

ESTUDO DE REAPROVEITAMENTO ENERGÉTICO DA ÁGUA DE VAZÃO ECOLÓGICA EM USINAS HIDRELÉTRICAS

Pedro H. G. Santos¹ (IC), Prof. Dr. Carlos B. Martinez¹ (PQ)

¹Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Palavras-chave: Bloco de energia. energia hidráulica. recuperação energética.

Introdução

A matriz elétrica no Brasil é predominantemente gerada pelas usinas hidrelétricas (UHEs), e por outras fontes de energias renováveis. Em virtude disso, questões ambientais são assuntos que devem ser tratados com responsabilidade em todos os setores, pois a manutenção da vida deve ser ininterrupta para qualquer sociedade.

A expansão hidrelétrica está diretamente ligada a isso, pois a utilização dos recursos hidráulicos afeta diretamente os biomas aquáticos e as populações ribeirinhas. No processo de construção das UHEs, são necessários estudos minuciosos, além de fazer o devido acompanhamento das necessidades das sociedades que dependem do rio, com objetivo de minimizar os impactos socioambientais (ANEEL 2008).

Nos projetos das UHEs, deve-se existir metodologias que levam em consideração fatores como: a queda bruta, vazões naturais do curso d'água, vazões mínimas operacionais, vazões residuais e outros fatores relacionados para se manter o equilíbrio entre os valores de vazões essenciais para suprir a geração de energia sem que afete os ecossistemas do curso do rio.

Entretanto, nos períodos de estiagem é comum ocorrer situações onde as UHEs têm que paralisar a geração e despachar uma vazão ecológica pelos vertedores ou por válvulas dissipadoras de energia. Isso se deve ao fato das turbinas terem restrições operativas que limitam as vazões mínimas que podem ser aduzidas, o que causa perda de geração nesses períodos (Barrows H.K., 1934; Polo Encinas Manuel, 1975). Devido a isso é importante investigar alternativas de recuperação dessa perda energética.

Neste trabalho será apresentado um estudo realizado para a UHE da Serra do Facão - GO. Onde o objetivo principal foi investigar o reaproveitamento energético levando o em consideração as vazões ecológicas respeitando a legislação.

Para o estudo de reaproveitamento energético, inicialmente foi analisada a Potência Instalada da UHE, considerando o período mais seco registrado no histórico de vazões. Assim, obtém-se dados da Energia Firme, que corresponde a máxima produção que uma usina pode fornecer nessas condições.

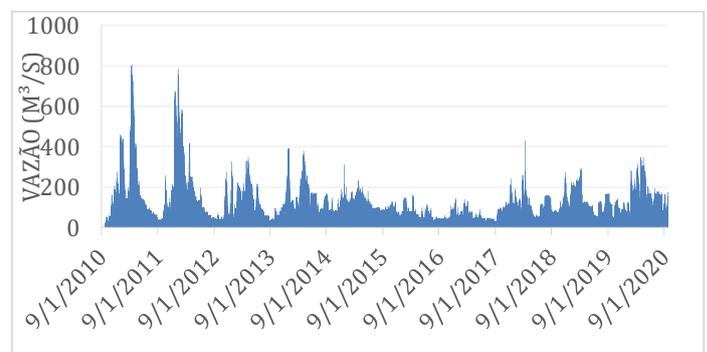
Em seguida, com os valores coletados, foi possível calcular a Perda de Arrecadação, e com esses dados realizou-se uma avaliação econômica, levando em consideração a vazão natural do rio e a vazão necessária para o turbinamento da UHE, sem que haja interrupções na produção de energia em períodos de seca e sem interferir nos biomas dependentes do rio.

Metodologia

No caso da Usina Hidrelétrica de Serra do Facão (GO), utilizou-se do critério de vazão Q_{95} , o qual atende a análise de curva de permanência de vazões em séries históricas com intervalo mínimo de 10 anos. Ou seja, assume-se hipoteticamente que 95% do tempo as vazões do curso d'água em questão serão iguais ou superiores ao valor determinado pela curva de permanência. A utilização desses métodos está vinculada a legislação de cada Estado no qual a UHE se localiza.

