

Classificação de Arritmias Cardíacas utilizando Transformada *Wavelets* e Redes Neurais por meio de extração de características

Davi Shinji Mota Kawasaki*, Higor Augusto Bassi Rozan†, João Vitor Bertoncini‡, Vinícius Drago Romano§

*Engenharia da Computação, Cornélio Procópio/PR 86300-00

Email: kawasaki@alunos.utfpr.edu.br

†Engenharia da Computação, Cornélio Procópio/PR

Email: higorb.rozan@hotmail.com

‡Engenharia da Computação, Cornélio Procópio/PR 86300-000

Email: joaobertoncini@alunos.utfpr.edu.br

§Engenharia da Computação, Cornélio Procópio/PR 86300-000

Email: romano@alunos.utfpr.edu.br

I. INTRODUÇÃO

PRECISA CONTEXTUALIZAR!

O objetivo desse documento consiste na apresentação da proposta de trabalho referente a classificação de três tipos de arritmias cardíacas utilizando transformada *Wavelets* e Redes Neurais.

O enfoque está na extração de características de um sinal de Eletrocardiograma (ECG) e na classificação de cada um dos sinais por meio de um treinamento em redes neurais. Os sinais serão obtidos diretamente da base de dados *MIT-BIH - Arrhythmia Database*. Por meio da normalização dos sinais, pretende-se avaliar os resultados na taxa de acerto da rede neural, comparando-a com a de outros trabalhos.

Sendo assim, uma fundamentação teórica do contexto será apresentada, para então ser discutido sobre as ferramentas de trabalho e o cronograma do projeto.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Coração

O coração consiste em um órgão localizado atrás da caixa torácica, na parte central do peito entre o pulmão direito e esquerdo [1]. Sua função consiste no batimento ou contração para bombeamento do sangue para todo o corpo por meio de um sistema de vasos sanguíneos [2].

Para realizar o processo de bombeamento de sangue, o coração depende da sua seção direita e esquerda, onde cada uma delas possui duas cavidades: átrio e ventrículo, sendo a primeira superior e a segunda inferior. O fluxo do sangue é realizado por meio de válvulas entre o átrio e o ventrículo, sempre seguindo a direção do primeiro para o segundo.

Por meio dessas válvulas é possível realizar o processamento do oxigênio e do gás carbônico, onde a seção esquerda do coração é responsável pelo envio de sangue com oxigênio para o corpo, enquanto a direita cuida do recebimento do

sangue com gás carbônico de diferentes partes do corpo [1]. A cada contração de cada câmara do miocárdio - fluxo de sangue entre o átrio e o ventrículo - acontece o evento chamado de sístole, enquanto no relaxamento ocorre a diástole - processo o qual é repassado para o pulmão para realização da troca de gases [1].

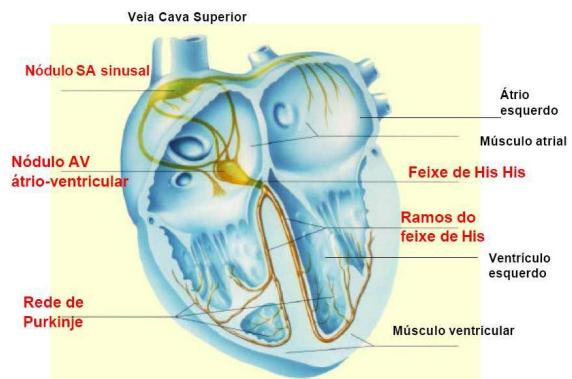


Fig. 1. Representação interna do coração e suas cavidades.

Uma das estruturas internas primordial para determinar o ritmo do coração chama-se nódulo sinoatrial (SA), ou também chamado de marca-passo. Localizada entre o átrio direito e a veia cava superior, ele atua controlando a frequência dos batimentos cardíacos, com cerca de 72 contrações por minuto. Por ter uma frequência alta, seus impulsos se espalham para os átrios e ventrículos, excitando todas as áreas e determinando o ritmo de batimento de quase todo o coração [3].

O coração, por meio do seu batimento, realiza vários eventos cardíacos chamados de ciclos cardíacos, começando pela geração de um potencial de ação propagado pelos átrios até chegar nos ventrículos. Esse ciclo cardíaco vai conter o relaxamento pela diástole (coração enche de sangue) e a

sístole (contração das câmaras de bombeamento). Conforme representado pelos traçados da Figura 2, pode-se visualizar os períodos de pressão (mm Hg), volume (ml), eletrocardiograma, fonocardiograma, sendo o penúltimo a representação gráfica utilizada nesse trabalho para classificação de arritmias.

