

VERIFICAÇÃO DO IMPACTO DE RESERVATÓRIOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS NO REGIME HIDROLÓGICO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS UTILIZANDO O SOFTWARE IHA

Ademilson Araujo Sabino e Miriam Rita Moro Mine

Universidade Federal do Paraná, Brasil.
E-mail: ademilson_rm@hotmail.com, mrmine.dhs@ufpr.br

Introdução

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 65,2% da oferta interna (EPE, 2015).

A presença de estruturas hidráulicas no rio pode causar inevitavelmente alteração hidrológica no regime de vazões com consequências presentes a montante e a jusante da estrutura. Segundo Rosenberg et al. (1997), alteração hidrológica pode ser conceituada como “qualquer perturbação antrópica na magnitude ou tempo de ocorrência das vazões naturais dos rios”.

Atualmente, o conhecimento dos impactos provocados por reservatórios está restrito a poucos tipos de abordagens e direcionamentos. A reduzida quantidade de informações sobre o impacto que as barragens exercem no regime hidrológico de bacias hidrográficas dificulta o estabelecimento de estratégias e metas para a gestão dos recursos hídricos (GRAFF, 2006).

Diante desse contexto, buscou-se contribuir para um melhor entendimento das ferramentas disponíveis para avaliação de impactos de reservatórios de usinas hidrelétricas, mais especificamente na compreensão da capacidade do software *Indicators of Hydrological Alteration* (IHA) em identificar e quantificar os impactos ocasionados pela presença e operação de reservatórios no regime hidrológico. O software IHA compara 32 parâmetros da série de vazões, que pode ser dividida em duas partes: pré-impacto e pós-impacto, que são os períodos referentes, respectivamente, ao período anterior à instalação do empreendimento e ao período posterior à instalação do empreendimento (RICHTER et al., 1997).

Objetivo

O objetivo deste trabalho é a identificação e quantificação dos impactos causados pelos reservatórios da Usina Hidrelétrica de Manso e Usina Hidrelétrica de Passo Fundo, presentes nas regiões hidrográficas da bacia dos rios Paraguai e Uruguai respectivamente, por meio da utilização do software IHA e de ferramentas estatísticas auxiliares.

Método

O método pode ser resumido nos itens a seguir:

i) Dados de vazão: As séries de vazões são provenientes do banco de dados da ANA (Agência Nacional de Águas), compreendendo os dados de vazões defluentes e os dados de vazões naturais.

ii) Aplicação do software IHA: A partir das vazões diárias defluentes (pós-impacto) e naturais (pré-impacto), pertencentes ao mesmo período de anos, são calculados os 31 parâmetros hidrológicos dos 32 parâmetros disponíveis no IHA, para realização da caracterização do regime.

A utilização de apenas 31 parâmetros hidrológicos se deve ao fato da não inclusão do parâmetro referente ao número de dias com vazão zero, pois os rios analisados não são rios efêmeros.

Na aplicação do software IHA estatísticas não-paramétricas foram utilizadas, por serem mais robustas e fornecerem melhores estimativas de dados distorcidos. Na execução do IHA, o regime natural de vazões foi considerado pré-impacto e o regime regularizado será considerado pós-impacto, tomando como se fossem uma série temporal contínua, pois os dados de vazão regularizado e natural são pertencentes ao mesmo período de anos.

Avaliação da alteração hidrológica: Para realizar a avaliação da alteração hidrológica foi realizado o cálculo da diferença relativa entre os valores dos parâmetros da série defluente e natural, de modo pareado - ou seja, os dados dos parâmetros comparados são relativos ao mesmo ano de análise- obtidos do software IHA.

$$Ah(\%) = \frac{Pr - Pn}{pn} \times 100 \quad [1]$$

Na qual:

Ah (%): é o valor da alteração hidrológica anual em porcentagem.

Pr : é o valor do parâmetro calculado utilizando o regime defluente em determinado ano.

Pn : é o valor do mesmo parâmetro e no mesmo ano, todavia calculado a partir do regime natural.

