

USOS MÚLTIPLOS E SEUS CONFLITOS ORIUNDOS DA IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

Leopoldo Uberto Ribeiro Junior

Centro de Excelência em Recursos Naturais e Energia – CERNE da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Tel: (35) 36291401. email: leopoldo@unifei.edu.br

Afonso Henriques Moreira Santos

Professor titular da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Tel: (35) 36291455. email: afonso@iee.efei.br

Edson da Costa Bortoni

Professor adjunto da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Tel: (35) 36291455. email: bortoni@iee.efei.br

Marco Aurélio Raphul Azevedo Garcia

Centro de Excelência em Recursos Naturais e Energia – CERNE da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Tel: (35) 36291401. email: marco.rag@iee.efei.br

JUSTIFICATIVA

Em seu texto, Santos (2003), afirma que os modelos empregados pelo setor elétrico estão sujeitos a uma série de incertezas, que os torna pouco robustos e, obviamente, de difícil compreensão por parte da sociedade. Ainda falando de incertezas, os modelos projetam demandas e expansão do parque gerador, que quase nunca se materializam, notadamente a ampliação da geração. Observa-se, da crise recente do setor, que era prevista uma expansão, fortemente baseada em termelétricidade, que não ocorre e nem vai ocorrer como prevista. Além do mais o setor elétrico busca um ótimo global, ouvidando-se das necessidades locais.

Quando se fala das necessidades locais, pode ser citado, o caso das comunidades, que desenvolvem suas atividades econômicas no lago dos reservatórios e que têm sofrido enormemente, com os sensíveis deplecionamentos, não apenas pelas intensidades, mas, sobretudo, pelas suas durações. Dentre vários eventos, podem ser citados, o impacto ao turismo e piscicultura nos reservatórios de Caconde e Furnas, o prejuízo a culturas permanentes irrigadas no Vale do São Francisco e os danos ocorridos em Três Marias decorrentes das variações de vazões ocasionando grande influência na navegação, assoreamento, meio ambiente e outros usos da água.

Em busca de uma atenuação desses impactos, este trabalho vem mostrar que é possível a adoção de um modelo de operação que pondere os usos múltiplos da água, conforme preconiza a lei 9.433/97, atendendo os interesses das populações de jusante (interessada na regularização de vazões) e de montante (interessada em um deplecionamento menos intenso, menos freqüente e de menor duração), contrapondo o protótipo atual, que tem como foco principal a geração de energia.

A metodologia desenvolvida neste capítulo e que será aplicada a UHE de Furnas, visa fazer uma reflexão sobre atual o modelo de operação do sistema elétrico brasileiro, cujo controle é realizado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico -ONS, que concentra sua atuação sobre o Sistema Interligado Nacional –SIN.

A Usina Hidrelétrica de Furnas, nosso estudo de caso, foi a primeira usina construída pela Empresa, da qual herdou o nome. O Reservatório de Furnas tem cerca de 1440 Km² de área inundada e perímetro de 3500 Km (aproximadamente metade da costa brasileira), banha 34 municípios, com população de aproximadamente 800.000 habitantes. O enchimento do reservatório de 22,95 bilhões de m³ e volume útil de 17,21 bilhões de m³ ocorreu em 1963 a geração média energia desde de então, foi de 700MW. O projeto de aproveitamento prevê uma variação de cota entre 768 e 750m (nível máximo e mínimo de operação).

Segundo ENGEL (2000), o rebaixamento prolongado do nível das águas do reservatório de Furnas, resultante de condições hidrológicas desfavoráveis e de redução nos investimentos do setor elétrico brasileiro, somado aos percalços na programação de entrada em operação de

novas usinas e de linhas de transmissão, resultou em perdas significativas para os usuários das águas do Lago de Furnas. Estes passaram a pleitear uma cota mínima de operação do lago (762 m), que será utilizada como referencial para os estudos.

