



MODELO DE PREVISÃO A CURTO PRAZO APLICADO NA BACIA MONTANTE A UHE ITAIPU BINACIONAL – ESTATÍSTICAS DE CASOS

**Ana Paula Nascimento,
Rubens Milton Almirón, Ing. Civil
Alberto M.Garcete Vera, Ing. Civil
José Miguel Rivarola Sosa, Ing. Civil**

UHE Itaipu Binacional Brasil/Paraguay

RESUMEN

Na tentativa de obtenção de uma previsão mais próxima a expressar a realidade do sistema, o acompanhamento do comportamento do modelo de simulação é um estudo indispensável. Este acompanhamento dá-se através do índice de desempenho do modelo que poderá apontar a necessidade ou não de melhorar constantemente sua calibração, visto que o modelo é a representação matemática do comportamento do sistema. Esta representação matemática está baseada nas equações da quantidade do movimento e conservação de massa. Por se tratar de um fenômeno complexo está sujeito a simplificações e erros.

Em Itaipu desde a implantação do Modelo Hidrodinâmico Sobek, estudamos o desempenho do modelo. Atualmente na previsão de afluência realizada pelos operadores hidrológicos, da OPH.DT, em Itaipu utilizando o Modelo Hidrodinâmico Sobek (Rede Montante) vêm apresentando um comportamento satisfatório. A Bacia Montante a UHE Itaipu, pertence a Bacia Hidrográfica Paraná, estendendo-se ao norte com as defluências das UHE's Porto Primavera (Rio Paraná) e Rosana (Rio Paranapanema) e contribuição dos afluentes Ivaí, Piquiri, Ivinheima, Amambay e Iguatemi. O objetivo deste estudo é mostrar o desempenho das simulações de previsões de afluências entre o período de outubro de 2005 a setembro de 2006, através da apresentação de alguns índices estatísticos.

Os modelos de previsões são considerados ferramentas essenciais para auxiliar tomadas de decisões, prever com antecedência o efeito gerado por fenômenos que geram alterações no sistema, e auxiliar a compreensão do comportamento do sistema.

PALABRAS CLAVES

Modelo de Previsão, Desempenho do Modelo de Simulação Hidrodinâmica

1.0 – INTRODUÇÃO

Itaipu Binacional, empreendimento hidrelétrico consolidado entre dois países, Brasil e Paraguai, visto que o seu divisor político, o Rio Paraná, dispunha de um riquíssimo potencial hidrelétrico nas proximidades destes países. Assim, em 26 de abril de 1973 deu-se a assinatura do Tratado de Itaipu entre Brasil e o Paraguai para em comum acordo realizar o aproveitamento do recurso hídrico disponível, pertencente a Bacia Hidrográfica 6.

