

Extração automática de características de Eletrocardiogramas

Lucca Bignami Motta¹, Wesley Attrot¹, Fábio Sakuray¹

¹Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Caixa Postal 10.011 – CEP 86057-970 – Londrina – PR – Brasil

lucca.bignami.motta@uel.br, wesley@uel.br, sakuray@uel.br

Abstract. *Cardiovascular diseases have been causing a high amount of deaths annually. Thus, it's necessary that exams are regularly done to detect such problems earlier. Within the existing exams, the Electrocardiogram (ECG) has been one of the most popular ones, mostly because of its simplicity. With the goal of improving the efficiency of ECG analysis, methods that enable automatic detection and analysis of cardiovascular diseases have been studied and applied. One of the steps of this process is to detect and extract features from the ECG, this being the main focus of this project, that aims at using already established methods to create a system capable of automatically extracting those features, with the highest possible precision.*

Resumo. *Doenças cardiovasculares causam uma alta quantidade de óbitos anualmente no mundo todo. Dessa forma, é necessário que sejam feitos exames para detectar tais problemas precocemente. Dentre os exames existentes, o Eletrocardiograma (ECG) acaba se destacando, sendo utilizado com recorrência por conta de sua simplicidade. Com o intuito de melhorar a eficiência da análise do ECG, métodos que possibilitem a detecção e análise de forma automática de anomalias cardíacas têm sido estudados e aplicados. Uma das etapas desse processo é a detecção e extração de características do ECG, sendo esse o foco do trabalho, que visa utilizar métodos já estabelecidos para criar um sistema capaz de realizar essa extração de forma automática, com a maior precisão possível de acerto.*

1. Introdução

Doenças cardiovasculares afetam uma parcela considerável da população, sendo uma das principais causas de óbito no mundo. De acordo com um levantamento da Organização Mundial de Saúde (OMS), em 2019 foi estimado que 32% das mortes ao redor do mundo foram relacionadas a essas doenças, totalizando cerca de 17,9 milhões de pessoas impactadas [14].

Sintomas relacionados à problemas cardiovasculares são diversos, como: desconforto na região central do peito, braços e ombro esquerdo, dificuldade de se comunicar, dor de cabeça intensa, entre outros problemas [14]. Porém, nem sempre as pessoas relacionam esses sintomas com complicações cardíacas.

Dessa forma, a detecção dos sintomas citados anteriormente torna-se fundamental para seu diagnóstico e tratamento. Existem diversos tipos de exames que podem ser aplicados para diagnóstico de doenças cardiovasculares, como: Eletrocardiograma, ecocardiograma, utilização de holter, ressonância magnética, entre outros [13].

Dentre eles, o Eletrocardiograma (ECG) se destaca, sendo um exame preventivo simples e rápido de ser realizado. No exame, eletrodos são posicionados no paciente e conectados ao eletrocardiógrafo, que registra a atividade elétrica do coração [13]. O médico analisa o registro, buscando detectar anomalias.

No entanto, a análise de um ECG pode ser considerada cansativa e extensa, principalmente para médicos que precisam analisar inúmeros exames. Isso pode acarretar em erros devido ao cansaço ou descuidos por parte do médico. Assim, a detecção de anomalias de forma automatizada é essencial para minimizar possíveis erros. Um dos elementos mais importantes de um sistema automatizado é a detecção de características de um ECG, sendo esse o foco desse trabalho.

2. Fundamentação Teórico-Methodológica e Estado da Arte

A seguir, são apresentados os elementos de estudo necessários para a realização do trabalho. Na seção 2.1 são informados os principais conceitos a respeito do Eletrocardiograma. Na seção 2.2 é apresentada a base de dados MIT-BIH Arrhythmia Database, que será utilizada nesse trabalho. Finalmente, na seção 2.3, são relatados métodos já estabelecidos na etapa de detecção de características do ECG e discorrido sobre como essa etapa se encaixa no contexto de detecção de anomalias cardíacas.

