

Análise da Fibrilação Ventricular Utilizando a Transformada Wavelet Discreta

Matheus Duarte da Silva, Ernano Arrais Junior e Francisco C. Gurgel da S. Segundo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – Pau dos Ferros – RN – Brasil.
Laboratório de Análise de Sinais Biomédico – LASBIO
Grupo de Desenvolvimento e Simulação – GDeS

matheus.duartesilva@hotmail.com; ernano.arrais@ufersa.edu.br,
francisco.segundo@ufersa.edu.br

Abstract. *Poor eating habits and excessive drug consumption contribute to an increase in the number of cardiovascular diseases. In this sense, several researches in the field of telehealth have been developed, among which is the slope of telecardiology. Therefore, this research aims to use Wavelet Transform to analyze ventricular fibrillation. For that, a bibliographic review was carried out in order to understand the concepts under study. The analysis of the Wavelet Discrete Transform was done using the MATLAB software. With this transform the signal is divided into approximation coefficients and Wavelet coefficients, and from this the multiresolution analysis was obtained and a more adequate frequency range of the signal was reached for the identification of the pathology. It is worth mentioning that this research is part of a larger project, which is underway. However, we already have some experimental results that demonstrate the characteristics of the desired system.*

Resumo. *Os maus hábitos alimentares e o consumo excessivo de drogas contribuem para o aumento no número de doenças cardiovasculares. Nesse sentido, diversas pesquisas no âmbito da telessaúde vêm sendo desenvolvidas, dentre as quais está a vertente de telecardiologia. Diante disso, essa pesquisa tem como objetivo utilizar as Transformadas Wavelet para analisar a fibrilação ventricular. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica com o intuito de entender os conceitos em estudo. A análise da Transformada Wavelet Discreta foi feita a partir da utilização do software MATLAB. Com essa transformada o sinal é dividido em coeficientes de aproximação e coeficientes Wavelet e, a partir disso, obteve-se a análise em multiresolução e foi alcançada uma faixa de frequência mais adequada do sinal para a identificação da patologia. Vale ressaltar que essa pesquisa faz parte de um projeto maior, o qual se encontra em andamento. Contudo, já se tem alguns resultados experimentais que demonstram as características do sistema desejado.*

Palavras Chaves – ECG; Transformada Wavelet; Fibrilação Ventricular

1. Introdução

O intenso avanço da tecnologia proporciona melhorias na qualidade de vida em diversos aspectos, tais como o conforto e a praticidade. Em contrapartida, houve uma

queda na prática de exercícios físicos assim como se teve uma grande mudança nos hábitos alimentares. Tal contexto provocou danos à saúde da população, dentre os principais destacam-se as doenças crônicas, cardiovasculares, cardiopatias, diabetes, obesidade e altos níveis de estresse. [Carlucchi 2013], [Organization 2017].

Segundo dados divulgados pela Organização Mundial de Saúde – OMS (2017), uma das principais causas de mortes no mundo está relacionada a doenças cardiovasculares. De acordo com informações disponibilizadas no Portal Brasil [Radílson 2014], o Brasil apresenta uma taxa de aproximadamente 30 % das mortes causadas por esses tipos de doenças, sendo que 60 % das vítimas são homens com idade média de 56 anos. Além disso, é informado ainda que doenças cardíacas dominam os *rankings* de maiores números de mortes nos últimos anos no país e no mundo.

Nesse sentido, o avanço tecnológico ligado à detecção de doenças cardiovasculares já se encontra em um nível significativo de desenvolvimento, porém, o elevado custo dos equipamentos norte-americanos favoreceu a criação e pesquisa de novas tecnologias e ferramentas nacionais. No Brasil, esse avanço está se tornando possível através de diferentes centros de referência, dentre eles destaca-se o Instituto do Coração – Incor (2013). Diante disso, informações divulgadas no site do Incor afirmam que o instituto já tem pesquisas clínicas e básicas aplicadas produzidas por estudantes, as quais foram especificadas em 5.720 estudos, sendo que 3.623 deles já foram publicados em revistas nacionais e 2.097 em internacionais.