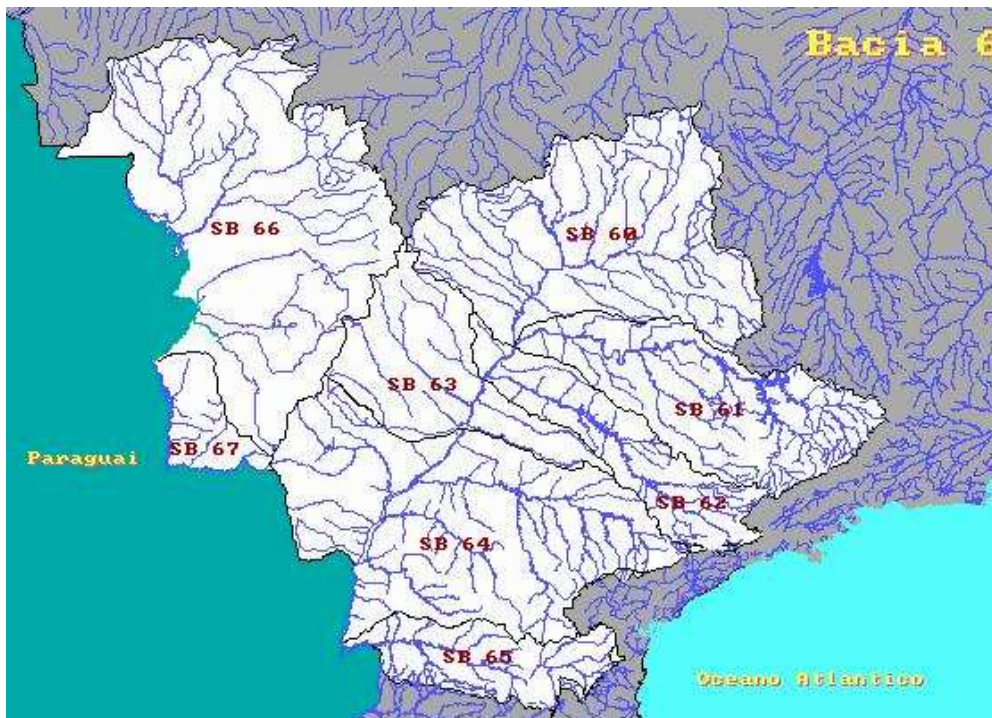


Figura 1 – Divisão Hidrográfica (Fonte: Agência Nacional das Águas)

Os trabalhos iniciais deram-se com o reconhecimento de campo, estudos de viabilidade, definição do projeto geral e cronograma de execução. Em outubro de 1982, com a conclusão das obras da barragem deu-se o enchimento do reservatório apenas em 14 dias, e em maio de 1984 entrou em operação a primeira unidade geradora.

O Rio Paraná origina-se da confluência dos Rios Paranaíba e Grande, escoando inicialmente em território bra-sileiro, na direção sudoeste até Salto del Guáira, passando a partir deste local a formar fronteira entre Brasil e Paraguai, até receber o Rio Iguazu, e deste ponto em diante escoar entre Paraguay e Argentina. Atualmente o empreendimento hidrelétrico em fase final de expansão com a instalação de duas últimas unidades geradoras, totalizará ao final de 2006 vinte turbinas, com potencial instalado de 14.000 MW, além disso Itaipu é hoje um Complexo Turístico, hoje oferecendo diversas atrações entre elas o Show de Iluminação Monumental, revelando à noite a exuberância da barragem, o Canal da Piracema, que possibilita aos peixes vencerem um desnível de aproximadamente 120 metros entre o Lago de Itaipu e o Rio Paraná, em respeito a natureza a modernização do Refúgio Biológico Bela Vista que abriga as espécies nativas da região desde outubro de 1982, época do enchimento do reservatório, o Corredor de Biodiversidade, ligando o Parque Nacional do Iguazu à Ilha Grande e ao Pantanal do Mato Grosso do Sul, enfim, Itaipu não é grande somente pelo seu po-tencial hidrelétrico instalado, mas, também pelas outras ações sócio ambientais.

2.0 – OBJETIVO

O objetivo é o acompanhamento através do índice de desempenho do modelo. Este índice identifica a necessidade ou não de melhoria na calibração da rede de montante. O modelo é a uma representação matemática do comportamento do sistema e por isto está sujeito a desvios. Esta representação matemática está baseada em equações da quantidade do movimento e conservação de massa, equações que devem ser resolvidas por diferenças finitas. Por se tratar de um fenômeno complexo está sujeito a simplificações e erros.

Em Itaipu desde a implantação do Modelo Hidrodinâmico Sobek, estudamos o desempenho do modelo. Atualmente na previsão de afluência realizada pelos operadores hidrológicos, da OPH.DT, em Itaipu utilizando o Modelo Hidrodinâmico Sobek (Rede Montante) vêm apresentando um comportamento satisfatório.

3.0 – DESCRIÇÃO E METODOLOGIA

Toda a informação básica necessária à operacionalização diária dos modelos de previsão se dá de forma automatizada. A ferramenta desenvolvida que possibilita organizar e agregar todas as informações hidrológicas é a AOM (Ambiente Operacional para Modelo de Previsão). Tal ferramenta lê as informações de um Banco de Dados Consistidos, prepara os arquivos input aos modelos Sacramento e Sobek e posteriormente ativa um gerenciador de resultados para o tratamento das simulações.

Quanto as informações meteorológica e climatológica são originárias de entidades externas, neste caso temos convênio com o Instituto tecnológico do Simepar, órgão vinculado a Secretaria de Ciência, Tecnologia do Paraná/Brasil, e o Dinac, órgão governamental do Paraguay, Dirección Nacional de Aeronáutica Civil.

