

CADERNOS DO IME – Série Estatística

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Rio de Janeiro - RJ - Brasil

ISSN 1413-9022 / v. 20: p. 20 - 33, 2006

CONSIDERAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO E DAS ÚLTIMAS AFLUÊNCIAS DIÁRIAS OBSERVADAS NA PREVISÃO DE AFLUÊNCIAS SEMANAIS PARA O PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO DE USINAS HIDROELÉTRICAS

Fernanda da Serra Costa

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

f.scosta@globo.com

Jorge Machado Damázio

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

damazio@cepel.br

Maria Elvira Piñeiro Maceira

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

elvira@cepel.br

Resumo

Devido a complexidade do Sistema de Geração de Energia Elétrica Nacional o planejamento de sua operação é feito em etapas: médio prazo, curto prazo e programação diária. Em cada etapa os modelos utilizados possuem diferentes horizontes, discretização do tempo, graus de detalhamento na representação das unidades geradoras e da informação hidrológica. No curto prazo, para o primeiro mês do estudo a hidrologia é representada pelas previsões de afluências semanais. Neste trabalho apresenta-se os resultados de uma investigação sobre a melhora da previsão das afluências semanais obtidas pelo modelo PREVIVAZ, (Maceira et al., 1999) para a primeira semana quando incorpora-se informações hidrológicas mais atualizadas e a precipitação futura, através do modelo PREVIVAZH (Costa et al., 2004).

Palavras-chave: *Previsão de Afluência; Modelos Estocástica; Operação de Hidroelétrica*

1. Introdução

O planejamento de operação hidrotérmica do Sistema Interligado Nacional (SIN), coordenado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), é realizado com o auxílio da cadeia de modelos desenvolvidos pelo CEPEL (Maceira *et al.*, 2002). Em cada etapa os modelos utilizados possuem diferentes horizontes de planejamento, discretização do tempo, e graus de detalhamento na representação das unidades geradoras. A Tabela 1 apresenta as características dos modelos energéticos desta cadeia.

Tabela 1 – Características dos modelos

Etapa	Planejamento de Médio Prazo	Planejamento de Curto Prazo	Programação da Operação
Modelo	NEWAVE	DECOMP	DESSEM
Nível de Detalhamento do SIN	Reservatórios Equivalentes	Usinas individualizadas	Unidades geradoras
Horizonte de planejamento	Até 10 anos	Até 1 ano	Até 14 dias
Discretização temporal	Mensal	Semanal/Mensal	½ hora / horária
Incertezas hidrológicas	Estocástico	Estocástico / determinístico	Determinístico

A informação hidrológica também é tratada de forma diferente em cada uma das etapas do planejamento. No planejamento de médio prazo a incerteza hidrológica é representada através de cenários de afluições mensais para o horizonte do estudo, sendo estes cenários gerados pelo modelo GEVAZP (Maceira, 1997). No curto prazo, considera-se também cenários de afluições mensais gerados pelo modelo GEVAZP para representar a incerteza hidrológica no segundo mês do estudo. No primeiro mês do estudo, onde a discretização temporal é semanal, a hidrologia é considerada de forma determinística através de previsões de afluições semanais. Estas previsões são produzidas pelo modelo PREVIVAZ para a maioria dos aproveitamentos hidroelétricos do SIN. Na programação diária a hidrologia também é considerada de forma determinística, através da previsão de afluições diárias para um horizonte de 7 a 13 dias.

2. Modelo PREVIVAZ

O modelo PREVIVAZ foi desenvolvido visando a obtenção das previsões de aflúências semanais, até seis semanas a frente. Para cada aproveitamento hidroelétrico o modelo analisa a série histórica de aflúências semanais e seleciona para cada semana um modelo estocástico linear, periódico ou não, dentre diversas alternativas de modelagem. Estão implementadas 94 alternativas de modelagem que combinam o tipo de modelo, o método de estimação dos parâmetros e o tipo de transformação aplicada à série histórica. A escolha da melhor alternativa é feita com base na minimização do erro médio quadrático de previsão um passo a frente, obtido pela técnica de “split-sample”. O PREVIVAZ considera como informação apenas a série histórica de aflúências semanais e considera como tendência hidrológica as aflúências semanais observadas das últimas semanas.

