

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

# O $\rho DCCA$ aplicado em séries temporais para avaliar a acessibilidade de passageiros no transporte público de ônibus em São Paulo

Gislaine A. Azevedo<sup>1</sup>Thiago B. Murari<sup>2</sup>Renelson R. Sampaio<sup>3</sup>

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, Brasil

Marcelo A. Moret<sup>4</sup>

Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Salvador, Brasil

## 1 Resumo

O impacto do automóvel nas sociedades urbanas é uma questão importante em todas as regiões metropolitanas do mundo [2]. Atrair um número maior de pessoas para o transporte público tem sido o foco de várias políticas governamentais e esse é um fator essencial para a sustentabilidade futura das cidades [5].

O clima é capaz de impactar os sistemas de transporte público de várias maneiras, com potencial para reduzir o número de passageiros transportados [1]. A hipótese levantada neste estudo é de que existe uma diminuição significativa do número de passageiros com gratuidade, ou seja, de pessoas com deficiência (PcD) e idosos, quando comparado com o número de passageiros pagantes, nos ônibus que circulam na cidade de São Paulo em dias de chuva. Este estudo tem como objetivo quantificar o nível de correlação cruzada entre as séries temporais da quantidade de passageiros pagantes e de passageiros gratuitos com a precipitação de chuva, coletados diariamente entre os anos de 2015 e 2017, utilizando o método *DCCA cross-correlation coefficient* ( $\rho DCCA$ ) [6].

Segundo [7], o  $\rho DCCA$  é um coeficiente adimensional utilizado para quantificar o nível de correlação cruzada entre duas séries temporais, tendo como base o *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) [3] e o *Detrended Cross-Correlation Analysis* (DCCA) [4]. Ele é calculado como a razão entre a função de covariância retirando a tendência ( $F_{DCCA}^2$ ) e a função de variação de divergência ( $F_{DFA}$ ) para duas séries temporais distintas e obtidas simultaneamente ( $y_i$  e  $y'_i$ ), conforme a Equação (1) dada por:

---

<sup>1</sup>gislaine.alves84@gmail.com

<sup>2</sup>thiagomurari@hotmail.com

<sup>3</sup>renelson.sampaio@fieb.org.br

<sup>4</sup>mamoret@gmail.com

$$\rho DCCA = \frac{F_{DCCA}^2}{F_{DFA\{y_i\}} F_{DFA\{y'_i\}}}. \quad (1)$$

Caso o coeficiente calculado seja igual a 1, teremos uma perfeita correlação cruzada positiva entre duas séries temporais. Para um  $\rho DCCA = 0$ , as séries temporais não apresentam correlação cruzada e no caso de se obter um coeficiente igual a -1, a correlação cruzada será perfeitamente negativa [6].

A análise encontrou um comportamento de correlação cruzada negativa entre a precipitação de chuva e a quantidade de passageiros pagantes, cujo  $\rho DCCA$  foi de  $-0.15$ . A análise efetuada com a série para passageiros gratuitos também encontrou uma correlação cruzada negativa igual a  $-0.34$ , maior do que o dobro do coeficiente calculado para os passageiros pagantes. Este resultado sugere que a chuva tem um impacto maior na diminuição da quantidade de usuários gratuitos no transporte público da cidade de São Paulo, como os idosos e PcD, do que na diminuição da quantidade de usuários pagantes.

## Referências

- [1] M. Hofmann and M. O'Mahony. The impact of adverse weather conditions on urban bus performance measures, *Proceedings of IEEE Intelligent Transportation Systems*, 84-89, 2005. DOI: 10.1109/ITSC.2005.1520087.
- [2] J. R. Kenworthy and F. B. Laube. Patterns of automobile dependence in cities: an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 33(7-8), 691-723, 1999. DOI: 10.1016/S0965-8564(99)00006-3.
- [3] C. K. Peng, S. V. Buldyrev, S. Havlin, M. Simons, H. E. Stanley, and A. L. Goldberger. Mosaic organization of DNA nucleotides, *Physical Review E*, 49(2), 1685, 1994. DOI: 10.1103/PhysRevE.49.1685.
- [4] B. Podobnik and H. E. Stanley. Detrended cross-correlation analysis: a new method for analyzing two nonstationary time series, *Physical Review Letters*, 100(8), p.084102, 2008. DOI: 10.1103/PhysRevLett.100.084102.
- [5] L. Redman, M. Friman, T. Gärling and T. Hartig. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review, *Transport policy*, 25, 119-127, 2013. DOI: 10.1016/j.tranpol.2012.11.005.
- [6] G. F. Zebende. DCCA cross-correlation coefficient: quantifying level of cross-correlation, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(4), 614-618, 2011. DOI: 10.1016/j.physa.2010.10.022.
- [7] G. F. Zebende, M. F. Da Silva and A. Machado Filho. DCCA cross-correlation coefficient differentiation: Theoretical and practical approaches, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(8), 1756-1761, 2013. DOI: 10.1016/j.physa.2013.01.011.