Dentre esses avanços está o desenvolvimento de técnicas e tecnologias aplicadas à promoção da saúde a distância, as quais podem acontecer através da internet, redes de voz, vídeo e teleconferência. No Brasil, o programa de telessaúde se configura em uma ação nacional que busca melhorar a qualidade do atendimento e atenção básica no Sistema Único de Saúde (SUS), integrando ensino e serviços por meio de ferramentas da informação, além de oferecer condições para promover a teleassistência, a teleeducação, redução de custos e tempo no deslocamento, otimizar os serviços do sistema. Dentre uma das ofertas de teleassistência está a telecardiologia, uma forma de detecção de cardiopatias e patologias cardíacas através do eletrocardiograma. [Ministério da Saúde 2014].

Dentre as patologias mais graves do coração, está a fibrilação ventricular, a qual é considerada a mais grave das arritmias cardíacas e pode ser descrita como uma patologia terminal. Ao ocorrer no paciente, se não for realizado o diagnóstico e as demais técnicas de ressuscitação cardiopulmonar e desfibrilação elétrica, este pode vir a óbito. Uma particularidade destacada nessa patologia é apresentado no complexo QRS característico da despolarização dos ventrículos, através da exibição de uma forma caótica e sem nenhum ritmo. Isso porque, os estímulos elétricos passam a acontecer de uma região do ventrículo para outra, fazendo uma espécie de múltiplos laços de repetição, ocasionando o não bombeamento do sangue para as demais regiões do coração e conseqüentemente do corpo humano. [Arrais 2016a], [Guyton & Hall 2006]. Diante disso, essa pesquisa tem como objetivo usar as transformadas *Wavelet* para analisar sinais de eletrocardiograma, enfatizando a patologia cardíaca fibrilação ventricular.

Para tanto, esse trabalho está organizado em seis seções: a primeira apresenta esta introdução; a segunda contém a metodologia, onde se definem o métodos e ferramentas adotadas na elaboração dessa pesquisa; a terceira descreve as atividades

elétricas do coração de acordo com o embasamento da literatura; a quarta dá ênfase ao estudo das transformadas *Wavelet* e sua respectiva aplicação para esse caso; a quinta traz os resultados e discussões, nesta secção são apresentados novos resultados, fazendo uma análise da aplicação das transformadas *Wavelet* para o entendimento do comportamento do sinal de fibrilação ventricular; a sexta, por sua vez, apresenta as considerações finais.

2. Metodologia

Na finalidade de subsidiar o objetivo traçado, essa pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, no qual adota-se uma metodologia com abordagem de dados qualitativa e quantitativa. No que se refere ao entendimento das atividades elétricas do coração, suas patologias e a Transformada *Wavelet*, foi realizada uma revisão bibliográfica para verificar o que a literatura tem produzido sobre o assunto. Além disso, para análise da onda de fibrilação ventricular fez-se o uso de métodos quantitativos com auxílio do *software MATLAB* e a utilização do banco de dados do *MIT-BIH Malignant Ventricular Ectop DataBase* disponibilizado online na Plataforma *Physionet*. [Goldberger et al 2000].

3. Atividade elétrica do coração

O eletrocardiograma (ECG), mostrado na Figura 01, representa a atividade elétrica do músculo cardíaco, nele são apresentadas as ondas geradas em diferentes regiões do coração. A onda P corresponde a contração atrial, o complexo QRS corresponde a compressão ventricular, a onda T refere-se ao relaxamento dos ventrículos e a onda U tem origem indefinida e quase não aparece no ECG, pois possui intensidade e amplitude menor que a onda T. [Guyton & Hall 2006], [Arrais 2016a], [Malmivuo & Plonsey, 1995], [Thaler 2013].

