



da Cooperativa de Geração de Energia e Desenvolvimento Social Ltda (Ceriluz Geração) em função da vazão média mensal do Rio Ijuí (variável x).

METODOLOGIA

O presente trabalho iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto proposto, com o intuito de levantar dados sobre pesquisas já realizadas na área. Para a elaboração do trabalho em questão, utiliza-se uma pesquisa experimental, baseada em dados quantitativos. Os dados sobre a geração mensal das PCH's José Barasuol e RS-155, em MWh, foram obtidos diretamente com a Ceriluz Geração e os dados de vazão média mensal, em m^3/s , foram obtidas da estação pluviométrica Passo Faxinal do Rio Ijuí, no portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Os dados utilizados são referentes a um período de 4 anos, de 2020 a 2023, totalizando 48 dados.

A pesquisa tem o intuito de analisar a influência que a variável vazão média do rio Ijuí tem sobre a geração de energia elétrica mensal, utilizando a modelagem matemática, por meio do método de ajuste de curvas polinomial, para encontrar uma função que descreva a geração de energia elétrica em função da vazão média mensal.

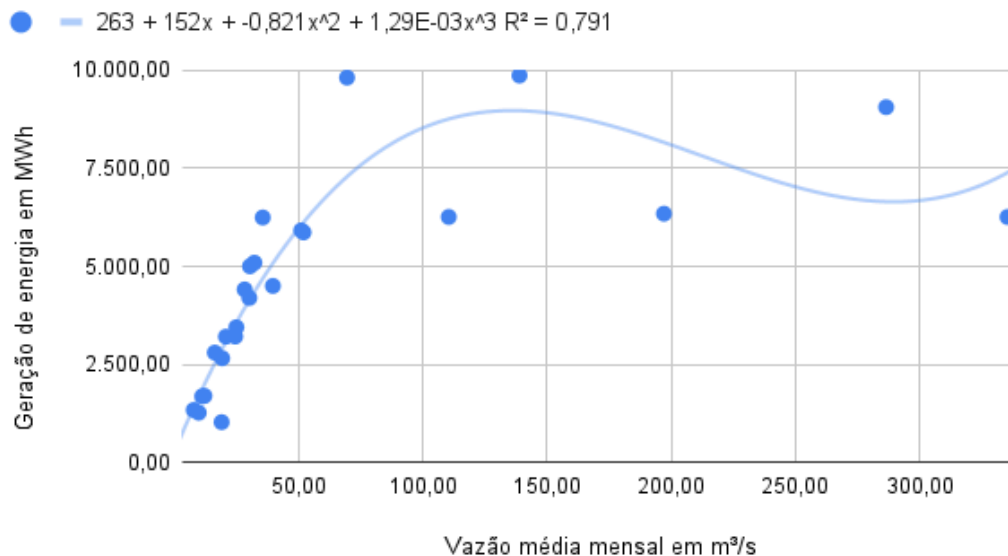
Para tanto, serão utilizados os dados de vazão média e geração dos meses ímpares para o desenvolvimento dos modelos matemáticos e os dados referentes aos meses pares para prosseguir com a validação destes, de modo que o processo seja conduzido de um grupo de dados para outro, visando a confiabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A geração de energia elétrica depende de uma série de fatores, sendo o mais representativo a vazão média de água do rio no decorrer do mês. Após o levantamento de dados, foram feitas tabelas e gráficos para uma melhor análise da relação entre as variáveis. Para a modelagem matemática, teve-se um melhor resultado utilizando um modelo de ajuste de curvas polinomial cúbico, utilizando o programa Excel para determinar a melhor curva pelo método dos mínimos quadrados, que busca determinar a melhor curva que minimiza a soma dos quadrados das diferenças entre os valores estimados e os valores reais. As Figuras 1 e 2 trazem os resultados da modelagem matemática para ambas as PCH's utilizando os dados referentes aos meses ímpares.

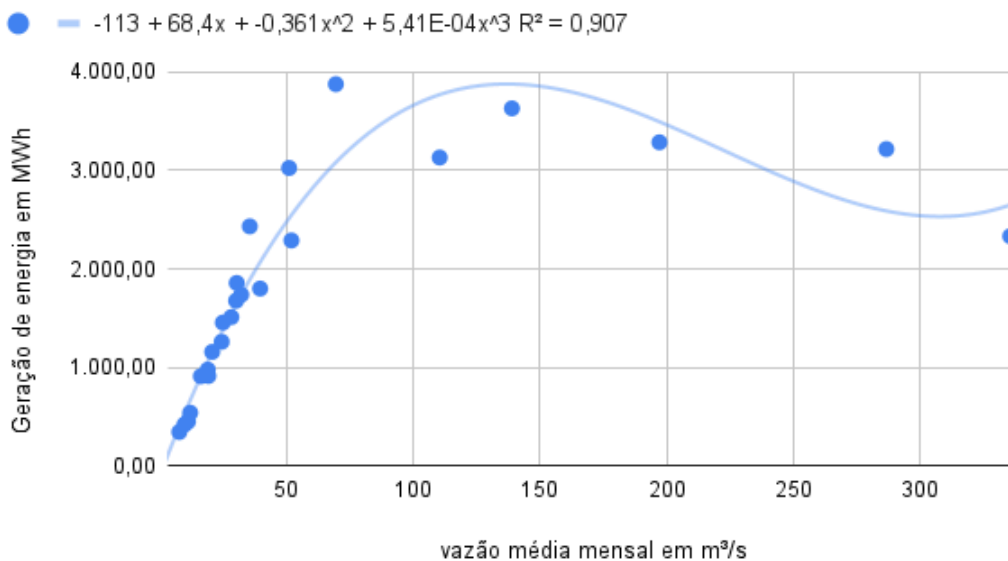


Figura 1 - Modelo matemático para a PCH José Barasuol



Fonte: Autores

Figura 2 - Modelo matemático para a PCH RS-155



Fonte: Autores

Observou-se que a geração de energia aumenta rapidamente conforme a vazão do rio aumenta até aproximadamente 50 m³/s, tendendo a estabilizar para valores de vazão maiores.