A Previsão Hidrológica estudada utilizou dois modelos de previsão. O Modelo Hidrológico e Hidrodinâmico, cuja função é representar o comportamento do sistema, ou seja, representar a natureza da bacia hidrográfica e do canal ou rio, através de equações matemáticas. Devido a complexidade dos fenômenos que ocorrem na bacia hidrográfica e no rio, em virtude de sua heterogeneidade, como taxa de áreas impermeáveis, declividade média da bacia e do rio, tipo de cobertura vegetal, características médias do solo, e formação geológica, nos resultados das

simulações fica imbutido um desvio proveniente destas complexidades, contudo quanto maior e melhor forem as informações dos dados disponíveis melhor a precisão desejada. Toda bacia contribuinte a UHE Itaipu está subdividida em 36 sub-bacias, divididas entre montante e jusante a Itaipu representadas pela modelagem de duas redes separadamente.



Figura 2 – Trinta e seis sub-bacias (montante e jusante) pertencentes a área de interesse a Itaipu

Estimar as precipitações médias para as sub bacias é realmente uma tarefa de difícil definição, mas, os operadores com base em informações de imagens de satélites, modelo global do CPTEC, e informações do Simepar e Dinac realizam-as com um horizonte de até sete dias. Estas 36 sub-bacias foram subdivididas em sete principais grupos: Mato Grosso, Ivaí, Piquiri, trecho Guairá-Itaipu, trecho Itaipu Jusante -Carlos Antonio Lopez, Região do Reservatório e Iguacu. Neste estudo trabalhamos com a modelagem da rede de montante ilustrado a seguir.

Representando a parcela d' água transladada longitudinal através do rio utilizamos o Modelo Hidrodinâmico Sobek. Este tipo de modelo não apresenta fácil resolução pois está baseado nas equações da continuidade e da quantidade de movimento do escoamento. Para sua resolução são aplicados métodos numéricos, e não desprezam nenhuma parcela da equação da quantidade de movimento. A vantagem de utilizá-lo é a maior precisão e a melhor representação física do escoamento, pois representa as forças de inércia do escoamento, a força de pressão, a força de gravidade, e a força de atrito.

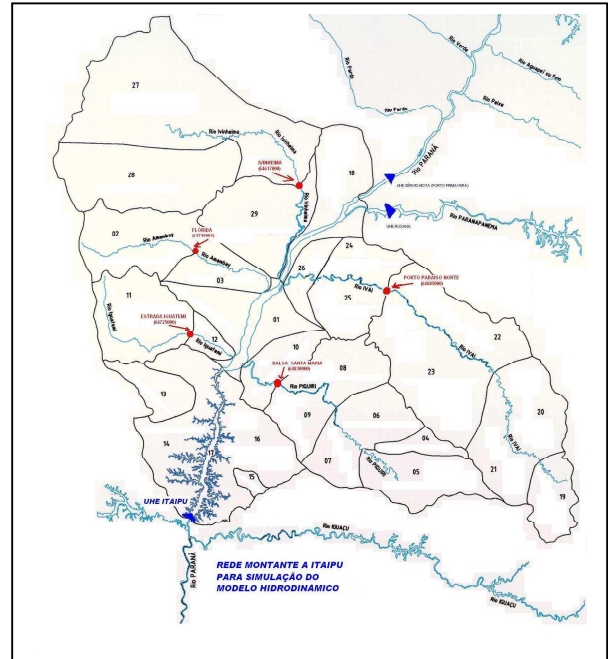
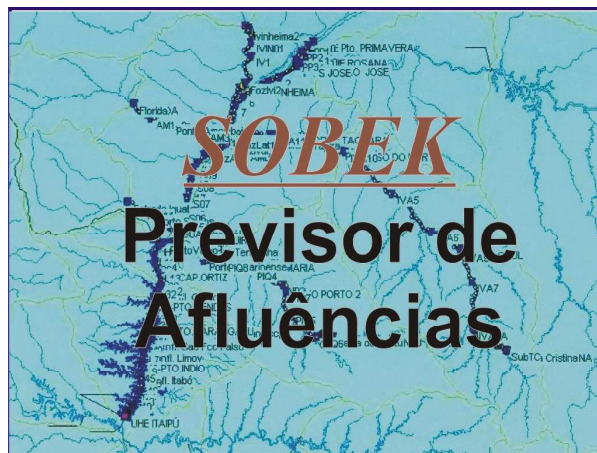


Figura 5 – Modelo Hidrodinâmico Sobek e Rede de Modelagem de Montante com os principais pontos de controle

Considerando a água a fonte primária geradora deste potencial de energia, ela assume um papel primordial e indispensável a geração hidrelétrica. Como premissa básica este recurso deverá ser gerenciado da melhor maneira a fim de produzir a eficiência máxima para que seja atingida uma queda bruta ótimo afim de atingir maior rendimento das unidades geradoras.