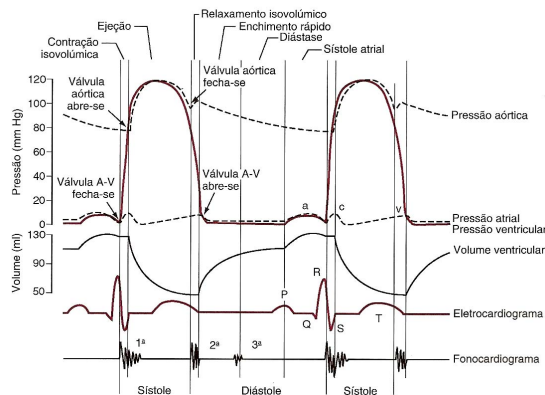


Fig. 2. Eventos do ciclo cardíaco representados por diferentes traçados no ventrículo esquerdo.

B. Eletrocardiograma (ECG)

Conforme visualizado no tópico anterior, o nódulo sinoatrial (SA) determina o ritmo do coração por seus impulsos com uma frequência alta. A partir dessa excitação, ocorre paralelamente a propagação de correntes do campo elétrico no músculo cardíaco e nos tecidos das regiões vizinhas, inclusive atingindo a superfície do corpo. Como esse fluxo ocorre entre diversos locais do corpo, pode-se captar diferenças de potenciais por meio de eletrodos na pele, em pontos opostos do coração. Essas medidas podem ser coletadas por meio de 12 derivações clássicas, normalmente se baseando pelo triângulo de Einthoven, representado pela Figura 3.

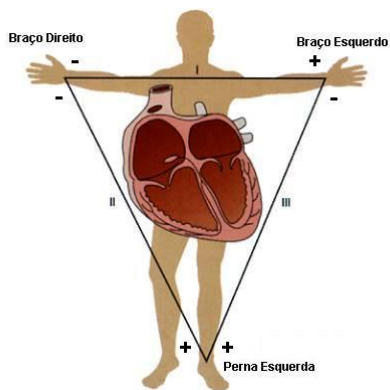


Fig. 3. Representação do triângulo de Einthoven, com eletrodos sobre os pulsos (RA e LA) e no tornozelo esquerdo (LL).

Por meio de um amplificador, esses potenciais são adquiridos por um período de tempo, em localizações conforme estabelecidas pelas derivações. Esse processo trata-se da eletrocardiografia, também conhecida como o exame de eletrocardiograma (ECG), apresentando a excitação cardíaca de forma

gráfica para análise patológica por um cardiologista. Esse exame de baixo custo permite a análise de uma cardiopatia/arritmia no momento de ocorrência da mesma, analisando normalmente os segmentos, intervalos e ondas do sinal de ECG.

Um registro de ECG, representado na Figura 4, é representado por meio da voltagem plotada no eixo y pelo tempo no eixo x, onde seu sinal traduz o registro das despolarizações e repolarizações por meio de cinco etapas, representadas pelos formatos de onda P, Q, R, S e T [4].

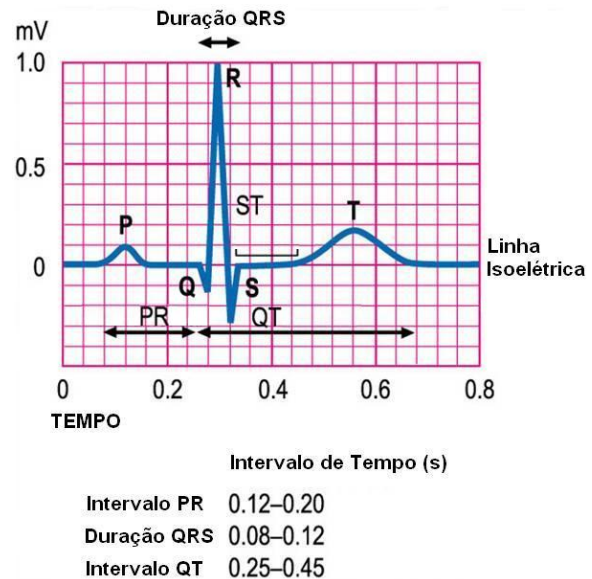


Fig. 4. Registro de eletrocardiograma com diferentes tipos de intervalos.