3. Modelo PREVIVAZH considerando a informação de precipitação

O PREVIVAZH é um modelo de natureza estocástica, baseado na desagregação em intervalos diários das previsões semanais utilizadas na elaboração do Programa Mensal da Operação Energética, PMO (em geral, obtidas pelo modelo PREVIVAZ). O modelo utiliza as previsões das aflúências semanais, seqüências sintéticas de vazões diárias (geradas pelo modelo DIANA (Kelman *et al.*, 1983) para os sete dias da semana, condicionada às últimas aflúências diárias observadas e, em sua versão mais recente, às informações quantitativas de precipitação média diária na bacia para dia a ser previsto.

3.1. Geração de seqüências sintéticas de aflúências diárias condicionadas

A geração de seqüências sintéticas de aflúências diárias se baseia no modelo DIANA alterado para condicionar a geração de seqüências às informações hidrológicas recentes, ou seja, às duas últimas aflúências diárias observadas e a precipitação média na bacia no dia da previsão, e/ou nos dias anteriores. A seguir descreve-se de forma sucinta o modelo DIANA considerando as alterações referentes à geração condicionada.

O DIANA considera que as vazões diárias podem ser decompostas em duas parcelas: uma parcela dependente de fatores externos (por exemplo, precipitação) e outra que representa o contínuo esvaziamento da bacia. A vazão no dia t da hidrógrafa de um dado posto fluviométrico é dada pela soma de dois componentes:

$$Q(t) = U(t) + O(t), t = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Idealmente, $U(t)$ dependeria principalmente de fatores externos (ex.: precipitações), cuja natureza intermitente ocasionariam na hidrógrafa pulsos irregularmente espaçados no tempo, e $O(t)$ representaria o contínuo esvaziamento da água armazenada na bacia. Considera-se a ocorrência de $u(t)$ positivo sempre que $q(t) > \lambda \cdot q(t-1)$, onde $0 \leq \lambda \leq 1$ é uma taxa de recessão característica do posto fluviométrico, assim para qualquer λ teríamos:

$$\begin{aligned} u(t) &= 0 & \text{se } q(t) \leq \lambda q(t-1) \\ u(t) &= q(t) - \lambda q(t-1) & \text{se } q(t) > \lambda q(t-1) \end{aligned} \quad (2)$$

$$q(t) = \lambda q(t-1) + u(t), \quad u(t) > 0 \quad (3)$$

Nos dias em que não atuam fatores externos ($u(t) = 0$), a vazão total é dada simplesmente por $O(t)$, o qual pode ser considerado como a soma das defluências de dois reservatórios lineares, cada parcela dependendo de $q(t-1)$ através de uma equação probabilística. Esta abordagem pode ser simplificada considerando-se apenas um reservatório linear de comportamento estocástico. Assim, quando $u(t) = 0$, $O(t)$, e, portanto, $q(t)$, é uma fração $k(t) \leq \lambda$ da vazão anterior:

$$q(t) = O(t) = k(t) q(t-1), \quad k(t) \leq \lambda; \quad u(t) = 0 \quad (4)$$

Juntando-se as equações (1), (3) e (4) o modelo pode ser escrito por:

$$q(t) = u(t) + k(t) q(t-1) \quad u(t) = 0 \Rightarrow k(t) \leq \lambda \quad u(t) > 0 \Rightarrow k(t) = \lambda \quad (5)$$

Existem dois aspectos a serem considerados na modelagem do processo $U(t)$: a definição de sua distribuição de probabilidade marginal ou de distribuições condicionadas às classes de precipitação média na bacia levando-se em conta que existe uma probabilidade finita p_{classe} de que $U(t)$ seja exatamente igual a zero, e a preservação da eventual dependência entre valores sucessivos de $U(t)$.

A versão do PREVIVAZH, utilizada neste estudo, adota distribuições empíricas condicionadas às classes de precipitação média na bacia, $FU|_{\text{classe}}(.)$. Quanto a questão da dependência entre $U(t-1)$ e $U(t)$, o modelo, assume a existência de um processo autoregressivo normal de ordem 1 com censura, cujo coeficiente de autocorrelação ρ deve ser preservado. Este processo é mapeado em $U(t)$ através de uma transformação

não-paramétrica que deve preservar as distribuições empíricas $FU_{classe}(\cdot)$. Seja, então, o processo markoviano $Z(t)$ definido por (6), onde $\varepsilon(t)$ é um ruído normal padrão e ρ a correlação lag-1 do processo.