2.1. Eletrocardiograma e ciclo P-QRS-T

O Eletrocardiograma é um exame que visa analisar a atividade elétrica do coração, que provoca contrações no músculo cardíaco. Para poder realizar isso, eletrodos são posicionados em determinadas partes do corpo do paciente (braço, pernas e tórax) [13], tornando possível medir a taxa e o ritmo do batimento cardíaco. Cada sinal captado pelos eletrodos é registrado, constituindo o registro de batimentos cardíacos, como é possível observar na Figura 1.



Figura 1. Exemplo de um ECG [3]

Apesar da facilidade e rapidez relacionada a realização do exame por parte do paciente, existe uma certa complexidade ao tentar analisar um ECG por parte do médico responsável pelo exame. Essa dificuldade existe devido à necessidade de identificar diversos aspectos, incluindo intervalos e variações de onda.

Cada batimento é composto por um conjunto de ondas, formando o chamado ciclo P-QRS-T (Ilustrado na Figura 2), originado por uma sequência de contrações musculares geradas por impulsos elétricos [9].

Tabela 1. Valores padrões para um ECG [10]

Segmento	Duração em segundos
Onda P	0,12
QRS	0,06 - 0,1
Intervalo PR	0,12 - 0,2
Segmento ST	0,08

Cada onda está relacionada a uma determinada etapa do ciclo cardíaco e contém um ponto de interesse chamado de ponto fiducial, que normalmente possui o mesmo nome da onda. A onda P está relacionada à contração dos átrios, o complexo QRS (Conjunto de ondas Q, R e S) está relacionado à contração dos ventrículos e a onda T está relacionada à recuperação dos ventrículos enquanto recebem sangue [7].

Os intervalos entre cada onda também são importantes para a análise do ECG e, de acordo com [7] e [9], dentre eles existem:

- Intervalo PR: Tempo necessário para o impulso elétrico passar do nó sinoatrial para o nó atrioventricular;
- Intervalo RR: Intervalo de tempo entre 2 complexos QRS;
- Intervalo QRS: Tempo necessário para o impulso elétrico passar pelos ventrículos;
- Intervalo QT: Tempo necessário para a recuperação dos ventrículos e preparação inicial de um novo ciclo.

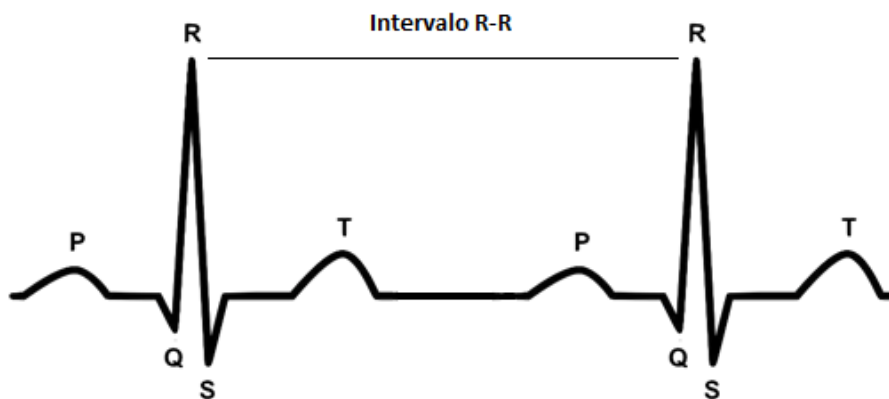


Figura 2. Ciclos cardíacos de ondas P-QRS-T. Adaptado de [3]

Existem valores padrões, como pode ser visto na Tabela 1, para a duração ou atividade elétrica de determinadas ondas/intervalos. Valores fora do padrão podem indicar problemas no funcionamento do coração. Dentre eles, é possível identificar a duração padrão da onda P, do complexo QRS e do intervalo PR, assim como do segmento composto pelas ondas S e T [10].

2.2. MIT-BIH Arrhythmia Database

A realização de testes e avaliação de métodos automatizados de detecção de anomalias cardíacas é importante para que possa ser feita uma conclusão a respeito da eficiência e precisão do método criado/testado.