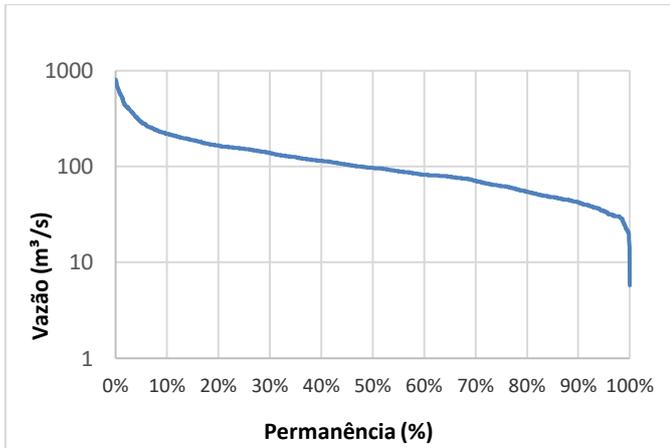
Na Figura 1, é apresentado o histograma de vazões em um período de 10 anos, e a Figura 2, um exemplo hipotético de curva de permanência, baseada em série histórica arbitrária.

Figura 1 - Histograma de vazões UHE Serra do Facão.



Fonte: Silva *et al.*, 2021

Figura 2 - curva de permanência



Fonte: Silva *et al*, 2021

Para o estudo de reaproveitamento energético, foi analisada a potência instalada da UHE, que define o limite superior de quantidade energia que pode ser gerada (equação 1).

$$P_{inst} = \rho \times g \times Q \times H \times \eta \quad [W] \quad (1)$$

Onde:

- ρ = Massa específica da água [kg/m³]
- g = Aceleração da gravidade [m/s²]
- Q = Vazão de projeto [m³/s]
- H = Desnível existente no local [m]
- η = Rendimento global da instalação

O peso específico da água pode ser considerado como sendo em torno de 9806 N/m³.

Considerando o período mais seco registrado no histórico de vazões e a potência instalada, chega-se na Energia firme (equação 2), que corresponde a máxima produção que uma usina pode fornecer.

$$E_{firme} = (g \times Q \times H_{liq} \times \eta) \times T_{op.med.} \quad [kW] \quad (2)$$

Onde:

- H_{liq} = Altura líquida ou queda disponível [m]
- $T_{op.med.}$ = Tempo media de operação da instalação [mês ou ano]

Com os valores coletados, é possível calcular a Perda de Arrecadação (equação 3). Para isso, multiplica-se 3 fatores: o valor de comercialização de energia ($V_{energ.}$), a somatória da vazão despachada pelo sistema de vertimento ($Q_{san.}$), densidade da água, aceleração da

gravidade, desnível existente no local, rendimento global da instalação pelo tempo operacional (24 horas do dia).

$$P_{arrec.} = V_{energ.} \times \sum Q_{san.} \times \rho \times g \times H \times \eta \times 24h \quad [R\$] \quad (3)$$

Onde:

- $V_{energ.}$ = Valor de comercialização de energia [R\$]
- $Q_{san.}$ = Vazão despachada pelos sistemas de vertimento [m³/s]

Resultados e discussão

Para a Usina Serra do Facão, de acordo com a legislação atual, foi obtida a curva de permanência de vazões, apresentada na Figura 2, onde se obteve o valor de 34,33 m³/s correspondente a Q₉₅. A legislação vigente para o Estado de Goiás, determina uma vazão residual no TVR de 70% da Q₉₅ o que corresponde a 24,03 m³/s.

Esta usina, que está em operação comercial desde outubro de 2010, sendo equipada com duas unidades geradoras do tipo Francis vertical de potência nominal unitária de 106,29 MW, e engolimento nominal unitário de 155,50 m³/s. A vazão mínima turbinável nesses equipamentos será considerada como de 15% do engolimento nominal, ou seja, 23,33 m³/s. O histórico de geração/despacho pelos vertedores, disponibilizados pelo SAR, indica que a mínima vazão despachada (vazão ecológica) foi de 6 m³/s inferior a vazão ecológica exigida que é de 24,03 m³/s. Assim a UHE, ao longo dos 10 anos de observação (24/09/2010 a 24/09/2020), despachou durante 94 dias vazões ecológicas pelo sistema de vertimento. Adota-se a hipótese de que a operação da UHE irá despachar pelos grupos geradores apenas vazões superiores a 24,03 m³/s sendo que as vazões inferiores a essa e superiores a vazão ecológica serão armazenadas no reservatório. O balanço entre as vazões turbinadas e vertidas para a finalidade de manutenção da vazão sanitária está apresentado na Tabela 1, e indica que a perda de geração no histórico disponível é de apenas 0,25% da energia gerada.

