



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76  
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

## **XXIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA - 2019**

### **TÍTULO DO RESUMO**

**MELO, M. O.<sup>1</sup>; ZEBENDE, G. F.<sup>2</sup> e CRUZ, J.A.L.<sup>3</sup>**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Nome do Curso, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [marcel.de.melo@hotmail.com](mailto:marcel.de.melo@hotmail.com)
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [gfzbende@hotmail.com](mailto:gfzbende@hotmail.com)
3. Participante do projeto “Modelagem e estudo de sistemas complexos”, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [juan@uefs.br](mailto:juan@uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Matlab; fractais; DFA.

### **INTRODUÇÃO**

São chamados de biosinais os sinais medidos de manifestações fisiológicas involuntárias que podem ser analisados ou processados. As séries de sinais obtidos no tempo são chamadas de séries temporais e podem ser processadas métodos estatísticos, como por exemplo, a Análise de Flutuações Destendenciadas (DFA) (LOPES, 2009).

O DFA é um método estatístico que calcula a auto afinidade de um sinal (RAMOS, 2007). Relacionando esse método com a análise multifractal, é necessário que alguns cálculos e interpretações sejam acrescentados ao DFA (KANTEHARDT, 2002), resultando no método Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA).

O MFDFA pode ser utilizado para processamento de sinais biomédicos a partir de softwares especializados. Um desses softwares é o MATLAB, onde é possível trabalhar os sinais biomédicos de forma que o método MFDFA possa ser utilizado para analisar seu comportamento para diferentes doenças e transtornos.

Esse processamento é de suma importância na identificação de padrões de funcionamento de determinado órgão, e conseqüentemente, no diagnóstico de doenças, como por exemplo, doenças cardíacas, que podem ser identificadas a partir do exame de eletrocardiograma. O gráfico obtido pode apresentar alterações que contribuem para o diagnóstico de diferentes doenças. O ritmo normal de funcionamento do coração é de 60 bpm a 100 bpm (batimentos por minuto), o que é utilizado como base de comparação para identificar doenças como bradicardia e taquicardia pelas alterações visíveis no eletrocardiograma (RAMOS, 2007).

Além disso, os sinais apresentados no eletrocardiograma podem ser analisados mais robustamente pelo método MFDFA implementado no MATLAB para identificar um comportamento fractal da série e verificar a invariância de escala nos biosinais elétricos cardíacos, o que pode contribuir para um melhor aproveitamento das informações contidas no eletrocardiograma.

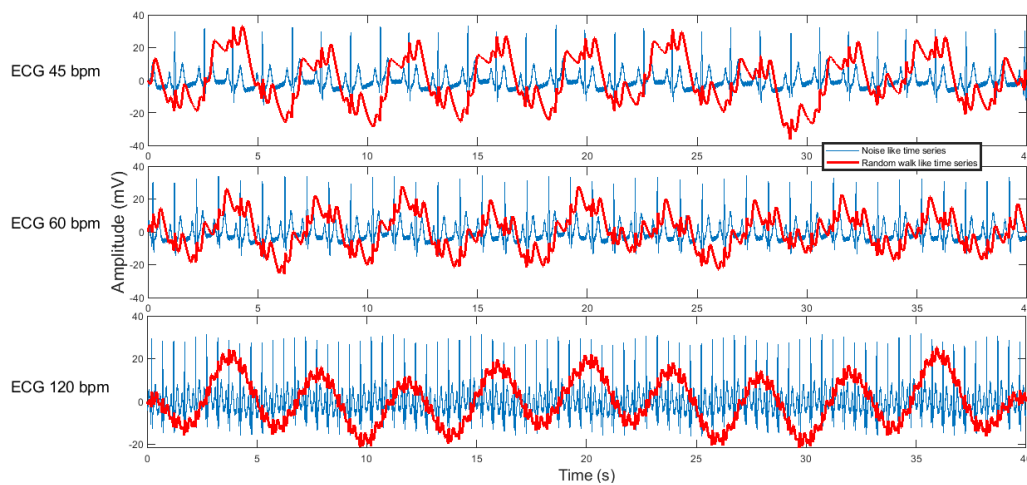
### **MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)**

O método utilizado para tratamento e análise das séries foi o MFDFA, que extrai informações a partir da consideração de parâmetros do espectro multifractal gerado pela série temporal, foi implementado MATLAB a partir do código proposto por IHLEN,

2012. Os parâmetros considerados são  $\alpha_0$ , que fornece uma estimativa do expoente de Hurst e caracteriza o processo como correlacionado, anticorrelacionado ou aleatório,  $\delta\alpha$ , que mede a amplitude de expoentes fractais que descrevem o sinal a partir da largura do espectro multifractal e o parâmetro B, que determina o domínio de pequenas e grandes flutuações no espectro multifractal e está relacionado com sua simetria.