Com isso em mente, pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em parceria com o hospital Boston's Beth Israel Hospital (BIH), iniciaram em 1975 a coletar, digitalizar e realizar anotações sobre gravações de ECG. Foi nesse contexto que a base de dados MIT-BIH Arrhythmia Database foi criada. Ela possui diversos materiais de teste, incluindo registros resultantes do ECG, além de anotações relacionadas em cada um deles [12].

Os registros, coletados entre 1975 e 1979, incluem 48 trechos de gravações de ECG ambulatorial com duração de 30 minutos cada e relacionados a 47 pacientes diferentes [12].

Desde 1999, através da criação da PhysioNet, um site que contém diversos recursos para estudo de sinais fisiológicos, diferentes bases de dados foram disponibilizadas para uso de pesquisadores, alunos e outros interessados. Dentre esses recursos estão presentes a MIT-BIH Arrhythmia Database [12] e outras bases de dados com diferentes focos de estudo e análise, como a European ST-T Database [16], a Motion Artifact Contaminated ECG Database [4] e diversas outras.

Por conta da sua confiabilidade, após serem realizadas inúmeras adições e correções ao longo dos anos com relação a seus materiais, a MIT-BIH Arrhythmia Database foi escolhida para ser utilizada nesse trabalho.

2.3. Métodos de extração de características

É possível observar, em artigos como [8] e [9], que a etapa de extração de características de um ECG se encaixa em uma série de outras etapas, ilustradas na Figura 3, que visam determinar se existem problemas relacionados à atividade elétrica do coração.

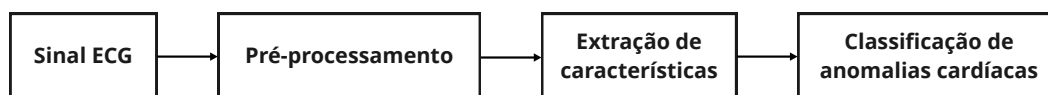


Figura 3. Etapas relacionadas à análise completa de um ECG

Como é possível visualizar na Figura 3, primeiramente os sinais são coletados a partir dos eletrodos espalhados pelo corpo do paciente. Então, é feito o pré-processamento composto pela filtragem de ruídos que podem impactar negativamente no resultado do exame, retirando assim informações desnecessárias para que não atrapalhem na análise do registro. Após isso, é feita a detecção e extração das características do ECG. Finalmente, é realizada uma conclusão final a respeito da presença ou inexistência de anomalias a partir da classificação de anomalias cardíacas.

Para extrair tais características, é necessário aplicar métodos que possam detectar os pontos fiduciais. Um dos primeiros e mais relevantes métodos nesse contexto é o algoritmo de Pan & Tompkins [15], que aplica filtros e limites para retirar ruídos e aumentar a sensibilidade de detecção de forma a encontrar os pontos fiduciais mais facilmente, com uma precisão de 99,3% de acerto. Esse algoritmo é usado em diversos estudos. Em [5], por exemplo, são utilizados filtros digitais, propondo avanços nos conceitos de Pan & Tompkins ao adicionar novas regras de detecção com uma precisão de 99,77% de acerto utilizando a MIT-BIH Arrhythmia Database. Da mesma forma, em [2] foi proposto um

algoritmo de detecção de batimentos cardíacos que também aplica o algoritmo de Pan & Tompkins, mas visando analisar de forma independente o tempo e frequência do sinal, utilizando um banco de filtros para dividir o ECG em subcamadas.

Outro método aplicado é a Transformada Wavelet (WT), que é uma função linear utilizada para decompor o sinal em diferentes componentes usando o princípio de convolução, que combina sinais diferentes para formar um único sinal mais desejado para análise [9]. Vários estudos usam esse algoritmo como base, incluindo [11] que primeiro detecta todos os complexos QRS, a partir do pico de cada onda após realizar a WT, e depois realiza a detecção dos picos das ondas P e T. A precisão desse algoritmo chega a 99,8% para a base de dados MIT-BIH Arrhythmia Database.

