Jirau, a partir de um comando do CONTROLE MESTRE para a Estação Coordenadora da Geração das usinas (GSC), este procedimento é automático e tem impacto direto no sistema. No entanto, após ser constatada a condição de sobrecarga em um dos pólos do Bipolo 01, o ONS coordena com os agentes do complexo do Madeira (transmissores e Geradores) a redução manual da transmissão no polo em sobrecarga, executando uma ordem de potência para o valor nominal (1575 MW) por meio de rampa, normalmente de 50 MW/min em conjunto com a redução do despacho das Usinas de Santo Antônio e Jirau, de forma a evitar a redução automática após 30 minutos (Runback).

C) Existe a previsão de treinamento com a ferramenta OTS para outras situações, além das descritas no IT?

O Bipolo 1 e Back-to-Back, por sua flexibilidade operativa evidenciada pelos seus variados modos de transmissão (Bipolar, Monopolar com retorno metálico ou por terra), foi objeto de treinamentos teóricos e práticos diferenciados, inclusive durante os testes de comissionamento do sistema, para os operadores visto que toda a transição entre estas configurações são realizadas por meio de pacotes de comandos para conexão de polos. A Ferramenta OTS já é bastante utilizada no processo de certificação interna de operadores no sistema de corrente alternada. Está em desenvolvimento a modelagem do sistema de transmissão em corrente contínua no âmbito do OTS para possibilitar uma simulação factível, contemplando as funções de controle do Bipolo, Back-to-back e do Controle Mestre, associados ao sistema de Interligação em corrente contínua do Madeira (HVDC), tendo como resultados esperados: ? Realizar manobras de Isolação/Normalização nos equipamentos do Bipolo 1. ? Realizar manobras de alteração do modo de operação do Bipolo (Bipolar, Monopolar com Retorno Metálico e Monopolar com Retorno pela Terra). ? Realizar a transferência no balanço de potência entre Bipolos e Back-to-back e utilizá-la para a estabilização e ou controle de frequência da rede CA. ? Verificar a realização adequada da conexão e desconexão de filtros e capacitores para o controle de tensão e potência reativa com o sistema em corrente alternada. ? Disponibilizar as Funções Max Filter, Abs Min Filter, Umax, Min Filter e Q-control no Simulador OTS ? Melhorias na modelagem para operação dinâmica do Sistema de Interligação em corrente contínua do Madeira (HVDC) quando de situações de contingência.

### 3.5 - REDUÇÃO DO NÍVEL DE CURTO CIRCUITO EM REDES DE SUBTRANSMISSÃO UTILIZANDO REATORES COM NUCLEO DE AR

CARDOSO, F.L.(1); - CPFL(1);

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma solução de mitigação dos níveis de curto-circuito no SDAT 138 kV da CPFL, através da utilização de um reator limitador instalado na subestação Nova Aparecida. Além da alternativa padrão (troca dos disjuntores próximos à superação e adequação da SE para um nível de curto-circuito da ordem de 50 kA), estudou-se a possibilidade de se instalar um reator entre os barramentos 138 kV da SE Nova Aparecida, com o objetivo de se reduzir o nível de curto-circuito para valores aceitáveis às atuais condições, ou seja, com a permanência dos disjuntores de 31,5 kA

Perguntas e respostas:

A) O artigo mencionou que a substituição de todos os equipamentos com a capacidade interruptiva superada se mostrou de difícil execução e com um custo financeiro proibitivo, e que a solução mais efetiva para a redução dos níveis de curto-circuito foi a implantação de um reator limitador de corrente de curto-circuito, entre as barras da SE Nova Aparecida 138 kV. É importante observar ainda que do ponto de vista econômico deve-se, ao realizar uma análise comparativa entre o custo da solução de RLCC e a substituição dos equipamentos superados, levar em consideração o cálculo das perdas que os reatores introduzem no sistema. O custo destas perdas ao longo de anos pode influenciar na tomada de decisão da alternativa mais atrativa economicamente. A CPFL fez alguma análise levando em consideração as perdas introduzidas na rede pelo reator ao longo do tempo?

sim, o estudo concluiu que com o sistema operando totalmente de forma radial, as perdas aumentariam significativamente, por isso tomou-se a decisão de construir e instalar o RLCC entre os barramentos de 138kV da SE Nova Aparecida.

B) Algumas soluções provisórias, tais como seccionamento de barras, radialização de circuitos, podem ser utilizadas na limitação dos níveis de corrente de curto-circuito. A adoção destas soluções acarreta, geralmente, em perda de flexibilidade operativa e redução dos níveis de confiabilidade do sistema. De acordo com o artigo, o SDAT da CPFL deve ser feito de modo a atender não apenas a carga a ser suprida, mas também o fluxo passante entre os sistemas de 500 kV, 440 kV e 345 kV da CTEEP e Furnas. Na indisponibilidade do RLCC, como a CPFL pretende operar a rede de 138 kV minimizando a perda de flexibilidade operativa e a redução dos níveis de confiabilidade do sistema?

Neste cenário a CPFL opera com o seu sistema parcialmente radializado, separando as fontes da rede básica (sistemas de 500kV, 440kV e 345kV) que atendem a região metropolitana de campinas, através do seu sistema de subtransmissão.

C) O artigo apresenta a evolução dos níveis de curto-circuito durante as etapas de expansão planejadas para a malha de atendimento da região de Campinas. Observa-se que o nível de curto-circuito trifásico (Tabela 5) na barra da SE Nova Aparecida 138 kV considerando o caso inicial é de 26,48 kA, que representa uma relação em torno de 84% quando comparada com a capacidade de interrupção simétrica do menor disjuntor deste barramento. Após a implantação de todas as obras previstas e da instalação do RLCC, o nível de curto-circuito trifásico passa a ser de 28,74 kA, representando uma relação entorno de 91%. Levando em conta essa elevada relação de 91%, seria importante esclarecer qual foi o horizonte mais distante analisado e, considerando os horizontes de planejamento existentes, até quando a solução proposta é capaz de solucionar o problema de forma eficaz?

Os estudos de expansão do sistema elétrico apontaram que a solução adotada utilizando o RLCC postergaria a substituição dos bays de 138kV por no mínimo uma década, porém devido a queda de mercado em função da crise econômica do País (PIB negativo) este cenário pode descolar para 15 anos.

### 3.6 - CAPACIDADE OPERATIVA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: LIMITE REAL X LIMITE CONTRATUAL

PRIMO, G.A.(1);MARTINS, R.(2);TAGUTI, T.Y.(3); - COPEL(1);COPEL(2);COPEL(3);

Com o objetivo de obter os valores de capacidade operativa mais próxima da realidade, a COPEL, utilizando dados ambientais das estações meteorológicas do SIMEPAR, realizou estudo com suas linhas de transmissão, com o objetivo de conhecer a capacidade dinâmica dessas LTs e avaliar eventual superação dos valores de corrente contratados (CPST). Os resultados deste trabalho mostram que algumas linhas de transmissão tiveram suas capacidades contratadas superadas, ao compará-las com os valores calculados, utilizando dados ambientais reais medidos próximos das linhas de transmissão, embora não tenham ocorrido violações de alturas de segurança em razão dos carregamentos ocorridos estejam abaixo destes valores

Perguntas e respostas:

A) A NBR 5422 estabelece que a capacidade de projeto de uma LT deve ser calculada com base em critérios estatísticos críticos tais como média máxima da

temperatura do ar, por exemplo, aplicados aos dados climáticos da região atravessada pela LT, considerando uma amostragem suficientemente representativa da vida útil da LT. Com isso, como os próprios autores ressaltam, é esperado que em dias mais críticos que esse corte estatístico (por exemplo, dias com temperatura do ar superior à temperatura média máxima histórica), a capacidade seja inferior à de projeto, sem que isso implique em risco, já que, como também os próprios autores destacam, a corrente circulante na LT é muito inferior à capacidade, em função do critério de planejamento n-1. Com isso, como os autores justificam a conclusão de que é necessário prever medidas operativas para minimizar os riscos já previstos na própria norma NBR 5422 com base na amostra de um dia (08/02/2012)?

A temperatura máxima média do ar referida na NBR-5422 é anual. Na região Sul esta média anual é descolada da média dos meses de verão que é significativamente maior. Embora exista uma folga natural na capacidade da LT, decorrente dos critérios de planejamento (n-1) e de projeto (limite de curta duração), consideramos que estes valores não deveriam ser utilizados em regime normal de operação, pois dependendo da configuração e condições sistêmicas podem não estar disponíveis. O limite de curta duração somente deve ser utilizado em ocorrência de emergências na região de influência e por tempo definido. Entendemos também que todo o risco deve ser minimizado no âmbito da operação, em especial quando conhecido. A NBR-5422 se mostra boa referência para o projeto, mas é deficiente para normalizar a operação da LT, cabendo ao empreendedor assumir o risco no curto prazo quando as condições de contorno são melhor conhecidas. O avanço das tecnologias para medição das condições de contorno que influenciam na ampacidade ou da própria temperatura do cabo condutor ao longo da LT virá evidenciar os riscos e as folgas? Para evitar assumir riscos desnecessários ou elevar os custos de expansão do sistema, medidas operativas podem se mostrar importantes para contornar os problemas, em especial os pontuais e de curta duração. Embora o estudo de caso esteja amostrado em apenas um dia, se configura representativo pois as condições ambientais desfavoráveis tendem a permanecer por dias seguidos.

B) A seleção dos dados climáticos determinísticos a serem adotados para a determinação da capacidade do CPST é uma atribuição da Transmissora. Em face do levantamento atual, os autores consideram que os dados adotados pela COPEL não foram suficientemente conservativos?

Podemos afirmar que não são suficientemente conservativos em algumas regiões do estado do Paraná, onde as temperaturas médias das máximas no verão superaram o critério de temperatura ambiente adotado para cálculo do CPST (-30°C), como demonstrado pelos dados do SIMEPAR cujas médias das máximas de temperatura ambiente superam este valor e se mantem por dias seguidos nesta condição, exatamente nos períodos onde as cargas são mais elevadas e requerendo mais da capacidade das instalações de transmissão.

C) Os autores pretendem propor alguma modificação nos valores adotados?

### 3.7 - ESTRATÉGIA PARA PREVENÇÃO DO ERRO HUMANO DURANTE A EXECUÇÃO DE MANOBRAS EM SUBESTAÇÕES DE TRANSMISSÃO

DIAS, S.E.C.(1);VIEIRA, M.D.F.Q.(1); - CHESF(1);

Este trabalho analisa a realização de manobras em subestações, seus riscos inerentes e erros associados, observando a interação entre operador e sistema, propondo a retirada de graus de liberdade do operador durante a execução da tarefa. Esta abordagem resultou em uma ferramenta centrada no usuário, objetivando a redução do erro humano durante manobras em subestações. A interface da ferramenta reproduz o formato do documento de manobra e assume, sob autorização do operador, o controle do sistema na realização de ações de manobra, prevenindo erros decorrentes da escolha entre diversos objetos representados semelhantemente na interface do sistema supervisório.

Perguntas e respostas:

A) Um dos objetivos do projeto é o bloqueio das ações realizadas pelos operadores fora da sequência do RTM (Roteiro de Manobra). No caso de necessidade de alteração da sequência de manobra devido a algum problema não previsto na programação, qual a alternativa para o operador? Retornar ao procedimento de execução de manobras convencional, ou realizar algum procedimento que permita retornar ao uso da interface proposta?

Havendo problema com a ferramenta, recomenda-se retornar ao procedimento de execução convencional. Entretanto se o problema não tiver correlação com a ferramenta, o operador pode elaborar um outro roteiro de manobra, contemplando as mudanças e prosseguir utilizando a ferramenta.

B) Como são tratados os casos em que o mesmo conjunto de manobras pode ser realizado com sequência diferente, por exemplo, energização de uma Linha de Transmissão que pode ser iniciada tanto por um terminal quanto pelo outro dependendo das condições sistêmicas?

Estes casos não foram tratados propositalmente, pois aumentam o grau de liberdade do operador se aplicados na versão atual da ferramenta. Entretanto pretende-se abordar manobras que variam de acordo com as condições sistêmicas em uma versão posterior, conforme descrito no último parágrafo da seção CONCLUSÕES do artigo.

C) Foi realizada estimativa de tempo para elaboração de todos os RTM de uma subestação de porte da SE Coteminas? Para subestações de maior porte, a elaboração de todos os RTM é um processo viável?

Sim, é perfeitamente viável. A CHESF já possui todos roteiros de manobra das instalações totalmente catalogados em um Banco de Dados e apresentados de forma semelhante ao proposto neste trabalho. Estando o Sistema de Roteiro de Manobras adaptado para adicionar os comandos, estima-se que em 30 ou 40 minutos todos os roteiros da SE Coteminas estejam elaborados e, inclusive, testados através de um processo de simulação.

