

# Modelo de regressão múltipla para previsão da série temporal de uma base de alongâmetro usando regressão múltipla

Emerson Lazzarotto<sup>1</sup>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Foz do Iguaçu, PR

Kelly Maiara Masur da Silva<sup>2</sup>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Foz do Iguaçu, PR

As barragens de usinas geradoras de hidroeletricidade são obras que possuem diversas finalidades. Em geral, deseja-se assegurar que as barragens sejam seguras, econômicas e ambientalmente sustentáveis, contribuindo assim para a qualidade de vida da sociedade [1].

As barragens precisam possuir ferramentas para monitorar se o seu comportamento está normal, tendo em vista os enormes impactos que eventuais acidentes podem provocar. O monitoramento é feito através de inspeções visuais e instrumentos. O monitoramento e a análise dos dados da instrumentação auxilia na gestão da segurança e da qualidade da barragem. Uma hipótese aventada pelos engenheiros de segurança é que, mesmo em barragens que operam normalmente, a variação da temperatura ao longo do ano é um importante fator de variação de séries temporais de instrumento de monitoramento [3].

Desta forma, neste artigo, o objetivo é investigar a influência da temperatura ambiente sobre um instrumento de monitoramento de uma barragem, ou seja, encontrar um modelo de regressão linear múltipla que seja o mais ajustado possível aos dados de monitoramento que se possui, que responda a questão da influência da temperatura e seja capaz de prever e controlar o futuro comportamento da série temporal que monitora um instrumento.

O material disponível para a realização deste estudo consiste de uma série temporal de leitura de monitoramento de um instrumento denominado base de alongâmetro, responsável por medir os recalques diferenciais entre blocos e deslocamentos diferenciais na direção horizontal [2], além de quatro termômetros responsáveis por medir a temperatura ambiente em diferentes pontos da barragem próximos da base de alongâmetro.

Os dados disponíveis destas séries temporais referem-se às médias mensais das leituras realizadas no período de fevereiro de 2006 a janeiro de 2021, últimos 15 anos, ou seja, totalizando 180 dados mensais de cada série de leitura. Utilizou-se não somente o instante de tempo atual, mas também até quatro períodos de tempo anteriores. Separou-se os últimos 12 dados mensais para validar o modelo. Para estimar os parâmetros do modelo de regressão linear múltipla adotou-se dois métodos: o método de mínimos quadrados ordinários (MQO) e o ajuste otimizado de Cochrane-Orcutt (CO).

Na primeira etapa do procedimento metodológico, testou-se dentre as vinte e uma variáveis inicialmente estabelecidas qual a quantidade e qual a combinação de variáveis produzia o modelo com o melhor critério de informação (AIC, BIC, SBIC), juntamente com um melhor grau de ajustamento possível. Nesta etapa foram testados quase 21700 modelos de mínimos quadrados.

Em seguida, realizou-se a regressão através dos dois métodos: mínimos quadrados ordinários (MQO) e o ajuste de Cochrane-Orcutt (CO), em que se analisou a progressiva melhora do grau de ajustamento ( $R^2$ ), o Erro Médio Absoluto Percentual (MAPE), a Estatística de Durbin-Watson e

---

<sup>1</sup>emerson.lazzarotto@gmail.com

<sup>2</sup>kelly\_masur@hotmail.com

a Autocorrelação dos Resíduos. O método de ajuste de Cochrane-Orcutt foi o que apresentou os melhores resultados.

No 'melhor modelo', segundo [4], resolveu-se excluir as observações classificadas como resíduos não usuais. Houve a retirada de quatro destes pontos levando a um modelo que não apresentou nenhum resíduo não usual, o qual forneceu os seguintes dados:  $R^2 = 79,84$ , Erro Absoluto Médio Percentual do período de estimativa = 3,54%, Erro Absoluto Médio Percentual do período de previsão = 4,39%, Estatística Durbin-Watson = 2,03 e Autocorrelação dos Resíduos  $lag\ 1 = -0,02$ . Na Figura 1, exibe-se o gráfico dos valores observados da variável dependente (base de alongâmetro) e do valores previstos pelo modelo. Os pontos em vermelhos foram os pontos excluídos do modelo.

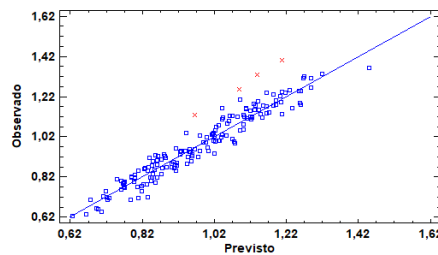


Figura 1: Gráfico dos valores observados e dos valores previsto.

Os resultados indicaram que modelos de regressão linear múltipla podem ajustar bem a relação existente entre as variáveis. Desta aplicação específica com dados de uma base de alongâmetro que monitora a barragem da usina hidrelétrica de Itaipu mostram que modelos de regressão linear múltipla podem colaborar na confirmação de que a temperatura ambiente é um fator fundamental para a variabilidade do instrumento.

Desta forma, estes modelos estatísticos servem como uma ferramenta adicional ao controle estatístico de qualidade da barragem. Além disso, pode ajudar a realizar previsões com elevado grau de precisão que ajudam a controlar o comportamento daquela variável e podem indicar alguma anormalidade que deve ser investigada.

## Agradecimentos

Ao CEASB - Centro de Estudos Avançados em Segurança de Barragens e ao PTI - Parque Tecnológico de Itaipu pela cessão dos dados e a bolsa de iniciação científica.

## Referências

- [1] CIGB-ICOLD. *80 Years - Dams for human sustainable development*. Paris: International Commission on Large Dams , 2008.
- [2] Itaipu Binacional. *Síntese das Principais Informações de Projeto para o Controle da Instrumentação da Barragem Principal - Trechos E, F e I*. Foz do Iguaçu. 1984.
- [3] Lazzarotto, E. Previsão da Série Temporal de um Piezômetro usando Regressão Linear Múltipla. *XXVII Simpósio de Engenharia de Produção*. 2020. ISSN 1809-7189.
- [4] Montgomery, D. C.; Peck, E. A.; VINNING, G. *Introduction to linear regression analysis*. 5 th. ed. Hoboken: John Wiley Sons, 2012.