$$z(t) = \rho z(t-1) + \varepsilon(t) \sqrt{1-\rho^2} \quad (6)$$

Seja o processo $Y(t)$ resultado de uma censura imposta ao processo $Z(t)$ definida por (7), onde β_{classe} define o intervalo de censura $(-\infty, \beta_{classe})$, $\phi(\cdot)$ é a distribuição acumulada normal, e $p_{classe} = P[u(t)=0|classe]$. A relação entre $U(t)$ e $Y(t)$ é obtida resolvendo-se $FU_{classe}(u) = \phi(y(t))$.

$$y(t) = z(t) \quad \text{se} \quad z(t) > \beta_{classe} \quad \text{e} \quad y(t) = \beta_{classe} \quad \text{se} \quad z(t) \leq \beta_{classe} \quad (7)$$

$$\beta_{classe} = \phi^{-1}(p_{classe})$$

Para a modelagem da série de $k(t)$'s assume-se que seja suficiente simplesmente usar para a geração de valores sintéticos a distribuição empírica de $k(t)$ menor que λ , $FK(\cdot)$, sempre que $u(t) = 0$, e $k(t) = q(t) / q(t-1)$.

O condicionamento da distribuição de $U(t)$ pressupõe a definição das classes de precipitação média diária na bacia. A informação de precipitação que será utilizada para condicionar a distribuição do processo $U(\cdot)$ no dia t , pode ser na sua forma mais simples, a precipitação ocorrida para o dia $t-1$ ou a previsão da precipitação para o dia t . Outras alternativas incluem o uso de médias ponderadas de precipitações ocorridas recentemente de forma a modelar uma variação do tempo de viagem no interior da área de drenagem (maiores detalhes ver Costa *et al.*, 2005). À medida que se deseja fazer previsões para mais de um dia de antecedência, as precipitações ocorridas em $t-1$, $t-2$, ... não estariam ainda disponíveis, considera-se que existem previsões que seriam então utilizadas.

Seja qual for a definição da informação quantitativa de precipitação considera-se possível calcular para cada dia do histórico o valor correspondente $prec(t)$. Se definirmos um valor crítico próximo de zero, e se dividirmos a amostra disponível de $u(t)$ em duas sub-amostras, a primeira incluindo apenas os dias em que $prec(t)$ não excedesse o valor crítico selecionado e a segunda incluindo os dias em que $prec(t)$ o excedesse, é de se esperar que a probabilidade de que $U(t)$ seja exatamente igual a zero varie em cada sub-amostra, apresentando valores maiores na primeira. Da mesma forma, espera-se que as distribuições empíricas de $U(t) > 0$ das duas sub-amostras

difiram significativamente entre si. O valor crítico para esta repartição da amostra poderia ser objeto de uma calibração com o histórico, procurando obter o valor que fornecesse previsões de afluições com menor erro médio absoluto. Este esquema de uso da informação de $\text{prec}(t)$ pode ser desdobrado dividindo-se a amostra em mais de duas sub-amostras. Os valores críticos das repartições poderiam ser calibrados de forma similar à calibração do valor crítico usado na primeira repartição da amostra (maiores detalhes ver Costa *et al.*, 2004 e 2005).

3.2. Algoritmo de desagregação da previsão semanal

De forma bastante resumida o processo de desagregação da previsão da afluição semanal QS_1 , em previsões para os 7 dias da semana, pode ser descrito da seguinte forma:

Consideram-se disponíveis a vazão semanal prevista para a semana que se inicia no dia $i = 1$, QS_1 , e as duas últimas vazões diárias observadas, referentes aos dias $i = -1$ e $i = 0$, respectivamente QD_{-1} e QD_0 .

Passo 1: Gera-se conforme descrito no item 3.1, um conjunto de M seqüências sintéticas de 7 vazões diárias, QD_i^m , $i=1,\dots,7$; $m=1,\dots,M$

Passo 2: Do conjunto de M seqüências, seleciona-se aquela cuja vazão média semanal seja a mais próxima à QS_1 para formar a previsão das vazões dos dias $i=1,2,\dots,7$.

Vale observar que a previsão semanal, QS_1 , é obtida a partir de valores médios de afluições para semanas anteriores. É possível que as últimas afluições diárias observadas, QD_{-1} e QD_0 , e as informações de precipitação média diária na bacia para os dias da semana a prever, estejam sinalizando que a previsão QS_1 esteja bastante descolada da realidade. Eventuais discrepâncias devem ser consideradas no processo de escolha da seqüência sintética a ser utilizada como previsão das afluições diárias para os dias da semana em curso.

