

Lista de exercícios Matemática Computacional

Parte B – Prof. Dr. Reinaldo Rosa - 2020

Denis M. A. Eiras

Exercício 7 - Descrição

7- Singularity Multifractal Spectra (SMS), também conhecido como MDFA.

7.1. Considere o programa mdfdfa.py. Aprimore o programa para que o mesmo calcule o índice $\Psi = \Delta\alpha/\alpha_{\max}$.

7.2. Obtenha o espectro de singularidade para todos os sinais do dataset_signal e inclua os valores de Ψ como mais um atributo.

7.3. Com base nos valores obtidos em 7.2., repita o exercício 6.3 no espaço $S^2 \times \Psi$.

Exercício 7 – Detalhes da implementação

Os exercícios 7.1, 7.2 e 7.3 foram implementados no arquivo exercicio7.py.

O programa mdfdfa_ss_m2.py foi alterado para calcular os índices α_0 , $\Delta\alpha$, Ψ e $A\alpha$, retornados na função getMSSByUpscaling.

Foi criada a função calcula_df_estatistico_por_familia_e_sinal para gerar arquivos csv das tabelas estatísticas dos espaços de parâmetros da tabela data_set_signal, a função espectro_de_singularidades, para geração do espectro por série e a função serie_no_espaco_param, que realiza a junção da série covid no espaço de parâmetros das séries data_set_signal e executa o k-means.

As seguintes funções de outros exercícios foram utilizadas para gerar os dados da tabela dataset_sinal, reaproveitando assim toda a lógica:

```
from Exercicio1.exercicio1_1 import gerador_de_sinais_aleatorios
from Exercicio1.exercicio1_3 import k_means_e_metodo_do_cotovelo
from Exercicio2.exercicio2 import gerador_de_sinais_colored_noise
from Exercicio3.exercicio3 import gerador_de_sinais_pmodel
from Exercicio4.exercicio4_2_2 import ler_serie_generica_de_arquivo_ou_url
from Exercicio5.exercicio5_1 import gerador_de_sinais_logisticos, gerador_de_sinais_henon
```

Exercício 7.1 – Alterações no programa

A função getMSSByUpscaling foi alterada para calcular os índices α_0 , $\Delta\alpha$, Ψ e $A\alpha$, em repositório próprio. Foi feita uma correção para evitar falhas na execução, também realizada em <https://github.com/reinaldo-rosa-inpe/cap239/pull/12>.

Exercício 7.2 – Análise

A execução da função `getMSSByUpscaling` gerou os dados da tabela 1, para análise dos espectros de singularidade.

Tabela 1. Dados gerados pela função `getMSSByUpscaling`

	α_0	$\Delta\alpha$	Ψ	$A\alpha$
Noise	1,02	0,88	0,46	-0,3
Colored Noise	1,02	0,71	0,58	2,46
P-Noise	1,02	1,61	0,98	1,61
Chaos Noise	1,03	0,82	0,50	0,35

A análise dos dos espectros de singularidade foi baseada nos seguintes estudos.

$\Delta\alpha$ – grau de multifractalidade. Geralmente, é multifractal quando o valor é superior a 0,4.

$A\alpha$ – Assimetria. $A < 1 \rightarrow$ dominância de flutuações de menor amplitude; $A = 1 \rightarrow$ Espectro simétrico; $A > 1 \rightarrow$ dominância de flutuações de maior amplitude.

Os dados observados na tabela 1, indicam que:

- sinais noise têm algum grau de multifractalidade, e uma dominância de flutuações de menor amplitude;
- sinais colored noise também têm algum grau de multifractalidade, menor que o Noise, e uma dominância de flutuações de maior amplitude;
- sinais p-noise são tem alto grau de multifractalidade com flutuações de maior amplitude, mas com alguma simetria;
- sinais chaos noise têm algum grau de multifractalidade e uma dominância de flutuações de menor amplitude.

A figura 1 exhibe os espectros de singularidade dos sinais.