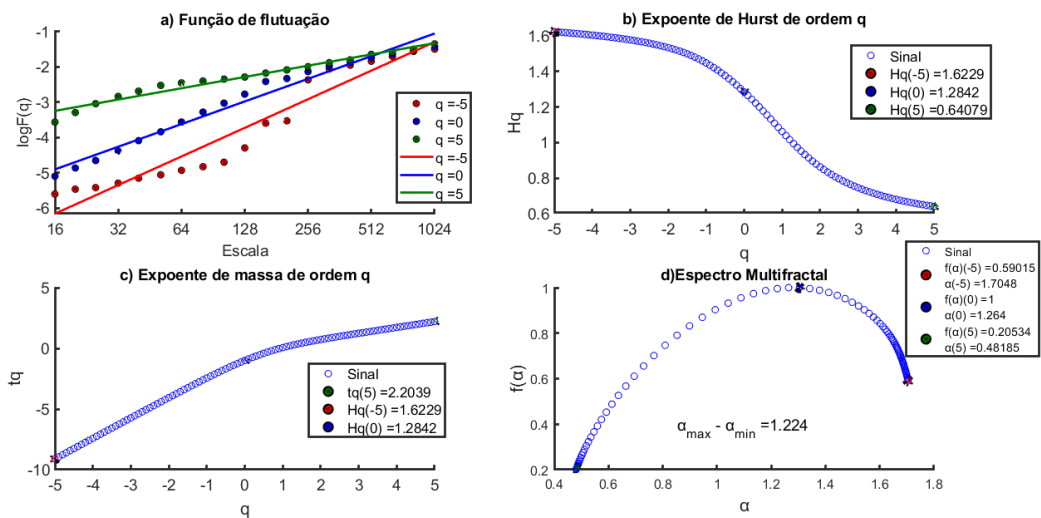
## RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Na figura 1, estão apresentados os sinais de eletrocardiograma analisados, com frequências cardíacas de 45 bpm, 60 bpm e 120 bpm.



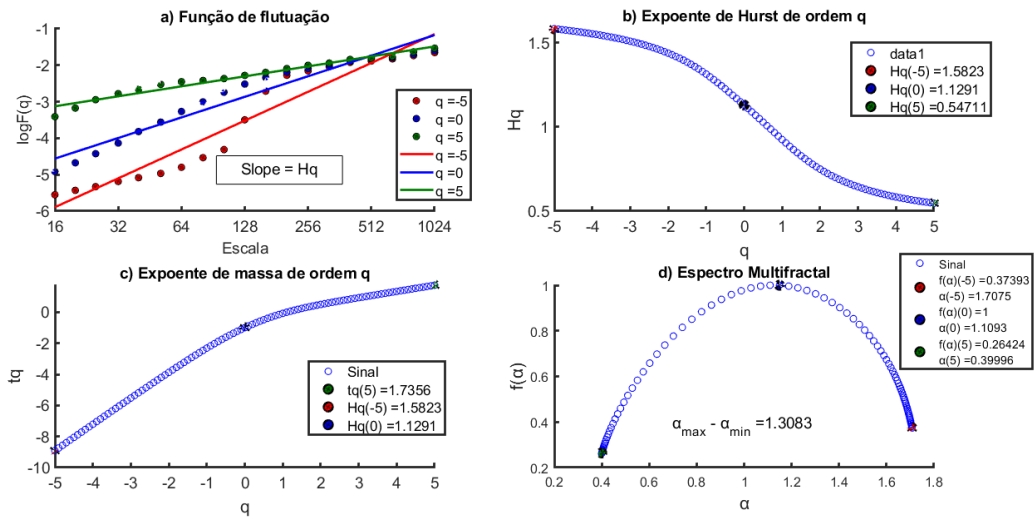
**Figura 4** – Séries temporais de eletrocardiogramas

A partir do processamento do MFDFA no MATLAB, foram gerados os gráficos apresentados nas figuras 2, 3 e 4, que apresentam: a) a função flutuação  $F(q)$  para diferentes escalas; b) o expoente generalizado de Hurst ( $Hq$ ); c) o expoente de massa ( $tq$ ) e por fim, d) o espectro multifractal.