### 3.8 - METODOLOGIA DA GESTÃO DAS PREVISÕES DE GERAÇÃO EÓLICA EM TEMPO REAL NOS CENTROS DE OPERAÇÃO DO ONS

LIMA, F.H.D.A.(1);OLIVEIRA, G.L.C.P.D.(1); - ONS(1);

A crescente representatividade da geração eólica, resultaram em duas implicações para a operação em tempo real: Devido a sua intermitência, as linhas de interligação da região podem sofrer grandes variações e; é importante ter uma melhor previsão em um horizonte de curtíssimo prazo. Este trabalho descreve a implantação da gestão dessas previsões na Operação em Tempo Real do ONS ? Operador Nacional do Sistema Elétrico, a partir do desenvolvimento do SGPE ? Sistema de Gestão das Previsões Eólicas, capaz de gerenciar diversos modelos de previsão, e prover informações que minimizem os efeitos dos desvios de geração e antecipem a tomada de decisões.

Perguntas e respostas:

A) As usinas eólicas do tipo PV estão sendo incorporadas aos sistemas elétricos em montante cada vez maiores em todo mundo, face principalmente ao seu baixo custo de implementação. Isto também se verifica no Brasil, onde o montante de geração elétrica do tipo PV ultrapassará em curto prazo, a casa do 20.000 MW. Face aos problemas verificados na sua operação (intermitência e dificuldade na previsão de geração) qual a opinião dos autores quanto a utilização de uma parcela desta nova geração eólica como do tipo concentradora de calor?

As usinas eólicas híbridas, que incorporam painéis foto-voltaicos (PV) no mesmo empreendimento podem ser uma tendência caso haja regras específicas nos próximos leilões de energia, ao contrário de como é feito hoje em que a usina eólica e tratada separadamente da usina solar em termos de faturamento e medição (no mesmo empreendimento). Com relação a intermitência, de forma combinada, é possível amenizar seus efeitos, criando procedimentos de operação que possibilitem aproveitar alguma complementariedade dos regimes de vento e incidência solar ao qual o empreendimento será submetido.

B) Os autores poderiam exemplificar quais as medidas/decisões tomadas a partir das informações obtidas pela ferramenta proposta?

Em um determinado dia, com a geração eólica em patamares reduzidos e carga acima do previsto, as previsões de geração eólica atualizadas indicaram que permaneceria reduzida ao longo do dia, então foi decidido explorar o limite de recebimento de intercâmbio para atendimento à carga, ao invés de despachar geração térmica adicional. Também é possível, nesse mesmo caso, antecipar situações onde seja necessário despacho de geração térmica, evitando que as linhas de interligação atinjam seu limite de operação. Em um dia de geração eólica elevada, é possível antecipar situações onde seja possível reduzir geração térmica, de modo a reduzir o custo de operação.

C) Qual o impacto desta metodologia nos valores da RPO adotados?

Em termos de operação da região NE, a Reserva de Potência Operativa (RPO) não é mais alocada nessa região e sim na região SE devido às condições críticas de hidrologia no Rio São Francisco nos últimos anos. Portanto para lidarmos com a intermitência da geração eólica temos com recurso o sincronismo de usinas térmicas, o que se torna um desafio devido às diversas restrições de partida / parada dessas máquinas. Com relação às usinas hidráulicas temos pouca margem de manobra pois somente é possível despacho em situações de emergência. Um outro recurso é explorar os limites de intercâmbio, onde, indiretamente, estamos usando a RPO alocada na região SE. Portanto, a metodologia aplicada é fundamental para otimizar todos os recursos e anteciparmos as ações operativas nessas condições críticas de operação energética.

### 3.9 - RECOMPOSIÇÃO DA UHE JIRAU - BLACK START COM 13 UNIDADES GERADORAS EM TEMPO INFERIOR A 20 MINUTOS

MATOS, F.H.S.(1);LUCENA, R.(1);NUNES, J.C.(1);COLLINS, B.B.(1);FERREIRA, R.C.(1); - ESBR(1);

Este artigo apresenta as modificações implementadas e melhorias realizadas para tornar possível o processo de recomposição da UHE Jirau com o sincronismo de 13 Unidades Geradoras (UGs) em rede isolada em um intervalo de tempo inferior a 20 minutos, após uma situação de blecaute. O procedimento de autorrestabelecimento da UHE Jirau obedece a RO-RR.BR.01 (Testes Reais de Recomposição nas Usinas de Autorrestabelecimento) do Módulo 10 - Submódulo 10.22.

Perguntas e respostas:

A) O processo de sincronismo em barra morta, após partir todas as UGs em paralelo, é interrompido caso uma UG fique impedida de partir?

Não. O processo de sincronismo em barra morta ocorre de forma isolada, somente na primeira unidade geradora. As demais unidades sincronizam normalmente, porém

em rede isolada (com a tensão da primeira unidade como referência). Caso alguma unidade fique impedida de partir, as outras continuam no processo de sincronismo da mesma forma.

B) Devido ao estado estável complementar UR onde é permitida a partida da UG com cargas ligadas, existe algum risco de dano à UG?

Não. As cargas que ficam ligadas e permitem o estado estável complementar UR são de reposição de níveis que ocorre naturalmente nas unidades para manter a unidade disponível para partir. O estado foi criado apenas para permitir que a unidade já consiga partir sem que haja necessidade de desligar as cargas. Na partida essas cargas seriam ligadas, então há um ganho de tempo sem incorrer em riscos à UG.

C) Os autores podem explicar melhor a lógica implementada para evitar a ocorrência de falhas durante a comutação de fontes no processo de recomposição?

A lógica implementada consiste em permitir que o programa de lógicas da unidade geradora enxergue a ocorrência de subtensão no serviço auxiliar, e interprete o desligamento das cargas como sendo causado por essa subtensão, e não de uma forma indevida. Caso o programa não interprete isso dessa forma, indicara "falha ao ligar" em todos equipamentos que desligaram sem que houvesse comando do operador ou atuação física de campo.

### 3.10 - FERRAMENTAS DE APOIO À RECOMPOSIÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE TRANSMISSÃO NA CEEE-GT

OLSEN, R.L.(1);DONADUZZI, V.(1); - CEEE-GT(1);

O presente trabalho aborda a implementação de ferramentas de apoio às tarefas dos operadores de telecomando relativas à recomposição fluente de subestações de transmissão. Um projeto de longo prazo foi estabelecido, com fases bem definidas, onde será gradualmente aumentado o grau de automatização. Na fase inicial foram desenvolvidas duas funcionalidades: a preparação semiautomatizada das subestações para a recomposição e uma tela dedicada que serve como guia para o operador executar, passo a passo, a recomposição fluente. Os automatismos foram desenvolvidos em linguagem LUA sobre a plataforma de código aberto OSHMI (Open Substation HMI).

Perguntas e respostas:

A) Já foram feitos testes conjuntos deste sistema para as subestações implantadas, quando da realização de "drill" pelo ONS/Agentes da área Itá de recomposição fluente?

Não, pois a primeira subestação a receber o automatismo foi Lajeado 2, implantada recentemente em julho/17. Mas de qualquer forma durante a realização do drill, a simulação é feita sobre o sistema disponibilizado pelo ONS, o qual não conta com as ferramentas desenvolvidas neste trabalho.

B) Como esta área Itá restabelece várias subestações de forma simultânea, quantos operadores os autores consideram necessário se utilizar para recomposição fluente desta área?

Neste trabalho somente abordamos a questão do automatismo em relação à cada subestação individualmente de acordo com a IO da mesma. Não foi considerada a recomposição de área. Apenas cerca de metade das subestações são telecomandadas e no momento estamos numa fase de transição dos centros de telecomando regionalizados para uma arquitetura de centralizada redundante. Por estes motivos não temos como responder esta pergunta no momento.

C) A substituição de operadores de subestações por subestações telecomandadas, principalmente em condições de indisponibilidades de equipamento, não pode implicar no aumento do tempo de recomposição de uma determinada subestação ou da área como um todo?

Sim, pode ocorrer. A tentativa de proporcionar mais apoio ao operador do telecomando visa facilitar a tarefa da recomposição, e assim reduzir o tempo da mesma. Todavia a perda do telecomando ou de algum equipamento ou setor da subestação sem dúvida pode causar mais atrasos em relação à situação onde se pode contar com o operador local.

### 3.11 - SINCRONIZAÇÃO AUTOMÁTICA APLICADA A FECHAMENTO DE PARALELO ENTRE ILHAS E FECHAMENTO DE ANEL NO SIN

FONTOURA, R.M.(1);MIRANDA, M.B.(2);JUNIOR, A.P.D.M.(3);DIAS, A.A.(4);DUARTE, M.D.M.(5);RAMOS, D.D.S.(2);ARA?JO, R.D.M.(6);ZWETKOFF, V.F.(7);Carvalho, P.R.B.d.(8); - CEMIG GT(1);CEMIG(2);CEMIG GT(3);CEMIG GT(4);CEMIG GT(5);CEMIG D(6);CEMIG GT(7);CEMIG GT(8);

Este trabalho apresenta um sistema de controle implementado na subestação Três Marias que possibilita realizar sincronização automática e fechamento de paralelo entre as unidades geradoras da UHE Três Marias e o SIN, fechamento de paralelo entre a Ilha Três Marias e a Ilha Emborcação (áreas da fase fluente do processo de recomposição) e fechamento de anel elétrico quando do restabelecimento de um transformador 345/300 kV nesta mesma subestação. O sistema de sincronização realiza ajustes das grandezas elétricas de geração com controle coordenado de várias unidades geradoras para atendimento das condições necessárias de fechamento do disjuntor.

Perguntas e respostas:

A) Como é realizado o comando para os reguladores? Através de "Joint Control" ou através de envio de pulsos individuais para cada unidade geradora?

O comando para os reguladores é realizado através de envio de pulsos individuais para cada unidade geradora. Se uma determinada unidade geradora atinge um limite, as demais continuam a responder até o atendimento da condição especificada.

B) Já ocorreu fechamento de paralelo em situações operativas após a implantação da sincronização automática?

O sincronizador automático foi utilizado para fechamento de paralelo após desligamento programado na subestação. Até o presente momento, não houve uso do sincronizador em situação de contingência.

C) Em caso positivo, qual foi o desempenho verificado?

Na situação de desligamento programado onde o sincronizador foi acionado este apresentou desempenho satisfatório e operou conforme esperado.

### 3.12 - NOVOS PROCEDIMENTOS E PRÁTICAS PARA MELHORIA DO PROCESSO DE RECOMPOSIÇÃO DOS SISTEMAS APÓS GRANDES PERTURBAÇÕES

GUARINI, A.D.P.(1);GOMES, P.(1);BIZON, E.G.D.A.(1);MARTINS, A.C.B.(2);ALVES, F.R.M.(3); - ONS(1);FURNAS(2);CEPEL(3);

Considerando que não existe sistema elétrico imune a blecautes e o fato de que as consequências de um blecaute aumentaram significativamente nos últimos anos, os mesmos deixaram de ser considerados um problema eminentemente técnico e passou a ter consequências políticas, econômicas e sociais. As consequências dos blecautes aumentam com o tempo associado à recomposição das cargas. A fim de obter resultados concretos sobre a minimização dos tempos de recomposição, diversas ações, envolvendo prazos distintos, estão sendo exaustivamente analisadas e implementadas em todo o mundo visando a melhoria do processo de recomposição do sistema. A participação brasileira no Grupo de Trabalho do Comitê de Estudos Internacional do Cigré WG C2-23 "System Restoration Procedure and Practices", em andamento, tem sido uma excelente oportunidade para compartilhar conhecimentos e conhecer, de forma clara e objetiva, as ações que vêm sendo adotadas pelas empresas após a ocorrência de grandes perturbações em sistemas elétricos de diversos países. O Grupo de Trabalho GT-C2-23 - "Procedimentos e Práticas de Recomposição de Sistemas", criado como espelho do WG internacional pelo Comitê de Estudos brasileiro do C2 - Operação e Controle, tem por objetivo reunir em um único documento as experiências e soluções adotadas no mundo e no Brasil, nos últimos anos, a partir da análise dos grandes blecautes. Este artigo abordará os seguintes temas: 1- Filosofia e Critérios adotados para Recomposição do SIN, 2 - Evolução do Processo de Recomposição do Sistema Interligado Nacional, 3 - Procedimentos e Práticas de Recomposição do Sistema, 4 - Principais Sugestões para Melhorias nos Procedimentos de Recomposição, 5 - Principais Conclusões e Recomendações nos Procedimentos e Práticas de Recomposição e 6 - Propostas de Desenvolvimentos e Tendências Futuras.

Perguntas e respostas:

A) Os autores poderiam comentar como pretendem considerar a participação dos elos de corrente contínua no processo de recomposição do SIN?

A premissa para considerar a participação dos elos de corrente contínua no processo de recomposição do SIN seria: 1 - Definir a mínima Área de Recomposição (fechamento de paralelo e se necessário de anéis, entre no mínimo duas áreas de recomposição fluente), para avaliar a possibilidade de energização dos transformadores conversores nas Estações Conversoras dos Elos CC. a - Definir as potências de curto circuito nos Terminais dos Conversores dos Elos CC; b - Verificar da necessidade ou não de instalação de Compensadores Sincronos (CS) para aumentar a potência de curto-circuito; 2 - Definir as condições para desbloqueio das Estações Conversoras de modo a assegurar a entrada em operação do Elo CC no processo de recomposição a- Definir as potências CC a serem disponibilizadas a partir da estação conversora associadas a configuração mínima de filtros CA, de modo a assegurar que ESCR (Effective Short Circuit Ratio) fique maior ou igual a 3.

