

Medidas de Complexidades com Entropia de Permutação para Análise de Séries Temporais no Contexto Epidemiológico: Uma Investigação de Casos Acumulados da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Rebeca R. H. Pinafo,¹

INPE - Pós Graduação em Computação Aplicada

Patrícia R. Cirilo,² Karen de L. G. Paulino,³ Elbert E. N. Macau⁴

UNIFESP

Em 2020, o mundo uma vez mais em sua história, se encontrou diante de um cenário pandêmico com o surgimento da COVID-19. Seu primeiro caso notificado ocorreu na cidade de Wuhan na China, no final de 2019 e, em 11 de março de 2020 a Organização Mundial da Saúde (OMS) já declarava a situação da contaminação de Covid-19 como pandemia [7]. Este trabalho tem a finalidade de estudar, por meio da perspectiva das medidas de complexidade com entropia de permutação, séries temporais de casos acumulados de COVID-19 da região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro - RJ. Os dados com os quais trabalhamos estão disponíveis em [2].

Na cidade do Rio de Janeiro a pandemia teve seu comportamento caracterizado por várias ondas de contágio, provocadas por diferentes fatores, muitas vezes simultâneos como novas variantes do vírus, adesão às políticas de combate à pandemia pela população, etc. Em [4] foram reconhecidas seis ondas de contágio na cidade do Rio de Janeiro com período e características distintas, a saber: 1^a onda (03 de março de 2020 a 17 de julho de 2020); 2^a onda (18 de julho de 2020 a 06 de novembro de 2020); 3^a onda (07 de novembro de 2020 a 01 de março de 2021); 4^a onda (02 de março de 2021 a 8 de julho de 2021); 5^a onda (9 de julho de 2021 a 11 de dezembro de 2021); 6^a onda (12 de dezembro de 2021 a 9 de setembro de 2022). Em [5] estas ondas foram estudadas por quatro ferramentas diferentes, sendo uma delas, a entropia aproximada.

Embora não exista uma definição precisa de complexidade, é conhecido na literatura que trata-se de uma investigação em relação à estrutura do sistema, sobre como seus constituintes se relacionam e como essas relações interferem no seu comportamento dinâmico, como é discutido em [1]. Assim, com o interesse em compreender o alcance das medidas de complexidade com entropia de permutação para investigações em cenários epidemiológicos, trabalhamos com os mesmos dados de [5] para estabelecermos uma comparação entre os resultados obtidos com a entropia de permutação e com as medidas de complexidade com os apresentados em [5], tendo-os como referência. Nesta direção, buscamos compreender a influência de fatores, tais como o início de campanhas de vacinação, diferentes variantes circulantes, entre outros, nos valores de entropia de permutação e medidas de complexidade.

Uma das relações que identificamos entre os resultados de [5] e os resultados por nós obtidos com o cálculo da entropia de permutação e das medidas de complexidade é que os menores valores

¹repinafo@gmail.com

²pcirilo@unifesp.br

³klgpaulino@unifesp.br

⁴elbert.macau@unifesp.br

de entropia aproximada para casos acumulados são identificados nas 1^a, 4^a e 6^a ondas de contágio, o que implica em um comportamento mais previsível de suas dinâmicas, e o menor valor de entropia de permutação foi o da 6^a onda de contágio, o que indica uma ordem maior e previsibilidade em relação à disposição dos dados da série temporal neste intervalo. Este comportamento, pode ser associado às campanhas de vacinação que se encontravam em voga há um determinado tempo.

As medidas de complexidade C_{LMC} e C'_{LMC} como definidas em [3] e [6] são uma iteração entre o valor de entropia e o desequilíbrio ou informação relativa, sendo estas últimas, funções que nos permitem conhecer o quão distante uma distribuição de probabilidade se encontra de outra que é estabelecida como referência. Os valores das medidas de complexidade acompanham o comportamento do desequilíbrio e informação relativa, o que nos mostra que temos que interpretar o alto valor de complexidade para 6^a onda como uma série temporal mais desordenada no sentido em que a sua disposição dos dados é tal que não apresenta um ou mais padrões predominantes e conseqüentemente, não estarem organizados de modo que todos os padrões tenham uma frequência próxima à frequência uniforme.

Agradecimentos

À Capes pelo apoio financeiro concedido ao projeto.

Referências

- [1] M. Baranger. “Chaos, complexity, and entropy”. Em: **New England Complex Systems Institute, Cambridge** 17 (2000).
- [2] EpiRio. **Painel Rio Covid-19**. 1 de jul. de 2023. URL: <http://coronavirus.rio/painel..>
- [3] D. P. Feldman e J. P. Crutchfield. “Measures of statistical complexity: Why?” Em: **Physics Letters A** 238.4 (1998), pp. 244–252. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0375-9601\(97\)00855-4](https://doi.org/10.1016/S0375-9601(97)00855-4).
- [4] P. R. de L. Gianfelice, R. S. Oyarzabal, A. Jr. Cunha, J. M. V. Grzybowski, F. da C. Batista e E. E. N. Macau. “The starting dates of COVID-19 multiple waves”. Em: **Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science** 32.3 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0079904>.
- [5] A. S. Reis, L. Dos Santos, A. Cunha Jr, T. C. R. O. Konstantyner e E. E. N. Macau. “Unravelling COVID-19 waves in Rio de Janeiro city: Qualitative insights from nonlinear dynamic analysis”. Em: **Infectious Disease Modelling** 9.2 (2024), pp. 314–328.
- [6] R. L. Ruiz, H. L. Mancini e X. Calbet. “A statistical measure of complexity”. Em: **Physics Letters A** 209.5 (1995), pp. 321–326. DOI: [https://doi.org/10.1016/0375-9601\(95\)00867-5](https://doi.org/10.1016/0375-9601(95)00867-5).
- [7] Organização Pan-Americana de Saúde. **OMS afirma que Covid-19 agora é caracterizada como pandemia**. 23 de mar. de 2024. URL: <https://www.paho.org/pt/news/11-3-2020-who-characterizes-covid-19-pandemic>.