

MODELAGEM MATEMÁTICA PARA A COMPROVAÇÃO DO CÁLCULO DE POTÊNCIA GERADA EM UMA PCH POR MEIO DO ERRO ESTÁTICO PERCENTUAL¹

Francisco Luis Diello Bressan², Joana Garcia Câmara³, Mayara de Lourdes Schreiber Meotti⁴, 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 Elétrica.

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

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

⁶ Professora da disciplina.

INTRODUÇÃO

A geração de energia através de hidrelétricas é uma das formas mais utilizadas no mundo. A hidroeletricidade é uma das melhores, mais baratas e limpas fontes de energia, sendo que o potencial hídrico brasileiro é estimado em 260 GW, com 170 GW sendo tecnicamente aproveitáveis, de acordo com o Plano Nacional de Energia Elétrica (Pinto, 2014), colocando o Brasil como um dos principais centros mundiais de geração de hidrelétrica.

No presente trabalho buscou-se comprovar o quão bem alguns dados de geração provenientes de uma Pequena Central Hidrelétrica podem ser representados por um modelo matemático de ajuste de curvas, que, juntamente com um modelo de RNA, compõe a outra parte da pesquisa, através de um outro modelo de erro estático percentual. Quando trata-se de valores que expressam uma grandeza física, os valores tidos como resultados, são medidos ou determinados de maneira numérica a partir do modelo matemático que o representa, apresentam um grau de aproximação do valor verdadeiro (VUOLO, 1996).

Para Tabacniks (2003), o erro está diretamente relacionado às imperfeições que se originam no resultado de uma medição e é a diferença entre o valor verdadeiro de uma grandeza, que, em sua maneira exata, é inacessível na maioria dos casos.

METODOLOGIA

Os cálculos foram feitos a partir dos dados da PCH Paredinha cedidos pela empresa Hidroenergia, contendo: permanência de vazão, vazão turbinada, quantidade de grupos (turbinas) operando, queda líquida, rendimento da turbina e potência gerada.

Tabela 1: Dados reais.

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.

Uma das medidas que quantificam o erro em situações como estas é o erro estático percentual (E_r), calculado por:

$$E_r = \frac{x_i - x_v}{x_v} \times 100 \quad \text{se } x_v \neq 0$$

em que:

- x_i é o valor calculado pelo modelo;
- x_v é o valor verdadeiro.

Foram considerados dados verdadeiros os fornecidos pela Hidroenergia, o erro foi utilizado para comprovar os valores de potência calculados a partir da equação da potência

(em kW, ou quiloWatts) que pode ser descrita por (FOX, MCDONALD & PRITCHARD, 2010):

$$W = \rho \times Q \times H_t \times g \times \eta_t$$

em que:

- ρ a densidade da água, em kg/m^3 ;
- Q a vazão da água, em m^3/s ;
- H_t a altura da queda d'água, em m;
- g a aceleração da gravidade, em m/s^2 ;
- η_t o eficiência da turbina, adimensional.

O erro médio absoluto dá a média de diferença absoluta entre a predição do valor calculado pelo modelo da potência e o valor medido fornecido pela Hidroenergia. A fim de apresentar algo mais prático e interativo, o erro estático percentual foi calculado através do software *Visual Studio* em linguagem de programação HTML.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O erro estático percentual calculado para validar os dados trabalhados e sua relação com o modelo que explica a potência gerada resultou em um E_r . Após os testes, foi encontrada uma taxa de erro de, aproximadamente, 3,05%. Resultado é considerado muito bom e comprova a relação do modelo que determina a potência e os dados reais.

A tabela a seguir mostra a relação entre os valores verdadeiros e os valores medidos:

Tabela 2: Relação entre os valores verdadeiros e medidos

Valor Verdadeiro (kW)	Valor Calculado (kW)	Erro (%)
21310.9131	21947.61797	2.9877
21310.9131	21947.61798	2.9877
21310.9131	21947.61799	2.9877
21310.9131	21947.61800	2.9877
21310.9131	21947.61801	2.9877
20425.33927	21035.58592	2.9877
18732.03796	19291.69394	2.9877
16394.49138	16884.30861	2.9877
14881.68046	15326.29954	2.9877
13999.8798	14418.15337	2.9877
12896.63731	13281.94937	2.9877
11920.92292	12277.08362	2.9877
11056.48075	11386.81456	2.9877
10210.67043	10515.73773	2.9877
9360.853397	9640.527054	2.9877
8646.979166	8905.324445	2.9877
7714.491419	7977.875274	3.4141
6974.968252	7213.103719	3.4141
6798.490755	7001.608855	2.9877
5805.076629	5978.514556	2.9877
3685.415272	3811.240661	3.4141

Fonte: Autores, 2023

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar o trabalho, concluiu-se que o modelo de erro estático percentual obteve boa margem, sendo considerado um erro pequeno para o nosso modelo e servindo o seu propósito de confirmar o outro método de modelagem utilizado ao longo da pesquisa, que foi o ajuste de curvas.

Palavras-chave: Modelo Matemático. Erro Estático. PCH. Potência. Exatidão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, P. J. *Introdução à Mecânica dos Fluidos*, 8ª edição. LTC Editora, 2010.

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.

TABACNIKS, Manfredo Harri et al. *Conceitos Básicos da Teoria de Erros*. Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2003.

VUOLO, José Henrique. *Fundamentos da teoria de erros*. Editora Blucher, 1996.