

MODELAGEM MATEMÁTICA PARA O CÁLCULO DE POTÊNCIA GERADA DE UMA PCH POR MEIO DO AJUSTE DE CURVA¹

**Joana Garcia Câmara², Mayara de Lourdes Schreiber Meotti³, Francisco Luis Diello
Bressan⁴, Christian Schneider Sartori⁵, Airam T. Z. R. Sausen⁶**

¹ Trabalho realizado referente à disciplina de Projeto Integrador - Modelagem Matemática durante o primeiro semestre do ano de 2023.

² Estudante do 6º semestre do curso de Engenharia Elétrica.

³ Estudante do 6º semestre do curso de Engenharia Software.

⁴ Estudante do 6º semestre do curso de Engenharia Elétrica.

⁵ Estudante do 6º semestre do curso de Engenharia Elétrica.

⁶ Professora da disciplina.

INTRODUÇÃO

As usinas hidrelétricas estão entre as maiores construções artificiais do mundo e o Brasil em conjunto com o Paraguai, até o ano de 2014, possuíam em seu território a segunda maior hidrelétrica do planeta com capacidade geradora de 14000 MW (Pinto, 2014).

Para Chapra (2013) existem duas abordagens gerais para realizar o ajuste de curvas, a interpolação e a regressão por mínimos quadrados. A escolha de qual aplicar depende da quantidade de erros associada ao conjunto de dados trabalhados. O método de regressão estudado e aplicado neste trabalho é a regressão polinomial, em que é possível determinar um polinômio de grau n e é possível calcular as métricas estatísticas como o coeficiente de correlação (r^2) e o coeficiente de determinação (r), para a determinação do desempenho da curva determinada.

Este trabalho tem o intuito de realizar a modelagem matemática por meio do ajuste de curva polinomial que explica a potência gerada em uma Pequena Central Geradora Hidrelétrica (PCH) a fim de compará-la com outros métodos de modelagem.

METODOLOGIA

A partir dos dados da PCH Paredinha, cedidos pela empresa Hidroenergia de Ijuí - RS, os quais são: permanência de vazão, vazão turbinada, quantidade de grupos (turbinas) operando, queda líquida, rendimento da turbina e potência gerada, como pode ser observado na tabela 1, a modelagem por ajuste de curva foi realizada.

Tabela 1: Dados para a modelagem matemática.

Permanência de vazão (%)	Vazão Turbinada (m³/s)	Qnt. de Grupos Operando	Queda Líquida (m)	Rendim. Turb. (%)	Potência Ger. (kW)
1	13.38	3	178.064502	94.0	21310.9131
5	13.38	3	178.064502	94.0	21310.9131
10	13.38	3	178.064502	94.0	21310.9131
15	13.38	3	178.064502	94.0	21310.9131
20	13.38	3	178.064502	94.0	21310.9131
25	12.8	3	178.3983011	94.0	20425.33927
30	11.7	3	178.9907436	94.0	18732.03796
35	10.3	3	179.6678208	93.1	16394.49138
40	9.4	3	180.0575799	92.4	14881.68046
45	8.7	2	179.9021937	94.0	13999.8798
50	8.0	2	180.226191	94.0	12896.63731
55	7.4	2	180.4822847	93.8	11920.92292
60	6.9	2	180.6804524	93.2	11056.48075
65	6.4	2	180.8647623	92.7	10210.67043
70	5.9	2	181.0352142	92.1	9360.853397
75	5.5	2	181.1615981	91.2	8646.979166
80	5.0	2	181.3071059	89.8	7714.491419
85	4.6	2	181.4135344	88.2	6974.968252
90	4.2	1	180.965016	94.0	6798.490755
95	3.6	1	181.2396036	93.5	5805.076629
100	2.4	1	181.6620461	89.2	3685.415272

Fonte: Hidroenergia, 2023.

