



GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP

EXECUÇÃO AUTOMÁTICA DO MODELO HIDRODINÂMICO HEC-RAS PARA SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO DA EQUIPE DE TEMPO REAL

MARIANA MARIA WERLANG(1); DANIEL FIRMO KAZAY(1); FILIPE VENTURA MUGGIATI(1); JOSÉ MARIANO QUEVEDO AGUADÉ(1); JOÃO FELIPE MONTEMEZZO(1); RODRIGO JOSE GARCIA RAMIREZ ITAIPU (1)

RESUMO

A UHE Itaipu possui como restrição operativa de jusante as variações do rio Paraná, imposta pelo Acordo Tripartite (Brasil-Paraguai-Argentina), cujo controle é realizado pela equipe de tempo real da operação do sistema. O presente trabalho apresenta uma melhoria na estimativa dessas variações, baseada na automatização do modelo hidrodinâmico HEC-RAS. Esta ferramenta, denominada “HEC-Autorun”, visa à atualização automática dos níveis simulados do rio Paraná a partir de novas informações de defluência de Itaipu observadas e programadas. A principal potencialidade do HEC-Autorun é fornecer uma projeção mais precisa e aumentar a consciência situacional, servindo de suporte à equipe de tempo real na tomada de decisão.

PALAVRAS-CHAVE

Modelo hidrodinâmico, Automatização, Restrições Operativas

1.0 INTRODUÇÃO

A Usina Hidrelétrica de Itaipu é um empreendimento binacional fruto do acordo celebrado em abril de 1973, entre Brasil e Paraguai (Tratado de Itaipu), para o aproveitamento dos recursos hidráulicos do rio Paraná pertencentes em condomínio aos dois países, no trecho “desde e inclusive o Salto de Sete Quedas até a foz do rio Iguaçu”. O estabelecimento do Tratado de Itaipu solucionou a disputa fronteiriça pela região das Sete Quedas entre Brasil e Paraguai; porém, por outro lado, acabou afligindo a Argentina, que temia ter prejudicados os seus direitos e interesses sobre o rio Paraná. Como solução, em outubro de 1979 foi assinado pelos três países o chamado “Acordo Tripartite”, o qual disciplinava o uso dos recursos hídricos por eles compartilhados para a garantia da navegabilidade no rio Paraná, desde as Sete Quedas até a foz do rio da Prata (ITAIPU BINACIONAL, 2020; QUEIROZ, 2012).

Determinou-se então que Itaipu mantivesse vazões a jusante de forma a não ultrapassar, no que dependesse de sua operação, variações nos níveis do rio Paraná de $\pm 0,5$ m em uma hora e $\pm 2,0$ m em 24 horas. Essas variações são controladas na estação telemétrica R11-Monday, localizada na margem direita do rio Paraná, a jusante das confluências dos rios Iguaçu e Monday. Assim, o planejamento hidroenergético de Itaipu leva em conta tanto a disponibilidade hídrica a montante, quanto a restrição hidráulica a jusante estabelecida pelo Acordo Tripartite.

O Departamento de Operação do Sistema de Itaipu possui como atribuições a supervisão, a programação e o planejamento da operação hidroenergética da usina, as quais estão calcadas em previsões de vazões afluentes a montante e a jusante da usina (rios Paraná, Iguaçu e afluentes). Além disso, o departamento é responsável por analisar e informar o cumprimento das restrições hidráulicas operativas de Itaipu.

Nesse sentido, a previsão das vazões a jusante de Itaipu tem por objetivo estimar os níveis do rio Paraná de forma a apoiar a programação hidroenergética e a operação em tempo real da usina, visando ao cumprimento das restrições hidráulicas a jusante. Para tanto, é utilizado o modelo hidrodinâmico HEC-RAS em sua versão unidimensional, cuja rede abrange uma área de drenagem de aproximadamente 88.000 km² e é composta pelo rio Paraná, desde o canal de fuga da usina até a estação de R11; e por três rios afluentes ao Paraná: (i) o rio Iguaçu (Brasil-Argentina), desde a UHE Baixo Iguaçu até sua confluência com o rio Paraná, (ii) o rio Acaray (Paraguai), sobre o qual se encontra a UHE Acaray, e (iii) o rio Monday (Paraguai). A rede modelada encontra-se ilustrada na Figura 1.



FIGURA 1 – Rede a jusante de Itaipu

Devido à magnitude e à variação horária das vazões do rio Iguaçu e da forma de sua confluência, a 90°, este acaba exercendo uma significativa influência nos níveis do rio Paraná, em função do efeito de remanso. Além disso, essas condições são bastante dinâmicas, devido à operação das usinas de Itaipu e de Baixo Iguaçu. Com isso, faz-se necessário atualizar regularmente o modelo hidrodinâmico a partir dos novos dados de entrada e condições de contorno que o compõem, para que se tenha a melhor estimativa possível dos níveis do rio Paraná em R11.