B) A partir dos resultados de avaliação das respostas ao questionário, que práticas adotadas em outros países podem ser implementadas de imediato no SIN?

Considerando o trabalho realizado pelo WG do Cigré como um todo, as seguintes alternativas podem ser aplicadas ao SIN: 1 - A utilização do recurso de ?House Load Operation?, usina operando isolada do sistema com carga local (serviços auxiliares), para usinas termelétricas, notadamente para as usinas nucleares de Angra I e II, que estão sempre despachadas (só param para troca de combustível); 2 - A construção de linhas de transmissão ?dedicadas? ou corredores ?dedicados? a partir de uma usina hidrelétrica, que permitam suprir os serviços auxiliares de uma usina termelétrica de grande porte, para que a mesma possa participar do processo de recomposição de uma determinada área; 3 - Este recurso também pode ser utilizado para suprir os serviços auxiliares das usinas nucleares. Isto é importante pois o recurso de ?House Load Operation? só funciona durante um período de 1 a 2 horas. Após este período, se não houver alimentação externa, para voltar à operação, tem que atender rigorosos procedimentos operativos, o que leva um tempo bastante longo (várias horas).

C) A filosofia de recomposição utilizada no Brasil, que compreende as fases fluentes e coordenadas, na opinião dos autores, poderia ser adotada em outros países no



**3.16 - AMBIENTE GRÁFICO INTERATIVO PARA TREINAMENTO DE OPERADORES DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA**

ARAÚJO, A.S.D.(1);DURAND, J.F.(2);REIS, P.R.J.D.(3);RIBEIRO, T.R.(3);MATOS, C.E.F.(3);JUNIOR, G.B.(3);MAIA, I.M.O.(3);PAIVA, A.C.D.(3); - CHESF(1);CHESF(2);UFMA(3);

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de módulos para treinamento de procedimentos operacionais em ambiente de simulação gráfica interativa e cooperativa, que permita ao operador a realização de procedimentos simulados com ou sem supervisão e com o armazenamento de suas reações para avaliação e no final retorna à pontuação atingida. Propõe-se uma ferramenta capaz de realizar a supervisão de operadores durante o treinamento em um ambiente virtual. O ambiente virtual foi criado baseado na planta de instalações da CHESF e seus equipamentos foram modelados de maneira realista visando aumentar a imersão do operador durante a simulação.

Perguntas e respostas:

A) Existe a possibilidade do operador ficar fascinado pelo treinamento no sentido de focar na pontuação e menosprezar que está simulando a operação de um sistema elétrico?

A ideia é que ele fique fascinado. Sem menosprezar o aprendizado, o valor do exercício prático é superior em eficiência educacional. Aplicando o conhecimento teórico, o operador obtém um aprendizado mais excelente, principalmente porque o AGITO estreita a relação da simulação com a situação real, pois os cenários são projetados para dar ao cérebro do treinando um exercício sobre a importância da tática, técnica e prioridade, com certeza deixando-os mais capacitados para operar o Sistema Elétrico.

B) A pontuação adotada reflete o real desempenho posterior do operador?

Os cenários são elaborados com base em situações que retratam a realidade do sistema elétrico de potência em tempo real, condições normais de operação e contingências, e como a estratégia do AGITO é de interação entre pessoas e procedimentos operacionais com base no oferecimento de incentivos que estimulem o engajamento do operador com este sistema de maneira lúdica, a pontuação tem como objetivo melhorar o desempenho do operador, pois quanto mais o conhecimento cresce ao longo dos jogos que eles experimentarão, também ganharão habilidades na vida real. Crescendo com os jogos, os seus atributos pessoais estarão avançando, e os jogos os ensinarão a evoluir. NO entanto para afirmar categoricamente qual o reflexo disso no desempenho posterior, é necessário que sejam realizados estudos mostrando uma linha de base na performance dos operadores antes e após as sessões de treinamento.

C) Há compatibilidade no sistema apresentado para ser utilizado em outras empresas?

A arquitetura do sistema de simulação é fracamente acoplada ao simulador SIMULOP. Para utilização do mesmo em outras empresas seria necessário apenas desenvolver esta camada de adaptação (comunicação) entre o AGITO e o simulador utilizado pela outra Empresa. Além disso é necessário que as instalações da Empresa sejam modeladas e atualizadas no AGITO, que para isto conta com um editor que auxiliará no processo de construção de novos modelos de subestações.

**3.17 - UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS GRATUITOS VOLTADOS A AVALIAÇÃO DE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E A DETECÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E DE QUEIMADAS PELA ELETRONORTE NO SISTEMA ELÉTRICO DO MATO GROSSO**

ALMEIDA, D.D.(1); - ELN(1);

O objetivo deste trabalho é apresentar a experiência da regional do Mato Grosso, na utilização de tecnologias disponibilizadas gratuitamente, pelas entidades governamentais nacionais e internacionais, que permitem obter informações meteorológicas georreferenciadas e sincronizadas no tempo, tais como: classificação de nuvens, tempestades, queimadas e descargas atmosféricas que, integradas a informações georreferenciadas das linhas de transmissão e a localizadores de faltas por ondas trafegantes; permitem classificar melhor as causas dos desligamentos e, através de análise estatística destes dados, verificar os horários e meses em que as linhas de transmissão estão mais vulneráveis a um ou outro tipo de defeito; etc

Perguntas e respostas:

A) A tecnologia empregada é gratuita, mas se a Eletronorte firmasse convênio com o CPTEC/INPE conseguiria mais precisão e menor atraso nos dados de detecção de queimada e descargas atmosféricas?

Para a finalidade que estamos utilizando os sistemas de detecção de queimadas e de descargas atmosféricas, não parece conveniente firmar convênios exceto para manutenção da tecnologia já empregada que ainda é gratuita e barata; embora é óbvio, tenha um custo para o Brasil através de outros órgãos governamentais. Estamos utilizando os sistemas citados, apenas para classificação da causa do defeito de forma a verificação de vulnerabilidades na região para descargas atmosféricas e queimadas. Um sistema de detecção de descarga atmosférica mais preciso, que não tem uma cobertura extensa como os de VLF, não faria muita diferença para esta finalidade e seria muito mais oneroso embora, a estimativa de valores das correntes das descargas possa ser útil, em alguma situação específica cujo acontecimento seja, digamos, raro. Quanto aos atrasos nos dados de detecção de queimadas realmente, atrapalham uma análise mais rápida (satélites do NOAA, cerca de três horas) mas não é algo que comprometa muito para as finalidades que utilizamos.

B) Há perspectiva da Eletronorte expandir o sistema de monitoramento às demais regiões que atua?

Na realidade, o único impedimento seria o fornecimento dos dados georeferenciados das linhas de transmissão (coordenadas geográficas das torres) das demais regiões. Os sistemas empregados cobrem toda a área de atuação da Eletronorte e por que não dizer, de toda a América Latina.

C) De posse do histórico de desligamentos e causas, a Eletronorte pretende integrar esse sistema para compor o plano de manutenções preditivas em suas linhas de transmissão?

Até o presente momento, a gestão da empresa ainda não se posicionou sobre a utilização deste recurso sendo que o mesmo está sendo utilizado apenas no Mato Grosso. Obviamente, é possível esta integração, visto que o banco de dados que contém os dados dos desligamentos e suas causas permitem a detecção de defeitos recorrentes. Por exemplo, desligamentos por descarga atmosférica em uma mesma localização pode caracterizar problema de aterramento das estruturas, etc.

**3.18 - GERENCIAMENTO DE ALARMES NA ELETROBRAS ELETROSUL**

SILVA, L.B.D.(1);SANTOS, A.L.D.(1);GARGHETTI, A.L.(1);MAGRI, F.(1);PAGHI, C.E.(1);FLORES, G.H.(1);DAMETTO, J.G.(1);COELHO, L.G.(1);ALEXANDRINO, M.(1);SANTOS, T.L.D.(1);PEREIRA, V.P.(1); - ELETROSUL(1);

O aumento de subestações e usinas telecontroladas pelos centros de operação e a aplicação de novas soluções em supervisão digital elevaram consideravelmente a quantidade de eventos monitorados. Tornou-se fundamental a criação e o desenvolvimento de sistemas de telecontrole a partir de conceitos modernos de supervisão e controle, de forma a propiciar não somente a eficiência, mas também a segurança operacional. Este artigo apresenta os resultados alcançados pela Eletrobras Eletrosul no processo de gerenciamento de alarmes como medida para melhorar o desempenho do seu sistema de telecontrole.

Perguntas e respostas:

A) Foi utilizado no sistema o método de racionalização de alarmes baseado no resultado do configurador de rede? Por exemplo, ao invés de apresentar os alarmes de desligamento dos disjuntores ligados a uma linha de transmissão, o sistema só mostra o desligamento da linha.

A racionalização dos alarmes considerou apenas a análise dos eventos monitorados baseados na definição de alarme e nível de prioridade. O resultado apresentado não considera o configurador de rede, ou seja, em um desligamento são apresentados todos os alarmes de acordo com o nível de prioridade, sendo possível ao operador identificar rapidamente os disjuntores abertos e o motivo do desligamento, que são indicados pelos alarmes de nível de prioridade mais urgente.

B) O trabalho apresenta a racionalização dos alarmes ligados aos equipamentos elétricos, mas foi feito também racionalização dos alarmes que envolvem o sistema computacional, telecomunicações, telessistência, etc.?

Foram analisados todos os eventos possíveis de serem monitorados no sistema de telecontrole da Eletrosul, não somente de equipamentos, mas também de telecomunicações, serviços auxiliares e outros equipamentos auxiliares. No total, foram analisados 1285 eventos e para cada um deles foi definido: 1 - É anormalidade que requer ação operacional? Se sim 2 - Qual causa, ação e consequência? 3 - Qual nível de prioridade?

C) No artigo é citado que ocorreram dificuldades na implantação do sistema, quais foram as maiores dificuldades e o que foi feito para mitigá-las?

A maior dificuldade foi a mudança de cultura associada às novas definições e diretrizes do sistema de alarmes. Ao se deparar com uma sinalização no sistema de alarme, o operador nem sempre dava a importância devida, ou porque não se tratava de uma anormalidade ou então porque a manutenção não realizava o reparo no tempo necessário. Foram realizados treinamentos juntos aos operadores para conscientizar sobre a nova filosofia de alarmes, onde todo evento sinalizado deve ser tratado como uma anormalidade e uma ação há de ser realizada. Melhorias nos procedimentos de emissão de pedidos de manutenção foram realizadas a fim de que a operação mantenha o controle sobre as solicitações e que a manutenção execute as correções dentro do prazo. Por terem participado ativamente da etapa de racionalização dos alarmes e por utilizarem o sistema de alarmes diariamente, os operadores entenderam mais rapidamente essas mudanças. No entanto, houve maior dificuldade para os novos conceitos chegarem ao conhecimento da manutenção, provavelmente pelo fato das equipes serem descentralizadas e não terem tanto contato com o sistema de alarmes. Reuniões periódicas com essas equipes vem sendo realizadas e o pós-operação da Eletrosul realiza auditoria mensal, atuando para melhoria contínua no desempenho do sistema de alarmes.

**3.19 - ESTUDOS E SOLUÇÕES PARA INTEGRAÇÃO DE USINAS EÓLICAS EM REDES FRACAS " EXPERIÊNCIA DO PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO**

FERREIRA, F.M.C.(1);GASPAR, A.R.(1);FILHO, A.C.M.M.(1);NETO, A.S.(1);MENEZES, C.M.C.D.L.(1);SOBRAL, F.R.(1);MELO, K.C.V.D.(1);VASCONCELOS, L.F.B.

(1);SOUTO, M.F.(1);QUINTAO, P.E.M.(1); - ONS(1);

O presente artigo tem por objetivo apresentar a experiência do Operador Nacional do Sistema nas análises dos estudos pré-operacionais para integrar parques eólicos em redes fracas. O uso de ferramentas de análises de estabilidade de tensão, de forma não convencional, e transitórios eletromecânicos, foi realizado com o objetivo de maximizar a capacidade de transmissão do sistema em operação, garantindo o escoamento da geração eólica e a operação segura do Sistema Interligado Nacional. Serão apresentados três estudos de casos práticos: dois na Região Nordeste e um na Região Sul do Brasil.

Perguntas e respostas:

A) Como os autores consideraram a representação da carga no estudo de curvas PxV? Houve alguma parametrização em função de incertezas na composição da carga?