Assim o acompanhamento do desempenho dos modelos é de suma importância, visto a grande quantidade de parâmetros envolvidos e das suas constantes alterações advindas de condições externas. O processo de ajuste dos modelos deve ser continuamente revistos.

No estudo analisamos a rede montante a UHE Itaipu durante os principais eventos no período de outubro de 2005 a setembro de 2006.

A seguir apresentamos os principais índices estatísticos de desempenho das previsões de afluentes num horizonte de até 7 dias.

Tabela 1 – Índices Estatísticos Básicos

| | <i>dc</i> | <i>1 dc</i> | <i>2 dc</i> | <i>3 dc</i> | <i>4 dc</i> | <i>5 dc</i> | <i>6 dc</i> |
|------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Desvio médio | 1,12 | 1,62 | 2,07 | 2,75 | 3,09 | 3,63 | 4,40 |
| Desvio padrão | 1,34 | 2,04 | 2,69 | 3,51 | 3,95 | 4,59 | 5,40 |
| Coef. Correlação | 0,989 | 0,952 | 0,896 | 0,844 | 0,801 | 0,780 | 0,777 |
| Erro Padrão | 1,34 | 2,04 | 2,69 | 3,51 | 3,96 | 4,61 | 5,41 |

Onde:

dc – valor previsto da simulação do dia corrente

1 dc – valor previsto um dia após o dia da simulação

2 dc - valor previsto dois dias após o dia da simulação

3 dc - valor previsto três dias após o dia da simulação

4 dc - valor previsto quatro dias após o dia da simulação

5 dc - valor previsto cinco dias após o dia da simulação

As simulações diários são apresentados e organizados por um gerenciador de resultados que processa os resultados os modelos e os apresenta em forma de tabela e em forma gráfica. Veja abaixo alguns resultados:

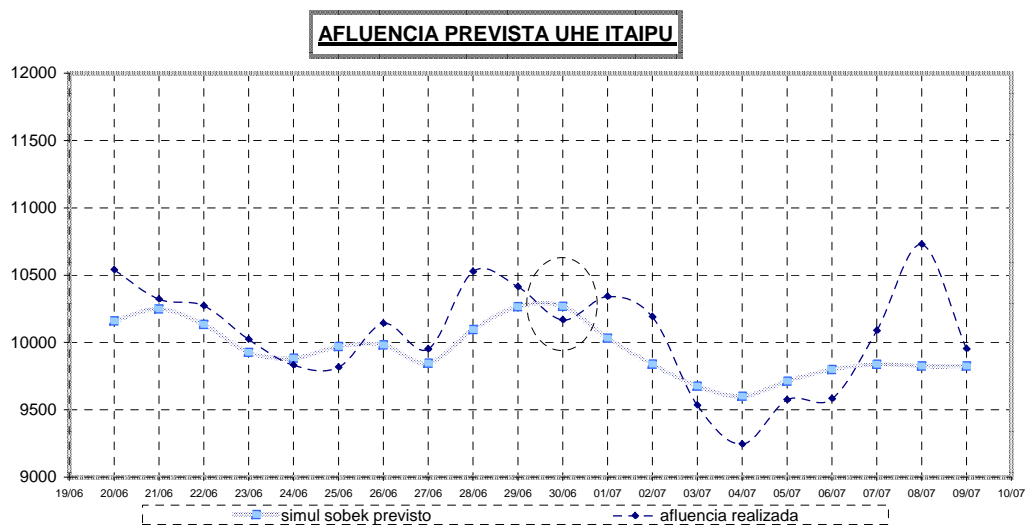


Figura 6 – Diferença entre afluência prevista e observada para estimativa do dia 30 de junho de 2006

A figura acima mostra a previsão de vazão afluente à Itaipu em comparação com a afluência realizada apresentando um bom ajuste.

Na tabela a seguir vemos que na maior parte do tempo analisado os desvios ocorridos entre afluência prevista e afluência observada estiveram abaixo do valor aceitável de 5%.

Tabela 2 – Total parcial dos eventos com desvios menores a 5 %

| | < 5% | > 5% |
|--------------|------|------|
| dia corrente | 147 | 3 |
| 1° dia | 131 | 19 |
| 2° dia | 116 | 34 |
| 3° dia | 101 | 49 |
| 4° dia | 86 | 64 |
| 5° dia | 74 | 75 |
| 6° dia | 66 | 83 |

Os resultados obtidos acima ficam melhores visualizados no gráfico a seguir, mostrando que a maioria do tempo os desvios foram menores a 5%, desvio aceitável .