As equipes de tempo real realizam o controle das variações do nível em R11, com o auxílio de um sistema denominado Sistema de Controle da Operação (SCO). O sistema projeta os níveis em R11 a partir dos valores de defluência de Itaipu resultantes da geração da usina e do aporte da bacia incremental de Itaipu-R11, composta pelos rios Iguaçu, Acaray e Monday.

Historicamente, a vazão aportada pela bacia incremental a jusante era atualizada duas vezes ao dia pela equipe de hidrologia, e seus valores mantinham-se invariáveis entre tais atualizações. A partir desses valores e da defluência de Itaipu, a projeção dos níveis em R11 pelo SCO era realizada por meio de um algoritmo simplificado, que tratava de representar a hidrodinâmica do trecho. Por não se tratar de um modelo hidrodinâmico completo (como é o HEC-RAS), dependendo das alterações na geração da usina, o sistema provia resultados discrepantes para os níveis simulados em R11.

Diante disso, a automatização da simulação do modelo hidrodinâmico HEC-RAS e da disponibilização contínua de seus resultados no SCO, em apoio à operação da usina em tempo real, mostrou-se imprescindível para garantir a melhor estimativa possível dos níveis do rio Paraná em R11. Isso permitiu uma exploração ainda mais refinada dos limites da restrição hidráulica a jusante, contribuindo para a otimização da geração hidroenergética de Itaipu.

2.0 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

De forma a automatizar as simulações hidrodinâmicas da rede a jusante de Itaipu, foi desenvolvido um sistema composto por rotinas elaboradas em linguagens *Python* e *Batch script*. Esse sistema, denominado “HEC-Autorun”, executa as seguintes tarefas:

- Atualizar automaticamente o banco de dados (HEC-DSS) de entrada do modelo HEC-RAS com os novos dados de defluência (turbinado e vertido) de Itaipu;
- Acionar automaticamente o modelo HEC-RAS;
- Divulgar os resultados da simulação ao sistema SCO, utilizado pela equipe de operação em tempo real.

O HEC-Autorun é acionado sistematicamente de forma horária, ou a partir da detecção, por meio de uma rotina de monitoramento a cada minuto, de alguma variação nos valores de defluência de Itaipu. Assim, a cada simulação automática do modelo hidrodinâmico, são inseridos os novos dados de vazão turbinada e vertida de Itaipu (observados e programados).

O sistema conta com uma rotina que, a cada atualização manual do HEC-RAS realizada pela equipe de hidrologia, replica ao HEC-Autorun as modificações e os ajustes realizados, a partir da sincronização dos arquivos do projeto

do modelo hidrodinâmico. Dessa forma, as demais séries de entrada do HEC-RAS além das defluências de Itaipu, permanecem sendo atualizadas na mesma frequência das simulações manuais realizadas.

O sistema possui ainda módulos de verificação de coerência dos dados de defluência de Itaipu disponíveis, bem como do próprio modelo e dos resultados gerados. Se os dados de entrada ou de saída não forem coerentes, os resultados da simulação não são enviados ao tempo real e é emitida uma notificação, via correio eletrônico, aos responsáveis pelo sistema, indicando a falha daquela simulação.

O esquema da Figura 2 permite visualizar os processos envolvidos no acionamento automático do HEC-Autorun a partir da detecção de alguma variação nos valores de defluência de Itaipu. O tempo necessário para a execução do modelo hidrodinâmico HEC-RAS e a disponibilização dos resultados da simulação no SCO é inferior a 2 minutos.