Tabela 1 - Acompanhamento de vazões da UHE Serra do Facão – perda de geração

Somatória das vazões turbinadas em 10 anos - m ³ /s / dia	289.532,08
Somatória das vazões vertidas para manutenção da Q _{sanitária} em 10 anos – m ³ /s / dia (24 h)	714,54
Perda percentual de geração	0,25%
Perda de arrecadação com despacho da vazão sanitária em R\$ (10 anos)	1.953.813,84
Perda de arrecadação média com despacho da vazão sanitária R\$/ano	195.381,38

Analisando o acompanhamento de vazões e perdas de gerações, observa-se um quantitativo de perdas pequeno, mas não desprezível, porém de acordo com as características de investimento, pode inviabilizar o aporte financeiro para estruturas de cogeração, mas, correlacionando com o contexto geral das várias usinas hidrelétricas no Brasil, há indícios quanto a viabilidade técnica e econômica em relação a cogeração de energia hidrelétrica, no qual a proposta se mostra interessante, pois há possibilidade de minimizar quantitativamente usinas ao longo de um curso d'água, tecnicamente há potencial de implantação, visto que há perdas percentuais em geração de energia, porém economicamente, deve-se verificar as particularidades de cada tipo de curso d'água, geração de energia, utilização em geral dos rios, levando em consideração as usinas em questão, não há viabilidade em implantação, devido os custos envolvidos na construção de mecanismos de cogeração, além, de forma que, simplificada, não há como medir quantitativamente os impactos globais do processo de implantação, tais como impactos sociais, econômicos, e propriamente impacto na geração de energia elétrica. De um modo geral, a implantação de sistemas de cogeração há pontos positivos, tais como a ampliação da geração de energia limpa, divulgação de novas tecnologias e aplicação em outros segmentos (cursos d'água), além de difundir e utilizar de forma sistêmica os recursos disponíveis, e também podendo gerar benefícios conjuntos para a sociedade inserida. Os resultados obtidos mostram que o impacto da manutenção da vazão residual representa menos de R\$16.280,00 por mês para UHE, um valor considerado pequeno levando em consideração o investimento na usina.

Conclusões

A legislação para os valores de manutenção de vazão ecológica no Brasil, variam de Estado para Estado. Neste estudo, a legislação para a Serra do Facão - GO, prevê que a vazão residual deve atender a 70% da Q₉₅ e a redução percentual da vazão turbinada se apresentou sendo 0,25%, ou seja, muito pequena. Para a UHE Serra do Facão, as características de afluência de vazão e a existência do reservatório de acumulação, permitem uma maior flexibilidade da manutenção da vazão residual, minimizando as perdas de geração. Além disso, outro fato a ser considerado é que quanto maior for o reservatório das UHEs, melhores serão as condições para manter as vazões residuais com baixa redução de energia gerada ao longo do tempo. Portanto, conclui-se que a redução da geração pode ser considerada pequena e que possíveis ajustes de despacho de carga podem minimizar ainda mais essa perda e também, utilizando uma maior parcela do reservatório, aumenta o volume útil da instalação, uma vez que as tomadas d'água desse sistema normalmente se localizam em uma posição inferior ao da tomada d'água tradicional, aumentando a capacidade da instalação e energia garantida da UHE.

Agradecimento

Quero agradecer primeiramente a Deus, por ter me dado a grande oportunidade de estudar e ter a chance de realizar grandes conquistas em minha vida.

Agradeço a minha família por me incentivar e apoiar. Agradeço também a minha companheira Eng. Ana Carolina Gomes Velloso que além de me incentivar, esteve sempre ao meu lado.

Quero agradecer imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Barreira Martinez que me instruiu, corrigiu e incentivou durante esta jornada.

Agradeço ao Eng. Dieimys Santos Ribeiro que me auxiliou na confecção deste trabalho.

A todos os colaboradores do LTHE, amigos e colegas. Agradeço a todos os professores da Universidade Federal de Itajubá, por todo o conhecimento transmitido.

Ao CNPq pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa científica

Referências

ANEEL. 2008. "Agência Nacional de Energia Elétrica." *Atlas da Energia Elétrica do Brasil*. Brasília, DF: ANEEL. 236.

V Simpósio de Iniciação Científica

2022

Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil

BARROWS, H. K. 1934. *Water Power Engineering*. New York and London: Mc Graw-Hill Book Company, Inc.