O coeficiente de determinação (R²) é uma medida estatística que indica a proporção da variação na variável dependente que é explicada pelas variáveis independentes no modelo. Este coeficiente varia de 0 a 1, quanto mais próximo de 1 significa que o modelo explica bem a variabilidade dos dados observados. Diante disso, têm-se os seguintes resultados da modelagem matemática para ambas as PCH's incluindo o coeficiente de determinação R²:



PCH José Barasuol:

$$y(x) = 263 + 152x - 0,821x^2 + 1,29E-3x^3 \tag{1}$$

$$R^2 = 0,791 = 79,1\%$$

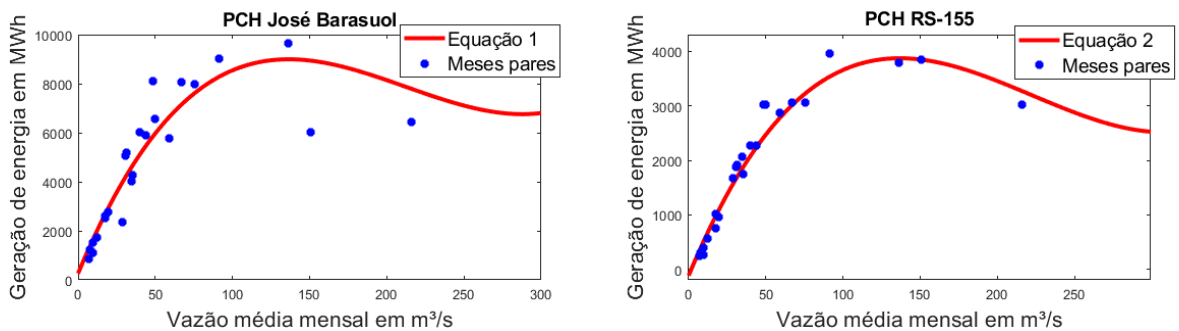
PCH RS-155

$$y(x) = -113 + 68,4x - 0,361x^2 + 5,41E-4x^3 \tag{2}$$

$$R^2 = 0,907 = 90,7\%$$

Segundo Bassanezi (2015, p. 22): “A validação de um modelo é um processo de aceitação ou rejeição deste, análise que é condicionada a vários fatores, sendo preponderante o confronto dos dados reais com os valores do modelo”. Para realizar a validação das funções apresentadas nas equações (1) e (2), foram utilizados os dados de vazão (variável x) dos meses pares, o coeficiente de determinação e o erro médio foram as medidas utilizadas para analisar a validação dos modelos, resultando em um R² de 84,84% e um erro médio de 21,24% para a PCH José Barasuol, e um R² de 96,10% e erro médio de 16,13% para a PCH RS-155, a representação visual da validação dos modelos matemáticos é representada na Figura 3. Após a análise é evidente que, embora ainda haja uma margem de erro, as equações representam satisfatoriamente o problema real.

Figura 3 - Validação dos modelos matemáticos



Fonte: Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem matemática foi utilizada para relacionar os dados de vazão média mensal obtidos, com a geração de energia elétrica nas usinas PCH's RS-155 e José Barasuol da Ceriluz Geração, através de um modelo matemático que utiliza o método de ajuste de curvas polinomial cúbico para validação dos dados.



Os dados referentes aos meses pares do período de 2020 a 2023 (segundo conjunto de 24 dados) foram utilizados para a validação dos modelos encontrados, permitindo encontrar o valor do coeficiente de determinação. Observou-se a partir das validações das equações matemáticas encontradas, que os modelos possuem uma boa representatividade do problema real.

As duas PCH's analisadas possuem um comportamento de dispersão gráfica dos dados similar, tentando a "estabilizar" para valores de vazão muito grandes, isto decorre em função de sua capacidade de geração instalada, dependendo dos geradores, ou seja, a geração elétrica observada não ultrapassa estes valores nominais. Outro fator são as características físicas da barragem, sendo necessário abrir as comportas por questões de segurança em períodos de chuvas volumosas, pois o nível de água e a grande vazão do rio nestes períodos pode transbordar. Estas também são possíveis causas da pequena dispersão encontrada para elevados valores de vazão média do rio Ijuí.

Dessa forma, infere-se que as variações nos dados de geração elétrica podem ser explicadas pelas variações da vazão média mensal do respectivo mês, mostrando que a equação encontrada é adequada para previsões de geração elétrica mensal.

Palavras-chave: Modelo. Modelagem matemática. Vazão. Geração. Validação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Ceriluz pelo fornecimento dos dados para realizar o trabalho de modelagem matemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Hidroweb: Séries Históricas de Estações.** Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 23 maio 2024.
- ALIANÇA. **Como funciona uma usina hidrelétrica?** 2024. Disponível em: <https://aliancaenergia.com.br/como-funciona-uma-usina-hidreletrica/>. Acesso em: 6 jun. 2024.
- BASSANEZI, Rodney C. **Modelagem matemática - teoria e prática.** São Paulo: Editora Contexto, 2015. E-book. ISBN 9788572448932. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788572448932/>. Acesso em: 13 jun. 2024.