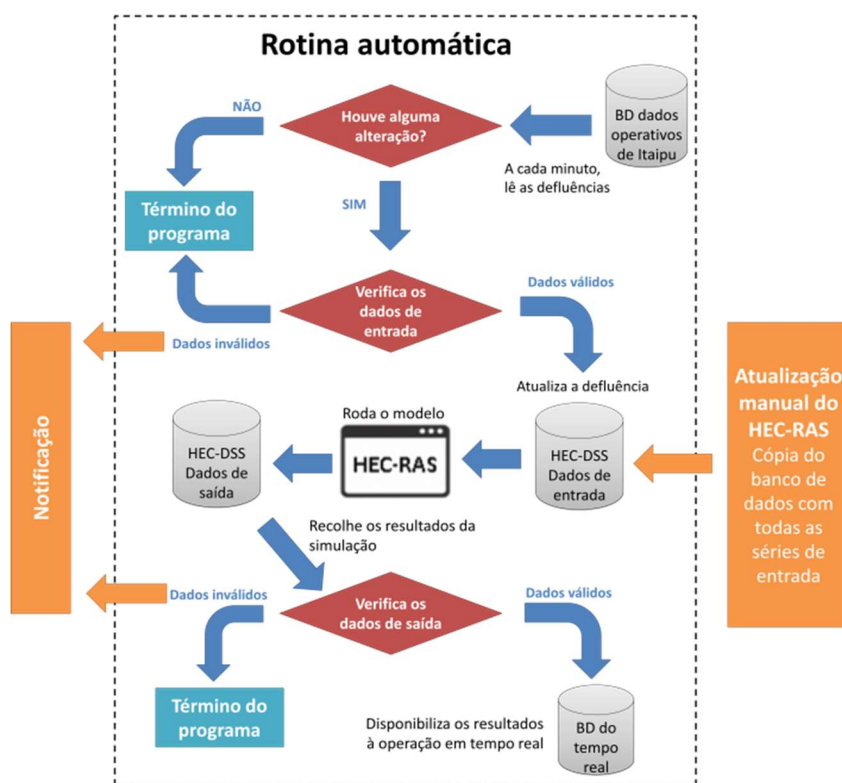


FIGURA 2 – Fluxograma do acionamento automático do HEC-Autorun.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os impactos da adoção de um sistema para simular os efeitos de reprogramações de defluências em tempo real com vista ao atendimento de restrições operativas, em detrimento ao acionamento manual de modelos (*stand alone*), é uma quebra de paradigma da interface entre as aplicações de operação em tempo real e as aplicações de pré-operação. Avaliar os resultados de uma mudança de concepção não é uma tarefa trivial; nesse sentido, a apresentação dos resultados se dará em duas categorias: 1) análise quantitativa dos resultados, a partir de métricas de desempenho; e 2) análise qualitativa dos resultados, em termos de percepção por parte do usuário.

3.1 Desempenho

O principal benefício do método desenvolvido é a atualização automática do modelo hidrodinâmico a partir de novas informações de defluência observada e programada. Assim, o sistema melhora o desempenho enquanto permanecer válida a programação de defluência utilizada como dado de entrada, e esse período não deve ser superior ao horizonte de trabalho da operação em tempo real que, em Itaipu, é de um dia. Consequentemente, o desempenho do método anterior (SCO sem a atualização pelo HEC-Autorun) deve ser semelhante ao desempenho do método desenvolvido em maiores horizontes de previsão.

Nesse contexto, é esperado que o desempenho do método desenvolvido seja superior para horizontes curtos (algumas horas) e semelhante aos resultados do método anterior para horizontes longos (várias horas). A avaliação do desempenho foi desenhada buscando-se validar esse comportamento esperado. Para tanto, ao longo do mês de

agosto de 2021 foram identificados todos os momentos em que houve alteração da programação de geração em tempo real. Para cada um desses eventos, foram calculadas as métricas de desempenho *Mean Bias Error* (MBE) e *Mean Relative Error* (MRE) (Equações 1 e 2, respectivamente) ao longo do horizonte previsto, para ambos os métodos – sem e com a atualização do SCO pelo HEC-Autorun.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{sim} - X_{obs})}{n} \quad (1)$$

$$MRE = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n |X_{sim} - X_{obs}|}{X_{obs}} \quad (2)$$

X_{obs} : valor observado de nível em R11;

X_{sim} : valor simulado de nível em R11; e

n : número de eventos simulados.

Cabe destacar que, uma vez que não haja alteração da programação de defluência em tempo real ou novos valores de defluência observada, não há alteração no desempenho do sistema. Isso ocorre porque a única alteração que o sistema HEC-Autorun transmite ao modelo hidrodinâmico HEC-RAS são as atualizações da defluência observada e programada. Não havendo modificação significativa da defluência, os resultados são os mesmos da simulação anterior, pois os dados de entrada do modelo são idênticos aos da rodada anterior.

Os valores das métricas obtidas encontram-se ilustrados nas Figuras 3 e 4, assim como a diferença percentual média destas entre ambos os métodos, para cada intervalo do horizonte da simulação. É possível perceber que tanto o MBE (Figura 3) quanto o MRE (Figura 4) aumentam conforme se amplia o horizonte temporal de previsão, para ambos os métodos analisados. Esse resultado era esperado, visto que o sistema SCO possui assimilação dos dados observados em R11, o que melhora o desempenho da previsão no curto prazo. Além disso, há maiores incertezas associadas à defluência programada para maiores horizontes temporais, dado ao caráter dinâmico da operação de uma usina em tempo real.

