

## ALGORITMO DE DETECÇÃO DA FIBRILAÇÃO ATRIAL A PARTIR DOS INTERVALOS RR

Miriam Ferraz de Paulo \*, Eduardo Guy Perpétuo Bock\*

\*Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, Brasil  
e-mail: Ferraz.miriam@gmail.com

**Resumo:** O artigo visa estudar e desenvolver um algoritmo que faça a detecção da fibrilação atrial a partir de sinais de eletrocardiograma. A fibrilação atrial é uma arritmia cardíaca muito comum onde são observados impulsos descontrolados nos átrios o que gera múltiplas frentes de onda vagando na região atrial do coração com padrões de propagação diferentes. A ideia é detectar a doença através de sinais eletrocardiográficos do banco de dados Physionet utilizando um método que analisa a irregularidade dos intervalos RR.

**Palavras-chave:** Fibrilação Atrial, Detecção da fibrilação atrial, ECG, intervalos RR.

**Abstract:** The paper aims to study and develop an algorithm that makes the detection of atrial fibrillation from the electrocardiogram signals. Atrial fibrillation is a common cardiac arrhythmia where uncontrolled impulses in the atria are observed. These impulses generate multiple wavefronts wandering in the atrial region of the heart with different propagation patterns. The idea is to detect the disease by electrocardiographic bank Physionet data using a method that analyzes the irregularity of RR intervals.

**Keywords:** Fibrillation, Detection of atrial fibrillation, ECG, RR intervals.

### Introdução

Dentre as doenças cardíacas uma das mais comuns é a Fibrilação Atrial, ocorre de 1,5% a 2% da população geral [1], estima-se que ela seja responsável por 33% de todas as internações por arritmias [2]. Como sua incidência aumenta com a idade, chega a acometer 10% dos indivíduos com mais de 80 anos [3].

Nos EUA existem aproximadamente 2,2 milhões de pacientes com Fibrilação Atrial (FA), na Europa esses números chegam a 4,5 milhões de pessoas e no Brasil acredita-se que existam 1,5 milhões de pacientes com esta arritmia [2].

A fibrilação atrial ocorre quando existem impulsos cardíacos descontrolados no interior dos átrios, onde pequenas partes do músculo atrial se contraem ao mesmo tempo gerando múltiplas frentes de onda vagando nos átrios com padrões de propagação diferentes [4].

Esse descontrole nas descargas elétricas efetuadas a partir do átrio se reflete nos ventrículos, como resultado, o batimento cardíaco torna-se irregular e, normalmente rápido. E no lugar da onda P, que representa a

despolarização dos átrios, apresenta-se uma linha de base flutuante, como é possível visualizar na Figura 1. A amplitude, forma e regularidade dessa linha variam entre sujeitos diferentes, em alguns casos é regular e com forma dente de serra e em outros casos é menos regular e com menor amplitude [5].

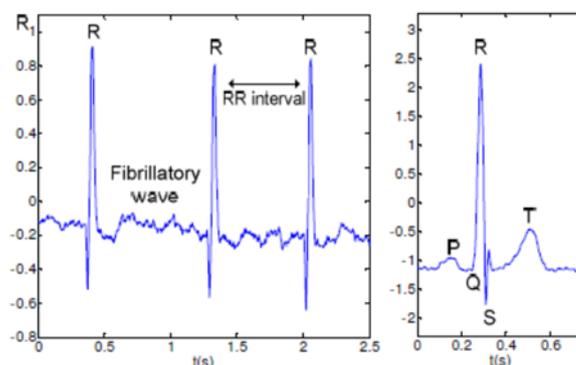


Figura 1: Episódio de fibrilação atrial (à esquerda) e ciclo cardíaco (à direita) [6]

Alguns sintomas levam a pessoa com fibrilação atrial a procurar o pronto socorro como, palpitações, cansaço repentino, tontura, incapacidade de realizar esforços habituais causada por dispneia (desconforto para respirar) [7].