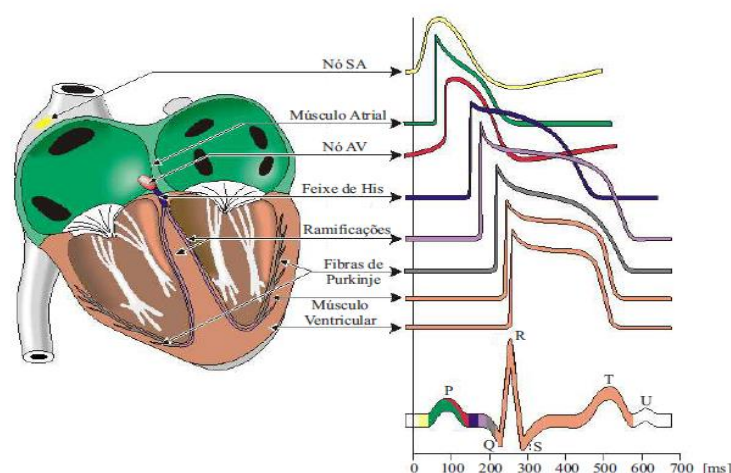


Figura 1. Representação do eletrocardiograma. Fonte: Arrais (2016)

4. Fundamentos da Transformada Wavelet

Os conceitos de Transformadas *Wavelet* Discretas (TWD) estão sendo bastante examinados, quando se refere à análise de sinais não estacionários, ou seja, sinais que variam sua frequência ao longo de sua onda. Estas oferecem uma análise compacta do tempo-frequência simultaneamente e podem ser decompostas em várias outras ondas com diferente níveis de resolução. A teoria Análise de Multirresoluções (AM) permite uma decomposição do sinal, na qual são gerados os coeficiente de aproximação e os de *Wavelet*, e proporciona funções de base ou famílias *Wavelet*, que possibilitam fazer a análise do sinal afim de obter melhores resultados. [Porfirio & Bernardi 2010], [Lima 2002], [Arrais 2016a].

O conceito de multirresolução surge como base de estudos para uma estrutura piramidal de decomposição que utiliza técnicas usando filtros (passa-baixa e passa-alta), mostrado na Figura 02. A partir de uma onda denominada de *Wavelet* mãe, são originadas duas sub-amostras (os coeficiente de aproximação e os coeficientes *Wavelet*) das ondas pelo processo de filtragem [Mallat 2009], [Arrais 2016a].

Na qual, esses coeficientes podem ser descritos através das equações (4.1 e 4.2) matemáticas:

$$s_j(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(n - 2k)s_{j-1}(n) \quad (4.1)$$

$$\omega_j(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n - 2k)s_{j-1}(n) \quad (4.2)$$

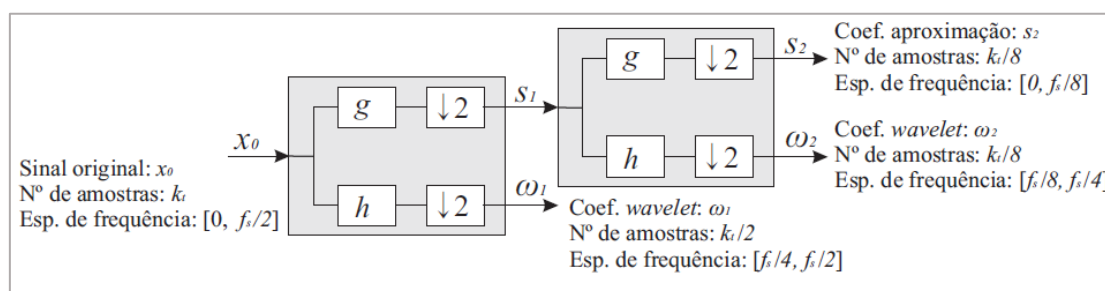


Figura 2. Processo de decomposição: dois níveis de resolução. Fonte. Arrais (2016).

