

## IMPACTOS DA HIPÓTESE DE VOLUME ÚTIL NULO NA OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

*Homero Buba<sup>1</sup>; Anderson Nascimento de Araujo<sup>2</sup>; Camila Freitas<sup>3</sup>*

**RESUMO** – No Brasil, uma hipótese simplificativa utilizada estritamente em estudos de planejamento energético, o “reservatório a fio d’água”, ou sem regularização, tem sido extrapolada para fora do seu contexto original, aparentemente, por conta de uma segunda motivação: tentar manter inalterados os regimes naturais dos rios. Em alguns projetos recentes foi atingido um ponto extremo onde os volumes úteis são nulos, havendo coincidência entre os níveis mínimos operativos e máximos normais e até mesmo com o nível máximo maximorum. Mostra-se que isto não é possível na operação eletro-energética de curto prazo e no tempo real, bem como na operação hidráulica. É indesejável até mesmo sob o ponto de vista sanitário e ambiental pois elimina a possibilidade de uso presente ou futuro da mais importante ferramenta de controle de vetores de doenças tais como a malária e a esquistossomose, bem como de controle de espécies exóticas de peixes, que é a oscilação dos níveis dos reservatórios.

**ABSTRACT** – In Brazil, a simplified assumption used in energy planning studies of hydroelectric projects, “run-of-river plants”, or reservoirs with no live storage, has been extrapolated beyond the original context, apparently, aiming a second target: try to maintain unaltered the natural flow regime of the rivers. In recent years (after 1990) in several new reservoirs this hypothesis resulted in minimum normal water levels identical to maximum normal and even identical to maximum flood levels. It is shown that in real time and short time electric or energy production operation, or in the reservoir operation (levels and flood control) this is not feasible. Even under a environmental or sanitary point of view is counterproductive as it destroys the possibility of present and future use of the most potent single tool that can be applied to control of vector (insects, snails) of some important water-related diseases (malaria, schistosomiasis), as well as exotic fishes species, that is water level oscillations.

**Palavras-Chave** – operação hidráulica, volume útil, reservatórios a fio d’água.

<sup>1,2,3</sup> Companhia Paranaense de Energia - COPEL, R. José Izidoro Biazzetto, 158, Mossunguê, Bl. A, CEP 81.200-240, Curitiba/PR. Fone: (41) 3331-3326 - Fax: (41) 3331-3170, e-mail: homero@copel.com; anderson.araujo@copel.com; camila.freitas@copel.com.

## **INTRODUÇÃO**

Uma hipótese simplificativa bastante utilizada em estudos de planejamento energético de longo prazo de sistemas que envolvam aproveitamentos hidrelétricos, é a de considerar que reservatórios que possuam pequena capacidade de regularização de vazões para os horizontes dos estudos (geralmente superiores a 1 ano), tenham volumes úteis nulos. Dentro deste contexto, a hipótese do “reservatório a fio d’água” é plenamente aceitável, levando a grandes economias de tempo e esforços nas modelagens bem como na obtenção das informações necessárias aos estudos, geralmente sem perda sensível na qualidade dos resultados. Nos estudos de planejamento energético de curto prazo (diário, semanal e mensal) já não é mais possível a utilização da hipótese “a fio d’água”, e as modelagens necessitam levar em conta qualquer efeito de regularização sob pena de distorções nos resultados.

O presente trabalho mostra como uma hipótese simplificativa utilizada fora do seu contexto original pode ser danosa na operação hidráulica e no controle de cheias, na operação energética e elétrica de curto prazo e de tempo real, e em aspectos de saúde pública e controle de doenças relacionadas à água.

Descrevem-se casos recentes ocorridos no âmbito da COPEL (Companhia Paranaense de Energia), e que encontram múltiplos paralelos pelo país afora, o que recomenda uma profunda reflexão que leve a uma normatização mais coerente e consistente resultando em projetos de melhor qualidade técnico-econômica, sanitária e ambiental.

## **OPERAÇÃO HIDRÁULICA E CONTROLE DE CHEIAS**

Em qualquer metodologia de operação hidráulica, para o controle do nível d’água, necessita-se utilizar a equação da continuidade, considerando previsões de vazões para o próximo intervalo de tempo. Assim, as incertezas em qualquer processo de previsão de vazões afluentes e mesmo defluentes (vazão turbinada), implicam em erros no controle de nível do reservatório, impossibilitando a manutenção desta variável em um valor constante ao longo do tempo. Desta forma, em termos práticos, seria frequente a violação do nível mínimo operativo se este fosse idêntico ao máximo normal.