A aplicação da análise das curvas PxV nos estudos pré-operacionais, usualmente, é feita para avaliar a estabilidade de tensão com o incremento da carga. Para nossas análises de expansão de geração em regiões com indicativos de esgotamento da transmissão foi realizada o uso das curvas PxV, de forma não convencional, com o incremento da geração (carga negativa). Verificou-se os pontos de esgotamento por estabilidade de tensão por excesso de geração. Nessas análises, algumas áreas do sistema interligado (subsistema Nordeste) possuem suas cargas modeladas no ANAREDE através do cartão DCAR, onde existe um histórico de caracterização do comportamento da carga (Percentual da carga modelada como impedância constante e outra como Potência constante). Adicionalmente, onde existe essa modelagem de carga, quando a tensão atinge 70% ou 50% do valor nominal, toda a carga passa a ser modelada como impedância constante, a depender da área). Não houve nenhuma parametrização em função de incertezas na composição da carga, além das presentes no caso base de estudo.

B) Os autores tiveram a oportunidade de checar os limites estabelecidos nos estudos em tempo real através de contingências posteriores no SIN?

Os limites mais críticos, aqueles que indicavam necessidade de redução de geração em condição normal de operação, foram acompanhados em tempo real na sala de controle do ONS. Verificou-se, no Sudoeste da Bahia, necessidade de reduzir geração eólica quase que diariamente, para atender os limites estabelecidos nos estudos. Nos casos onde foram instalados os Sistemas Especiais de Proteção, ainda não houve atuação de SEP e não se verificou nenhum caso de instabilidade de tensão por excesso de geração nem por falha de atuação dos SEPs instalados. No caso do Sul, houve situações de contingência da linha crítica, mas com a sua corrente abaixo do pick-up estipulado para atuação do SEP implantado.

C) Nos casos em que podem ocorrer colapso de tensão devido aos modos de controle dos aerogeradores/parques eólicos que podem elevar transitoriamente a potência ativa fornecida durante uma ocorrência no sistema, é possível solicitar aos respectivos agentes a modificação destes modos de controle?

Atualmente o módulo 3.6 dos Procedimentos de Rede que trata dos Requisitos técnicos mínimos para a conexão de centrais geradoras eólicas e fotovoltaicas, no item 8, não estabelece nenhum requisito aos parques eólicos com relação a modo de controle de potência ativa diante do fenômeno de colapso de tensão. O requisito que solicita a elevação transitória de potência ativa é o requisito de inércia sintética que emula a inércia através de modulação transitória da potência de saída, contribuindo com pelo menos 10% de sua potência nominal, por um período mínimo de 5 segundos, quando em regime de subfrequência, para desvios de frequência superiores a 0,2 Hz. O ONS tem exigido (desde os leilões LER e LFA de 2015) que a central geradora deva ser capaz de operar em 3 modos distintos de operação: ? Controle de tensão, ? Controle de potência reativa, e ? Controle de fator de potência. Nos estudos pré-operacionais dos parques eólicos, é identificado qual o melhor modo de controle, dependendo das condições sistêmicas do ponto de conexão das usinas. Essa informação é repassada para o agente gerador que deverá disponibilizar suas máquinas para operação neste modo de controle. De maneira geral, o modo de controle de tensão tem sido o mais indicado e apropriado para aplicação no SIN, pois os aerogeradores sempre serão solidários às necessidades do sistema. No caso do Sudoeste da Bahia ficou evidente que, a alteração no modo de controle do fator de potência para o modo de controle de tensão, acarretou uma elevação nos limites de inserção de geração eólica no SIN, sem risco de colapso de tensão. Ainda em relação a contribuição de potência ativa ou reativa durante afundamentos de tensão, um outro requisito estabelecido nos Procedimentos de Rede é de injeção de corrente reativa (que pode ser máxima a depender da queda de tensão).

### 3.20 - PROPOSTAS PARA A PREVISÃO PROBABILÍSTICA DA GERAÇÃO EÓLICA

PESSANHA, J.F.M.(1);BESSA, R.J.G.D.S.B.(2);LOPES, J.A.P.(2); - CEPEL(1);INESC-Porto(2);

A perspectiva de uma maior participação das fontes eólicas no Sistema Interligado Nacional aponta para a necessidade de incluir a previsão de curto prazo da geração eólica nos procedimentos da operação em tempo real e da programação diária da operação. No presente trabalho apresentam-se duas abordagens para previsão probabilística da geração eólica: regressão quantílica e uma metodologia híbrida que congrega processos gaussianos, estimador de densidade de probabilidade e simulação de Monte Carlo. Uma avaliação comparativa das duas abordagens propostas foi conduzida por meio de um experimento computacional com dados reais de um parque eólico localizado na Galícia, Espanha.

Perguntas e respostas:

A) As duas abordagens apresentadas para previsão probabilística da geração eólica foram comparadas utilizando dados reais em um parque eólico localizado na Galícia, Espanha. É possível extrapolar estas abordagens probabilísticas para um maior espaço geográfico com distintos padrões de comportamento de geração eólica (regiões eólicas), como é o caso da região Nordeste onde existe uma clara distinção entre os padrões de geração eólica da região do litoral norte (Ceará, Rio Grande do Norte) e da região do interior da Bahia?

A metodologia foi desenvolvida para aplicação em dados provenientes de um parque eólico. Para aplicação em um espaço geográfico mais abrangente e com distintos padrões de comportamento de geração eólica a metodologia deverá ser adaptada para lidar com dados em painel (panel data), i.e., séries temporais de velocidade/direção do vento e geração em cada parque eólico localizado na região geográfica de interesse.

B) Os autores compararam os resultados probabilísticos apresentados com os métodos atualmente utilizados pelo ONS?

Os resultados disponibilizados pelo ONS são recentes e por esta razão ainda não foi possível realizar comparações.

C) O CEPEL pretende oferecer um programa de previsão de curto prazo da geração eólica?

A metodologia descrita no artigo encontra-se disponível no Programa Ventos, um dos módulos da cadeia de modelos para operação e planejamento de sistemas hidrotérmicos (Encad) desenvolvida pelo Cepel.

### 3.21 - VANTAGENS EM SE CONSIDERAR METAS DE DEMANDA PARA GRUPOS DE USINAS NA MODELAGEM DO PROBLEMA DE COMISSONAMENTO DE UNIDADES HIDRELÉTRICAS

BRITO, B.H.(1);FINARDI, E.C.(1);TAKIGAWA, F.Y.K.(2); - LABPLAN - UFSC(1);IFSC(2);

Este informe técnico tem por objetivo realizar uma análise das vantagens de se considerar as metas de demanda para grupos de usinas em cascata (e não para cada usina, como estabelece o Operador Nacional do Sistema ? ONS) via Programação Linear Inteira Mista (PLIM) no comissionamento de unidades hidrelétricas, tendo em vista que, desta forma, as unidades mais eficientes da cascata serão priorizadas no despacho. O intuito é atingir empresas que possuem diversas usinas hidrelétricas, principalmente quando estas estão dispostas em cascata. Neste artigo, foram feitas simulações em uma cascata com 29 unidades geradoras de 8 usinas localizadas em cascata.

Perguntas e respostas:

A) A altura de queda é representada na expressão [15] como dependente apenas do volume armazenado, já que a cota do canal de fuga é considerada constante. Essa hipótese é razoável para um problema de programação diária da operação?

As usinas consideradas neste artigo têm variação relativamente baixa na cota de jusante. Por isso foi decidido por aproximar essa cota como uma constante. Concordo que, em caso de variação maior na cota de jusante, faz-se necessário a consideração de uma aproximação para, pelo menos, uma função linear dependente da vazão turbinada e/ou defluente (que considera também o vertimento).

B) Qual a diferença entre "demanda normal", "demanda oscilante" e "demanda constante"? No gráfico da figura 3 não está definida a linha em verde, ela se refere a demanda oscilante?

Esses nomes foram atribuídos considerando diferentes cenários de demanda. A demanda normal caracteriza-se por uma curva de demanda que aumenta relativamente próximo do meio dia e um pouco mais próximo das 18hs. Na curva de demanda constante, a demanda tende a não variar muito entre o final da manhã e o início da noite. Já a curva de demanda oscilante tem variação maior na demanda ao longo do dia, quando tem uma queda brusca durante a tarde. São três cenários possíveis de ocorrer que foram considerados para testar a robustez da capacidade do programa de retornar resultados confiáveis. A linha verde refere-se a demanda oscilante (houve um erro de edição).

C) Por que foram utilizados valores de 50, 100 e 30% para o volume inicial (e não valores reais obtidos nos programas mensais de operação) e foram desconsideradas as aflúncias naturais às usinas?

Esses valores fictícios foram considerados apenas para comprovar a capacidade do programa de obter resultados aceitáveis em cenários favoráveis e críticos. O objetivo era comprovar a eficiência do algoritmo da forma mais objetiva possível.

### 3.22 - SISTEMA DE PREVISÃO DE VAZÕES A JUSANTE DE ITAIPU

QUEVEDO, J.(1);GOMES, G.(1);WERLANG, M.(1);LISBOA, A.(1); - ITAIPU(1);

La principal atribución de la División de Estudios Hidrológicos y Energéticos (OPSH) de la Itaipu Binacional es elaborar la previsión de caudales afluentes, aguas arriba y aguas abajo de la central, para el apoyo a la programación y planificación de la operación energética. Además, es responsable de la emisión del Boletín de Alerta Hidrológico (BAH), en caso de una imminente crecida o aumento importante de los niveles del Río Paraná en el tramo aguas abajo de la Itaipu. El objetivo de este artículo, es presentar la nueva metodología utilizada por la OPSH para realizar estas tareas, basada en la implementación del modelo hidrodinámico HEC-RAS para el tramo de aguas abajo. La metodología incluye: a) adquisición y consistencia de datos, b) supervisión del sistema y definición de las descargas de las centrales, c) simulación de la red de aguas abajo con el modelo HEC-RAS, d) emisión de la previsión de caudales. La rutina de previsión de caudales afluentes consiste en proveer diariamente, el valor del caudal incremental en el tramo del río Paraná comprendido entre la central Itaipu y la estación hidrométrica R11. Este valor de caudal de discretización horaria, es de mucha importancia para la operación de la Central, porque permite estimar las cotas en la estación hidrométrica R11 para controlar las restricciones hidráulicas de niveles en esta sección del río Paraná establecidas en el Tratado Tripartito entre Argentina, Brasil y Paraguay. También permite estimar en forma horaria, los niveles en el canal de fuga y por ende el salto bruto de la Central, tanto en etapa de programación como en operación en tiempo real, dentro del proceso de generación. Con relación a la emisión del BAH, el objetivo es proveer información a los órganos responsables de la divulgación exterior de la Itaipu, sobre previsiones de niveles del río Paraná en un horizonte de cortísimo plazo, en situaciones de posibles inundaciones, que afectarán a poblaciones o instalaciones ubicadas aguas abajo de la central Itaipu, en territorio paraguayo y brasileño

Perguntas e respostas:

A) Em que consiste a metodologia de König anteriormente adotada? Em que medida o custo da mudança da metodologia (König pela implantação de um sistema baseado no uso do modelo HEC-RAS) foi compensado pela redução do erro? Um período de 2-3 anos não seria muito curto para propor/implementar tal modificação?

La metodología de König es un método práctico desarrollado por un Ing de Itaipu llamado Juan König. Considera que la propagación del caudal defluente de Itaipu en una hora específica afectan los caudales en R11 por las siguientes 24 hs. Consiste en 24 coeficientes que al multiplicar por los últimos 24 valores de defluencia, obtenemos la participación (en caudal) de Itaipu en R11. El resto de los caudales que aportan a R11 se obtiene sumando los aportes de los ríos Iguazú, Monday y Acaray. Aplicar la metodología fue muy sencilla, después de obtener el modelo calibrado. La reducción del error en la previsión de niveles pasó de 50 cm a 10 cm de desvío promedio absoluto. Con respecto al período de tiempo, al inicio se utilizaron los dos métodos en paralelo. En menos de 1 semana, nuestros clientes de la División de Programación y Estadística optaron por destacar el método antiguo y aplicar solo el resultado del HEC-RAS

B) A contribuição lateral da bacia a jusante da UHE Itaipu (até a régua 11) foi considerada nos estudos com o HEC-RAS?

Si fue considerada. Principalmente el río Iguazú que es modelado desde la UHE Salto Caxias. Además los ríos Monday y Acaray en Paraguay, y ríos menores que se modelan a partir del resultado del modelo Hidrológico MGB

C) Como foram definidas as seções transversais do rio Paraná? Em novas campanhas de campo? Ou foram utilizadas as seções definidas por ocasião da instalação da UHE? Os dados disponíveis permitir(í)am a adequada modelagem hidráulica do trecho do rio Paraná com um modelo complexo como o HEC-RAS?

Las secciones batimétricas se obtuvieron de varias campañas en diferentes épocas. Se recopilaron todas estas informaciones y se complementaron con la topografía obtenida a partir del SRTM. En el caso de las secciones inmediatamente a jusante de la UHE, se usaron las secciones de la etapa de construcción. En secciones como R11, se tienen batimetrías actualizadas, a partir del trabajo del equipo de hidrología de campo de Itaipu. Si permitieron modelar el río Paraná. Los desafíos más importantes estuvieron en el río Iguazú, debido a la morfología de este río, con secciones que en algunos casos tienen poca profundidad y vuelven al modelo inestable. Además del problema de modelar las Cataratas del Iguazú (modelado como vertedero) y áreas de almacenamiento conectadas con estructuras laterales. Creo que gracias a la complejidad de un modelo como el HEC-RAS, se pudieron obtener muy buenos resultados.