Determinação dos parâmetros significativamente alterados: utilização do teste de Wilcoxon pareado para obter quais parâmetros hidrológicos foram significativamente alterados com a operação dos reservatórios de empreendimentos hidrelétricos.

Comparação das curvas de permanência de vazão “pré” e “pós-impacto”: nesta etapa foi realizada a análise nas curvas de permanência de vazão para os períodos anterior e posterior ao ano do “impacto”. Para verificar o grau de concordância entre as curvas de permanência e se apresentam a mesma distribuição foi aplicado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov.

Área de estudo

Usina Hidrelétrica de Manso

O aproveitamento Múltiplo (APM) Manso foi instalado no rio Manso, um tributário do rio Cuiabá, que drena a região de planície do Pantanal brasileiro. O reservatório situa-se no município de Chapada dos Guimarães, a nordeste de Cuiabá-MT, capital do estado de Mato Grosso, localizado na região Centro-Oeste do Brasil, entre os paralelos 14° 40' e 15° 20' S e os meridianos 55° 20' e 60° 00', a usina tem potência nominal de 212 MW.

Usina Hidrelétrica de Passo Fundo

A UHE Passo Fundo está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo, afluente do rio Uruguai, situa-se ao norte do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 27°04' a 28°19' de latitude Sul e 52°13' a 52°51' de longitude Oeste. A UHE Passo Fundo tem energia assegurada de 119 MW médios, possuindo duas unidades geradoras de 113 MW cada.

Resultados

Usina Hidrelétrica de Manso

O grupo 1, representado pela magnitude das vazões mensais, apresentou alterações predominantemente positivas, sendo os meses de outubro, junho, julho, agosto e setembro com alterações de 88%, 71%, 115%, 136% e 134%, respectivamente.

O grupo 2, representado pela magnitude e duração das vazões em condições extremas, apresentou nas vazões máximas reduções das máximas de 1, 3 e 7 dias no valor de 71%, 62% e 49%, respectivamente. Foi verificado, em geral, elevações das vazões mínimas de 1, 3, 7, 30 e 90 dias.

O grupo 3, representado pela frequência e duração dos pulsos altos e baixos, apresentou reduções nos números de pulsos altos e nos números de pulsos baixos de 100% e 58%, respectivamente.

O grupo 4, representado pela taxa e frequência de mudança de vazões, apresentou reduções de 55%, 56% e 11% nas taxas de ascensão, recessão e número de inversões, respectivamente.

A aplicação dos 31 indicadores hidrológicos no teste de Wilcoxon Pareado indicou que a regularização realizada pelo reservatório da UHE Manso pode ter alterado significativamente 26 indicadores hidrológicos, sendo eles: vazão média de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, maio, junho, agosto, e setembro; vazão máxima de 1, 3, 7, 30 e 90 dias; data juliana mínima; número de pulsos altos e baixos; duração dos pulsos altos; taxa de ascensão e recessão; vazão mínima de 1, 3, 7, 30 e 90 dias.

O teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov realizado indicou que existem diferenças significativas entre as curvas de permanência de vazão. O resultado do teste indicou que a estatística de Kolmogorov-Smirnov (0,556), que é o maior desvio que ocorre entre as duas curvas. O valor resultante do p-valor foi de 0,0001, o que, considerando um nível de significância de 0,05, permite concluir pela rejeição da hipótese nula de que os dados das duas séries possuem a mesma distribuição.

Usina Hidrelétrica de Passo Fundo

O grupo 1, representado pela magnitude das vazões mensais, apresentou alterações predominantemente positivas, sendo os meses de setembro, outubro, novembro, dezembro, abril, maio e junho com alterações de 42%, 20%, 85%, 107%, 89%, 37% e 8%, respectivamente.

O grupo 2, representado pela magnitude e duração das vazões em condições extremas, apresentou nas vazões máximas reduções das máximas de 1, 3, 7, 30 e 90 dias no valor de 54%, 51%, 50%, 38% e 24%, respectivamente. Foi verificada, em geral, elevação das vazões mínimas de 7, 30 e 90 dias.