O MODELO

A proposta dessa parte do trabalho é minimizar os efeitos das operações, que levam os reservatórios a trabalhar em extremos, justificadas em sua grande parte por problemas macroeconômicos. Isto seria possível, caso as Usinas fossem outorgadas, pela duração e frequência do nível de água a ser mantida nos lagos, atingindo por consequência uma maior confiança nos dados de vazões que são gerados.

Desde modo, num primeiro passo, se buscou um critério neutro de operação, neste caso, o reservatório deveria perseguir, uma vazão defluente, que se aproxima –se ao máximo da vazão média de longo termo, definindo uma política de operação de minimização do desvio-médio quadrático, ao longo do tempo. Ou seja:

$$\min z = \sum_{i=1}^T (\bar{Q} - Q_{di})^2 \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a: } VA_t = VA_o + \sum_{i=1}^T (Q_{ai} - Q_{di}) \quad VA_{\min} \leq VA_t \leq VA_{\max}, \forall t$$

Onde:

\bar{Q} = vazão média (m³/s), Q_{di} = Vazão defluente no instante i (m³/s), Q_{ai} = Vazão afluente no instante i (m³/s), VA_t = Volume regularizado (m³), VA_o = Volume morto (m³), VA_{\min} = Volume mínimo (m³), VA_{\max} = Volume máximo (m³)

Essas equações revelam, na verdade, um antigo método gráfico, conhecido como “fio estendido” ou Conti-Varlet. Pode -se resolvê-lo por diferentes processos, mas a programação dinâmica tem se mostrado mais eficiente segundo Santos (2001).

Propõe-se, então, uma evolução da função objetiva, dada em (1), incorporando aí, uma penalização para níveis indesejáveis do reservatório, que poderia ser crescente conforme se desviasse da faixa desejada.

Portanto, a função objetivo evoluiria para:

$$\min z = \sum_{i=1}^T (\bar{Q} - Q_{di})^2 + kp_i \quad (4)$$

Sujeito às mesmas restrições anteriores, e sabendo que:

$$kp_i = f(H_t) = f(g(VA_t))$$

$$\text{Onde: } H_t \text{ é a altura regularizada} \quad (5)$$

Para que se possa ponderar a adequada influência de cada parcela da função objetivo na operação do reservatório, utilizou-se dois fatores de penalização W_1 e W_2 , conforme a expressão 6. O uso de penalidades irá permitir que sejam realizadas simulações para diferentes combinações de pesos, objetivando a visualização do efeito na regularização do nível do reservatório.

$$\min z = W_1 \cdot \sum_{i=1}^T (\bar{Q} - Q_{di})^2 + W_2 \cdot kp_i \quad (6)$$

$$\text{Sujeito a: } W_1 + W_2 = 1 \quad (7)$$

Uma visão mais aprofundada, da realidade local, acusa que não só a intensidade do deplecionamento afeta os circunvizinhos do lago. O tempo em que o espelho d’água permanece baixo é, sem sombra de dúvidas, de enorme importância. O caso específico evidencia que a significativa duração de um deplecionamento intenso, chegando a atingir 22 meses consecutivos abaixo da cota 762, é que causou a falência generalizada das pousadas e outras estruturas de turismo.

A proposta deste artigo é no sentido de se estabelecer uma “janela móvel”, para se obter o nível ponderado nos últimos T_j meses. T_j pode ser, por exemplo, um semestre ou um ano. Então, tem-se em revisão na expressão (5), transformando-a em:

$$\min z = \sum_{i=1}^T (\bar{Q} - Q_{di})^2 + \sum_{j=i-T_j}^i kp_j \quad (7)$$

Mais uma vez será utilizado fatores de ponderação, de modo que a expressão (7) será contemplada com os ponderadores W_1 e W_3 . Assim teremos:

$$\min z = W_1 \cdot \sum_{i=1}^T (\bar{Q} - Q_{di})^2 + W_3 \cdot \sum_{j=i-T_j}^i kp_j \quad (8)$$

Sujeito a: $W_1 + W_3 = 1$

As figuras 1 e 2 apresentam o efeito de diferentes penalidades, considerando uma janela móvel semestral, respectivamente.