Conforme mostra a Figura 2, uma onda cujo o sinal original é x_0 e possui uma frequência de amostra de (f_s), os blocos g e h são as representações dos filtros passa-baixa e passa-alta, respectivamente, e o símbolo $\downarrow 2$ representa os processos de operações pela filtragem digital (sub-amostragem por 2). Este diagrama está representando o processo de decomposição de um sinal original em coeficientes de aproximação S_1 e wavelet ω_1 [Arrais 2016a]. Arrais (2016) mostra ainda que os coeficientes de aproximação e *Wavelet* possuem metade do número de amostras do sinal original x_0 , $k_t/2$, devido ao processo de subamostragem por dois. Onde, a frequência varia de $[0, f_s/2]$ Hz a medida que os coeficientes de aproximação e *Wavelet* aumentam.

5. Resultados e Discussões

A análise da onda cardíaca foi realizada fazendo uso do sinal do ECG no qual foi utilizado a *Wavelet* mãe da família *Daubechies* com 4 coeficientes, denominada db (4)

por apresentar melhores resultados para tal análise [Arrais 2016b]. Este sinal foi retirado do banco de dados *MIT (Massachusetts Institute of Tecnology)*, onde fez se o exame da gravação 418, presente no banco *MIT-BIH Malignant Ventricular Arrhythmia Database*, na qual esta gravação foi apresentada ao longo do seu sinal anormalidades (Fibrilação Ventricular) em pequenas faixas de tempo, este sinal possui frequência de 250 Hz e duração de 36 min. [Goldberger et al. 2000]

Vale ressaltar que o sinal em estudo foi reamostrado para uma frequência de 350 Hz, de acordo com Arrais (2016) a escolha dessa frequência de amostragem se deu em virtude de facilitar a análise do sinal a partir da otimização de distribuição das energias do sinal ECG nos níveis de resolução. A Tabela 1 apresenta a faixa de frequência corresponde a cada nível de resolução na TWD.

Escala	Faixa de Frequência [Hz]
1	87,5- 175
2	43,75- 87,5
3	21,875- 43,75
4	10,9375- 21,875
5	5,4688- 10,9375

Tabela 1. Faixas de frequência em cada nível de resolução

A Figura 3 (a e b) mostra uma comparação dos dois tipos de sinais. A Figura 3a mostra o sinal analisado (gravação 418), no qual ocorre a fibrilação ventricular e a Figura 3b apresenta e um sinal considerado normal do ECG, presente no banco de dados *MITBIH Normal Sinus Rhythm Database*, a gravação utilizada foi a 16265 [Goldberger et al. 2000]. Com base nesse sinal, procede-se com a análise *Wavelet*.