E apesar desses sintomas a pessoa pode viver meses ou mesmo anos com a doença, mas com eficiência do bombeamento cardíaco global reduzida o que a longo prazo pode acarretar complicações, como o tromboembolismo sistêmico, formação de coágulos no coração que se desprendem e levam ao entupimento das artérias em diversas partes do corpo. Esse entupimento pode causar um acidente vascular cerebral (AVC, trombose), dentro deste quadro, o comprometimento cerebral responde por 80% dos casos com risco de morte [3].

Na presença dos sintomas citados o diagnóstico da fibrilação atrial requer confirmação pelo registro de Eletrocardiograma (ECG) [2].

A detecção da fibrilação atrial é muito importante para que o paciente seja tratado o quanto antes, principalmente quando a doença é assintomática e o diagnóstico só pode ser realizado durante uma consulta médica [8].

Esta arritmia é um grande desafio cardiovascular na sociedade moderna e seus aspectos médicos, sociais e

econômicos foram todos ajustados para piorar nas próximas décadas [1].

Analisando este cenário duas características podem ser detectadas no ECG de um paciente com fibrilação atrial, a irregularidade dos intervalos RR (intervalo entre dois picos R sucessivos), reflexo dos batimentos irregulares e a ausência da onda P, consequência da desorganização na atividade elétrica atrial. São encontrados variados estudos e diferentes algoritmos para detecção automática desta patologia baseados nestas duas características [8].

Dentre os métodos que utilizam a irregularidade dos intervalos RR do ECG pode-se citar modelos de Markov, parâmetro de variância simples, quadro estatístico, aplicação do Teste de Kolmogorov Smirnov, Modelo Auto-Regressivo [8], análise do histograma dos intervalos RR [9], redes neurais [10].

E alguns dos métodos que se baseiam na ausência da onda P, método ABS (Average Beat Subtraction - Subtração da Média dos Batimentos) [5], Espaço-temporal [5], Processamento Separado do QRS e T [11], métodos de separação de sinal [11].

Com objetivo de melhorar os resultados existem técnicas que combinam a irregularidade nos intervalos RR e a análise da onda P [8].

Este artigo propõe um algoritmo de detecção da fibrilação atrial baseado na irregularidade dos intervalos RR baseado no método apresentado no artigo de TATENTO e GLASS, 2001 [12].

Um programa no ambiente MATLAB R2012b foi desenvolvido com o objetivo de executar o pré-processamento do ECG, a detecção do complexo QRS e onda T para identificação dos ciclos cardíacos e a detecção da fibrilação atrial através do algoritmo proposto por TATENTO e GLASS, 2001[12].

Para avaliar o desempenho do sistema serão usados sinais de ECG com e sem FA do Physionet que é um site que oferece acesso gratuito a um banco de dados de sinais fisiológicos [13].

## Materiais e métodos

**Base de dados** – Duas bases de dados foram utilizadas ao longo do estudo, a Base de dados de Arritmia, MIT-BIH Arrhythmia Database [14] e a Base de dados de Fibrilação Atrial, MIT-BIH Atrial Fibrillation Database [15].

Na base de dados de Fibrilação Atrial encontra-se 25 gravações de ECG de pacientes humanos com fibrilação atrial, duração de 10h, amostrados a 250 Hz e resolução de 12 bits numa faixa de  $\pm 10$  mV. Na Figura 2 exemplo de um registro plotado no MATLAB.