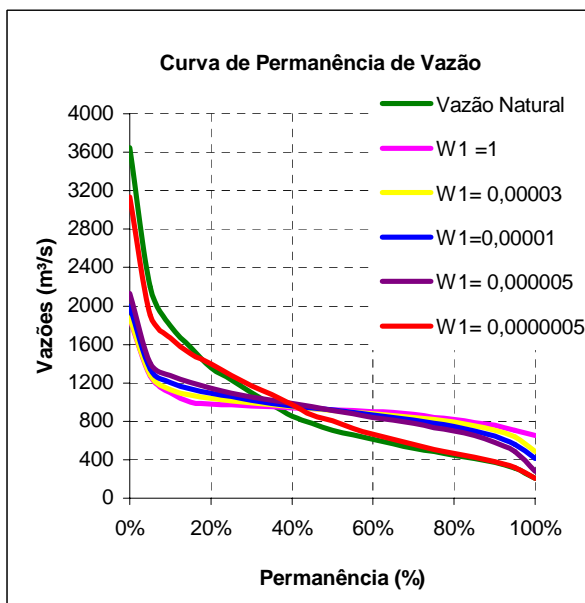


Figura 1 – Curva de duração de vazões

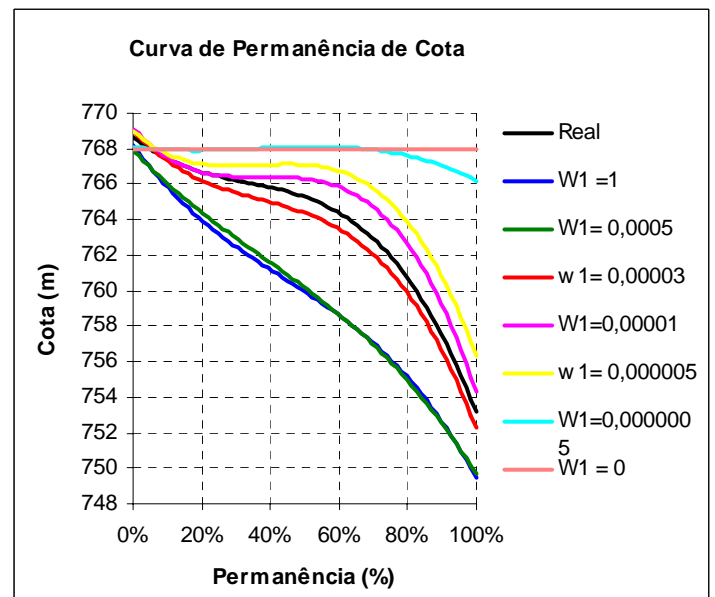


Figura 2- Curva de duração de cotas

Deve ser ressaltado, que não será foco desse trabalho, a questão energética, como também seu efeito sobre o SIN. No entanto, analisando somente a UHE de Furnas, pode ser observado através de simulações que em houve um ganho considerável de energia.

Do ponto de vista sistêmico, há que se considerar que a geração elétrica extrapola os interesses locais. Historicamente, a geração hidrelétrica era responsável por quase a totalidade da produção elétrica, não havendo complementaridade térmica sensível por falta de capacidade instalada e pelos altos custos. Embora os programas de expansão da capacidade térmica, nos últimos anos, tenham sido um relativo fracasso, não se pode esquecer que hoje se tem uma significativa potência termelétrica. Nos sistemas onde a geração termelétrica é significativa, a hidrogeração funciona na base, não exigindo reservatórios de regularização para fins energéticos. Este parece ser o caminho para o nosso sistema Santos (2003).