No modelo PREVIVAZH o grau de discrepância entre QS_1 e as afluições diárias observadas e a informação de precipitação é avaliado localizando o valor de QS_1 na distribuição de frequência das M médias semanais, $\{\overline{QD}^m, m=1,\dots,M\}$, correspondentes às seqüências sintéticas geradas no passo 1. Sempre que o valor de QS_1 estiver contido num intervalo de aceitação de QS_1 formado, por exemplo pelos quantis

5% ($\overline{QD}_{5\%}$) e 95% ($\overline{QD}_{95\%}$), nível de confiança de 90%, considera-se que não há discrepância entre QS_1 e as afluições diárias já ocorridas e, o passo 2 é então executado normalmente. Se o valor de QS_1 estiver fora deste intervalo, considera-se que há grande discrepância entre QS_1 e o conjunto formado pelas afluições diárias já ocorridas e as previsões quanto às classes de precipitação nos dias da semana a prever. Neste caso, o valor médio usado para seleção da sequência sintética é a média das M médias semanais ($\text{media } \overline{QD}^m$). No caso $QS_1 \leq \overline{QD}_{5\%}$, no passo 2, o valor de média usado para seleção da sequência sintética é obtido interpolando-se na reta definida pelos pontos ($\min_m \overline{QD}^m$, $\text{media } \overline{QD}^m$) e ($\overline{QD}_{5\%}$, $\overline{QD}_{5\%}$). Finalmente, no caso $\overline{QD}_{95\%}$, interpola-se na reta definida pelos pontos ($\max_m \overline{QD}^m$, $\text{media } \overline{QD}^m$) e ($\overline{QD}_{95\%}$, $\overline{QD}_{95\%}$). O nível de confiança do intervalo de aceitação de QS_1 deve ser ajustado de acordo com as características de previsibilidade da vazão semanal na bacia em estudo (maiores detalhes ver [6] e [7]). A média das previsões de afluições diárias, obtidas pelo modelo PREVIVAZH para os sete dias da semana, pode ser utilizada como a previsão da afluição semanal.

4. Análise das Previsões de Afluições Semanais

Como exposto na Seção 2, o modelo PREVIVAZ considera como informação hidrológica apenas a série histórica de afluições semanais, incluindo as últimas afluições semanais observadas. Desta forma, a informação hidrológica mais recente considerada é a afluição da semana anterior a primeira semana a ser prevista.

No caso do modelo PREVIVAZH, descrito na Seção 3, as informações hidrológicas mais recentes consideradas são as duas últimas afluições diárias e as informações de precipitação média diária (passadas e previstas). Estas informações, mais atualizadas, podem sinalizar uma alteração na tendência hidrológica. É portanto possível, neste caso, que o erro médio da previsão semanal quando esta é obtida considerando informações hidrológicas mais recentes diminua. Neste caso, esta previsão semanal poderia ser utilizada para a primeira semana do PMO e de suas revisões.

Neste trabalho apresenta-se uma comparação das previsões das afluições semanais obtida pelos dois processos aqui resumidos como:

- Previsão semanal obtida considerando apenas a série histórica de vazões semanais;
- Previsão semanal através da média aritmética das previsões diárias obtidas considerando a série histórica de vazões diárias, a previsão semanal, as duas últimas afluições diárias observadas e a precipitação média diária observada/prevista.

O critério adotado para análise é o valor absoluto do erro percentual da previsão da afluição semanal.

5. Estudo de Caso

Como estudos de caso analisam-se as previsões semanais de afluições as usinas hidroelétricas de Foz do Areia e Salto Osório, localizadas na bacia do rio Iguaçu, região sul do Brasil. O rio Iguaçu possui regime hidrológico caracterizado por ascensões abruptas e acentuadas de difícil previsibilidade. A UHE Foz do Areia possui área de drenagem de 29.990 km², a precipitação média diária é 4,72 mm, a vazão diária tem média 754 m³/s com desvio padrão de 668 m³/s, tendo sido registrados o valor máximo de 8338 m³/s (09/07/1983) e o valor mínimo de 64 m³/s (05/05/1982). A bacia incremental entre as UHE's Salto Osório e Foz do Areia e o Reservatório do Jordão corresponde a uma área de drenagem de 10.960 km².