### 3.23 - ESTIMATIVA DE HIDROGRAMAS AFLUENTES A RESERVATÓRIOS OBTIDOS UTILIZANDO O FILTRO DE KALMAN POR ENSEMBLE

BR?DA, J.P.L.F.(1);ARAÚJO, A.N.D.(2);ZANANDREA, F.(3);NETO, G.G.R.(4);PAIVA, R.C.D.D.(5); - IPH/UFRGS(1);COPEL(2);IPH/UFRGS(3);IPH/UFRGS(4);IPH/UFRGS(5);

A estimativa da vazão afluente a reservatórios é de grande importância para a operação hidráulica em tempo real, bem como para o planejamento da operação de usinas hidrelétricas. Um método bastante usual para determinação da vazão afluente é o que utiliza a equação do balanço hídrico, no entanto resulta em séries ruidosas devido às incertezas na obtenção das informações de nível de água, vazão defluente e curva cota x volume. Nesse contexto, o presente trabalho propõe um método para contornar este problema, baseado no Filtro de Kalman por Ensemble, com grande potencial para geração de séries de aflluência mais consistentes.

Perguntas e respostas:

A) Com respeito aos desvios-padrão adotados para as perturbações do estado vazão afluente quais as justificativas para os valores arbitrados (desvio padrão de 4% no caso hipotético e 10% nos casos reais)? Qual o impacto esperado no desempenho do filtro de Kalman se estes valores fossem majorados ou minorados?

Foram testados diversos valores de perturbações e os desvios-padrão adotados são os que visualmente apresentaram os melhores resultados (menor defasagem e ruído). A escolha dos valores adotados para os desvios-padrão está relacionada ao balanço entre ruído e defasagem. Quanto maior a perturbação, mais o método se aproxima da equação do balanço hídrico (muito ruído e nenhuma defasagem), e uma perturbação muito pequena resulta em um hidrograma bem suave e bastante defasado.

B) Como foram estimadas as matrizes de covariância do filtro?

O método utilizado foi o Filtro de Kalman por Ensemble. Essa variação do Filtro de Kalman utiliza um Ensemble que é um conjunto de simulações perturbadas que servem de "amostras" para poder calcular as estatísticas (variância e covariância). No caso, o modelo é a equação de balanço hídrico, e as variáveis são Nível (Z), Volume (V) e Vazão (Q). Com perturbações aleatórias na vazão para cada uma das simulações (membros do Ensemble) o nível e o volume do reservatório vão variar e podemos calcular a covariância entre as variáveis (Soma(xm-x)(ym-m)/n). Percebemos que não apresentamos no trabalho o número de membros do Ensemble (simulações perturbadas), e isso é uma falha nossa. O número de elementos do Ensemble eram 200.

C) A que os autores atribuem o fato de que o método de média móvel levou a um índice de ruídos melhor no caso hipotético?

Porque no caso sintético, havendo um hidrograma de referência ("real"), os valores adotados para as perturbações procuraram atingir o menor RMSE (raiz do erro quadrático médio), diminuindo a defasagem do hidrograma o que acarretaria em um maior ruído. O melhor desempenho em relação ao Índice de Ruídos (IR) dos métodos baseados no EnKF para os casos reais deve-se ao fato de que o índice foi calculado para toda série, e em vazões mais baixas (maior parte da série) os métodos baseados no EnKF são mais suaves que a média móvel. Mas pode-se observar que na ocorrência de um evento chuvoso em que há um aumento considerável de vazão os métodos baseados no EnKF são mais ruidosos e menos defasados que a média móvel.

### 3.24 - CO-OPTIMIZAÇÃO DE ENERGIA E SERVIÇOS ANCLARES NO PLANEJAMENTO DE MÉDIO-PRAZO DE SISTEMAS HIDROTÉRMICOS

BRIGATTO, A.D.C.(1);STREET, A.(1);VALLADÃO, D.M.(1); - PUC-Rio(1);

A Programação Dinâmica Dual Estocástica pode ser utilizada para planejar sistemas hidrotérmicos. No entanto, a tratabilidade computacional deste método ainda requer simplificações de modelagem para atingir performance aceitável. Simplificações com desconsiderar o critério de segurança e as restrições de transmissão na etapa de planejamento são comuns, mas induzem a uma política de operação inconsistente. Os efeitos adversos dessa inconsistência são esvaziamento de reservatórios, baixos níveis de reserva, e alta volatilidade do preço de curto prazo da energia e despacho termelétrico. Este trabalho discute uma metodologia para avaliar as consequências da inconsistência temporal no planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos decorrente de simplificações no critério de segurança e na rede de transmissão. Além disso, apresentamos um novo modelo de operação que co-otimiza a programação do despacho energético e dos serviços ancilares. Desta forma, o modelo produz como output uma política de alocação de reservas, individual por geradores, que garante um critério de segurança n-K de maneira endógena e co-otimizada com o despacho energético do sistema.

Perguntas e respostas:

A) Os autores enfatizam que a política inconsistente não reconhece o valor do intercâmbio de energia entre subsistemas. Entretanto, os resultados apresentados no artigo parecem não ser suficientes para se chegar a esta conclusão. Os autores poderiam apresentar mais detalhes sobre esses resultados?

De fato, um dos gráficos apresentados no artigo em que nos baseamos para ilustrar os resultados e este comentário, referência [18], clarifica esta questão. Na política inconsistente, o intercâmbio entre o SE e o NE fica mais baixo no meses anteriores ao período seco. Isso porque a função de custo futuro simplificada não enxerga o custo da impossibilidade de despacho no NE devido às restrições não contabilizadas (que existem no modelo detalhado). Assim, a operação ótima inconsistente não envia energia para NE que, por sua vez, esvazia. Quando o período seco chega e cenários adversos ocorrem, os níveis dos reservatórios no NE estão aquém do necessário para manter as térmicas caras desligadas e, como consequência, um despacho mais caro ocorre. Os autores adorariam poder incluir este gráfico no artigo. Contudo, esta opção não é dada pelo site. O que faremos será dar um maior foco neste ponto durante a apresentação, mostrando os resultados que constam em [18] e que, por restrições de espaço acabaram não sendo incluídos neste artigo. Agradecemos a este revisor por levantar este tema. [18] A. Brigatto; A. Street; D. M. Valladao, "Assessing the Cost of Time-Inconsistent Operation Policies in Hydrothermal Power Systems," in IEEE Transactions on Power Systems, vol.PP, no.99, pp.1-1 doi: 10.1109/TPWRS.2017.2672204

B) A modelagem utilizada pelos autores difere da empregada nos modelos oficiais utilizados no Planejamento da Operação Energética, pois, por exemplo, não consideram Mecanismos de Aversão ao Risco. Os autores tem uma avaliação de como a ausência desse critério afeta as conclusões desse artigo, visto que a aversão a risco é uma preocupação constante do ONS, e que está presente nos modelos oficiais?

Os autores concordam plenamente com a relevância deste comentário. Inclusive, uma das perguntas que devemos nos fazer é: o quanto do risco que modelamos é realmente o risco que será vivido? Isso porque existe uma atual preocupação com o aumento da aversão a risco que não é acompanhada por uma preocupação na melhor representação do modelo à realidade. Esta segunda produz uma componente escondida do risco que vivemos e que vem sendo tratada apenas através do

aumento do perfil de risco. Em outras palavras, o distanciamento entre a realidade e o modelo produz um risco (resultados operativos ruins) vivido na prática. O risco real é a composição do risco induzido pelas incertezas junto com o risco de modelagem (inconsistência). Neste primeiro trabalho, objetivamos justamente alertar para o segundo (risco do modelo ou da inconsistência entre planejamento e realidade), sem introduzir o efeito composto com o primeiro (risco das incertezas produzirem cenários adversos). Certamente a consideração de ferramentas de risco alteram o resultado e os valores das métricas. Provavelmente os impactos devem ser diferentes. Contudo, certamente os resultados de inconsistência se manterão, pois são resultados de otimalidade. Ou seja, uma política operada sobre uma função de custo futuro sub ótima sempre será pior. Está dentro dos nossos temas de pesquisa atuais apresentar resultados mais detalhados com relação à realidade operativa do sistema. Contudo, como este tema é muito novo, para efeitos de publicação, preferimos tratar do caso base, já conhecido e não misturar dois efeitos ao mesmo tempo. Agradecemos a este revisor pela oportunidade de discorrer sobre isso.

C) Os autores não deram muitos detalhes sobre a formulação matemática. Qual o conjunto de restrições que foram consideradas no problema?

O conjunto de restrições foi apresentado de maneira compacta. Basicamente, o que foi utilizado foram as equações de: 1) balanço hídrico 2) balanço nodal de energia 3) restrições de limite de capacidade nos intercâmbios 4) limites máximos e mínimos dos geradores 5) restrições que modelam a função de custo futuro 6) 2 lei de Kirchhoff (modelo detalhado) 7) restrições de redespacho em caso de contingências (modelo detalhado). O objetivo foi criar um modelo base simples, de forma a mostrar que, supondo a realidade sendo 1-7, se o sistema for planejado considerando somente 1-5, quando a realidade se materializar e as restrições 6 e 7 forem vividas na prática, o despacho será significativamente pior. Esta ideia é clara e um tanto óbvia. Contudo, ela era desprezada em função de diversos fatores. O primeiro, porque o modelo com restrições de contingência é significativamente mais complexo e difícil de resolver. Esse passo foi superado com a proposta de geração de coluna e restrições apresentada em [19] e neste artigo. O segundo é mais ideológico. Existe um corrente de pensamento que acredita que não precisamos modelar incertezas de curto prazo em modelos de planejamento de médio e longo prazo. Na nossa apresentação, mostraremos através de um exemplo simples que nem sempre isso é verdade. E no caso de contingências, o ponto de operação fica completamente alterado em função do critério n-2. Assim, mesmo sem que nenhuma contingência ocorra, o ponto operativo é substancialmente diferente e mais caro se comparado com o ponto de operação decorrente da do despacho que despreza as contingências. [19] A. Street; A. Brigatto; D. M. Valladao, "Co-optimization of Energy and Ancillary Services for Hydrothermal Operation Planning Under a General Security Criterion," in IEEE Transactions on Power Systems, vol.PP, no.99, pp.1-1. doi: 10.1109/TPWRS.2017.2672555

### 3.25 - AVALIAÇÃO DO USO DE RESTRIÇÕES PROBABILÍSTICAS PARA A SUPERFÍCIE DE AVERSÃO A RISCO NO PROBLEMA DE PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO DA OPERAÇÃO HIDROTÉRMICA

RODRIGUES, L.F.(1);DINIZ, A.L.(2);PRADA, R.B.(1); - PUC-RIO(1);CEPEL(2);

Propõe-se o uso de restrições probabilísticas no problema de planejamento de longo prazo de sistemas hidrotérmicos, resolvido por programação dinâmica dual estocástica (PDDE), para obter uma política operativa considerando o risco de não atendimento à demanda, com distribuição Gaussiana multivariada para as afluições aos reservatórios. Resolve-se iterativamente um subproblema de restrições probabilísticas, referente à operação vários meses à frente, cujas informações da solução são utilizadas para construir um modelo linear por partes para a superfície de aversão a risco probabilística de energia armazenada para os subproblemas da PDDE. Apresentam-se resultados preliminares para um sistema pequeno.

Perguntas e respostas:

A) A aplicação apresentada no artigo é bastante reduzida (apenas dois reservatórios equivalentes e cinco períodos de tempo). Os autores consideram viável a aplicação do método para a configuração oficial do NEWAVE, com 9 reservatórios equivalentes?

A princípio sim, mas para o aumento do número de reservatórios (9) e de períodos (12) é necessário o aprimoramento da eficiência da implantação realizada neste artigo. Desta forma, seria possível realizar testes de desempenho para dimensões maiores e comparação entre os resultados obtidos com outros modelos de aversão a risco (SAR e CVAR).

B) Quais seriam as dificuldades de se implementar uma distribuição log-normal para as energias afluente com dependência temporal representada por meio de um modelo autorregressivo?

Existe a restrição em relação ao requisito de concavidade da variável aleatória. Estudos para a modelagem da variável aleatória podem ser consultados em: "Henrion R.; Diniz A.L.; An Embedded Chance Constrained Approach for Risk Averse Long Term Power Generation Planning within Stochastic Dual Dynamic Programming.", Technical Report.

C) O problema de restrições probabilísticas é não linear. Seria possível representá-lo de forma direta, aplicando-se um algoritmo de programação não linear?