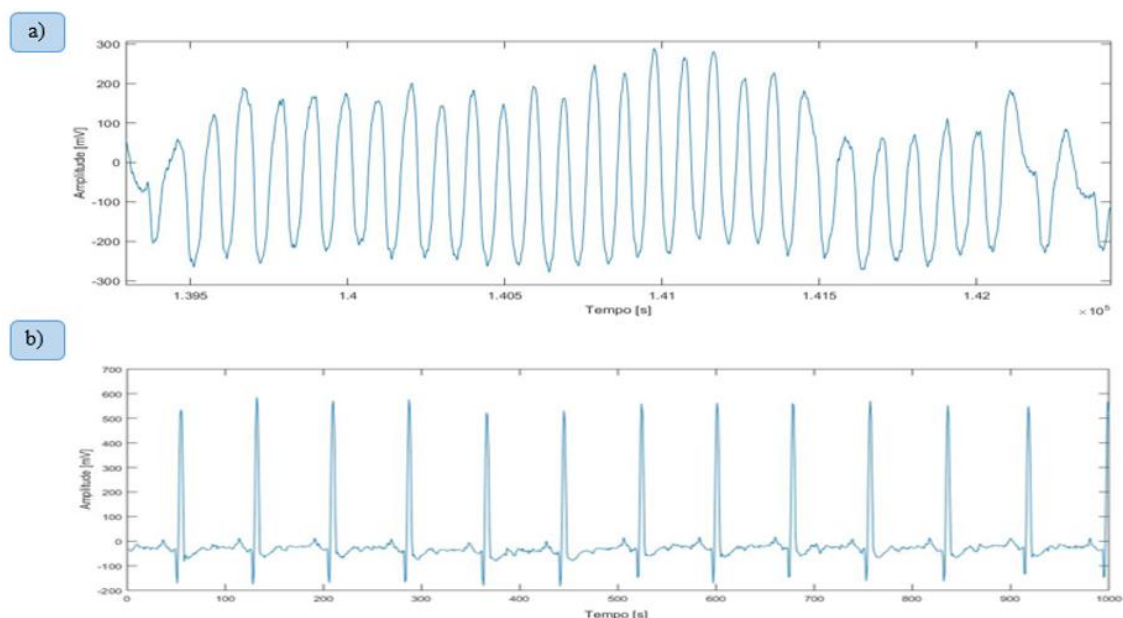


Figura 3. Sinais do ECG: a) Análise da faixa de sinal da fibrilação ventricular b) Análise de um sinal normal. Fonte. O Autor (2017).

Graficamente os dois sinais são muito distintos, pode-se perceber que na Figura 3a, não existe nenhuma onda (P, complexo QRS, T, U) definida, devido ser uma patologia ocasionada por diversas contrações na região dos ventrículos. O Complexo QRS apresenta-se distorcido em formato de uma onda senoidal e sem nenhuma regularidade em relação as ondas e frequências da Figura 3b.

A partir disso, fez-se a geração dos sinais nas diferentes escalas apontadas na Tabela 1. A Figura 4 (a e b) apresenta a superposição das ondas dentro das cinco escalas utilizadas para cada sinal, na qual pode-se notar que os coeficientes D1, D2, D3, D4 e D5 são os coeficientes de decomposição. É importante perceber que as transformadas *Wavelet* são melhores aplicadas a sinais que têm o comportamento de uma onda senoidal, na qual, é possível observar que as ondas do sinal da Figura 4a são exibidas distorcidas em comparação com as ondas do sinal da Figura 4b.

É mostrado ainda, na figura 4, que os maiores picos de variação refletem o momento de ocorrência de um pulso no sinal. Na Figura 4b os maiores picos da onda são ocasionado pela fibrilação; em contra partida, na figura 4a os maiores picos são ocasionados pelas ondas do Complexo QRS. Isso porque os coeficientes aplicados alteram-se de acordo com a modificação do sinal original, logo quanto maior for a amplitude do sinal, maior será a amplitude dos coeficientes.

O complexo QRS pode ser observado em todas as escalas, porém, a medida que a amplitude aumenta, o sinal pode ser visto com maiores detalhes dentro da escala. Acerca disso, na Figura 4a pode-se ter uma melhor visualização dos coeficientes das escalas 2^a, 3^a e 4^a. Enquanto isso, na Figura 4b consegue-se ter uma boa visualização das escalas 4^a e 5^a, as quais estão situadas numa frequência entre 5 – 22 HZ.