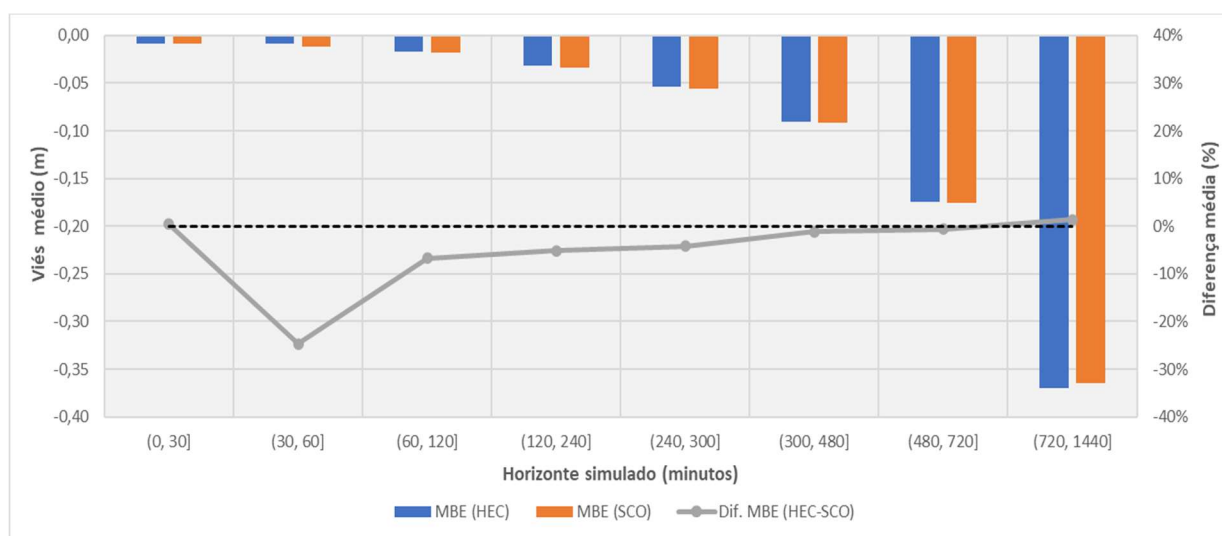


FIGURA 3 – Comparativo do desempenho de ambos os métodos, em termos de MBE.

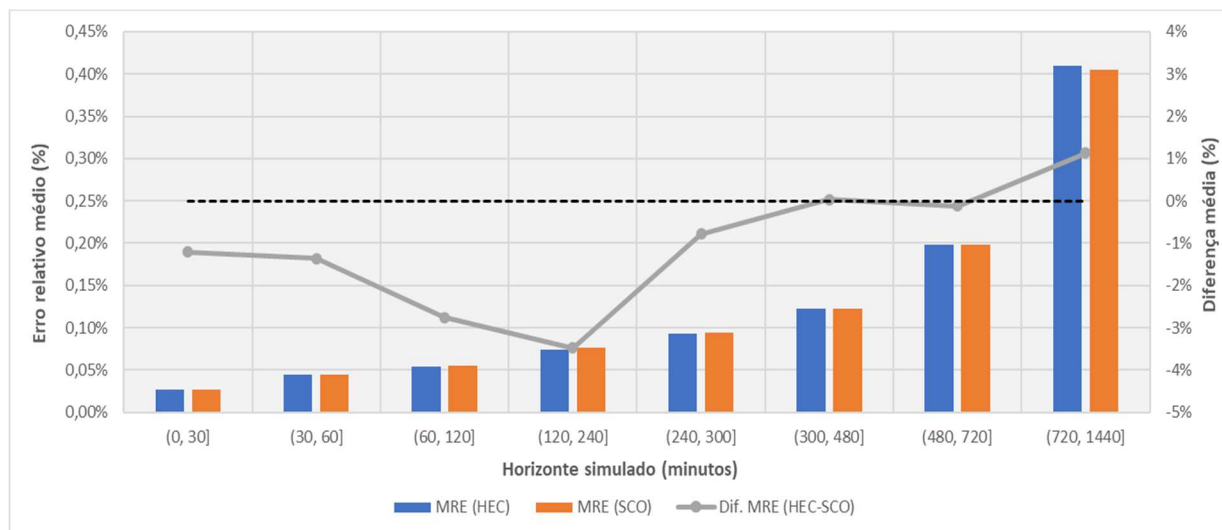


FIGURA 4 – Comparativo do desempenho de ambos os métodos, em termos de MRE.