Nos dois estudo considerou-se previsão “perfeita” da precipitação média diária nas bacias, ou seja, considerou-se como previsão da precipitação média diária na bacia a média das precipitações observadas na rede de pluviômetros disponível em cada bacia.

5.1. UHE Foz do Areia

A série histórica de precipitação diária média na bacia foi calculada pela média aritmética das precipitações diárias referente as estações pluviométricas de: Porto Amazonas, São Mateus do Sul, Frágosos, Rio Negro, São Bento, Fluvópolis, Santa Cruz do Timbo, União da Vitória, Porto Vitória e Jangada. As séries históricas de precipitação e vazão diárias corresponderam ao período de 1980 a 2001. O critério para classificação da precipitação adotado foi: Precipitação baixa: menor que 7 mm; Precipitação média: entre 7 mm e 20 mm; e Precipitação alta: superior a 20 mm.

A Tabela 2 apresenta a média do valor absoluto do erro percentual de previsão da afluição semanal correspondente ao período de 1992 a 2001. Pode-se observar a

redução de 19 pontos percentuais na média do erro percentual absoluto, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 53%.

Tabela 2–Média valor absoluto do erro percentual da previsão de afluência semanal na UHE Foz do Areia

MODELO	MAPE (%)
Só com as vazões semanais passadas (PREVIVAZ)	35,86
Com vazões diárias passadas e precipitação futura (PREVIVAZH com precipitação)	16,72

A Figura 1 apresenta, para os anos pares entre o período de 1992 a 2001, as diferenças entre os erros percentuais absolutos das previsões de afluências para cada uma das 52 semanas do ano, obtidas pelo PREVIVAZ e pelo PREVIVAZH com informação de precipitação. Pode-se observar em todos os anos uma redução dos erros percentuais absolutos do PREVIVAZ. Ressalta-se que em algumas semanas o PREVIVAZ apresentou erro relativo menor. Este comportamento também ocorreu nos anos ímpares.

A Figura 2 apresenta a função densidade de probabilidades e a distribuição acumulada de probabilidades do valor absoluto do erro relativo da previsão de afluências semanais, obtidas pelos modelos PREVIVAZ e PREVIVAZH, considerando as 52 semanas de um período de 10 anos. Analisando-se as duas figuras, pode observar a alteração da frequência de grandes erros. A utilização do modelo PREVIVAZH que atualiza a previsão obtida pelo modelo PREVIVAZ, conduz a uma redução na frequência dos grandes erros, apresentando uma maior concentração de erros numa faixa inferior a aproximadamente 30%. Este comportamento é ressaltado na análise da Tabela 3, onde se pode notar a grande redução dos erros associados aos quantis 90%, 95% e 99%, atingindo uma redução de 70% para o último quantil. A redução no erro mediano é de 56%, enquanto que a redução na variabilidade dos erros (desvio padrão) é de 62%.

Tabela 3 – Estatísticas dos valores absolutos dos erros percentuais da previsão das afluências semanais considerando as 52 semanas de um período de 10 anos.

Uso de precipitação/ vazões diárias	Média	Desvio Padrão	Mediana	Quantil 90%	Quantil 95%	Quantil 99%
Sem (PREVIVAZ)	35,86	37,80	27,93	68,83	84,43	208,26

Com (PREVIVAZH)	16,72	14,33	12,41	36,71	44,59	64,67
Redução (%)	53	62	56	47	47	69

Figura 1 – Diferença entre os valores absolutos dos erros relativos das previsões de afluências semanais para as 52 semanas para os anos de 1992, 1994, 1996, 1998 e 2000.