O grupo 3, representado pela frequência e duração dos pulsos altos e baixos, apresentou elevação no número de pulsos baixos, número de pulsos altos e duração de pulsos altos de 130%, 47% e 20%, respectivamente.

O grupo 4, representado pela taxa e frequência de mudança de vazões, apresentou alterações de 43%, -50% e 48% nas taxas de ascensão, recessão e número de inversões, respectivamente.

A aplicação dos 31 indicadores hidrológicos no teste de Wilcoxon Pareado apresentou que a regularização realizada pelo reservatório da UHE Passo Fundo alterou significativamente 10 indicadores hidrológicos, sendo eles: vazão mínima de 1, 30, 90 dias; vazão máxima de 3, 7 e 30 dias; duração dos pulsos baixos; número de pulsos altos e baixos.

O teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov realizado indicou que existem diferenças significativas entre as curvas de

permanência de vazão. O resultado do teste indicou que a estatística de Kolmogorov-Smirnov (0,281). O valor resultante do p-valor foi de 0,0001, o que, considerando um nível de significância de 0,05, permite concluir pela rejeição da hipótese nula de que os dados das duas séries possuem a mesma distribuição.

Discussão e conclusões

As análises realizadas no regime hidrológico a jusante do reservatório da UHE Manso permitem inferir que ocorram alterações resultantes da presença e operação do empreendimento, este que tem o potencial de afetar o regime de vazões na planície de inundação da bacia do rio Manso, e, também, potencial de influenciar as bacias adjacentes.

A elevada capacidade de regularização da UHE Manso foi preponderante para obtenção do elevado número de parâmetros significativamente alterados. De acordo com Rocha (2010), as principais modificações estão relacionadas à regulação das vazões estabelecidas pela operação de grandes reservatórios implantados na bacia hidrográfica.

As modificações no regime hidrológico da UHE Passo Fundo demonstram o potencial deste reservatório de alterar alguns parâmetros do regime hidrológico do rio Passo Fundo. As alterações podem ser provenientes tanto da presença da barragem quanto dos procedimentos de operação do reservatório para atendimento das demandas.

Os 10 parâmetros hidrológicamente relevantes identificados neste trabalho seguem a tendência de outros estudos realizados na área. Olden e Poff (2003) identificou seis parâmetros hidrológicamente significantes (vazões mínimas, taxa de ascensão, número de reversões, máxima de 3 dias, mínimo de 7 dias e vazão de maio)

Mesmo diante das alterações hidrológicas que têm o potencial de impactar negativamente o ecossistema e as vazões ambientais, as regularizações exercidas pelos reservatórios da UHE Manso e UHE Passo Fundo podem minimizar os efeitos das enchentes e secas das bacias locais e garantir a produção de energia para os beneficiários do suprimento energético.

Referências bibliográficas

- EPE - Empresa de Pesquisa Energética.** (2015) Plano decenal de expansão de energia 2024. Brasília: Ministério de Minas e Energia.
- Rosenberg, D. M., Berkes, F., Bodaly, R. A., Hecky, R. E., Kelly, C. A., Rudd, J. W. M.** (1997). Large-scale impacts of hydroelectric development. Global-scale environmental effects of hydrological alterations: introduction. *BioScience*, v. 50, p. 746-751.
- Graf, W. L.** (2006). Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. *Geomorphology*, v. 79, n. 3-4, p. 336-360.
- Richter, B.D.; Baumgartner, J.V.; Wigington, R.; Braun, D.P.** (1997). How much water does a river need?. *Freshwater Biology*, 37, 231-249.
- Rocha, P. C.** (2010). Indicadores de Alteração Hidrológica no Alto Rio Paraná: Intervenções Humanas e Implicações na Dinâmica do Ambiente Fluvial. *Sociedade e Natureza, Uberlândia*, 22 (1): 191-211.
- Olden, J. D.; Poff, N. L.** (2003). Redundancy and the choice of hydrologic indices for characterizing streamflow regimes. *River Research and Applications*, 13 January, 19: p. 101-121.