CURVA DE PERMANÊNCIA (out/2005 a set/2006)

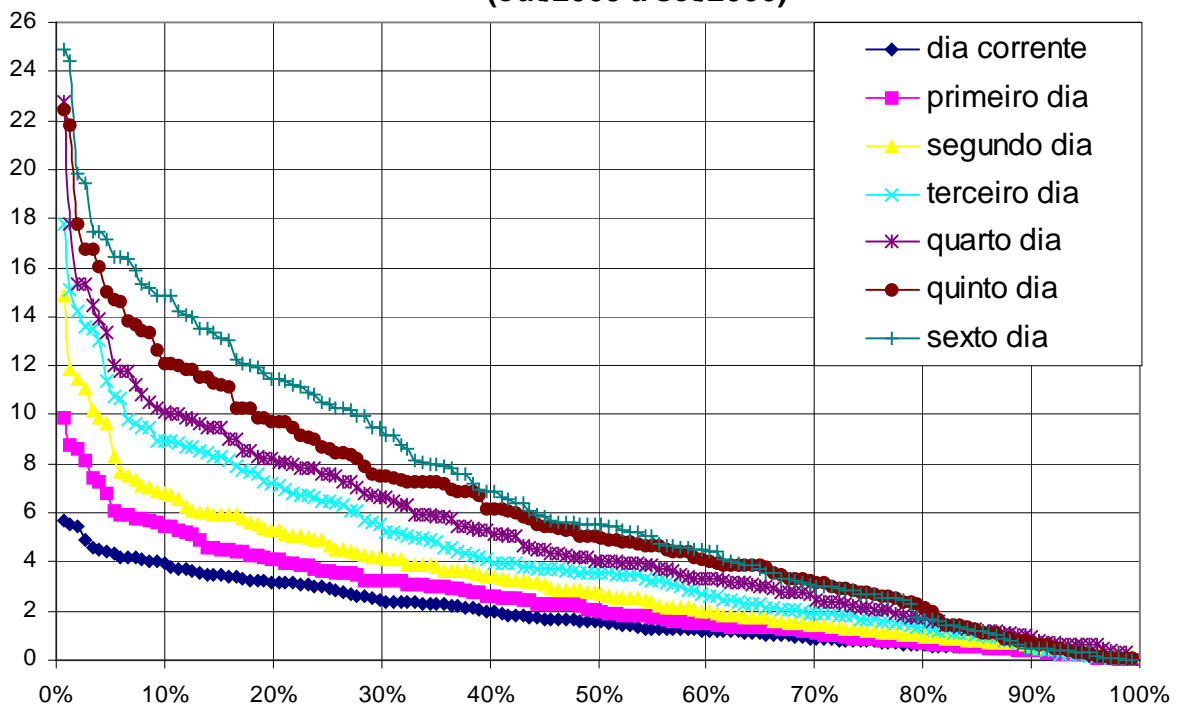


Figura 7 – Curva de Permanência (Período out/2005 a set/2006)

4.0 CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou resultados satisfatórios, como podemos ver na tabela 1 atingindo altos índices de correlação linear e baixos desvios entre valores previstos e o calculados.

A maior parte dos eventos os resultados obtidos das simulações apresentaram desvio menores a 5% , índice aceitável, considerando que a grande fonte destes erros está na determinação das precipitações.

Da comparação dos resultados de previsão de afluência calculada pelos modelos e a observada tivemos em quase 98% do tempo desvios menores a 5% para valores previsto no dia corrente da simulação.

5.0 BIBLIOGRAFIA

- [1] GAETE. E. P. , “Modelo Hidrólogo-Hidrodinâmico, Aguas Abajo de Itaipu, Modelo Sacramento en Los Ríos Iguazu, Monday y en La Cuenca Incremental del Río Paraná, (Aprovechamiento Hidroeléctrico de Itaipu, Agosto 2002, páginas 1-12)
- [2] CARLOS, E. M. TUCCI - Hidrologia: ciência e aplicação, V.4, Editora da Universidade, Porto Alegre, ABRH, 2002.
- [3] BARTH, F. T. et al. – Modelos para gerenciamento de recursos hídricos, São Paulo, ABRH, 1987.



Comité Nacional Paraguay



Unión de Ingenieros de la ANDE