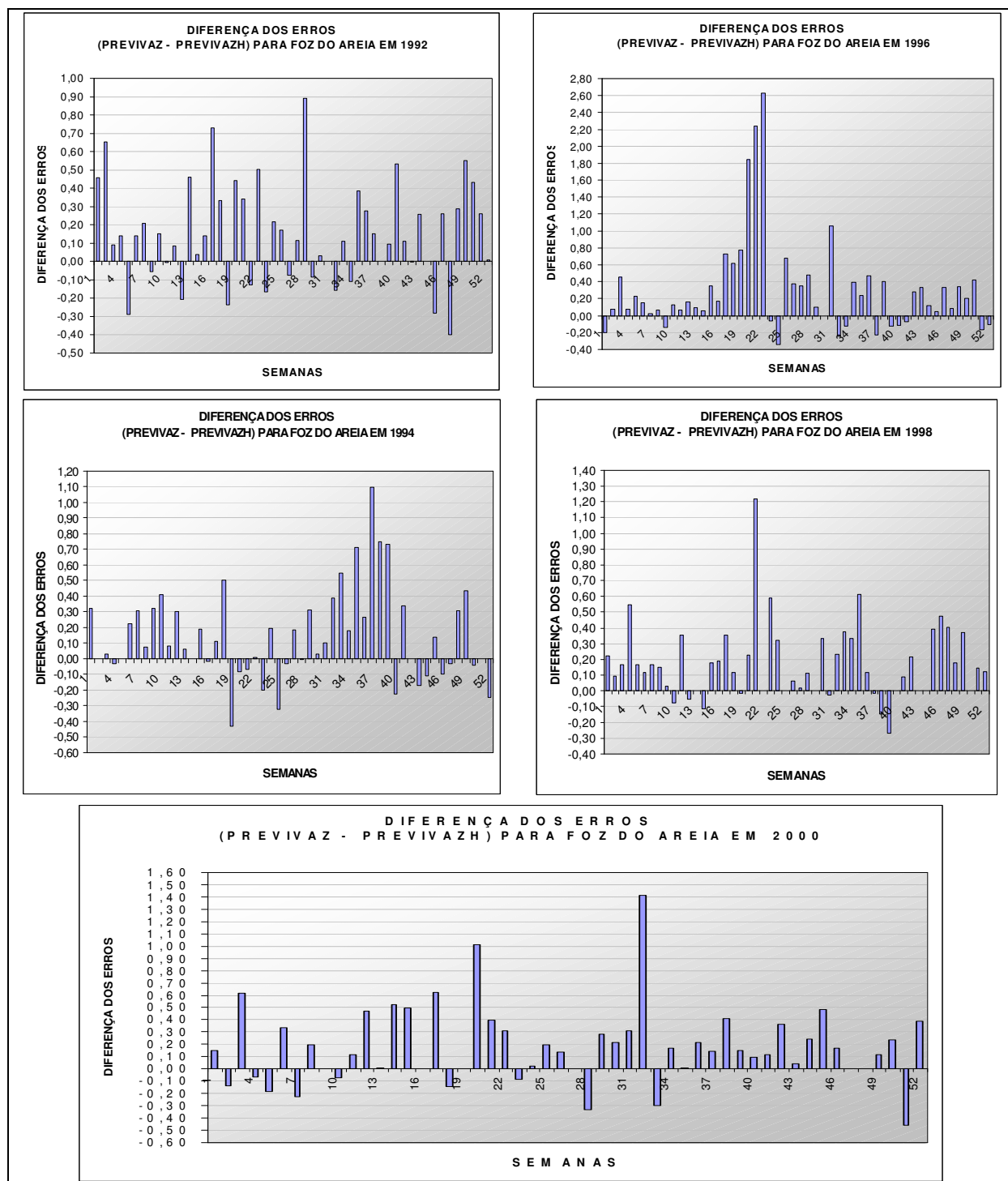
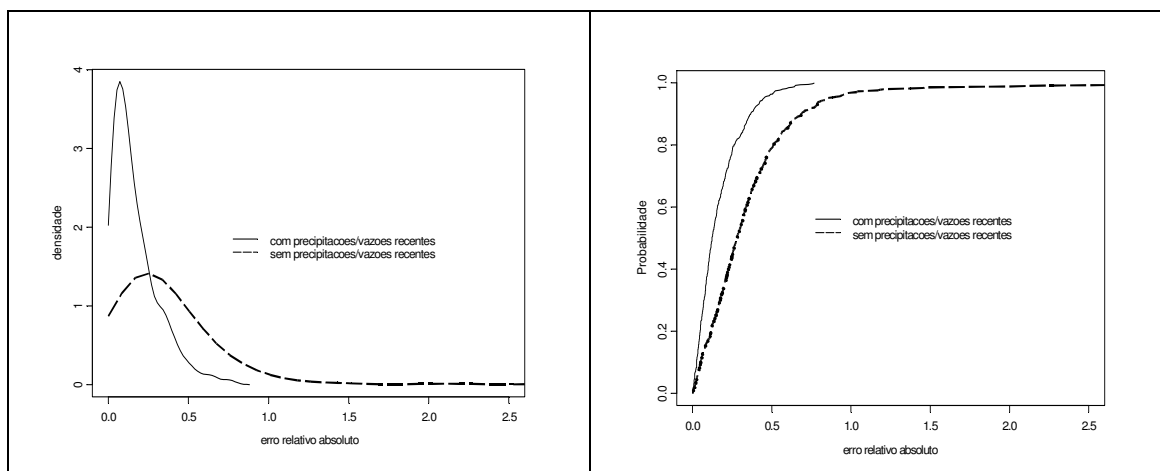


Figura 2 – Funções densidade de probabilidades e Distribuições de probabilidades acumuladas do valor absoluto do erro relativo da previsão de afluência semanal considerando as 52 semanas de um período de 10 anos.