Sim, no entanto o objetivo maior não é RESOLVER o subproblema, mas sim construir um corte válido para representação da superfície de aversão a risco probabilística. Neste caso, uma aproximação linear por partes do subproblema torna-se satisfatória do ponto de vista prático

### 3.26 - AVALIAÇÃO DOS DADOS CADASTRais UTILIZADOS PARA CÁLCULO DA PRODUTIBILIDADE DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DO SIN

KLIGERMAN, A.S.(1);BRAGA, R.S.(1);LIMA, M.C.A.(1);BOAS, C.E.V.(1);KUSEL, B.F.(1);AZEVEDO, M.H.T.D.(1);FILHO, R.N.F.(1);KHENAYFIS, L.D.S.(1);PEREIRA, B.F.(2);NETO, E.S.A.(3);NEVES, F.P.C.(4);NQUINI, F.M.M.(5);MOTTERAN, G.(6);BORDUQUIL, H.G.(7);MIKAMI, H.(8);MOREIRA, J.O.D.S.(9);RESCIGNO, J.V.M.(10);NOGUEIRA, L.F.D.A.M.(11);CARVALHO, M.R.R.D.(12);NETO, M.P.D.G.(13);KATEKAWA, M.E.(14);MAGANHA, N.(15);CID, P.H.S.(16);VIANA, P.P.D.C.(17);TUFAILE, R.B.R.(18);FEISTAUER, R.(19);SACCHI, R.(20);FERNANDES, S.M.(21);CÉSAR, T.C.(22);GOULART, V.(23); - ONS(1);Light(2);SAE(3);CESAP(4);Eletrosul(5);CEMIG(6);CPFL(7);COPEL(8);ENEL(9);ENGIE(10);CESP(11);FURNAS(12);EDP(13);DUKE ENERGY(14);ALUPAR(15);NEOENERGIA(16);ESBR(17);ITAIPU(18);CEEE(19);CCEE(20);CHESF(21);EPE(22);AES Tiete(23);

Visando a melhor representatividade dos modelos para o planejamento da operação e cálculo do Preço de Liquidação das Diferenças - PLD, o ONS formou em 2015 o Grupo de Trabalho de Avaliação de Dados Cadastrais Utilizados no Cálculo da Produtibilidade - GTDP, com os 42 agentes de geração hidroelétrica, a CCEE e a EPE. A determinação dos rendimentos e perdas hidráulicas representativos, primeira atividade do grupo, foi precedida pela definição de uma metodologia unificada para o cálculo das vazões turbinadas históricas. O artigo apresenta em detalhes as metodologias aprovadas no âmbito do GTDP e os principais resultados obtidos.

Perguntas e respostas:

A) Segundo o texto, um dos fatores que motivou a realização do trabalho foi a diferença de armazenamento encontrada entre os valores obtidos com os modelos computacionais utilizados no SEB e os valores reais observados ao longo de dois anos. Entretanto, sabe-se a imprecisão de outros dados de entrada podem ocasionar diferenças não desprezíveis nos resultados dos modelos (polinômios, vazões de usos consultivos, entre outros). Sendo assim, pergunta-se aos autores se, após a realização do estudo, os novos valores de rendimento do conjunto turbina-gerador e de perdas hidráulicas foram utilizados para a realização de um backtest com o objetivo de verificar que parte da diferença previamente encontrada se deve à imprecisão destes dois parâmetros?

O trabalho envolve a reavaliação de quatro grandezas: o rendimento turbina-gerador, as perdas hidráulicas, os polinômios de nível de jusante e os níveis de montante das usinas a fio d'água. Por não terem sido ainda obtidos todos os dados essenciais para as 142 usinas alvo do estudo, não se pode ainda avaliar em conjunto ou isoladamente o efeito da reavaliação destes parâmetros nas diferenças entre os níveis de armazenamento provenientes da simulação e da operação realizada. Com a conclusão do trabalho, poderá ser avaliada precisamente a contribuição de cada parâmetro.

B) O resultado apresentado pelo trabalho mostra, para uma determinada usina hidroelétrica, uma variação de -0,78% entre a produtividade específica calculada e a cadastrada, e de +34,9% entre a perda hidráulica calculada e a cadastrada. Outros resultados não foram mostrados no trabalho. Analisando os resultados obtidos até o presente momento (no artigo são mencionadas 69 usinas), qual é o comportamento estatístico destas variações para as demais usinas estudadas? Como os autores analisam este resultado?

C) Segundo os autores, o processo proposto para a determinação das vazões turbinadas por unidade geradora vem no sentido de uniformizar a forma de cálculo, além de evitar algumas simplificações realizadas na obtenção dos dados atualmente disponíveis. Quais são as simplificações que a metodologia proposta pelos autores consegue evitar? Os autores enxergam alguma fragilidade (ou simplificação) na metodologia proposta?

### 3.27 - PROGRAMAÇÃO DINÂMICA DUAL: ESTRATÉGIAS EFICIENTES APLICADAS A PROBLEMAS ESTOCÁSTICOS DE COORDENAÇÃO HIDROTÉRMICA

SANTOS, L.C.B.D.(1);DINIZ, A.L.(1); - CEPEL(1);

O planejamento hidrotérmico de curto e médio prazo visa calcular a política operativa ótima tendo em vista os recursos disponíveis e considerando riscos, afluições incertas e custos de operação do sistema. São problemas complexos, de difícil modelagem e custosos para serem processados, sendo necessários métodos de decomposição para resolvê-los, como a programação dinâmica dual (PDD). Propõem-se três estratégias para aprimorar a eficiência computacional da PDD, sem perda de suas propriedades de convergência: teste de convergência local, teste de estabilidade das variáveis de estado e compartilhamento local de cortes. Resultados são apresentados para problemas de tamanho moderado.

Perguntas e respostas:

A) O teste de convergência local já havia sido proposto anteriormente na referência (11). Os autores poderiam comparar, do ponto de vista quantitativo, os ganhos oferecidos na implementação do artigo em relação aos reportados em (11)?

O conceito de convergência local em sub-árvores de cenários foi proposto anteriormente em (11) quando foram propostos dois métodos de caminhamento em árvore que usavam de um meio termo entre as estratégias denominadas de Shuffle/Cautious e Fastpass. Os autores utilizaram o teste de convergência local para determinar se o algoritmo seguiria no passo forward ou backward na árvore, criando assim diferentes estratégias de caminhamento. Como resultado, concluíram que os métodos Fastpass, e-Cautious e Cautious obtiveram resultados semelhantes nos problemas testados. Já na estratégia que propomos, o mesmo conceito de convergência local é

usado, porém não para definir a metodologia de caminhamento, pois para isto usamos Fastpass, que é conhecida como provedora de bons resultados. O teste de convergência, portanto, tem a única função de identificar quando uma operação de resolução de um subproblema de programação linear (PL) é redundante, evitando o gasto computacional com a mesma. Dessa forma, para o problema resolvido, obtivemos resultados que se mostram melhores que a estratégia Fastpass puramente.

B) O artigo considera apenas problemas estocásticos resolvidos através de PDD, onde se representa a árvore completa. É possível aplicar os conceitos do artigo também para problemas resolvidos por PDDE?

Com relação às estratégias TCL e TEV, quando se trata de um problema PDDE SEM reamostragem de cenários forward seria possível aplicar as estratégias propostas para evitar operações redundantes, o que possivelmente poderia trazer diminuição do custo computacional de processamento. Porém, como as estratégias contam com resultados de iterações anteriores para determinar quando uma operação é redundante, no caso da PDDE COM reamostragem, sua aplicação torna-se um desafio. O teste de convergência local (TCL), por sua vez, parece mais adequado, uma vez que a PDDE, por construção, atende um dos requisitos limitadores do uso da estratégia, que é a simetria da árvore de cenários.

C) Na aplicação dos autores, o horizonte é longo e com poucas aberturas por nó, quando comparado ao modelo oficial DECOMP, que só considera dois meses porém representa um número grande de aberturas no 2º mês. Os autores vislumbram ganhos de tempo razoáveis ao se aplicar essas estratégias propostas no DECOMP?

As rodadas oficiais do modelo DECOMP contam com apenas um período estocástico, árvore em forma de 'vassoura'. Dessa forma, não parece razoável aplicar as estratégias propostas, uma vez que a convergência local implica, quase diretamente, em uma convergência global, pois também não há cenários irmãos onde estados possam ser compartilhados. No entanto, o modelo DECOMP é capaz de considerar até um ano à frente com até 11 períodos estocásticos e diferentes quantidades de aberturas. Neste caso, vislumbra-se a utilização das estratégias no sentido de melhorar a eficiência do modelo nestas condições.

### 3.28 - AVALIAÇÃO DO USO DE INFORMAÇÃO DE CHUVA PARA PREVISÕES DE VAZÕES NO PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO DE CURTO PRAZO

COLONESE, J.P.(1);XAVIER, L.N.R.(1);MACEIRA, M.E.P.(1);DAMÁZIO, J.M.(1);FILHO, O.C.R.(2); - CEPEL(1);COPPE / UFRJ(2);

O planejamento da operação do sistema elétrico brasileiro depende de informações acerca da disponibilidade futura de vazões afluentes às usinas hidroelétricas. O modelo PREVIVAZH foi desenvolvido para fornecer previsões diárias para o planejamento de curto prazo. Esse modelo permite a utilização de informações de previsão de precipitação para condicionar suas previsões de vazões. Este trabalho avalia o impacto das previsões de chuva obtidas pelo modelo ETA nos erros das previsões de vazões do PREVIVAZH em quatro bacias da Região Sul. De forma geral, mostra-se que a abordagem adotada pelo PREVIVAZH é pouco sensível aos erros contidos nas previsões de chuva.

Perguntas e respostas:

A) Como os autores comparariam o desempenho do modelo proposto em relação a um modelo puramente físico chuva-vazão, em relação à robustez quanto à incerteza nas previsões de chuva?

O modelo apresentado usa previsões de classes de chuva para condicionar a geração de cenários sintéticos de vazões diárias. A previsão final tem como primeiro objetivo se aproximar de uma meta semanal definida previamente. Um modelo chuva-vazão típico usaria diretamente os valores de previsão numérica de precipitação como dado de entrada para os processos modelados. Mesmo que se utilizem técnicas de pós-processamento para remoção de erros sistemáticos, a informação utilizada por cada modelo seria essencialmente diferente. Por outro lado, considerando os resultados apresentados no Informe Técnico sobre avaliação dos erros de previsão é possível inferir nos casos estudados que a informação extraída de previsões por categorias de chuva possui maior confiabilidade. Mesmo que no trabalho não tenha sido avaliada nenhuma técnica para pós-processamento de previsões de chuva, os resultados indicam que, apesar dos recentes avanços, as previsões numéricas de chuva de modelos atmosféricos de tempo ainda apresentam incerteza considerável para uso de seus valores diretamente, especialmente para horizontes de previsão maiores que cinco dias. Assim, mesmo que os erros na previsão de vazões possam ser diretamente comparados, as diferenças estruturais apontadas dificultam a comparação entre as abordagens quanto ao impacto da incerteza nas previsões de chuva.

B) O trabalho utiliza informação de chuva em um modelo que se baseia na geração de cenários estocásticos de sequências de vazões diárias. Os autores poderiam explicar melhor como é esse modelo, e quais parâmetros (e sua função) são estimados com base na informação de chuva?

Além da referência apresentada no Informe Técnico, a metodologia do modelo também é descrita com mais detalhes em COSTA et al. (2007). De maneira geral, o modelo é constituído de duas partes: i) geração de sequências sintéticas de vazões diárias; ii) escolha de sequência para ser reportada como uma previsão determinística. Para a primeira etapa, as vazões são modeladas em duas parcelas: i) parcela de 'esvaziamento' da bacia (O) obtida como uma fração estocástica da vazão do dia anterior; ii) parcela de incrementos de vazão (U) modelada como um processo estocástico intermitente. Uma variável estocástica (Z) é modelada como um processo normal padronizado autorregressivo de ordem 1 e censurada para valores menores que um limite. Para transformação da variável normal Z para incrementos de vazões, U, obtêm-se a probabilidade associada a Z na distribuição normal e busca-se na distribuição empírica de U o valor com mesma probabilidade. O limite de censura em Z para definição de U igual à zero é o valor na normal padrão associado à frequência de ocorrências de U igual à zero na amostra. A informação de chuva é utilizada para condicionar as amostras para montagem das distribuições de U. Assim, para cada classe de chuva definida, obtêm-se diferentes distribuições de U e, consequentemente, diferentes probabilidades de U ser nulo. Não há outros parâmetros determinados pela informação de chuva. Referência: COSTA, F.S., MACEIRA, M.E.P., DAMÁZIO, J.M. 'Modelos de Previsão Hidrológica Aplicados ao Planejamento da Operação do Sistema Elétrico Brasileiro?RBRH? Revista Brasileira de Recursos Hídricos v.12, n.3, pp. 21-30 Jul/Set. 2007.

C) O autores mencionam que, em períodos de vazões em recessão, o desempenho do modelo é melhor quando não se utiliza informação de chuva. Qual a explicação conceitual ou física para isso?