Ainda, explorando-se a disputa “Regularização de Vazões x Nível”, pode-se, para diferentes pesos para cada interesse, utilizar-se da técnica de “trade-off”, para decisão multi-objetivo. Os pontos localizados no “joelho da curva” de “Trade - off” são uma boa estimativa para que se adote as penalizações $W_1 = 3E-5$, $W_1 = 1E-5$ e $W_1 = 5E-6$. Para este caso pode ser verificado que a cota 762 que até os dias atuais foi mantida no reservatório 75% do tempo, permaneceria 70% no primeiro caso e 90 e 95 % no demais casos.

Contudo, quando se fala em duração de uma determinada lâmina, não considera a frequência com a mesma se apresenta. O exemplo prático desse conceito foi o problema enfrentado pelos usuários nos últimos, cinco anos, neste período, a cota requerida pelos usuários do entorno, esteve presente apenas 30% do tempo, levando ao caos as atividades sócio econômicas.

Finalmente, desenvolveu-se um estudo que a viesse modular o comportamento do reservatório, não somente pelas baixas durações, mas sobre tudo pela frequência com as mesmas apresentam, mas para tanto, se faz necessário a definição de algumas variáveis:

Duração (d): Representa a quantidade de vezes que ocorrem valores inferiores ao valor referencial.

Frequência (f): Representa o número de ciclos (períodos) existentes no hidrograma, que estejam abaixo de um determinado valor.

Duração de transgressão (dt): É a relação existente a Duração (d) e a Frequência (f).

Frequência de transgressão média (\bar{ft}): Relação existente a Frequência (f) e o tamanho da amostra (n).

Constância (C): Apresenta a assiduidade com que ocorrem valores inferiores aos valores tidos como referência. A Constância, nada mais representa que um complemento da curva de permanência, e pode ser obtido através da seguinte relação:

$$C = dt \times \bar{ft} = \frac{d}{f} \times \frac{f}{n} = \frac{d}{n} \quad (9)$$

Desta maneira, ao se adotar as penalizações de $W_1 = 0.00001$ para o desvio médio quadrático das vazões e $W_3 = 0.99999$ para a altura, obteve-se uma melhor ponderação dos interesses de todos os usuários.

Deve ser observado que caso fosse implementado essa metodologia, o lago teria um comportamento completamente diferente do que realmente aconteceu, ao invés de ficar 109 meses abaixo da cota 762, ficaria apenas 47 meses, garantindo em 90% do tempo haverá lâminas superiores ou iguais a essa. Outro fato a se considerado, é que quando se adota essa regra de manobra, as durações máximas serão amortizadas.

Assim, a proposta seria recomendar aos órgãos outorgantes, a modificação na operação das grandes usinas. Com base em uma janela móvel de dez anos, os gestores, poderiam restringir as oscilações duradouras, fixando o número de vezes e o tempo máximo que o espelho d'água pode transgredir um determinado nível de referência neste intervalo. Com base nos últimos dois anos, seria feito a projeção dos próximos oito.

CONCLUSÕES

Os estudo desenvolvidos e aplicados a UHE de FURNAS, mostram que é possível fazer uma modificação na operação do sistema elétrico brasileiro, de tal forma que se atenuem os grandes impactos sócio-econômico oriundos de grandes deplecionamentos. Neste estudo, não foi considerado o impacto dessa regularização de vazões, sobre a cascata do rio Paraná e os efeitos energéticos.

BIBLIOGRAFIA

ENGEL, E. (2002). *Conflitos De Uso Das Águas De Furnas*. O Estado das Águas no Brasil, pág.107 a 109.

SANTOS, A. H. M, ALMEIDA, R. A., CABRAL, R. S., LIMA, A. M. (2001). *Compensação financeira pela utilização de recursos hídricos*. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2001, Porto Alegre.

SANTOS, A. H. M.; BORTONI, E. C.; RIBEIRO JUNIOR, L.U.; GARCIA, M.A.R.A.(2003). *A exploração de reservatórios e os comitês de bacia: uma análise prospectiva para o caso da UHE de Furnas*. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, PR.