5.2. UHE Salto Osório

Neste estudo foi utilizada a série histórica de afluências diárias totais ao UHE Salto Osório correspondente ao posto fluviométrico 10000078, além das séries históricas de afluências naturais diárias a UHE Foz do Areia e Reservatório do Jordão, a partir das quais calculou-se a série histórica de afluências diárias incrementais ao AH Salto Osório.

Considerou-se a precipitação média diária a média aritmética das precipitações diárias correspondentes as 8 estações localizadas na bacia incremental UHE Salto Osório, UHE Foz do Areia e Reservatório do Jordão: 2451010, 2551004, 2552001, 2552009, 2552028, 2651003, 2651043 e 2652035. Neste estudo também foi considerada a previsão “perfeita” de precipitação. O critério para classificação da precipitação foi o mesmo adotado no estudo referente a UHE Foz do Areia. As séries históricas de precipitação e vazão diárias corresponderam ao período de 1980 a 2001.

A Tabela 4 apresenta a média do valor absoluto do erro percentual de previsão da afluência semanal correspondente ao período de 1992 a 2001. Pode-se observar a redução de 19 pontos percentuais na média do erro percentual absoluto, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 55%.

Tabela 4 – Média do valor absoluto do erro percentual da previsão semanal da afluência a UHE Salto Osório.

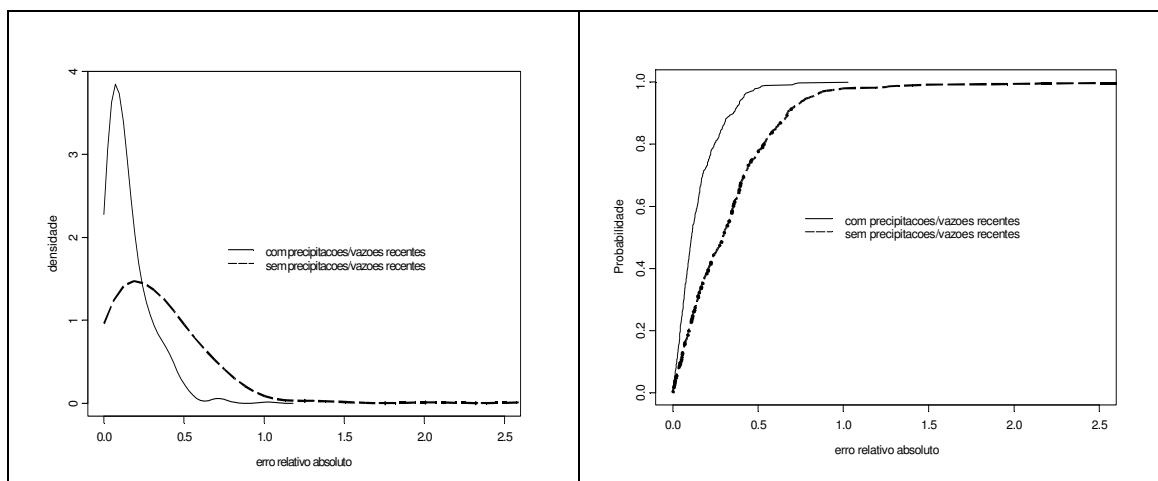
MODELO	MAPE (%)
Só com as vazões semanais passadas (PREVIVAZ)	33,87
Com vazões diárias passadas e precipitação futura (PREVIVAZH com precipitação)	15,08

A Figura 3 apresenta a função densidade de probabilidades e a distribuição acumulada de probabilidades do valor absoluto do erro relativo da previsão de afluências semanais, obtidas pelos modelos PREVIVAZ e PREVIVAZH, considerando as 52 semanas de um período de 10 anos. Analisando-se as duas figuras, pode observar a alteração da frequência de grandes erros. A utilização do modelo PREVIVAZH que atualiza a previsão obtida pelo modelo PREVIVAZ, conduz a uma redução na frequência dos grandes erros, apresentando uma maior concentração de erros numa faixa inferior a aproximadamente 30%. Este comportamento é ressaltado na análise da tabela 5, onde se pode notar a grande redução dos erros associados aos quantis 90%, 95% e 99%, atingindo uma redução de 61% para o último quantil. A redução no erro mediano é de 55%, enquanto que a redução na variabilidade dos erros (desvio padrão) é de 56%.