A análise apresentada no trabalho não se refere a recessões no sentido clássico do termo. Devido a observações empíricas sobre os resultados obtidos de erros de previsão nos diferentes casos analisados, os erros de previsão semanal foram averiguados a partir do comportamento relativo entre as duas metas de vazões informadas ao modelo, as quais, no estudo apresentado, são as próprias vazões realizadas. Nesse contexto, vazões descendentes se referem a casos com valores decrescentes nas metas semanais. Esta foi uma verificação preliminar sobre a sensibilidade do modelo a um dos diferentes dados de entrada. Com o resultado obtido, vê-se a necessidade de maiores investigações sobre situações com informações aparentemente conflitantes: metas semanais descendentes, porém chuva diária presente na bacia. Até porque, a depender, dentre outros, de sua magnitude e distribuição, os efeitos sobre a vazão de uma chuva ocorrida podem não ser suficientes para o aumento da vazão média em uma semana. Esse fato é ainda mais importante ao se considerar que no modelo não há uma função de transferência entre chuva e vazão, abrindo espaço, assim, para avaliação da sensibilidade dos resultados às diferentes situações simuladas. Considerando, ainda, a alta variabilidade das vazões diárias da bacia de Itá, tal situação, a princípio contra-intuitiva, não é incomum. Como apresentado no Informe Técnico, o uso da chuva melhora o desempenho do modelo para previsões na escala diária, até por ser onde a informação é, de fato, utilizada. Por outro lado, o mesmo não pode ser necessariamente estendido para as previsões semanais daí derivadas. Por fim, seria esperado que em semanas sem chuva e, possivelmente, vazões descendentes os resultados do modelo com e sem uso de informação de chuva não fossem muito distintos. Entretanto, a definição sobre o que o modelo considera 'não-chuva' (e todas as demais classes) é dependente dos limiares de classes de chuva definidos. Nesse estudo, tais limiares foram definidos com base, exclusivamente, nas distribuições da própria chuva a cada mês, não se considerando, portanto, a relação entre chuva e vazão. Especificamente sobre o resultado aqui comentado, evidencia-se a necessidade de maiores investigações sobre o impacto na definição de classes de chuva fraca, associada a vazões descendentes ou não, nas previsões de vazões realizadas.

### 3.29 - NECESSIDADE DE RESERVA GIRANTE E IMPACTOS NO SIN DEVIDO À INSERÇÃO DE GERAÇÃO INTERMITENTE

ORTO, C.E.R.C.D.(1);BEZERRA, B.(1);KELMAN, R.(1);BASTOS, J.P.(1);CARVALHO, M.R.M.(1);PEREIRA, M.V.(1); - PSR(1);

A utilização de fontes renováveis para a geração de energia elétrica tem crescido significativamente em todo o mundo, principalmente a energia eólica e solar fotovoltaica. No Brasil não é diferente: nos últimos 5 anos, por exemplo, foram contratados mais de 11 GW de usinas eólicas, o que representa mais de 40% de toda a nova capacidade leiloada pelo governo. Este trabalho tem dois objetivos: propor uma metodologia para calcular a necessidade de reserva girante para compensar a variabilidade das fontes intermitentes e quantificar o impacto do acréscimo de reserva nos custos operativos e de investimento do SIN. Será apresentado um estudo de caso do despacho hidrotérmico a usinas individualizadas para o horizonte 2030, considerando incerteza na produção eólica e nas vazões afluentes, através da representação explícita de restrições de reserva girante do SIN.

Perguntas e respostas:

A) Com o advento da maior penetração de fontes renováveis intermitentes, é razoável esperar que a necessidade de reserva de potência aumente, sendo desejável o estabelecimento de novo critério, a partir de aprimoramentos nas metodologias existentes. Apesar do trabalho, em princípio, consistir na proposta de uma metodologia para cálculo da necessidade de reserva operativa, os autores utilizam simplesmente um valor de 20% da capacidade instalada de geração eólica na região nordeste do Brasil (6GW em 30GW, como consta na seção de resultados). Qual a justificativa para a adoção deste montante? Ele não deveria ser obtido a partir de um modelo de simulação, pois dependem da configuração do sistema, i.e., da participação relativa das diversas fontes de geração, da capacidade de transferência entre os sistemas, e também do perfil da carga em cada sistema?

Utilizou-se no estudo de caso a variação encontrada no histórico para a fonte de energia mais intermitente (eólica), na região onde há maior concentração, como apresentado. De fato, a aplicação de uma simulação completa, considerando outros fatores seria bem-vinda e será tema de trabalhos futuros. Entretanto, este critério foi utilizado como uma aproximação e é possível inclusive que seja conservador, tendo em conta a possível atuação de outros fatores. De toda forma, buscou-se destacar o impacto para a operação e custos totais do sistema ao se considerar a necessidade de reserva, ainda que seu cálculo ainda possa ser beneficiado com uma simulação detalhada, inclusive em relação à disposição espacial dos parques eólicos.

B) Os resultados obtidos, em termos de custos de operação e investimento, são, evidentemente, muito dependentes do critério para determinação da reserva de potência operativa, e, também dos dados utilizados. Nesse sentido, como os cenários de expansão são realizados; e.g., atende os critérios vigentes no Brasil, com relação a risco e igualdade em CMO e CME? Como foram obtidas a expansão dos projetos eólicos e solares?

Realmente os resultados podem variar conforme o cenário de expansão, que alteraria também, teoricamente, o CME. Desta forma, os cenários apresentados foram

elaborados utilizando o critério regulatório, onde toda a carga precisa estar 100% contratada e lastreada, assim, dada a projeção de demanda, os projetos indicativos foram inseridos conforme critérios estabelecidos pelos autores quanto a disponibilidade de combustível, viabilidade técnica/política, e competitividade perante outras fontes.

C) Atualmente, os Procedimentos de Rede aprovados pela ANEEL e utilizados pelo ONS e CCEE, adotam, na etapa de simulação da operação, 2.000 séries sintéticas multivariadas de energias afluentes aos reservatórios das usinas hidrelétricas. Qual a justificativa dos autores adotarem apenas 200 cenários na simulação da operação? Não seria de se esperar que, com a consideração da estocasticidade da geração eólica, seria necessário aumentar o número de cenários utilizados, ao invés de reduzi-los drasticamente?

O número de cenários utilizados no apresentado no artigo foi escolhido por conseguir representar praticamente a mesma distribuição de probabilidades da simulação com os valores das simulações oficiais. Porém, ao contrário do modelo aprovado pela Aneel e utilizados pelo ONS e CCEE, que utilizam reservatórios equivalentes de energia, com a simulação da carga em patamares, foi utilizado o modelo SDDP, em base horária e usinas individualizadas, o que resulta em uma representação substancialmente mais precisa da operação do sistema, além de requerer maior esforço computacional. Desta forma, conseguimos resultados coerentes em relação ao número de séries atualmente utilizados, e utilizamos uma representação do sistema mais acurada. Apesar disso, nada impediria a simulação com maior número de séries, que, obviamente, resultaria em maiores volumes de dados.

### 3.30 - DETERMINAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAR A INCERTEZA NA PREVISÃO DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO AFLUENTE POR SISTEMAS HIDRO-METEOROLÓGICOS PARA AUXÍLIO NA OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E PLANEJAMENTO HIDRO-ENERGÉTICO

SILVEIRA, R.B.D.(1);ARAUJO, A.N.D.(2);BREDA, A.(3);FREITAS, C.(2);PEREIRA, R.S.M.(2);CALVETTI, L.(4);INOUE, R.T.(5);NEUNDORF, R.L.A.(6);Gonçalves, J.E.(7); - SIMEPAR(1);COPEL(2);SIMEPAR(3);UFPEL(4);SIMEPAR(5);SIMEPAR(6);SIMEPAR(7);

Metodologia para determinar curva operacional de avaliação das simulações hidro-meteorológicas, com base em previsão de chuva, dados de vazões ocorridas e previstas. O procedimento é aplicado à bacia do Rio Iguaçu, no estado do Paraná e os dados de observação correspondem às estações hidro-meteorológicas do Simepar e hidrológicas da COPEL. As previsões de chuva são fornecidas pelo modelo numérico de previsão do tempo COSMO (Alemanha), com espaçamento horizontal de grade de 7km e 2.8km, para o período de 5 dias. Já a previsão de vazão é fornecida pelo Sistema de Previsão Hidrológica do Simepar, SISPSH

Perguntas e respostas:

A) O resumo que havia sido submetido para o congresso menciona o modelo atmosférico WRF, cujos resultados não foram gerados e/ou mostrados no artigo. Os autores chegaram a avaliar esse modelo?

O trabalho tem por base as simulações de vazão, tendo como dados de entrada a chuva observada de telemétricas e chuva prevista pelos modelos numéricos WRF e COSMO. Em particular, para o congresso serão discutidos os resultados para um evento específico, utilizando o modelo COSMO e o impacto da fronteira do modelo global nos resultados da previsão de chuva. No entanto, utilizou-se também o modelo WRF e serão discutidos resultados para este modelo.

B) A melhoria das simulações de chuva e, conseqüentemente, de vazão em 2015 deve-se exclusivamente pelo fato da resolução espacial mais refinada do modelo ICON? Qual seria a influência de sua característica não hidrostática e outras possíveis parametrizações?

Não exclusivamente, mas a realização das previsões do modelo global em uma grade com malha de 10km, ao invés de 20km, bem como a possibilidade do modelo global simular processos convectivos profundos, tais como ocorridos nos anos 2014 e 2015, na bacia do Iguaçu, foram indicativos de significante melhoria no processo de simulação de chuva. O refinamento da grade do modelo global minimiza erros numéricos decorrentes de interpolações na região de fronteira entre este modelo e o modelo regional de área limitada - o COSMO neste trabalho - em especial nos valores de pressão atmosférica e vento. Em paralelo, não utilizar a aproximação hidrostática, calculando-se explicitamente as variações da densidade do ar devido o movimento vertical em regiões com forte gradiente topográfico, implica quantificar melhor fluxos e trocas termodinâmicas nestas regiões e conseqüentemente os processos de precipitação nos sistemas convectivos. Vale lembrar, que atualmente, devido a limitações computacionais, poucos modelos numérico de circulação geral da atmosfera são não hidrostáticos.

C) Não está claro no artigo qual é a área de estudo do trabalho. São as duas sub-bacias da bacia do Iguaçu, a região Sul como um todo, ou só a bacia do Iguaçu?

Bacia do Iguaçu, especificamente todas as sub-bacias do Alto Iguaçu. No trabalho, são apresentados resultados referentes às simulações de vazão para Foz do Areia e União da Vitória. No entanto, as simulações numéricas da chuva englobam uma área maior, pelo fato do modelo numérico ser de área limitada e este depender de dados do modelo global, nas fronteiras do domínio aplicado no estudo. A fim de eliminar problemas numéricos, a fronteira foi imposta em pontos suficientemente distante da área de interesse.

### 3.31 - METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DA SUPERFÍCIE DE AVERSÃO AO RISCO

BEZERRA, B.(1);JUNIOR, L.C.D.C.(1);CARVALHO, M.R.M.(1);DALLORTO, C.(1);PEREIRA, M.V.F.(1); - PSR(1);

Este trabalho possui dois objetivos: (i) propor uma formulação da Superfície de Aversão ao Risco (SAR) que dependa apenas da definição de uma série crítica de vazões, permitindo a sua utilização no cálculo da garantia física das usinas; e (ii) propor metodologia para definir a série crítica de vazões, considerando os impactos nos custos operativos e segurança de suprimento. A metodologia proposta permite avaliar o custo benefício do despacho hidrotérmico considerando a SAR para distintos níveis de aversão ao risco e analisar seu impacto de forma integrada. A formulação da SAR e a metodologia proposta para a definição dos seus parâmetros serão ilustradas com um estudo de caso do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB).

Perguntas e respostas:

A) Os autores mencionam que foi utilizada uma metodologia SAR que não necessita de penalizações para eventuais violações. Visto que o problema de otimização é resolvido por decomposição multi-estágio, os autores poderiam explicar como as (inevitáveis) violações da SAR em alguns cenários mais críticos irão fornecer uma sinalização adequada para os estágios anteriores da PDDE, na ausência dessa penalização?

Durante a fase backward da política operativa, para cada cenário forward são solucionados um subproblema de viabilidade da SAR e L subproblemas de otimalidade associados aos cenários condicionados de aflúncias hidrológicas. No subproblema de viabilidade da SAR a função objetivo busca minimizar a soma das violações referentes às restrições de metas de volume nos reservatórios e são dois os possíveis resultados deste problema: (i) soma igual a zero, o que indica que é possível cumprir com a restrição da SAR a partir dos estados dos reservatórios do cenário forward corrente considerando a ocorrência de um cenário de aflúncias crítico no futuro ou (ii) soma maior que zero, que indica que o volume final de pelo menos um dos reservatórios é inferior à meta estabelecida para a SAR. No caso (i), diz-se que o estado dos reservatórios é "seguro" (viável) sob o ponto de vista das restrições da SAR e nenhum corte de viabilidade é gerado. Já no caso (ii), é gerado um corte de viabilidade para o estágio anterior e montante violado "s" resultante deste problema, que tem o mesmo conjunto de restrições que os subproblemas de otimalidade, é considerado como folga nas restrições do cortes da SAR nos subproblemas de otimalidade. Em outras palavras, se o estado dos reservatórios para a série forward corrente excede "s" para o cenário crítico, as violações para os L cenários condicionados serão menores ou iguais a "s" pois a hipótese é que os cenários de aflúncias são mais favoráveis do que o cenário crítico do problema de viabilidade.