Ademais, nota-se que os resultados do método desenvolvido (HEC) são um pouco melhores do que do método anterior (SCO). Nos primeiros 30 minutos, não há diferença significativa entre os resultados. Isso ocorre pois os resultados são muito influenciados pela assimilação com o último dado observado. A partir da primeira meia hora, os resultados do método desenvolvido são ligeiramente melhores, até o término da décima segunda hora (720 min). Essa melhora se deve à atualização das defluências de Itaipu no modelo hidrodinâmico. A partir da décima segunda hora, essa atualização não é mais tão representativa, pois a equipe de tempo real realiza a reprogramação das defluências conforme variações da demanda dos Sistemas Brasileiro e Paraguai. Essas variações ocorrem em um passo de tempo menor do que o horizonte de 12 horas.

Por fim, os resultados indicam que o objetivo do HEC-Autorun tem se cumprido na prática. O sistema é capaz de melhorar o desempenho das simulações de níveis em R11 somente pela atualização da defluência. O impacto dessa melhoria na operação em tempo real é discutida na próxima seção.

3.2 Percepção

O operador em tempo real toma decisões sobre a operação de Itaipu em função de informações de diversas fontes. Essas fontes possuem formatos variados, desde informações transmitidas por telefone até resultados de modelos complexos. Não é função do operador gerar informações, rodar modelos ou estudar qual seria o melhor modo de operação para determinada situação. Nesse sentido, é fundamental trabalhar com procedimentos operativos abrangentes e claros, bem como sistemas de apoio simples e robustos.

Nesse contexto, o HEC-Autorun foi concebido para que haja o mínimo de interação por parte do operador em tempo real, de modo que as atividades deste foram pouco modificadas com a implantação do sistema. O acionamento do modelo hidrodinâmico se faz a partir do SCO, sistema já bastante sedimentado no tempo real. Nesse sentido, a percepção dos operadores é que o HEC-Autorun é transparente às atividades da Divisão. Ademais, é destacado pelo setor como um dos motores do SCO, o qual permite um refinamento das simulações dos níveis em R11.

Em condições hidrológicas normais, a modulação de carga em Itaipu não é suficiente para resultar em variações de nível em R11 próximas àquelas definidas no Acordo Tripartite. Nessas situações, não ficam evidenciados os benefícios da implementação do sistema HEC-Autorun para a operação de Itaipu em tempo real. Entretanto, em períodos de condições hidrológicas desfavoráveis, a informação é fundamental para a tomada de decisão. Um melhor resultado de simulação permite que se tome a melhor decisão explorando a variação em R11, e a confiabilidade no sistema permite que isso seja feito sem incorrer em grandes riscos de descumprimento das restrições operativas da usina.

Para exemplificar esse uso por parte da operação em tempo real, destaca-se um evento ocorrido no dia 26.10.2020, próximo às 2h50 da madrugada. Nesse momento, conforme indicado na Figura 5, apresentavam-se condições atmosféricas adversas – ocorrência de tempestades com presença de descargas atmosféricas (SIMEPAR, 2020).

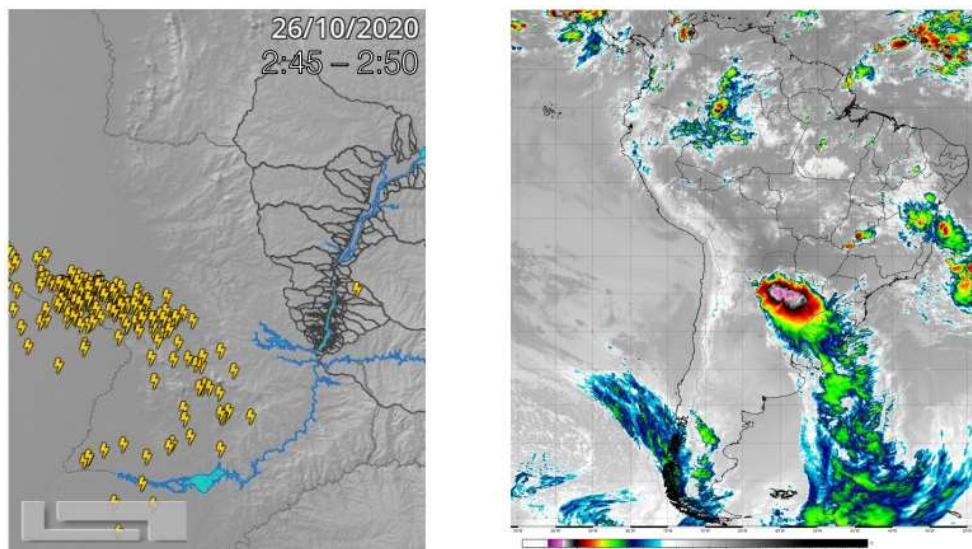


FIGURA 5 – Condições atmosféricas do evento selecionado (SIMEPAR, 2020).