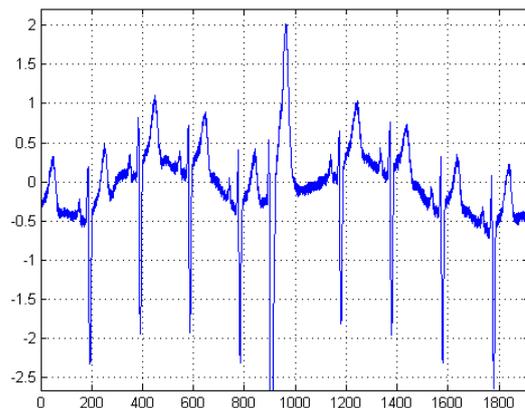


Figura 2– Registro 08455 da base de dados MIT-BIH Atrial Fibrillation Database plotado no MATLAB

A base de dados de Arritmia possui 48 trechos de meia hora de ECG obtidos de 47 indivíduos com taxa de amostragem de 360 Hz e resolução de 11 bits numa faixa de 10mV.

**Algoritmo de detecção dos picos R** – Como foi escolhida uma técnica que utiliza a irregularidade dos intervalos RR para detectar a fibrilação atrial a primeira etapa consiste em detectar os picos R do complexo QRS. E para isso será aplicado um algoritmo baseado numa proposta de PAN e TOMPKINS, 1985 [16][17], escolhido por ser um dos mais antigos, apresentar bons resultados (na base MIT-BIH Arrhythmia Database detectou 99,3% dos batimentos), estar presente na maioria dos monitores cardíacos, possuir aritmética inteira e quando opera em tempo real não precisa de um grande poder computacional [16].

O algoritmo consiste em quatro passos fundamentais: filtro passa banda, diferenciação e potência de 2, filtro de média móvel e comparação com um limiar. Os três primeiros passos permitem determinar a energia do sinal, o último a detecção dos picos de maior energia, portanto do pico R.

O filtro passa banda tem a função de filtrar as componentes de frequência nos quais o complexo QRS é mais relevante, isso porque juntamente com o sinal ECG aparecem diferentes fontes de ruído incluindo ruído muscular, artefatos devido ao movimento dos eletrodos durante a leitura do ECG, oscilações na linha de base, interferência da rede elétrica e da onda T [16].

Com o objetivo de atenuar os ruídos o sinal ECG é submetido a um filtro passa alta em cascata com um filtro passa baixa, a banda passante desejável para maximizar a energia do complexo QRS é aproximadamente de 5 a 15 Hz.

Em seguida é aplicada a diferenciação de segunda ordem. Uma vez que os picos QRS apresentam a maior variação do sinal, a diferenciação do sinal ECG permite salientar a presença do complexo QRS. E nesta mesma fase aplica-se a potenciação (quadrado) que tem por finalidade conseguir que os dados não sejam negativos.

Agora é o momento de suavizar o sinal obtido no passo anterior utilizando um filtro de média móvel com largura de janela de 0,2 segundos, eliminando assim os vários picos que apreciam anteriormente.

Como resultado das fases anteriores o sinal de energia do ECG foi obtido. Este sinal é comparado com um determinado limiar e determinado os picos de maior energia do sinal.

O limiar de detecção é calculado independente do sinal. Se a energia for maior que o limiar existe um pico de energia, complexo QRS detectado e a energia sendo menor que o limiar não é considerado pico. É possível visualizar um exemplo na Figura 3 gerado no programa, o sinal azul é o ECG com os ruídos atenuados, a linha tracejada rosa é o limiar e sinal na cor verde é o sinal de energia do ECG.

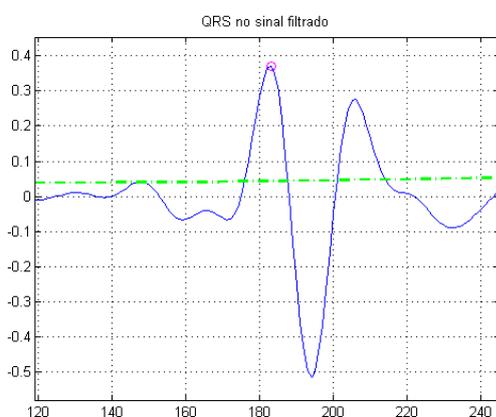


Figura 3– Teste de Detecção do pico R do registro 08455 da base de dados MIT-BIH Atrial Fibrillation Database, ECG filtrado (sinal na cor azul), pico R (círculo na cor rosa), limiar de detecção (linha tracejada na cor verde)

**Detecção da fibrilação atrial** – Com os picos R identificados foi feita a detecção da fibrilação atrial, a partir dos intervalos RR, baseada no trabalho de TATENTO e GLASS, 2001. A escolha do método foi principalmente por sua simplicidade, e segundo LARBURU et. al., 2011 [8] em comparação com os principais métodos apresentou o menor erro (5,32%) sendo uma boa escolha.