Além dos formatos de onda, o ECG apresenta alguns subperíodos que são importantes para uma análise mais detalhada das cardiopatias, como o intervalo entre a onda P e R que representa o tempo de condução do estímulo através do nódulo atrioventricular; e o complexo QRS, que representa a despolarização ventricular. A partir desses subperíodos pode-se analisar as morfologias do exame, denominadas pela sequência de excitação e recuperação, respectivamente caracterizados pela despolarização e repolarização por meio da diferença de potencial resultante, conforme representado pela Figura 5.

Estas morfologias permitem a verificação de anormalidades no sistema de condução cardíaca, como as arritmias que vão ser extraídas por meio das redes neurais nesse trabalho.

C. Arritmias

Conforme apresentado, os exames de ECG permitem identificar anormalidades no sistema cardiológico, podendo representar diferentes cardiopatias. Essas cardiopatias podem ser sintomaticamente representadas por arritmias cardíacas, que ocorrem por alterações na formação/condução do impulso elétrico através do miocárdio [5]. O ECG é um dos principais exames para estudo e análise das arritmias justamente porque as mesmas podem modificar a origem/difusão fisiológica do estímulo elétrico, alterando o ritmo cardíaco normal [6].

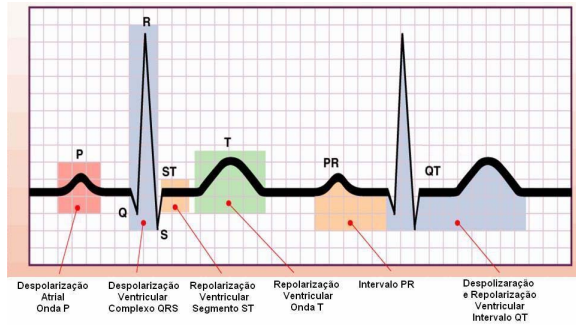


Fig. 5. Sequência de despolarização e repolarização com a representação das ondas e subperíodos.

Dentre os mais diversos tipos de classificação de arritmias, elas podem ser divididas em duas categorias (assintomáticas e sintomáticas) e em dois grupos de frequência: bradicardia - frequência cardíaca menor que 60 batimentos por segundo, e taquicardia - frequência cardíaca maior que 100 batimentos por segundo [3].

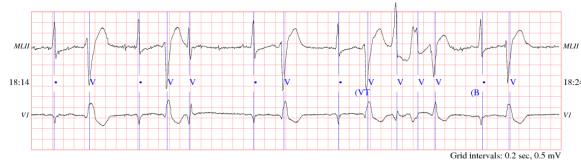


Fig. 6. Exemplo de ECG com Taquicardia Ventricular.

D. Extração do Sinal com Janelamento

Aqui vai a parte teórica de janelamento.

E. Processamento do Sinal com Transformadas Wavelets

A *Wavelet* trata-se de uma função que descreve e decompõe outras funções no domínio da frequência, garantindo a análise além do domínio do tempo. A sua decomposição acontece por meio da Transformada *Wavelet*, que trata de uma técnica por dimensão de janela variável, avaliando o sinal no espaço tempo x frequência e os componentes espectrais em um intervalo de tempo [7].

Por trabalhar com janelas, a Transformada *Wavelet* permite que ocorra o translado no tempo se baseando em *Wavelets*-mãe, a qual se fornece como protótipo para todas janelas criadas no procedimento de análise do sinal [7].

Por permitir a decomposição do sinal em várias funções no domínio do tempo e frequência, essa transformada possui uma grande abrangência para análise e compreensão de sinais, podendo inclusive ser dividida em contínua e discreta.

Na Transformada *Wavelet* Contínua (TWC) a variável translação representa o deslocamento da janela de amostragem ao longo do tempo, sendo matematicamente definida em $F(a,b)$:

$$F(a,b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\Psi_{a,b}dt$$

Cada sinal pode determinar um tipo de *Wavelet*-mãe que pode ser utilizado por uma TWC, como os representados na Figura 7.