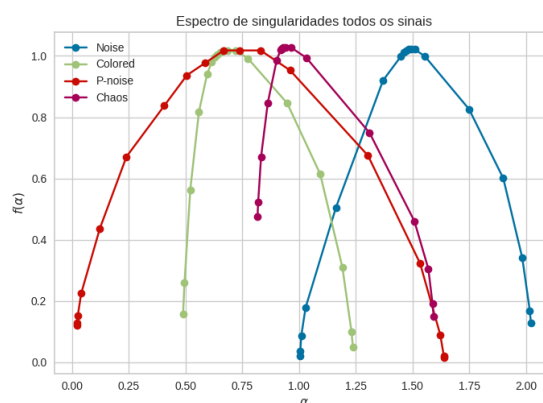


Figura 1. Espectros de singularidade dos sinais.

Exercício 7.3 – Análise

As séries estatísticas sobre o número de casos diários da COVID-19 ‘new_cases’ foram criadas utilizando o agrupador ‘location’, isto é, um agrupamento por país. Foram removidos os valores pertencentes à localização ‘World’, que representa o total de todos os países, além de valores com iso_code vazios. Os dados foram considerados entre 10/03/2020 a 28/05/2020, um total de 80 dias.

Utilizando o k-means para gerar o agrupamento no espaço de parâmetros $S^2 \times \Psi$ das séries da tabela data_signal e COVID, obtemos a figura 2, que mostra que, a quantidade ideal de grupos é de 7 grupos. O valor de S^2 foi normalizado na execução

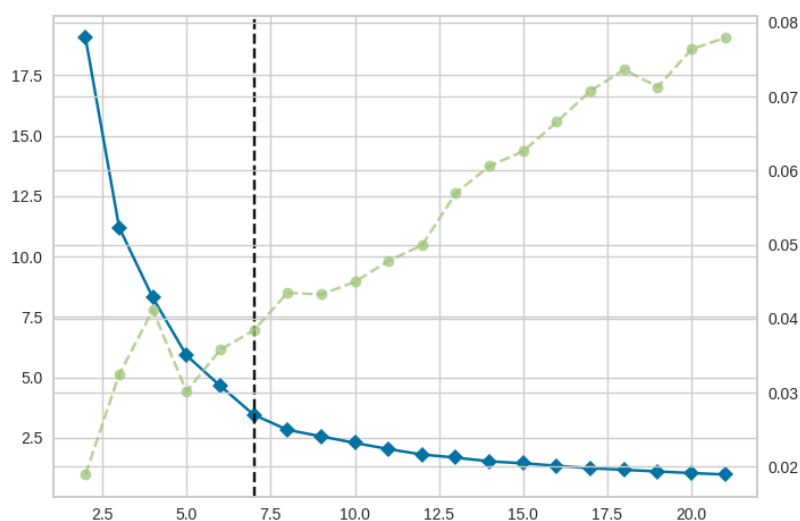


Figura 2. Método do cotovelo

A figura 3 foi gerada com os agrupamentos dos sinais (a) e dos sinais com a série (b).