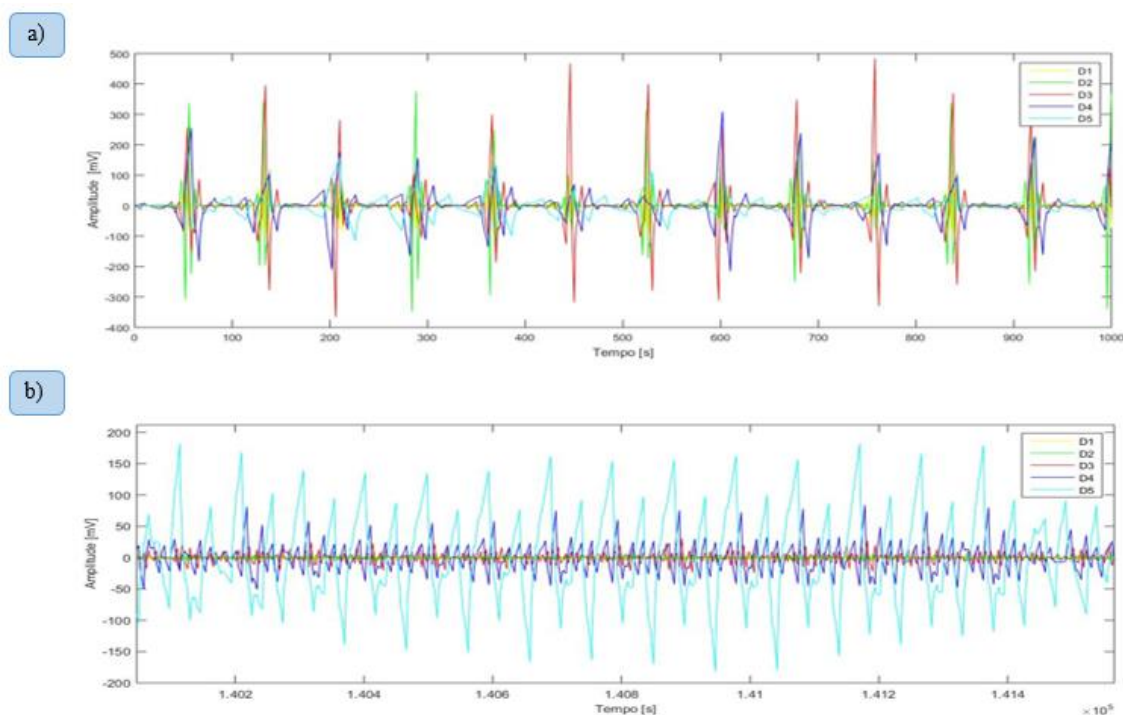


Figura 4. Coeficiente *Wavelet* a) Análise do sinal normal b) Análise da fibrilação ventricular. Fonte. O Autor (2017).

Os coeficientes de aproximação, por sua vez, são comparados na Figura 5 (a e b). Na figura 5b é possível notar que estes coeficientes geram ondas de decomposição semelhantes a onda mãe, apesar de conterem algumas distorções e pequenos atrasos. Em contra partida a Figura 5a mostra coeficientes distorcidos semelhantes aos da Figura 4a.

Vale ressaltar que a escala 1, da faixa de 87,5 Hz a 175 Hz, possui maior aproximação quando comparada com o sinal original, por isso, quanto mais distante da escala, maior será a distorção dos coeficientes de aproximação em relação ao original. Segundo Arrais (2016) isso se dá em virtude do fato de que o espectro de frequência aplicado para a geração da nova decomposição é bem menor.