Essas condições foram os precursores de um evento cujos detalhes não são tratados neste informe, cabendo apenas destacar que a geração de Itaipu no setor de 50 Hz passou de 3.100 MW a 2.490 MW, ou seja, uma redução de potência de cerca de 610 MW (ITAIPU BINACIONAL, 2021). Essa variação da geração impacta na vazão turbinada pela usina. Nesse tipo de situação, se essa variação é muito grande, faz-se necessário verter para o atendimento à restrição operativa de R11.

Esse tipo de evento é um ótimo caso de estudo para verificar a capacidade do HEC-Autorun em melhorar a informação disponível para o tempo real. Para analisar este evento, foram gerados os gráficos apresentados nas Figuras 6 e 7. A Figura 6 apresenta a variação da vazão turbinada ao longo da ocorrência, sendo que cada série em linha representa as vazões turbinadas observadas e programadas utilizadas no SCO para se obterem as projeções de nível em R11, para cada atualização do sistema (horários das simulações na legenda). A Figura 7 apresenta os resultados dessas projeções, com e sem a atualização pelo HEC-Autorun.

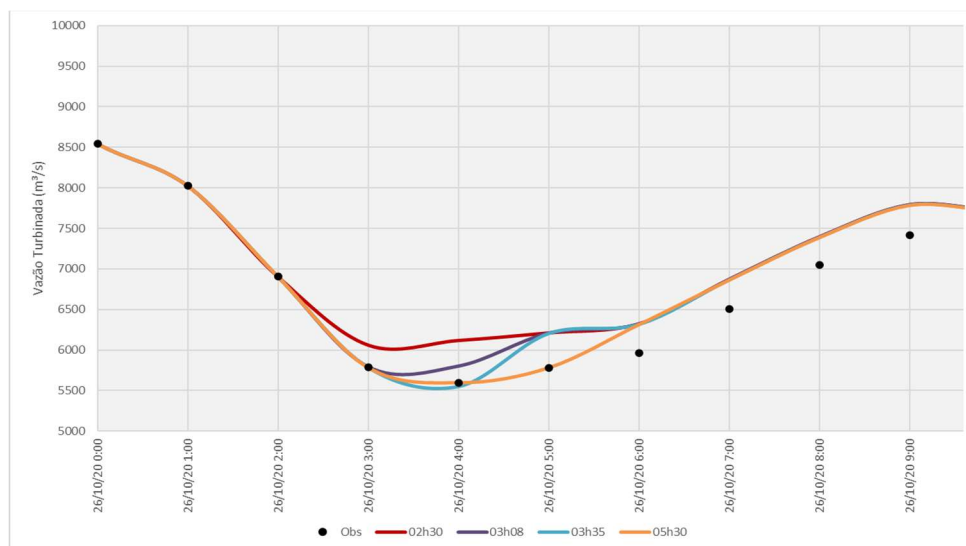


FIGURA 6 – Variação da vazão turbinada ao longo da ocorrência.

Pela observação da Figura 6, percebe-se que entre 2h30 e 3h08 há uma significativa alteração dos valores observados e programados de vazão turbinada para as próximas horas. Essa variação está relacionada à ocorrência, que se deu próximo às 2h50. Às 3h35, há uma nova reprogramação por parte do operador em tempo real. Essa nova programação (série em azul) é bastante aderente ao valor observado às 4h00, de forma que a partir das 3h35, há uma estimativa mais fidedigna do valor mínimo de defluência previsto para as próximas horas. Essa informação é muito importante, pois esse mínimo está relacionado à máxima variação em R11, como pode ser visto na Figura 7.