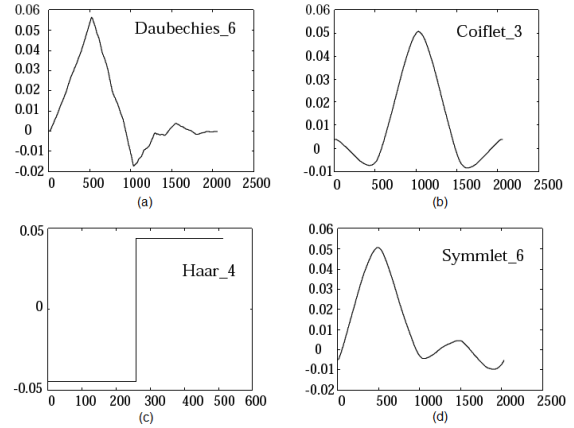


Fig. 7. Famílias de TWC: (a) Daubechies; (b) Coiflet; (c) Haar; (d) Symmlet.

A Transformada *Wavelet* Discreta (TWD) permite não perder suas qualidades e propriedades, portando-se de maneira numericamente estável e com uma menor redundância de informação [8]. A sua realização acontece por meio de filtros digitais sucessivas sobre o sinal original, onde um par de filtros digitais definidos como filtros em quadratura é descrito pelas funções $h(n)$ e $g(n)$, sendo estas, respectivamente, as funções resposta ao impulso de um filtro passa-baixa e passa-alta, cada um com metade da banda do sinal original [9]. Ela é matematicamente definida em $F_{m,n}(a,b)$:

$$F_{m,n}(a,b) = a_0^{-j/2} \int f(t)\Psi(a_0^{-j}t - nb_0)$$

F. Classificação de Sinais

Como o objetivo do trabalho consiste na análise e classificação de arritmias por meio de Aprendizado de Máquina, faz-se necessário realizar a extração das características dos sinais para poder classificar com um certo grau de confiabilidade por meio de algum algoritmo de inteligência artificial.

O primeiro passo necessário para a classificação de sinais se encontra na normalização do sinal de ECG afim de obter e tratar pedaços de amostras obtidas do sinal. Para realizar esse processo utilizam-se diversos tipos de funções matemáticas, selecionando as amostras filtradas - por janelamento e DWT com extração dos coeficientes, por exemplo - ou através de extração de características diretas do sinal, como o intervalo RR e frequência cardíaca.

G. Aprendizado de Máquina

O aprendizado de máquina se caracteriza por ser um subcampo dentro de toda a inteligência artificial, e tem o objetivo de desenvolver algoritmos e técnicas que permitam os computadores adquirirem conhecimento sem serem explicitamente programados. Dado um conjunto de amostras cujo tenha

classificação conhecida, a máquina consegue interpretar os dados e classificá-los, aprendendo com seus erros. [10]As técnicas do aprendizado de máquina podem ser aplicadas em diversas áreas do conhecimento, como em problemas relacionados a computação, biologia, química e matemática. [10]

Os algoritmos de aprendizados de máquinas podem ser divididos em dois principais tipos: os supervisionados e não supervisionados. O aprendizado de máquina supervisionado trata de amostras no qual foram fornecidas uma referência do objetivo, disponibilizando para o computador informações a respeito do ambiente em que as amostras pertencem. [11] Neste tipo de aprendizado, em cada amostra é fornecida variáveis de entrada e a saída esperada, também chamada de *true label*. Ao final do treinamento, é esperado que a máquina seja capaz de fornecer saídas corretas para entradas que nunca foram apresentadas. O aprendizado de máquina não supervisionado não contém o *true label*, tendo amostras compostas apenas pelas variáveis de entrada. Com isso, os algoritmos não supervisionados tentam encontrar padrões nas amostras fornecidas, separando-as em grupos. [11]

Abaixo vai a parte de redes neurais.

O cérebro em alguns aspectos possui características similares a um processador. Por exemplo, quando lemos um texto as células fotorreceptoras dos nossos olhos captam um conjunto de símbolos e os transformam em sinais elétricos, que por sua vez, serão processados pelo cérebro para classificá-los em palavras. As redes neurais artificiais (RNAs) consistem em uma metodologia para resolver problemas de inteligência artificial que se espelham em conceitos das redes neurais naturais (RNN). O comportamento de aprendizagem da RNA é igual ao da RNN, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas. As unidades de processamento são chamadas neurônios, que são compostos basicamente por dendritos, axônio e corpo celular [12]. A relação entre um neurônio natural e um *Perceptron* ou neurônio booleano foi representada pela Tabela I.