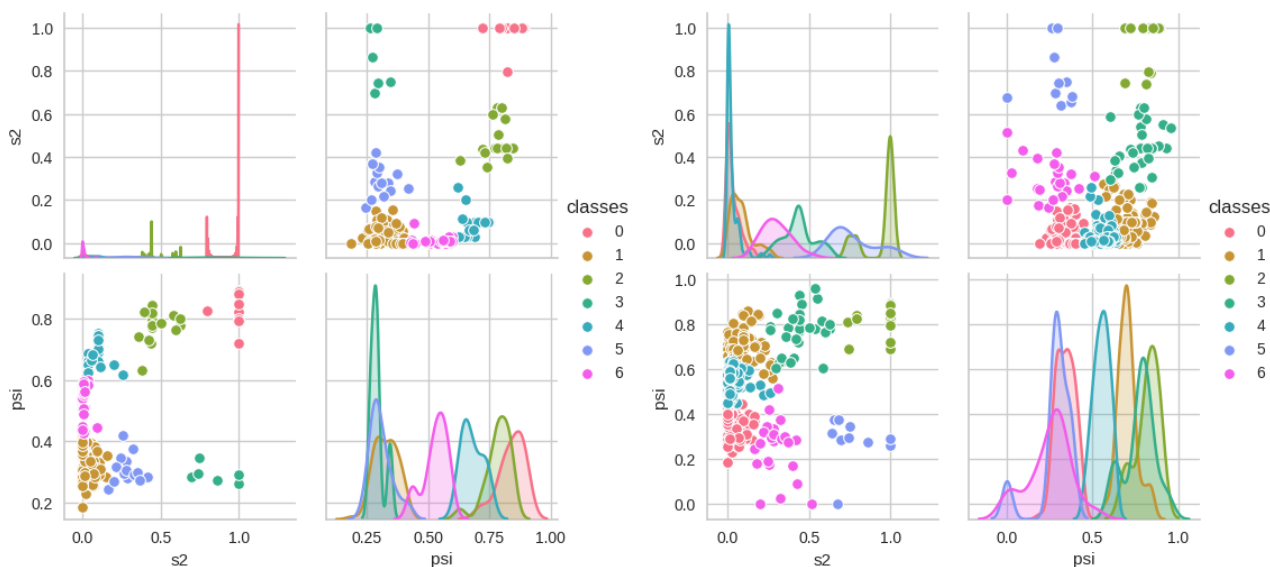


Figura 3. K-means. a) sinais dataset_signal b) sinais dataset_signal e COVID-19

Observando as classes da figura 3.a e os dados estatísticos do dataset_signal normalizados, é possível classificar as principais séries na tabela 1.

Tabela 1. Principais séries dataset_signal

Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
P-noise, Chaos	Noise, Colored, P-noise,	P-noise, Chaos	Noise, Colored	P-noise, Chaos	Noise, Colored, P-noise,	Noise, Colored P-noise, Chaos

Observando a figura 5.b e os dados estatísticos da covid normalizados, é possível classificar os principais países na tabela 2, de acordo com a classe. Foram selecionados 9 países mais próximos de cada centróide de cada agrupamento.

Ao realizar um mapeamento visual dos grupos da figura 5.a com os grupos da figura 5.b, e observando os dados estatísticos, é possível classificar as principais séries, que foram detalhadas no cabeçalho da tabela 2.

Tabela 2. Países mais próximos do centróide do agrupamento.

Classe 0 Noise, Colored, P-noise,	Classe 1 P-noise, Chaos	Classe 2 P-noise, Chaos	Classe 3 P-noise, Chaos	Classe 4 Noise, Colored P-noise, Chaos	Classe 5 Noise, Colored	Classe 6 Noise, Colored, P-noise,
United Kingdom	Australia	Zimbabwe	Paraguay	Costa Rica	Lesotho	Vatican
Netherlands	New Zealand	Papua New Guinea	Ecuador	Cyprus	Anguilla	Liechtenstein
Romania	Panama	Timor	Palestine	Canada	Faeroe Islands	Dominica
Chile	Iraq	Mongolia	Sao Tome and Principe	Liberia	Nicaragua	New Caledonia
Russia	Mali		French Polynesia	Moldova	Trinidad and Tobago	Cambodia
Azerbaijan	Uruguai		Gambia	Madagascar		
Denmark	Bolivia		Libya	Northern Mariana Islands		
Senegal	Argentina		Aruba	Zambia		
Malaysia	South Korea		Tanzania	Uganda		

Foram geradas as figuras 4 a 10, uma para cada classe.

Na figura 4, podemos observar um comportamento normalizado de distribuição, na maioria dos países, típico, de sinais Colored, como é o caso da Romênia. Também podemos observar sinais com flutuação mais simétrica, típicas de p-noise, como no caso da Holanda. E sinais noise, com distribuição mais aleatória, como no caso do Reino Unido.

A figura 5 exibe sinais p-noise, com flutuação mais simétrica, como é o caso da Austrália, e outros mais caóticos, como no caso da Argentina.

A figura 6 exibe alguns sinais com flutuações simétricas mas também sinais caóticos, principalmente devido ao baixo número de casos.

A figura 7 exibe sinais caóticos com grande variação na amplitude, como é o caso de Sao Thome e Principe, devido à falta de testes testes no período e/ou postergamento das medições. O país Equador foi removido do gráfico para exibir melhor os sinais dos outros países, principalmente devido à mudanças na metodologia, que causaram valores negativos.