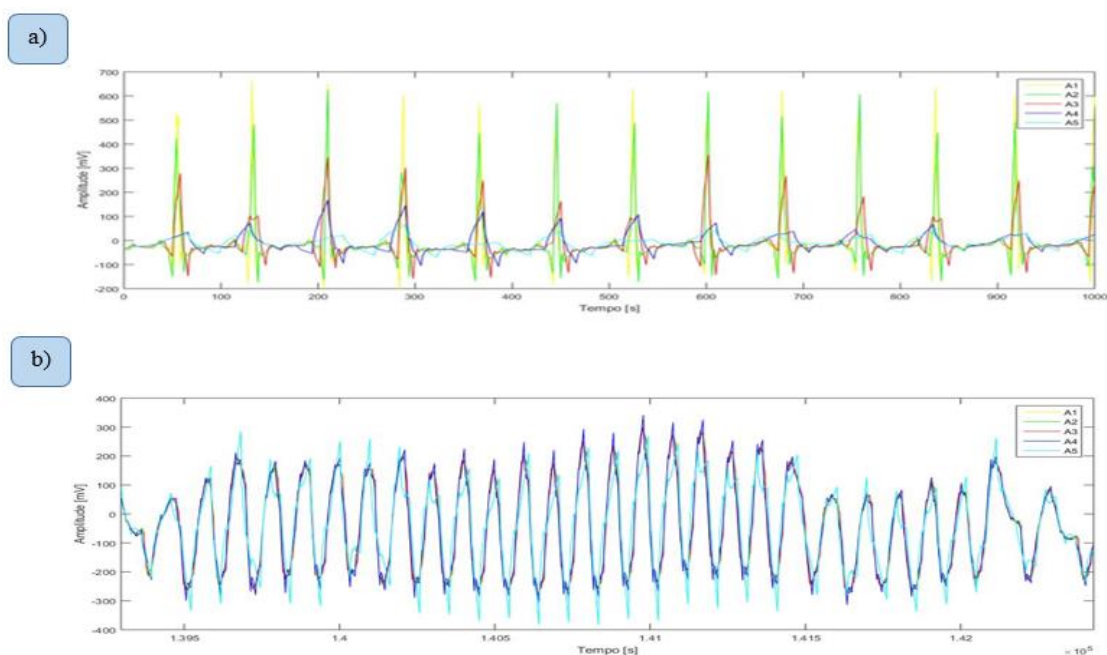


Figura 5. Análise dos coeficientes de aproximação. Fonte. O Autor (2017).

6. Conclusões

Mediante a pesquisa realizada, pode-se notar que os coeficientes *Wavelets* e os coeficientes de aproximação gerados pela implementação das Transformadas *Wavelet* Discreta possibilitam melhor análise do sinal de fibrilação, em virtude da utilização de diferentes faixas de frequência. Isso auxilia na detecção da patologia, podendo servir de respaldo em sistemas de telessaúde. Assim, para maior aprofundamento do tema em estudo é necessário a realização de trabalhos futuros, nos quais, será interessante a implementação de um algoritmo capaz de fazer a detecção da fibrilação ventricular.

Referências Bibliográficas

Arrais, Ernano J. (2016). “Sistema de Análise de Sinal Cardíaco para Aplicação em Telecardiologia”. 2016. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica e de Computação, Centro de Tecnologia, Unversidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

- Arrais Junior, R. A. de Medeiros Valentim and G. Bezerra Brandao, "Real Time QRS Detection Based on Redundant Discrete Wavelet Transform," in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no. 4, pp. 1662-1668, April 2016.
- Carlucchi, Edilaine Monique de Souza, et al. "Obesidade e sedentarismo: fatores de risco para doença cardiovascular." *Comun. ciênc. saúde* (2013): 375-384.
- GUYTON, Arthur Clifton; HALL, John E.; GUYTON, Arthur C. *Tratado de fisiologia médica*. Elsevier Brasil, 2006.
- Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation* 101(23):e215-e220 [Circulation ElectronicPages; <http://circ.ahajournals.org/content/101/23/e215.full>]; 2000 (June 13).
- Instituto do Coração. "Quem somos". Disponível em: <http://www.incor.usp.br/sites/incor2013/index.php/quem-somos>. Acesso em: 24 fev. 2017.
- Lima, P. C. (2002). Wavelets: uma introdução. *Matemática Universitária*, 33, 13-44.
- Mallat, Stéfane. "A wavelet tour of signal processing: the sparse way". 3. ed. Burlington: Ap, 2009.
- Malmivuo, Jaakko; Plonsey, Robert (1995). "Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields". Nova York: Oxford, 471 p.
- Ministério da Saúde. "Sobre o telessaúde". Disponível em: <http://telessaude.saude.ms.gov.br/portal/sobre-o-telessaude-2/>. Acesso em: 24 fev. 2017.
- Organization, World Health. The top 10 causes of death. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>. Acesso em jan. 2017.
- Radílson Carlos Gomes. Ministério da Saúde. "Doenças cardiovasculares causam quase 30% das mortes no País". 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2011/09/doencas-cardiovasculares-causam-quase-30-das-mortes-no-pais>. Acesso em: 24 fev. 2017.
- Thaler, M. S. "ECG essencial: eletrocardiograma na prática diária". 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 344 p.