A operação de reservatório que visa o controle do nível d’água com oscilações muito pequenas em torno de um nível fixo, resulta em um número maior de manobras, podendo resultar

em desgaste prematuro e maiores custos de manutenção em sistemas de comportas. Há também um maior dispêndio de recursos necessários na operação em tempo real.

Em muitos casos reais a operação de um reservatório em função de restrições externas e de parâmetros a serem atendidos como taxas máximas de variação da defluência e vazões de restrição, surge a necessidade de operação com “volumes de espera”, “sobrecarga induzida” ou “diagramas de operação”, que são recursos da metodologia de operação hidráulica do setor elétrico brasileiro (Buba, 1993). Em cascatas de reservatórios, muitas vezes é necessário adotar medidas durante a construção de aproveitamentos a montante ou jusante que envolvam o rebaixamento temporário dos níveis ou a operação com volumes de espera. Assim, a imposição de níveis mínimos iguais aos máximos no projeto executivo pode ocasionar limitações irreversíveis na fase de operação, por exemplo, tomadas d’água que não admitam rebaixamento nos níveis ou vertedores inadequados para operar com níveis mais baixos.

As inevitáveis oscilações, ainda estariam formalmente violando limites operativos considerados importantes em qualquer reservatório, inclusive provocando o disparo de alarmes previstos em muitos sistemas automáticos de monitoramento implementados em softwares de processamento de dados operativos de reservatórios.

## **OPERAÇÃO ENERGÉTICA E ELÉTRICA DE CURTO PRAZO E TEMPO REAL**

Apesar de pequenos volumes úteis não afetarem a regularização e a produção de energia a médio e longo prazo (meses a anos), eles tem grande importância para horizontes menores (horário a semanal). Nesses horizontes, os volumes úteis, por menores que sejam, podem agregar benefícios, como por exemplo: o suprimento de energia emergencial quando partes do sistema ficam isolados devido a quedas de linhas de transmissão e a problemas elétricos e falhas em subestações; evitar vertimentos desnecessários em cascatas de reservatórios com a saída não programada de máquinas..

Numa cascata de reservatórios é impossível atender à despachos horários de geração sem ter um volume útil mínimo disponível capaz de absorver os erros de previsão de vazões e da potência necessária em casa usina.

## DOENÇAS DE ORIGEM HÍDRICA

Lagos e reservatórios artificiais situados em regiões tropicais e temperadas geralmente aumentam a quantidade de mosquitos e caramujos, que são vetores de doenças tais como a malária, a leishmaniose, a esquistossomose e outras de veiculação hídrica.

O manejo de reservatórios, tomado isoladamente, é a medida mais eficaz existente para o controle da produção de mosquitos em corpos d'água afetados por armazenamentos artificiais. A operação dos reservatórios para o controle destes vetores de doenças envolve a manipulação dos níveis d'água de tal forma que os habitats normalmente favoráveis para a sua proliferação sejam destruídos, ou que evitem que se desenvolvam além do estado larval (Christopher e Bowden, 1957).

O TVA (Tennessee Valley Authority), desde 1933, início de suas atividades na bacia do rio Tennessee (sudeste norte-americano), utiliza várias medidas para o controle da malária na parte mais baixa da bacia. Desde o início, a variação controlada dos níveis dos reservatórios é considerada a medida mais importante para evitar a proliferação do mosquito "Anopheles quadrimaculatum", o vetor da malária naquela região. A operação dos seus reservatórios visa: 1) criar e manter um ambiente junto às margens desfavorável à postura de ovos pelos insetos, e 2) prover um nível variável de água favorável ao "encalhe" e subsequente destruição das larvas dos mosquitos (TVA, 1961). Atualmente, a malária é considerada erradicada, podendo ressurgir se os mosquitos ainda existentes forem recontaminados, mas quatro maiores viroses podem ser transmitidas pelos mosquitos criados no vale: as encefalites dos tipos: equino do Leste, St. Louis e LaCrosse e a causada pelo vírus do Nilo Ocidental (West Nile virus). Além da flutuação semanal dos níveis em 0,30 m (1 pé) durante a "estação anual do mosquito", que quebra os ciclos de reprodução, outras estratégias adotadas são a manutenção de baixos níveis no inverno para reduzir a o crescimento de plantas aquáticas submersas e drenar áreas baixas; níveis altos no início da primavera para retardar o crescimento de plantas emergentes e manter detritos flutuantes encalhados nas margens quando os níveis entrarem em recessão no verão; e, flutuação e rebaixamento para os níveis de inverno, destruindo ovos e larvas, reduzindo a área de proliferação e provendo limpeza das margens (TVA, 2004).