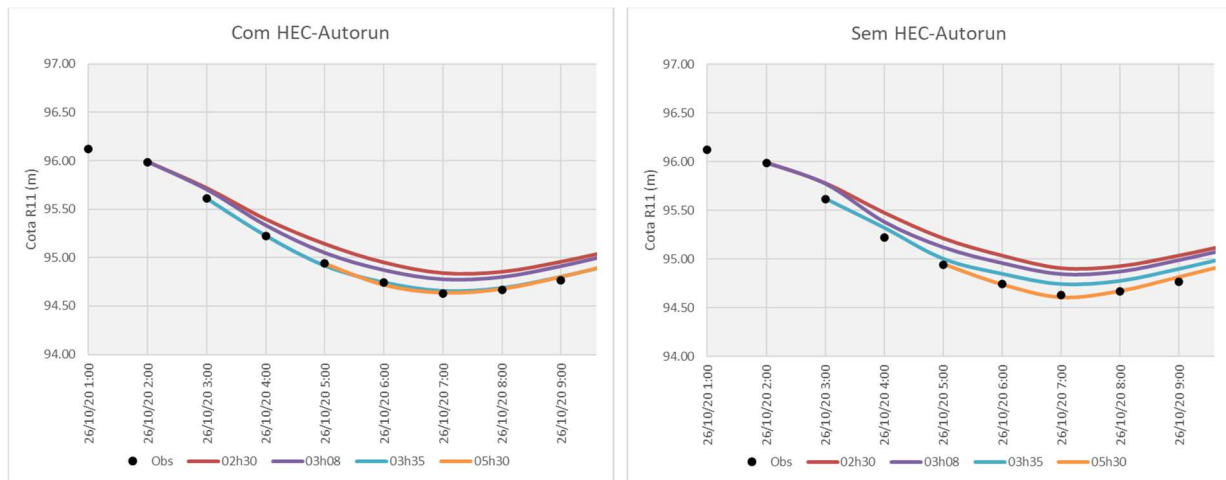


FIGURA 7 – Variação da cota simulada para R11 ao longo da ocorrência.

Na Figura 7 percebe-se que, depois da ocorrência (a partir da simulação das 3h08), ambos os resultados são coerentes com os dados observados, entretanto a aderência dos dados provindos do HEC-Autorun é superior. Dessa forma, o operador em tempo real tem disponível um resultado melhor para decidir se deverá verter para o cumprimento da restrição em R11 ou não. Nesse caso, a projeção de variação em R11 em ambos os métodos era inferior a 2 metros, de forma que não foi necessário verter. O comportamento do sistema neste evento pode ser considerado compatível com o esperado, contribuindo para uma melhor tomada de decisão em tempo real.

Além desses fatores técnicos que fundamentam a percepção de confiança no HEC-Autorun, cabem ser destacados alguns aspectos gerenciais que contribuíram significativamente para essa percepção, os quais estão ligados ao histórico da iniciativa:

- O projeto HEC-Autorun surgiu de reuniões conjuntas entre as equipes de pré-operação (hidrologia e programação energética), de suporte a sistemas e de operação em tempo real;
- Foi elaborado um manual de funcionamento do sistema pela equipe de hidrologia, o qual foi aprovado pela divisão de operação em tempo real;
- Houve treinamento específico do sistema HEC-Autorun para todos os operadores de tempo real.

4.0 CONCLUSÕES

A tomada de decisão a partir de modelos é uma abordagem bastante sedimentada na engenharia. A execução automática de modelos para a tomada de decisão em tempo real é uma consequência natural do aumento da capacidade computacional. Entretanto, esse aumento do número de simulações pode trazer consigo alguns problemas técnicos e operacionais.

Se um sistema de Tecnologia da Automação (TA) incorpora a simulação de modelos que demoram minutos, ele pode prejudicar a execução de outros modelos, de forma que nem toda a informação necessária esteja disponível em tempo hábil para a tomada de decisão. Nesse contexto, um sistema mais completo pode ser menos útil do que um sistema mais simples.

Esse raciocínio poderia levar a uma conclusão errônea de que modelos complexos não podem alimentar sistemas de TA. Entretanto, na abordagem proposta pelo HEC-Autorun, os modelos que são executados na infraestrutura de TA são simples e robustos, cujos acionamentos ocorrem em milésimos de segundos. O propósito do HEC-Autorun é de, com uma latência de no máximo dois minutos, atualizar a informação utilizada por esses modelos, para um refinamento de seus resultados. Essa informação, se não for atualizada, não prejudica os modelos de tempo real; em contrapartida, se atualizada, melhora os resultados do sistema de TA.

Adicionalmente, ao longo do uso do HEC-Autorun, foram percebidos alguns benefícios adicionais, como as rotinas de monitoramento e validação das defluências e programação providas do tempo real. Ademais, essas rotinas permitiram um melhor entendimento do funcionamento do tempo real por parte da pré-operação. Dessa forma, essa

convivência automatizada de modelos e processos também possibilitou melhor integração entre as equipes que exercem funções complementares.

A confiança no modelo hidrodinâmico HEC-RAS levou à busca por outros usos da ferramenta no processo de tomada de decisão do tempo real. O primeiro novo uso do HEC-Autorun foi a estimativa de vazões na estação de R11, informação muito importante para a navegação no rio Paraná a jusante. Essa informação não foi incorporada ao SCO, entretanto encontra-se disponível para consulta do operador em tempo real.