Tabela 5 – Estatísticas dos valores absolutos dos erros percentuais da previsão das afluências semanais considerando as 52 semanas de um período de 10 anos.

Uso de precipitação/ vazões diárias	Média	Desvio Padrão	Mediana	Quantil 90%	Quantil 95%	Quantil 99%
Sem (PREVIVAZ)	33,87	30,86	29,10	67,15	79,70	138,90
Com (PREVIVAZH)	15,08	13,52	10,91	34,47	41,25	54,19
Redução (%)	55	56	63	49	48	61

Figura 3 – Funções densidade de probabilidades e Distribuição de probabilidades acumuladas do erro relativo absoluto da previsão de afluência semanal considerando as 52 semanas de um período de 10 anos.



6. Conclusões

Os estudos apresentados mostraram que a atualização da previsão um passo a frente das afluições semanais obtidas pelo PREVIVAZ, através da incorporação de informações hidrológica mais recentes, como as últimas afluições diárias observadas e a informação futura de precipitação, é promissora, em especial tendo em vista a redução dos maiores erros percentuais, como apresentado nas Figuras 2 e 3 nas Tabelas 4 e 5. Esta redução é importante para o Planejamento da Operação do SIN. Ressalta-se que nestes estudos considerou-se a “previsão perfeita” da precipitação média diária na bacia.

Referências

- COSTA, F.S., DAMÁZIO, J.M., SOUZA, M.D.S., “Uso de Informação Quantitativa de Precipitação na Previsão de Vazões Diárias Através de uma Abordagem Estocástica”, **Proceedings** of the XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica São Pedro, São Paulo, Brasil, Outubro 2004.
- COSTA, F.S., DAMÁZIO, J.M., SOUZA, M.D.S., “Previsão de vazões diárias na programação eletro-energética do Sistema Interligado Brasileiro”, **Proceedings** of the XVIII SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Curitiba, Brasil, outubro 2005.
- KELMAN, J., DAMÁZIO, J.M., COSTA, J.P., “Geração de Séries Sintéticas de Vazões Diárias – Modelo Diana”, Revista Brasileira de Engenharia – **Caderno Recursos Hídricos**, vol.1, no 2, 1983, Brasil.
- MACEIRA, M.E.P., DAMÁZIO J.M., GHIRARDI, A.O., DANTAS, H., “Periodic ARMA Models Applied to Weekly Streamflow Forecasts”. **Proceedings** of the 1999 IEEE Powertech, Budapest, 1999.
- MACEIRA, M.E.P., TERRY, L.A., COSTA, F.S., *et al.*, “Chain of Optimization Models for Setting the Energy Dispatch and Spot Price in the Brazilian System”, **Proceedings** of the 2002 Power System Computation Conference - PSCC’02, Sevilla, Spain, June 24-28, 2002.
- MACEIRA, M.E.P., BEZERRA, C.V., “Stochastic Streamflow model for Hydroelectric Systems”, **Proceedings** of the 5th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, pp. 305-310, Vancouver, Canada, Sep., 1997.

WEEKLY INFLOW FORECASTING USING PRECIPITATION AND THE LAST TWO OBSERVED DAILY INFLOWS FOR THE HYDRO PLANTS OPERATION PLANNING

Abstract

Due to its complexity, the operations planning of the Brazilian interconnect hydrothermal system is done by steps: mid-term, short-term and daily programming. At each step, different planning horizons, time discretizations, and levels of system representation details are used. In particular, different modeling approaches are adopted with respect to the future inflows uncertainty. In the short-term, during the first month the hydrology is represented by the weekly inflows forecast. This paper presents the research results about the improvements in the PREVIVAZ weekly inflows forecast obtained when the future precipitation and more recently hydrological information are considered, using the PREVIVAZH model.

Key-words: *Inflow Forecast; Stochastic Models; Hydro plants*