Além do controle de mosquitos as variações dos níveis em corpos d'água também permitem uma menor proliferação dos caramujos (vetor da esquistossomose) cujas larvas e ovas encontram ambiente propício em águas rasas, junto à margens, com detritos e vegetação flutuante. O mesmo

processo também pode ser utilizado para o controle de espécies exóticas de peixes como a carpa (U.S. Department of the Interior, 1987).

No Brasil, apesar de haver relatos desde o início do século passado associando a formação de reservatórios com o aparecimento de epidemias propagadas por mosquitos (Vargas e Savelli, 1949), a operação de reservatórios para o controle de vetores de doenças é pouco difundida. Trabalhos de levantamento de campo existem para vários reservatórios, entre os quais Itaipu (Ferreira, 1996) e Porto Primavera (Nucci, 1999). Uma das razões para tal pode ser o fato de que a maioria dos grandes reservatórios está associada à usinas hidrelétricas, onde normalmente se verificam grandes variações sazonais nos níveis dos reservatórios e variações rápidas na operação de curto prazo (dias a semanas), fazendo indiretamente o controle da proliferação dos vetores. Note-se que a operação dos reservatórios para a maximização da produção de energia, que está associada a máxima utilização dos volumes úteis, com máximas variações de nível dentro da faixa de operação normal, propicia melhores condições sanitárias nas áreas de influência quando comparada à operação de reservatórios ditos a “fio d’água”. Pode-se afirmar ainda que na natureza a regra é a variação dos níveis de qualquer corpo d’água, doce ou salgada, com água corrente ou quase parada (lagos). Desta forma manter níveis quase estáticos em reservatórios pode causar impactos ambientais que devem ser considerados da mesma forma que os impactos decorrentes da mudança do regime natural das vazões.

## **EXEMPLOS EM RESERVATÓRIOS DA COPEL**

O volume útil do reservatório da UHE Governador José Richa (Salto Caxias) foi considerado nulo durante as fases de projeto e construção, e somente após a sua construção, por necessidades operativas, houve a necessidade da adoção de um volume útil correspondente a 2 metros, mostrando-se imprescindível para a operação hidráulica em tempo real, tanto para operações de controle de cheias quanto para a operação eletro-energéticas de curto prazo (semanal e diário). Felizmente essa alteração com a usina já finalizada não implicou em problemas operacionais, pois havia profundidade suficiente na tomada d’água para suportar o rebaixamento de seu nível mínimo operativo. Sem seu volume útil qualquer lapso de coordenação da operação da cascata faria com que o reservatório não conseguisse atender a restrição de vazão mínima a jusante ou mesmo taxas de vazão defluente sem violar o nível mínimo operativo. A bacia incremental (não controlada desde o reservatório de montante, Salto Osório) tem resposta rápida a chuvas locais, o que aumentaria os

casos de operação do vertedor e as operações manuais de resgate de peixes que se seguem ao fechamento total do vertedor.

Na usina de Fundão, ocorreu a mesma situação, mas como esta usina possui vertedor à lâmina livre, a condição de volume útil zero não trouxe implicações diretas na operação hidráulica deste reservatório. Mesmo assim houve a necessidade de adotar um volume útil correspondente a 2 metros para viabilizar a operação eletro-energética em tempo real desta usina, pois sempre que o nível d'água do reservatório reduzia mesmo que poucos centímetros abaixo da soleira do vertedor, era necessário reduzir a geração da usina de modo que fosse atendida a restrição de nível mínimo operativo. Caso o nível d'água elevasse acima do nível máximo normal, havia vertimento frequente e conseqüente desperdício de energia, até que a geração das máquinas fosse ajustada novamente.

As alterações destas características operativas destas duas usinas demandaram consideráveis esforços extras para regularização desta situação, tanto com processos internos, quanto com agentes externos como ONS e ANEEL.

Antes dos dois casos citados, este problema nunca havia sido verificado em nenhuma das PCH's e em todas as usinas mais antigas da Copel, pois independentemente de seu porte, os projetistas fixavam um nível mínimo operativo inferior ao máximo normal, independentemente do porte do reservatório.

## **RESERVATÓRIO DE COLÍDER**

No caso da usina hidrelétrica de Colíder, em fase de construção na bacia do rio Tapajós, que formará um lago de 171,7 km<sup>2</sup> no rio Teles Pires (bacia do rio Tapajós), o próprio RIMA (ANDRADE GUTIERREZ S.A et al., 2009), relata que:

“Conforme explanado na avaliação do impacto riscos à saúde pública durante a construção, durante as obras do AHE Colíder, fatores como as alterações nas feições do relevo, a supressão de vegetação nativa e o afluxo de gente para as localidades anfitriãs criarão condições favoráveis à transmissão de doenças infecto-contagiosas, tanto aquelas trazidas de fora por imigrantes quanto as endemias existentes na região, como a malária e a leishmaniose, transmitidas por vetores entomológicos (mosquitos). Na fase de operação, a densidade populacional cairá bastante, mas a criação do reservatório poderá propiciar novos habitats para a reprodução de espécies vetores, especialmente nas zonas de remanso e em braços de afluentes. Assim, espécies que já constituem fontes de problemas de saúde pública na área de influência do empreendimento poderão encontrar condições ambientais ainda mais propícias para o seu desenvolvimento.”