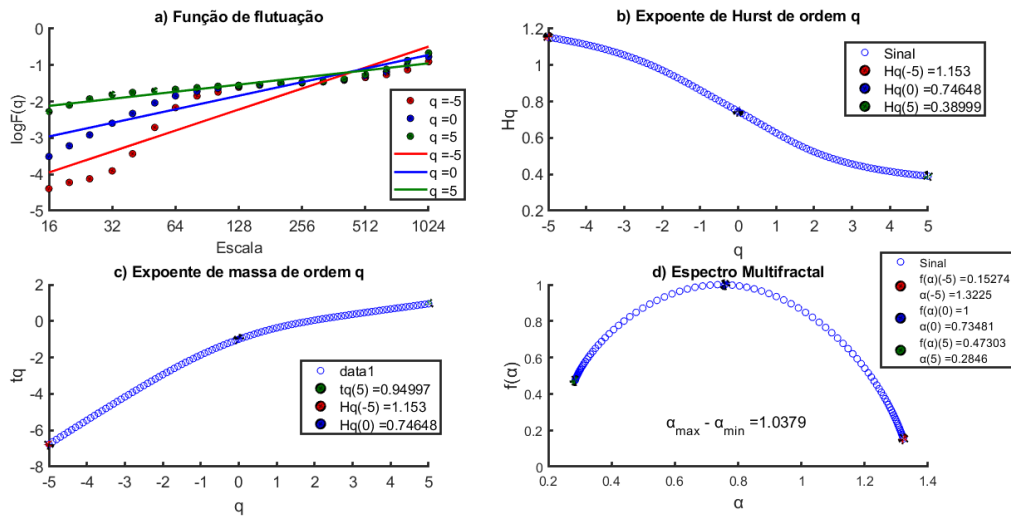


**Figura 2** – Gráficos para ECG 45 BPM: a) Função de flutuação versus escala para diferentes ordens de  $q$ ; b) Expoente generalizado de Hurst para diferentes ordens de  $q$ ;

c) Expoente de massa para diferentes para diferentes ordens de  $q$ ; d) Espectro multifractal



**Figura 3** – Gráficos para ECG 60 BPM: a) Função de flutuação versus escala para diferentes ordens de  $q$ ; b) Expoente generalizado de Hurst para diferentes ordens de  $q$ ; c) Expoente de massa para diferentes para diferentes ordens de  $q$ ; d) Espectro multifractal.



**Figura 4** – Gráficos para ECG 120 BPM: a) Função de flutuação versus escala para diferentes ordens de  $q$ ; b) Expoente generalizado de Hurst para diferentes ordens de  $q$ ; c) Expoente de massa para diferentes para diferentes ordens de  $q$ ; d) Espectro multifractal

Os parâmetros obtidos, mostram que, para os três ritmos cardíacos considerados, o  $\alpha$  positivo indica um processo correlacionado. A variação desse  $\alpha$ , ou seja,  $\delta\alpha$ , que representa a amplitude do espectro multifractal, mostra que entre estas séries, a ECG 60 BPM, que está na faixa de frequência cardíaca normal, apresenta características multifractais mais fortes. É possível afirmar também que, pelo valor do parâmetro B, as

três séries tem assimetria para a esquerda, logo os subconjuntos com grandes flutuações têm maior contribuição do espectro multifractal.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)**

A partir da utilização do MFDFA foi possível adquirir resultados que descrevem o comportamento multifractal das séries temporais de eletrocardiograma. Foi possível reconhecer o padrão de comportamento das séries analisadas, que revelou características importantes dos eletrocardiogramas, como por exemplo, a determinação do  $\alpha$  caracteriza as séries como persistentes, intensidade maior das características multifractais na série do ritmo cardíaco normal e a contribuição maior das grandes flutuações.

### **REFERÊNCIAS**

KANTELHARDT, Jan W. et al. Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 316, n. 1-4, p. 87-114, 2002.

Morettin, P. e Toloí, C. (2004). *Análise de séries temporais*. ABE – Projeto Fisher. Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo.

RAMOS, Ângela Patrícia; SOUSA, Bolivar Saldanha. Eletrocardiograma: princípios, conceitos e aplicações. **Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício**, 2007.

Lopes, R. and Betrouni N. Fractal and multifractal analysis: a review. *Med. Image Anal.* 13,634-649, 2009.

IHLEN, Espen Alexander Fürst EAFI. Introduction to multifractal detrended fluctuation analysis in Matlab. **Frontiers in physiology**, v. 3, p. 141, 2012.