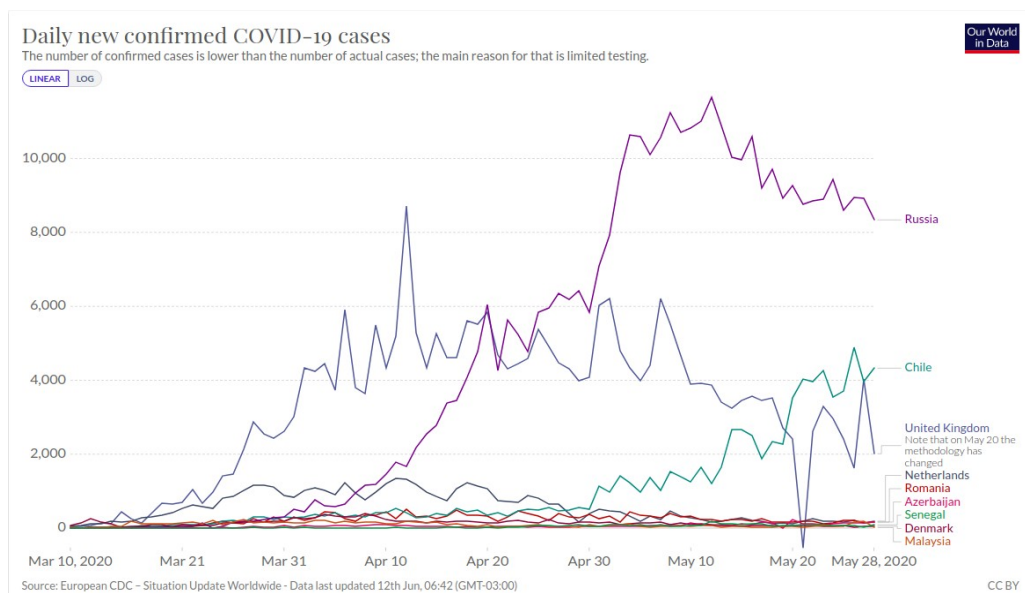


Figura 4. Países da classe 0

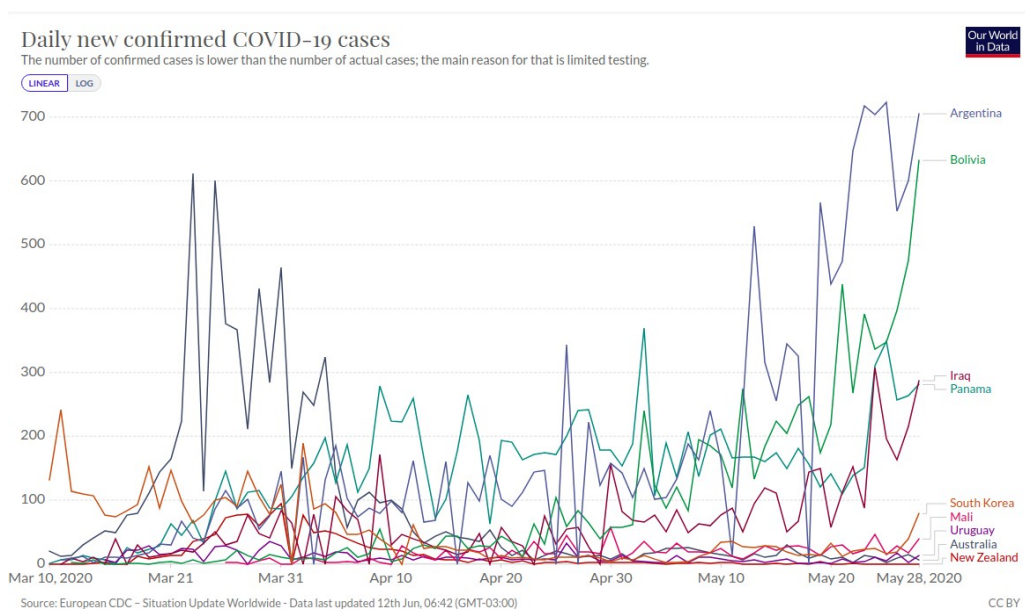


Figura 5. Países da classe 1

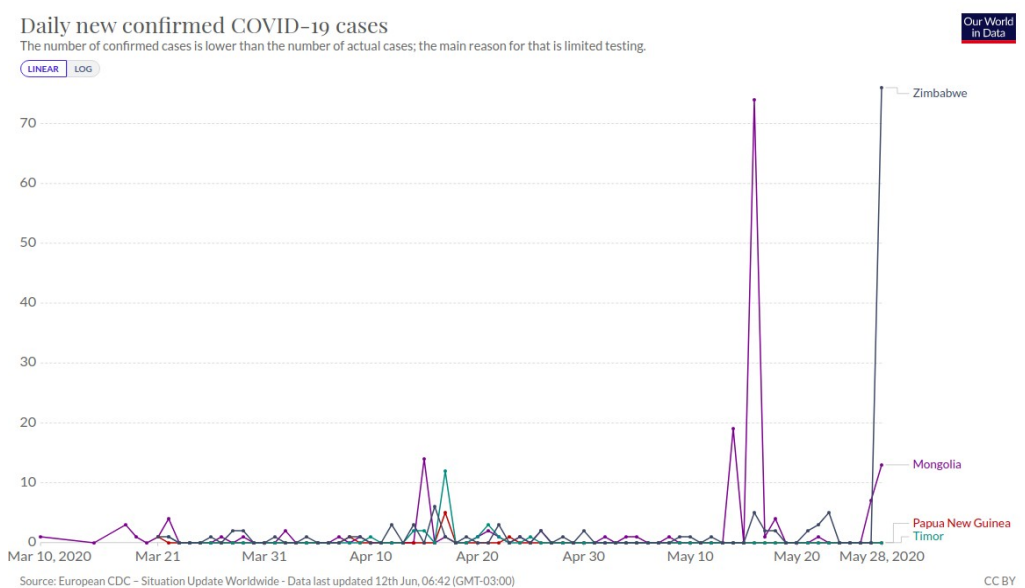


Figura 6. Países da classe 2

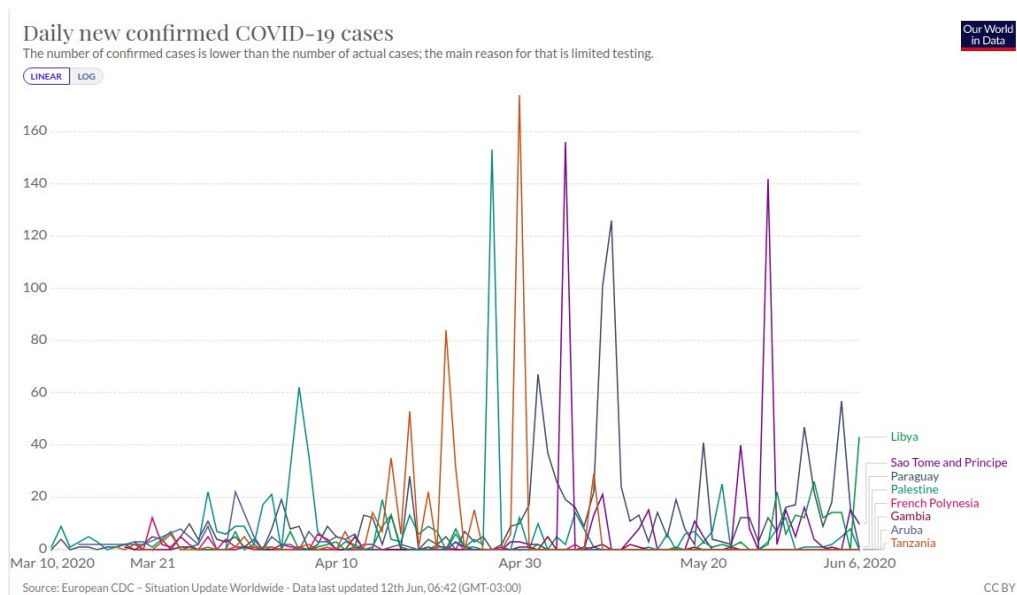


Figura 7. Países da classe 3

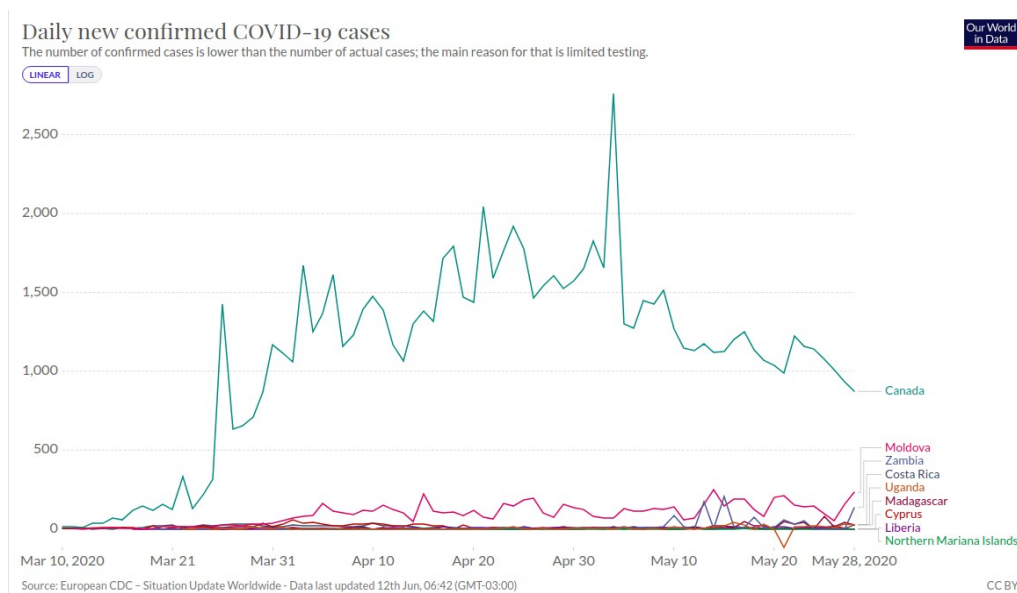


Figura 8. Países da classe 4

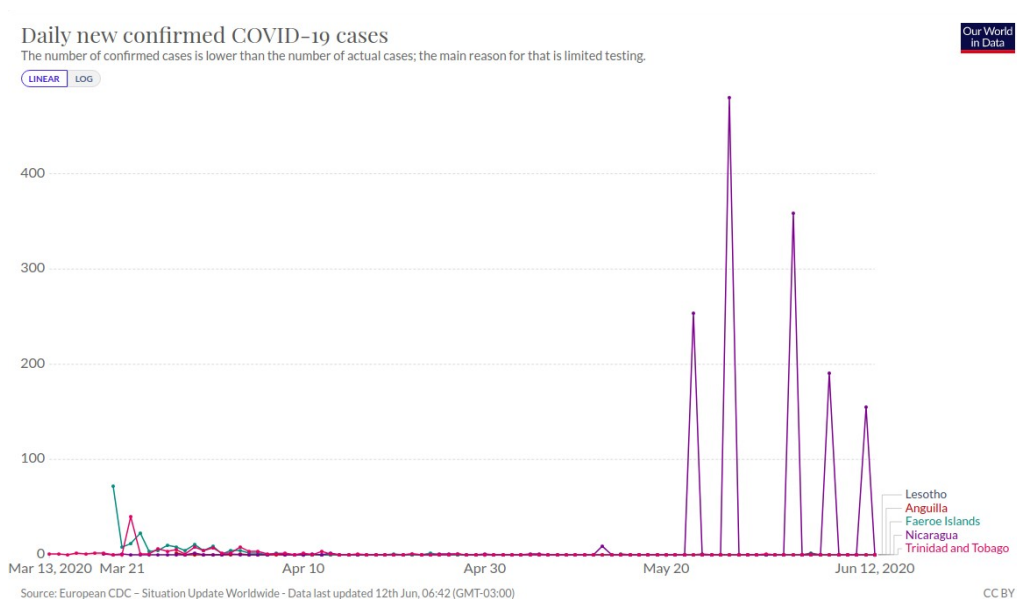


Figura 9. Países da classe 5

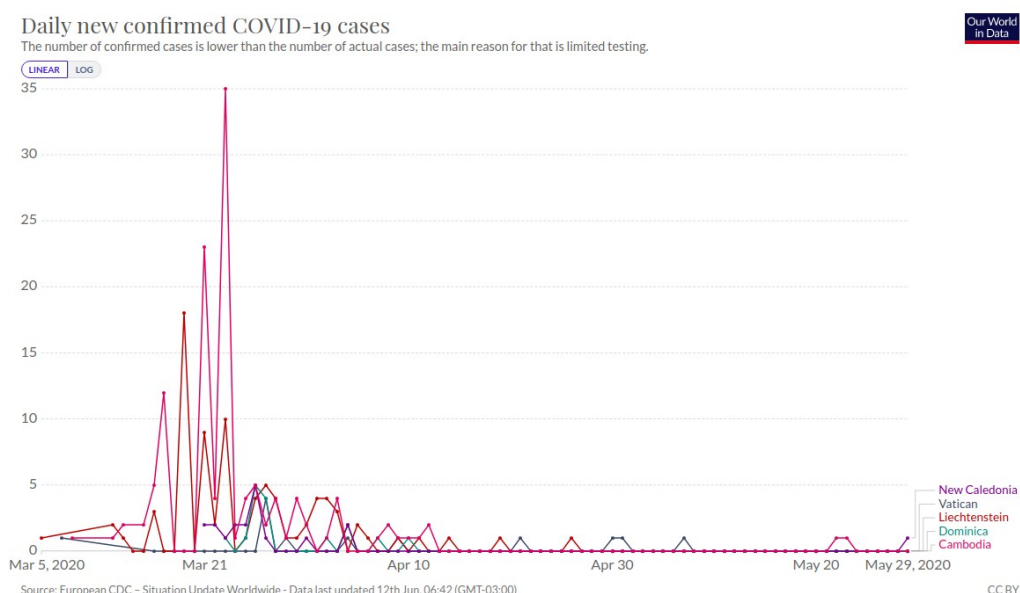


Figura 10. Países da classe 6

A figura 8 exibe alguns sinais com flutuações mais simétricas e de baixa amplitude e outros sinais do tipo Colored, como é o caso do Canadá, mas também exibe sinais caóticos.