Neste caso, entretanto, a prevalecer o critério de projeto, que estabeleceu o “nível máximo normal operativo” (el. 272,00 m) igual ao “nível mínimo normal operativo” e, inclusive, igual ao “nível máximo maximorum” (referendados pela Resolução ANA nº 84/2012), abre-se mão da mais importante ferramenta de controle dos vetores de doenças de veiculação hídrica, que são as variações do nível do reservatório, em uma região de clima tropical amplamente favorável à proliferação dos vetores.

Mesmo em um reservatório como este, em que com uma manobra nos órgãos de descarga a cada 24 horas é possível controlar com boa precisão ( $\pm 5\text{cm}$ ) o nível em torno do máximo normal, não é recomendável manter um volume útil nulo, pois isso implica nas dificuldades mencionadas anteriormente, numa região especialmente sensível em termos sanitários.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- a) A hipótese de volume útil nulo ou reservatório “a fio d’água” não deve ser automaticamente extrapolada para além da fase de projeto dos estudos energéticos de uma usina, sob pena de inviabilizar a futura adoção da mais importante medida de controle de vetores de doenças associadas a água (mosquitos e caramujos), que são as oscilações do nível d’água do seu reservatório.
- b) Reservatórios sem volume útil limitam severamente os recursos metodológicos que podem ser empregados na operação hidráulica e de controle de cheias para a proteção de restrições operativas permanentes ou temporárias (como obras de outras usinas). Além disso, limitam a flexibilidade da usina em atender a emergências no sistema elétrico e dificultam a otimização da operação energética da usina no curto prazo e em tempo real.
- c) A operação dos reservatórios para a maximização da produção de energia que está associada a máxima utilização dos volumes úteis, com máximas variações de nível dentro da faixa de operação normal, propicia melhores condições sanitárias nas áreas de influência quando comparada à operação de reservatórios ditos a “fio d’água”. Segue a regra dos corpos d’água naturais que é a variação dos níveis, auxiliando no controle de vetores de doenças.



## BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Resolução nº 84, de 02 de Abril de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2 abr. 2012

ANDRADE GUTIERREZ S.A.; ELETRONORTE; FURNAS; JGP CONSULTORIA E PARTICIPAÇÕES LTDA. *Aproveitamento Hidrelétrico Colíder - Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)*. Janeiro de 2009.

BUBA, H. (1993). Simulação de Regras Fixas de Operação Hidráulica em Reservatório Isolado, in Anais do X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos da ABRH, Gramado-RS, Brasil, Nov.1993, p. 122-131.

BUBA, H. (1989). Avaliação de Modelos de Previsão de Vazões para a Operação Hidráulica de Reservatórios a Curto Prazo. Curitiba, 1989. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

CHRISTOPHER, G. S.; BOWDEN, N. W. (1957). Mosquito Control in Reservoirs by Water Level Managements. *Mosquito News*, v.9, p. 273-277, December, 1957.

FERREIRA, M. E. M. C. (1996). Ocorrência de Malária na Área de Influência do reservatório de Itaipú – Margem esquerda – Paraná, Brasil: Um Estudo de Geografia Médica. 1996. 233 f. Tese (Doutorado Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo.

MUCCI, L. F. Geoprocessamento em Estudos de Mosquitos e Risco Epidemiológicos em Hidrelétricas, in Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu-MG, Set. 2007, pp. 1.

TENNESSEE VALLEY AUTHORITY (TVA - 2004). Description of the Affected Environment. In: TVA. Reservoir Operations Study – Final Programmatic EIS. 2004, pp. 4.12-1 – 4.12-4.

TENNESSEE VALLEY AUTHORITY (TVA-1961). Floods and Flood Control. Technical Report nº 26, Knoxville, p. 302.

U. S. DEPARTMENT OS THE INTERIOR – BUREAU OF RECLAMATION. Design of Small Dams. A Water Resources Technical Publication, 3ª edição, 1987, p. 9.

VARGAS, A.; SAVELLI, M. (1949). Armazenamentos d'água e Malária. *Ver. Bras. Mal.*, v.1, pp. 242-262.