O intervalo RR é o intervalo interbatidas e  $\Delta RR$  é a diferença entre dois intervalos RR sucessivos. A partir dos intervalos RR e  $\Delta RR$  serão preparados histogramas de densidade para os dois casos a partir de ECGs com fibrilação atrial da base de dados MIT-BIH Atrial Fibrillation Database que servirão de modelos padrão para comparar com os sinais que se quer detectar a fibrilação atrial.

A partir dos histogramas serão calculados os coeficientes de variação. O coeficiente de variação de RR é o desvio padrão dos intervalos RR dividido pela média dos intervalos RR e o coeficiente de  $\Delta RR$  é definido como sendo o desvio padrão dos intervalos  $\Delta RR$  dividido pela média de intervalos RR.

TATENTO e GLASS, 2001 aplica esse processo em blocos de cem batimentos, se o coeficiente de variação do trecho do sinal analisado estiver dentro do intervalo do coeficiente de variação padrão (índice calculado a partir de ECGs com fibrilação atrial) ele é rotulado como fibrilação atrial. Este processo é chamado de teste CV.

Além disso, TATENTO e GLASS, 2001 propõem o teste de Kolmogorov-Smirnov, onde as semelhanças entre os histogramas de densidade dos dados de teste e os histogramas de densidade padrão através de uma distribuição de probabilidade cumulativa, mas este trabalho ter por objetivo realizar somente o teste CV.

## Resultados

Através da anotações apresentadas nas bases de dados estudadas foi possível selecionar trechos contendo fibrilação atrial e trechos sem fibrilação atrial.

A partir dos trechos foi aplicado o teste CV com os intervalos RR e com os intervalos  $\Delta RR$ , observe na tabela 1 alguns índices obtidos através do trabalho desenvolvido.

Tabela 1: Teste de CV dos intervalos RR e dos intervalos  $\Delta RR$  para algumas amostras da base de dados MIT-BIH Arrhythmia Database [12]

Amostra	Coeficiente de Variação		Trecho com FA
	Intervalos RR	Intervalos $\Delta RR$	
201	0,208	0,303	x
202	0,007	0,109	-
203	0,355	0,511	-
210	0,230	0,362	x
217	0,111	0,155	-
219	0,186	0,259	x
221	0,586	0,861	-
222	0,067	0,109	-

De acordo com o trabalho de TATENTO e GLASS, 2001 [12] os valores do teste CV para os intervalos RR contendo FA variam entre 0,156 e 0,324. E para os intervalos  $\Delta RR$  variam entre 0,221 e 0,459.

## Discussão

Segundo os valores obtidos no teste CV os trechos das amostras 201, 210 e 219 possuem FA. Já nas anotações os trechos das amostras com FA são 201, 203, 210, 219 e 221.

O trabalho não detectou a fibrilação atrial de todos os trechos em questão, talvez pelo fato de algum problema na detecção dos picos R ou mesmo na quantidade de batimentos considerados, já que no artigo de TATENTO e GLASS, 2001 o teste CV foi aplicado em conjuntos de pelo menos 100 batimentos.

Na amostra 203 foram considerados 100 batimentos para o cálculo e note que os valores de CV estão bem próximos aos valores aceitáveis.

Na amostra 221 foram obtidos apenas 16 batimentos o que provavelmente tenha prejudicado a obtenção dos valores de CV.