As figura 9 e 10 exibem sinais com flutuações Noise, devido aos picos, e sinais assimétricos, o que ocorre devido ao maior registro de casos no início ou final do período.

O 50 países com maior número de casos foram mapeados na tabela 3, como amostra de países que também se enquadraram nas classes.

Tabela 3. 50 Países com maior número total de casos

Classe 0 Noise, Colored, P-noise,	Classe 1 P-noise, Chaos	Classe 2 P-noise, Chaos	Classe 3 P-noise, Chaos	Classe 4 Noise, Colored P-noise, Chaos	Classe 5 Noise, Colored	Classe 6 Noise, Colored, P-noise,
United Kingdom	Iran		Ecuador	India		
Netherlands	Colombia			Italy		
Chile	Egypt			United States		
Belarus	Portugal			Peru		
Russia	Philippines			Turkey		
México	China			Spain		
Saudi Arabia	United Arab Emirates			Brazil		
Bangladesh	Argentina			Germany		
Romania	Panama			France		

7.3 Conclusão

O valor de Ψ foi importante na separação das classes 0, 1 e 4, que apresentaram sinais do tipo p-Noise em todas essas classes, mas também apresentam sinais Colored, Noise e Chaos. Devido à separação dos sinais Colored, foi possível identificar países que já passaram pelo pico da pandemia, como é o caso das classe 0 e 4.

Um maior valor de Ψ indica séries com maior multifractalidade, como na classe 1, ou menor correlação entre os elementos da série, como nas classes 2 e 3.

Os grupos com maior assimetria, foram identificados nas classes 2 e 5, onde se verifica países que tiveram mais casos no início ou no final da pandemia.

Referências

FORNARI, Gabriel. ESTUDO DE TÉCNICAS FRACTAL E MULTIFRACTAL PARA ANÁLISE DE IRREGULARIDADES NA IONOSFERA EQUATORIAL. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Brasil, 2006.

KANTELHARDT, Jan W. FRACTAL AND MULTIFRACTAL TIME SERIES. Institute of Physics, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, 06099 Halle, Germany, 2008.

ROSER, Max, RITCHIE, Hannah, ORTIZ-OPSPINA, Esteban, HASELL, Joe. Coronavirus Pandemic (COVID-19). <https://ourworldindata.org/coronavirus>. Acesso em 10 de junho de 2020.