Outro uso que cabe ser destacado foi a atualização do próprio SCO para lidar com a indisponibilidade da telemetria do nível na estação R11. No SCO, o dado medido é considerado o ponto inicial para a simulação e projeção dos valores futuros. Antes, quando havia perda da medição, o dado deveria ser preenchido manualmente pelo operador em tempo real, a partir de correlações com as medições de nível de estações próximas, ou contato com observadores locais da estação de medição. Hoje, além da possibilidade de preencher manualmente o valor observado, o resultado do modelo hidrodinâmico pode ser utilizado como uma estimativa do dado medido para a projeção dos níveis futuros em R11. Essa modificação simplifica o trabalho do operador em tempo real, evitando possíveis erros de digitação e, consequentemente, possíveis inconsistências nas projeções em passos de tempo futuros.

Por fim, destaca-se que o HEC-Autorun está operativo em Itaipu e já podem ser observados alguns resultados positivos. O método serve para uma avaliação fina da restrição operativa da usina de Itaipu e aumenta a consciência situacional dos operadores de sistema, pois permite à equipe ter uma previsão mais precisa das variações do nível e, consequentemente, antecipar ações quando necessário.

O sucesso do HEC-Autorun está associado ao fato de permitir ao operador em tempo real ter acesso a informações mais refinadas sem tornar sua rotina mais complexa, por meio de um sistema transparente e robusto. Ademais, a confiabilidade no sistema foi construída em função da percepção do operador de melhores resultados em eventos relevantes. Essa percepção é fundamental para o uso do sistema na exploração das variações em R11 e na tomada de decisão, a partir da melhor informação disponível. Destaca-se ainda a importância de alinhamento gerencial para sucesso desse tipo de projeto entre as diversas equipes envolvidas.

A execução automática de modelos hidrodinâmicos para suporte à tomada de decisão de equipes de tempo real em usinas hidrelétricas é uma proposta que pode ser replicada a outras usinas que possuam restrições operativas de jusante ou de montante, cujas grandezas objeto da restrição possam ser simuladas a partir de modelos capazes de representar a dinâmica do corpo hídrico.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ITAIPU BINACIONAL (2021). "ITAIPU BINACIONAL: A maior geradora de energia limpa e renovável do planeta". Nossa história. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/nossahistoria/>>. Acesso em: 24 de ago. de 2021.
- (2) QUEIROZ, F.A. (2012). Hidropolítica e segurança: as bacias platina e amazônica em perspectiva comparada. FUNAG, Brasília.
- (3) SIMEPAR (2020). Imagens de satélite e raios. Produto interno de uso restrito por Itaipu.
- (4) ITAIPU BINACIONAL (2021). INFORME DE ANÁLISIS DE OCURRENCIA RAO 20/2020. Relatório Técnico.

DADOS BIOGRÁFICOS



Engenheira Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (SMARH/UFMG). Atua na Divisão de Estudos Hidrológicos e Energéticos (OPSH.DT) da ITAIPU Binacional desde outubro de 2016.

(2) DANIEL FIRMO KAZAY

Graduado com Master em Engenharia de Mecânica dos Fluidos pela ENSEEIHT (Toulouse/França) e em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Trabalhou por dois anos com licenciamento ambiental na área de recursos hídricos no Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro - Inea - e dois anos no Setor de Hidrologia de Campo da Itaipu Binacional. Atualmente, trabalha no setor de Previsão de Afluências da empresa Itaipu Binacional e é aluno de mestrado em Engenharia Elétrica e Computação pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

(3) FILIPE VENTURA MUGGIATI

Mestre em Computação pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Já atuou como engenheiro no Departamento de Comercialização de Energia da Eletrobras e atualmente trabalha em Itaipu no desenvolvimento de sistemas de suporte à operação em tempo real e ferramentas de apoio às atividades de pré e pós-operação.

(4) JOSÉ MARIANO QUEVEDO AGUADÉ

Nacido en Asunción, Paraguay el 10 de abril de 1982 Ingeniero Civil (2008) por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción Trabaja en Itaipu Binacional desde 2011 en la División de Estudios Hidrológicos y Energéticos

(5) JOÃO FELIPE MONTEMEZZO

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste (2013) e mestrado em Engenharia Elétrica pelo do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação (PGEEC) - Unioeste (2016). De 2010 à 2012, participou do grupo de pesquisa como bolsista de iniciação científica no Laboratório de Eficiência Energética - LABEE. Em 2013, foi estagiário da ITAIPU Binacional, na Divisão de Normas e Estudos Elétricos (OPSE.DT). Foi professor do magistério superior-substituto na UTFPR-MD no segundo semestre de 2016. Atualmente atua como despachante na Divisão de Operação do Sistema (OPSO.DT) na Itaipu Binacional.

(6) RODRIGO JOSE GARCIA RAMIREZ

Engenheiro Eletricista. Engenheiro supervisor da Operação do Sistema no Despacho de Carga da Itaipu Binacional. Experiencia de 15 anos na operação do sistema na Itaipu Binacional.