B) Apesar de mencionarem a importância de considerar a correlação espacial entre as vazões, o critério utilizado para definir a severidade de cada biênio (de forma a escolher a série crítica) foi a Energia Natural Afluente total do SIN acumulada do período. Os autores não consideram esse critério um pouco simplista?

Utilização da ENA total do SIN tem como característica a manutenção da correlação espacial das séries.

C) Não foi apresentado no artigo as formulações matemáticas do problema de planejamento (resolvido por PDDE) e dos subproblemas SAR. Quais restrições foram consideradas? Como foi representado o parque hidrelétrico e a rede de transmissão?

As restrições consideradas são: balanço de energia por região, balanço hídrico individualizado por usina hidrelétrica, mínimo turbinamento hidrelétrico, mínima defluência, irrigação, limite mínimo de armazenamento nos reservatórios, balanço de energia por região, soma de fluxos em intercâmbios entre regiões e restrições gerais de geração. O modelo é formulado considerando usinas individualizadas, 3 blocos de demanda e uma representação simplificada da rede considerando quatro subsistemas e um subsistema fictício.

### 3.32 - MONITORAMENTO DE SEGURANÇA E OPERAÇÃO DE SUBESTAÇÕES ATRAVÉS DE SISTEMA DE IMAGENS, SEGURANÇA VIRTUAL E CENTRAL DE MONITORAMENTO

SOUSA, P.H.D.(1);NEVES, J.D.D.(1); - CTEEP(1);

Este trabalho apresenta a solução encontrada pela CTEEP / IE Serra do Japi em parceria com uma empresa parceira, do ramo de monitoramento, no desenvolvimento e instalação de câmeras para monitoramento de equipamentos em operação, instalados nas subestações e segurança do perímetro, em substituição à vigilância presencial atualmente existente.

Perguntas e respostas:

A) Há um procedimento de verificação de funcionamento do sistema de monitoramento, por exemplo, para checar o congelamento de imagens ou a desabilitação da cerca virtual? O sistema de monitoramento é sensível a eventos de exposição ao tempo como pássaros, chuva ou ventos?

A verificação pode ser on line visualizando o relógio da câmera que aparece na tela ou fazendo o movimento das speed dome, que tem um giro de 180° na vertical e 360° na horizontal. Com relação a sensibilidade o sistema foi desenvolvido com barreiras de 8 feixes com intervalos de 20 centímetros cada um, para ser disparado até de atingir os dois feixes. Somente se a chuva for muito forte de uma maneira que a visão humana não consiga enxergar aí poderá ter algum disparo, já o vento não interfere desde que as barreiras estejam bem instaladas.

B) O alarme de invasão de área protegida é remetido ao COT Bom Jardim?

Não é mas pode ser caso necessite, normalmente é enviado para o centro de monitoramento de acesso que fica em SP em Pirituba ou poderá ser enviado para qualquer empresa de monitoramento desde que se tenha uma internet de boa qualidade ou seja acima de 3 megas já é o suficiente.

C) Qual é a capacidade de armazenamento do sistema de gravação em vídeo? Qual é a vida útil estimada para o sistema de monitoramento bem como a previsão de manutenção deste sistema?

Capacidade de armazenamento local é feito na quantidade que quiser em nosso caso foram colocados HDs de 3 terabyte , onde a gravação é sobreposta a cada 10 dias mas no centro de monitoramento pode armazenar pelo tempo que quiser. O tempo informado pelo fabricante Intelbrás foi de cinco anos de vida útil mas trabalhamos com uma vida útil de 3 anos, o previsto é que a cada 3 anos trazemos a empresa que representa a Intelbrás e faz uma avaliação e caso tenha de se fazer algo faremos o necessário.

### 3.33 - APLICATIVO DE SUPORTE À OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

OLIVEIRA, F.S.D.(1); - Eletrobrás Furnas(1);

A operação de sistemas elétricos com o advento da parcela variável e o progressivo incremento no número de instalações telecomandadas por centros de operação tem tornado a demanda por acesso rápido a informações ? instruções de operação em geral ? ainda maior para as equipes de tempo real. Essa necessidade junto da garantia de acesso ao conteúdo sempre atualizado tem movido os centros de operação das empresas do setor a buscar alternativas mais eficientes para os métodos de disponibilização de informações para suas salas de controle. Os desafios de aprimorar os métodos de acesso à informação podem ser abordados de diversas maneiras. Portanto a aplicação aqui apresentada tenta tratar alguns dos gargalos desse processo, como, em específico, o tempo com que a informação procurada é obtida pelo usuário e sua forma de atualização e armazenamento. A aplicação desenvolvida denominada SOS ? Suporte à Operação de Sistemas Elétricos ? vai de encontro ao aprimoramento dos processos enunciados acima. A ferramenta é composta por uma automação de pesquisa e backup off-line de instruções em console local através de um algoritmo de conversão de documentos MS Word em páginas da web que garante a conversão de tabelas, imagens e texto com alta fidelidade, tornando o acesso às instruções mais eficiente e possível através de qualquer plataforma que comporte um navegador de internet. O presente trabalho relata detalhes sobre o desenvolvimento do software, seus principais módulos, os benefícios advindos do uso da aplicação, a experiência de implantação do projeto na Eletrobras FURNAS em tempo real e ambiente de simulação e os resultados da avaliação qualitativa da aplicação pelos centros de operação da empresa.

Perguntas e respostas:

A) O aplicativo foi patenteado por Furnas? Em caso positivo, é possível vender o aplicativo para outras empresas?

O patenteamento do aplicativo está em análise pelas divisões responsáveis em Furnas.

B) Existe limitação no número de usuários concorrentes em uma mesma sala de controle?

Não existe limitação de número de instâncias do programa em execução ou impedimento de acesso a um mesmo conteúdo por diferentes sessões do aplicativo em diferentes máquinas.

C) Devido à boa resposta dos operadores de Furnas em relação ao aplicativo, o autor considera que estes operadores não trabalharão mais sem o aplicativo?

A implantação do aplicativo como solução para acesso à informação não inibiu os métodos estabelecidos anteriormente, porém a automação oferecida pelo programa é tão efetiva que sua falta será sentida devido à adesão dos operadores pelo aplicativo.

**Comentário:** 1- As figuras 4, 6 e 7 não estão mencionadas no texto do IT; 2- Corrigir a numeração dos subitens do item 3.

### 3.34 - PROCESSAMENTO DE ERROS GROSSEIROS ASSOCIADO A MÉTODOS DE FUSÃO DE ESTIMATIVAS EM SISTEMAS DE POTÊNCIA MONITORADOS POR MEDIDAS CONVENCIONAIS E FASORIAIS

GONÇALVES, R.M.(1); COSTA, A.J.A.S.(1); - UFSC(1);

Este informe técnico propõe melhorias na depuração dos efeitos de medidas espúrias processadas por estimadores de estados em redes elétricas monitoradas tanto por medidas convencionais quanto fasoriais. O aspecto diferencial da proposta é a exploração da possibilidade de se cruzar informações adquiridas de forma independente pelos sistemas SCADA e de medição fasorial sincronizada, em adição à aplicação seletiva de diferentes métodos de detecção e identificação de Erros Grosseiros (EGs). A confrontação de estimativas independentes é favorecida pela arquitetura de fusão adotada para a estimação de estados. Concluída a etapa de tratamento de erros grosseiros para ambas as classes de medidas, a qualidade alcançada para as estimativas finais pode ser avaliada ao final do processo de fusão de estimativas. Um sistema-teste de médio porte do IEEE 118-barras é utilizado para ilustrar e avaliar a aplicação dos métodos propostos.

Perguntas e respostas:

A) A proposta de se utilizar métodos convencionais para auxiliar o cruzamento de informações na falta de observabilidade de medidas fasoriais resolvem a fragilidade apontada?

A utilização de métodos convencionais como suporte para o cruzamento de informações permite o processamento de erro(s) grosseiro(s) para diversos cenários. Essa combinação contribui especialmente nas situações em que as medidas convencionais contaminadas estão localizadas na área não observável por PMU, assim como nos casos em que existe contaminação de medidas em ambos planos de medição. É importante ressaltar que os métodos convencionais para processamentos de EGs são basicamente o estado da arte hoje para estimadores baseados em medidas SCADA. Portanto, se não for possível contar com o apoio das medidas fasoriais em uma parte da rede elétrica ( ou seja, se esta região não for PMU-observável ), ainda estariam sendo usados os melhores métodos disponíveis e já testados para depuração do conjunto de medidas. Esta metodologia de processamento de medidas espúrias aliada à fusão de estimativas, possibilita o aproveitamento das medidas fasoriais ( e suas vantagens ) nos processos de monitoração e análise de segurança do sistema de potência. Contribuindo com uma melhora no processo de estimação de estados.

B) Além da arquitetura descentralizada utilizada neste IT, os autores testaram outras arquiteturas de fusão de estimativas? Em caso positivo, quais foram os resultados?

Outra arquitetura testada consiste de dois módulos de estimação: o primeiro é um estimador convencional baseado em medidas SCADA; o segundo trata as estimativas produzidas pelo primeiro módulo como informações ?a priori?, e busca melhorá-las mediante o processamento das medidas fasoriais disponíveis [A]. O método não necessita que o sistema seja PMU-observável. Seus resultados apresentam boas características de precisão, embora com uma pequena degradação na precisão com respeito ao método de fusão apresentado no IT devido as aproximações que necessitam ser feitas na matriz de covariância dos erros de estimação do estimador SCADA. Já com relação as redes de fusão, em geral, a divisão baseada nas diferentes arquiteturas resultam em três grupos: Centralizada, Descentralizada e Híbrida. Dentre os três grupos, a arquitetura centralizada é teoricamente a mais precisa para combinar informações. Porém ela esbarra em restrições para aplicações práticas, uma vez que é exigido um canal de comunicação com alta capacidade de transferência de dados para que todas as observações/curvas sejam enviadas à célula de fusão. O oposto ocorre com a arquitetura descentralizada, visto que as informações que chegam à célula de fusão já foram processadas previamente. Deste esquema resulta um processo de fusão mais simples e de baixo custo computacional, quando comparado a arquitetura centralizada. De acordo com trabalhos anteriores, é importante observar que, considerando as hipóteses de: (i) observabilidade com relação as medidas convencionais e fasoriais, e (ii) ausência de correlação entre os erros de medição do conjunto de medidas convencionais e o conjunto de medidas fasoriais, a solução pelo método de fusão é teoricamente a mesma que seria fornecida pela arquitetura centralizada. Além disso, quando levado em conta o atual cenário dos sistemas elétricos de potência, encontramos as seguintes vantagens no método descentralizado: preserva-se inteiramente a estrutura já consolidada da estimação de estados convencional, permite a utilização de estimadores de estado lineares para o módulo de estimação de medidas fasoriais, e também o fato de que o requisito de observabilidade da rede elétrica com respeito às medidas fasoriais pode ser relaxado. [A] Simões Costa, Antonio; Albuquerque, A. ?A Two-Stage Orthogonal Estimator to Incorporate Phasor Measurements into Power System Real-Time Modeling?. In: 17th Power Systems Computation Conference (PSCC'11), 2011, Estocolmo. Proceedings of the 17th Power Systems Computation Conference. Estocolmo: Power Systems Computation Conference, 2011. p. 001-007.

C) Além dos sistemas-teste utilizados, existe a possibilidade de se testar a metodologia apresentada em um sistema real?

Os resultados obtidos para os sistemas-teste foram satisfatórios tanto na eficiência do processamento de erros grosseiros, bem como na qualidade da estimativa final obtida pós fusão de dados. Os tempos de processamento obtidos foram compatíveis com o esperado para um aplicativo de tempo real. Testar esta metodologia em sistemas ainda maiores e mais complexos seria interessante, não apenas para avaliar sua eficiência, mas também investigar o tempo gasto para completar todo o processo ( estimação de estados, processamento de EGs, fusão de estimativas ), uma vez que trata-se de uma ferramenta de monitoramento em tempo real. Entretanto, como a metodologia de fusão baseia-se em equações similares às de estimadores convencionais, com matrizes que apresentam graus de esparsidade semelhantes, e desde que técnicas adequadas de ordenação e exploração da esparsidade sejam utilizadas, espera-se que os tempos de processamento requeridos sejam da mesma ordem de grandeza dos exigidos por estimadores convencionais.

### 4.0 TÓPICOS PARA DEBATE

O GOP realizará uma Sessão Técnica Especial intitulada "Análise do trade-off entre extensão do horizonte de estudo, acurácia na representação do sistema e tempo computacional para o planejamento de curto/médio prazos da operação energética". O GOP também participará de uma Sessão Técnica Especial em conjunto com o GAT, sobre a Interação CA/CUR no Sudeste, devido ao crescente número de sistemas CCAT presentes no Sudeste.