TABELA I
RELAÇÃO ENTRE UM NEURÔNIO NATURAL E UM *Perceptron*

<i>Perceptron</i>	Neurônio Natural	Função
Entradas	Dendritos	Recebem o sinal
Saída	Axônio	Saída do sinal
Peso	Sinapse	Retém o Conhecimento

Para classificar o sinal normalizado será utilizado o **algoritmo ?????**. **Explicação dos algoritmos aqui.**

III. METODOLOGIA

Aqui vai a metodologia na Tabela II.

IV. EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS

Aqui vai a parte de PDS com Matlab.

V. TREINAMENTO COM APRENDIZADO DE MÁQUINA

Aqui vai a parte do Weka.

TABELA II
CRONOGRAMA DE TÓPICOS TRABALHADOS DO PROJETO

Semana 01/05	Estudo do contexto do artigo
Semana 08/05	Estudo de ECG e extração dos dados
Semana 15/05	Estudo de transformada <i>Wavelet</i>
Semana 22/05	Estudo da aplicação de Redes Neurais e Algoritmos
Semana 29/05	Extração e Classificação dos Sinais com <i>Wavelet</i>
Semana 05/06	Execução dos Aprendizados Supervisionados
Semana 12/06	Análise dos Aprendizados e Geração do Relatório
Semana 19/06	Finalização do Relatório e Apresentação Final

VI. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Aqui vai a discussão de resultados.

VII. CONCLUSÃO

Precisa melhorar a conclusão.

Como apresentado anteriormente, o objetivo desse trabalho é realizar não apenas a conexão entre dois módulos de rádio frequência, mas principalmente realizar a análise dos pacotes e dados enviados, verificando possíveis erros e perdas. Nesse quesito, o projeto deve apresentar, em sua entrega e apresentação, a transmissão de pacotes de dados em tempo real e a geração de gráficos e dados estatísticos que possam ilustrar a situação real dessa transferência sob diferentes aspectos do meio.

Caso seja possível, o projeto também pode visar o tratamento desses dados diretamente nos atuadores, visualizando possíveis situações que possam corrigir e inibir erros e atenuações que influenciam e impedem o tráfego dos dados da melhor maneira possível.

REFERÊNCIAS

- [1] L. National Heart and B. Institute, "Anatomy of heart," Novembro 2011. [Online]. Available: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hhw/anatomy>
- [2] H. Gray, *Anatomia*, ser. 35. Ed. Guanabara Koogan, 1979, vol. 2.
- [3] A. C. G. J. E. Hall, "Textbook of medical physiology," Textbook, 2006.
- [4] M. de Mello Aires, *Fisiologia*. Guanabara Koogan S.A., 1991.
- [5] S. B. de Cardiologia, "Diretriz de fibrilação atrial," in *Arq Bras Cardiologia*, ser. Suplemento VI, 2003, vol. 81.
- [6] M. A. B. Gonçalves, *Noções Básicas de Eletrocardiograma e Arritmias*. Senac, 1995.
- [7] A. Graps, *An Introduction to Wavelets*. IEEE Computational Science and Engineering, 1995, vol. 2, no. 2.
- [8] C. Y. V. W. da Silva, "Extração de características de imagens médicas utilizando wavelets para mineração de imagens e auxílio ao diagnóstico," Master's thesis, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - USP, 2006. [Online]. Available: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-07052008-102458/pt-br.php>
- [9] C. R. Castelano, "Estudo comparativo da transformada wavelet no reconhecimento de padrões da íris humana," Master's thesis, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 2006. [Online]. Available: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18133/tde-30112006-134736/pt-br.php>
- [10] L. Morellato, "Aprendizado de máquina aplicado à web," Online Article, July 2008. [Online]. Available: <https://imasters.com.br/artigo/9413/tecnologia/aprendizado-de-maquina-aplicado-a-web/?trace=1519021197&source=single>
- [11] B. Marr, "Supervised v unsupervised machine learning – what's the difference?" Online Article, March 2017. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/16/supervised-v-unsupervised-machine-learning-whats-the-difference/#59115eb5485d>

- [12] Z. L. Kovács, *Redes Neurais Artificiais*, 2nd ed., C. Cognition, Ed. Livraria da Física, 1996.