Para o futuro seria interessante utilizar a base de dados que foi cedida pelo setor de eletrofisiologia do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia com a autorização do Dr. Dalmo Antonio Ribeiro Moreira.

### Conclusão

Os resultados foram promissores comparando com os valores de CV do trabalho de TATENTO e GLASS, 2001, porém o ideal seria melhorar a qualidade do detector de picos R além de utilizar intervalos de tempo maiores para estudo.

### Agradecimentos

Ao médico cardiologista Dr. Dalmo Antonio Ribeiro Moreira por nos apoiar no estudo da fibrilação atrial.

### Referências

- [1] Camm AJ, Lip GYH, Caterina R, Savelioeva I, Atar D, Hohnloser SH, et al. 2012 focused update of the ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation - An update of the 2010 esc guidelines for the management of atrial fibrillation. Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association. *European Heart Journal*. 2012; 33, 2719-47.
- [2] Zimerman LI, Fenelon G, Martinelli Filho M, Grupi C, Atié J, Lorga Filho, Adalberto; et. al. Sociedade Brasileira de Fibrilação Atrial. *Arq Bras Cardiol* 2009; 92(6 supl.1), 1-39.
- [3] Moreira DAR, Habib RG. Tratamento Da Fibrilação Atrial Na Sala De Emergência - Management Of Atrial Fibrillation In The Emergency Room. *Revista Ciências em Saúde*. 2001; 1(1):1-14.
- [4] Guyton AC, Hall JE. *Tratado de Fisiologia Médica*. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1997.
- [5] Stridh M, Sörnmo L. Spatiotemporal QRST Cancellation Techniques for Analysis of Atrial Fibrillation, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*; 2001. p. 105-11.
- [6] Couceiro R, Carvalho P, Henriques J, Antunes M, Harris M, Habetha J. Detection of Atrial Fibrillation Using Model-based ECG Analysis, *Pattern Recognition, ICPR. 19th International Conference on*; 2008. p. 1-5.
- [7] Thaler MS. *Ecg Essencial: Eletrocardiograma na prática diária*. 7ª ed. Porto alegre: Artmed; 2013.
- [8] Larburu N, Lopetegi T, Romero I. Comparative Study of Algorithms for Atrial Fibrillation Detection, *Computing in Cardiology*; 2011; 38:265–68.
- [9] Sandberg F. *Time-Frequency Analysis of Atrial Fibrillation* [dissertação]. Sweden: Lund University; 2007.
- [10] Couceiro R. *Life-Stream análise de ECGs e detecção de episódios de fibrilhação auricular* [dissertação]. Coimbra: Universidade de Coimbra; 2006.
- [11] Lemay M. *Data Processing Techniques for Thecharacterization of Atrial Fibrillation* [dissertação]. Lausanne: École Polytechnique Fédérale de Lausanne; 2007.
- [12] Tatenno K, Glass L. Automatic detection of atrial fibrillation using the coefficient of variation and density histograms of RR and  $\Delta$ RR intervals, *Medical & Biological Engineering & Computing*; 2001; 39:664-71.
- [13] Banco de dados de sinais fisiológicos [internet]. [ citado 2014 agosto 7]. Disponível a partir de: <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>.
- [14] MIT-BIH Arrhythmia Database [internet]. [ citado 2014 agosto 7]. Disponível a partir de: <http://physionet.org/physiobank/database/mitdb/>.
- [15] MIT-BIH Atrial Fibrillation Database [internet]. [ citado 2014 agosto 7]. Disponível a partir de: <http://physionet.org/physiobank/database/afdb/>.
- [16] Pan J, Tompkins WJ. A Real-Time QRS Detection Algorithm, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 1985; 32(3):230-55.
- [17] Implementação completa do detector QRS do ECG Pan Tompkins [internet]. [ citado 2014 agosto 7]. Disponível a partir de: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/45840-complete-pan-tompkins-implementation-ecg-qrs-detector>.