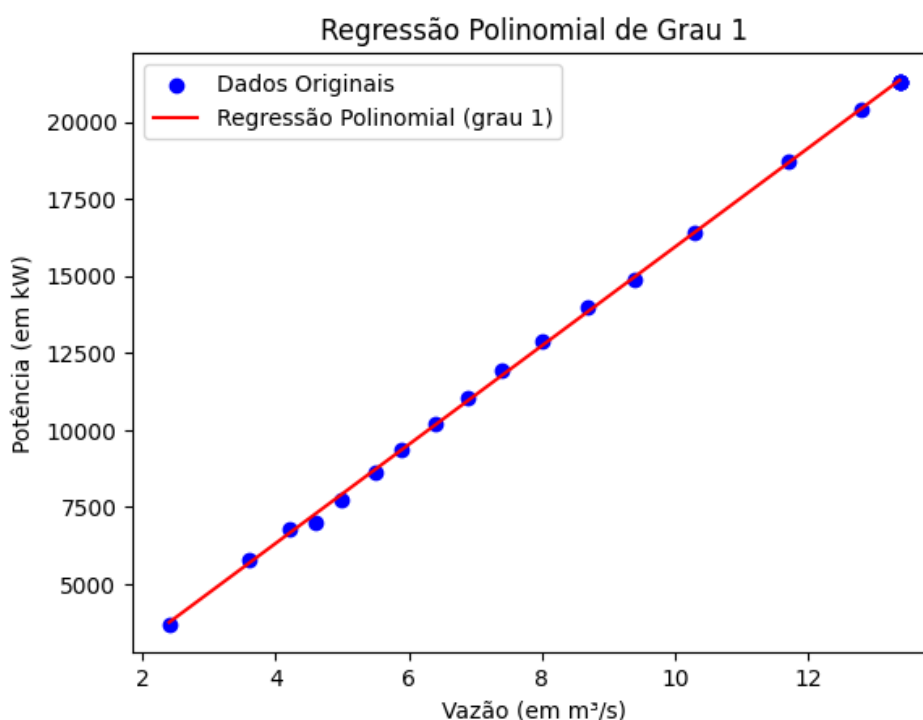
O ajuste de curva, foi desenvolvido no Google Collaboratory por meio da linguagem de programação Python, faz uso das bibliotecas *numpy*, *matplotlib.pyplot*, *sklearn.linear_model* com *LinearRegression* e *sklearn.preprocessing* com *PolynomialFeatures*. Além das bibliotecas previamente descritas, a *sklearn.linear_model* com *LinearRegression*, possibilita a implementação do modelo de regressão linear e o cálculo de suas métricas como os coeficientes de correlação e determinação. Já a *sklearn.preprocessing* com *PolynomialFeatures* adiciona a regressão linear às características da regressão polinomial, podendo então variar o grau da equação da curva que representa a variação da variável dependente pela independente.

Para esta modelagem, foi determinada a vazão turbinada (em m³/s) como a variável a determinar o comportamento da potência gerada (em kW), sendo importados e transformados em duas matrizes, implementados os parâmetros da regressão polinomial na regressão linear, para que fosse possível o teste de tentativa e erro com reta e polinômios de diferentes graus, e a predição da curva de representação. Como desfecho, é plotado um gráfico com os dados originais e a curva determinada pela regressão, determinando o coeficiente de determinação (r^2) e exibida a equação que define o polinômio ou, neste caso, a reta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após teste, como resultado o ajuste com melhor desempenho foi o de primeiro grau, uma reta, podendo ser observado no gráfico da figura 1.

Figura 1: Resultado da regressão de Grau 1.



Fonte: Autores, 2023.

A equação que representa a curva é:

$$y = 1602,42x - 90,30$$

O parâmetro base para análise da adequação da reta aos dados foi o coeficiente de determinação (r^2), que ficou com um valor de 0,9995, o que significa que a variação da vazão consegue explicar 99,95% da variação da potência, demonstrando o sucesso da regressão linear.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final, a modelagem matemática a partir de ajuste de curva demonstrou resultados satisfatórios visto o elevado valor do coeficiente de variação obtido. Ademais, no mesmo

trabalho foram realizados outros dois métodos de modelagem sendo um por RNA e o outro por erro estático percentual, dentre os quais o ajuste de curva demonstrou melhores resultados e, portanto, melhor aplicabilidade neste caso.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Ajuste de Curva. PCH. Potência. Vazão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAPRA, Steven C. *Métodos Numéricos Aplicados com MATLAB® para Engenheiros e Cientistas-3*. Porto Alegre: AMGH Editora, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788580551778/pageid/335>>. Acesso em: 24 de junho de 2023.

PINTO, Milton Oliveira. *Energia elétrica: geração, transmissão e sistemas interligados*. Rio de Janeiro: LTC, 2014. Disponível em: <[https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-2526-1/epubcfi/6/36\[%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter03\]!/4/206/3:520\[ina%2Cs.\]>](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-2526-1/epubcfi/6/36[%3Bvnd.vst.idref%3Dchapter03]!/4/206/3:520[ina%2Cs.]>)>. Acesso em: 17 de abril de 2023.