Mais recentemente, redes neurais também têm sido utilizadas para realizar esse processo, como é feito em [1] em conjunto com a aplicação de WT. A aplicação de redes neurais é um método de aprendizagem supervisionada dentro da área de Machine Learning (ML). Suas redes são compostas por uma série de camadas/nós que se conectam e possuem pesos e limites associados entre si. Dados podem ou não ser passados entre os nós, dependendo do valor de saída de cada um deles. Quando a saída de um determinado nó gera um valor que passa do limite estabelecido, ele é ativado e responsável por passar dados para o próximo nó conectado, caso contrário nenhum dado é passado [6].

3. Objetivos

O objetivo deste projeto é criar um sistema que seja capaz de extrair características de um ECG de forma automática, com base em métodos já estabelecidos, contornando possíveis problemas. A meta é alcançar a maior precisão possível na detecção dos pontos fiduciais no menor custo computacional.

4. Procedimentos metodológicos/Métodos e técnicas

A partir de um estudo dos métodos de extração de características de um ECG levantados na revisão bibliográfica, será escolhido o melhor método, de acordo com uma série de critérios. Precisão e custo computacional serão alguns dos mais importantes critérios. Após isso, será desenvolvido um sistema capaz de extrair características de um ECG de forma automática utilizando o método escolhido. Finalmente, serão feitos testes visando atingir a melhor precisão possível.

5. Cronograma de Execução

Atividades:

1. Levantamento bibliográfico;
2. Escolha do melhor método de extração de características;
3. Desenvolvimento do sistema;
4. Realização de testes e possíveis correções;
5. Avaliação dos resultados obtidos;
6. Escrita parcial do TCC;
7. Escrita do TCC.

Tabela 2. Cronograma de Execução

Atividade	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai
1	X	X	X	X						
2			X	X						
3			X	X	X	X				
4					X	X	X	X		
5								X	X	
6					X	X				
7							X	X	X	X

6. Contribuições e/ou Resultados esperados

Como contribuição científica, será feita a agregação de métodos de extração de características do ECG relevantes, assim como a criação de um sistema que realize a detecção dos pontos fiduciais de forma automática.

7. Espaço para assinaturas

Londrina, 12 de Setembro de 2022.



Aluno

Orientador

Referências

- [1] Berdakh Abibullaev and Hee Don Seo. A New QRS Detection Method Using Wavelets and Artificial Neural Networks. *Journal of Medical Systems*, 35(4):683–691, Aug 2011.
- [2] V.X. Afonso, W.J. Tompkins, T.Q. Nguyen, and Shen Luo. ECG beat detection using filter banks. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 46(2):192–202, 1999.
- [3] Roberta Avanzato and Francesco Beritelli. Automatic ECG Diagnosis Using Convolutional Neural Network. *Electronics*, 9(6), 2020.
- [4] Vahid Behravan, Neil E. Glover, Rutger Farry, Patrick Y. Chiang, and Mohammed Sho-aib. Rate-adaptive compressed-sensing and sparsity variance of biomedical signals. In *2015 IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, pages 1–6, 2015.
- [5] Patrick S. Hamilton and Willis J. Tompkins. Quantitative Investigation of QRS Detection Rules Using the MIT/BIH Arrhythmia Database. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, BME-33(12):1157–1165, 1986.
- [6] IBM. *Machine Learning*. <https://www.ibm.com/br-pt/cloud/learn/machine-learning>, Julho 2020. Acessado em 24/08/2022.

- [7] Steven A. Israel, John M. Irvine, Andrew Cheng, Mark D. Wiederhold, and Brenda K. Wiederhold. ECG to identify individuals. *Pattern Recognition*, 38(1):133–142, 2005.
- [8] Shweta H. Jambukia, Vipul K. Dabhi, and Harshadkumar B. Prajapati. Classification of ecg signals using machine learning techniques: A survey. In *2015 International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications*, pages 714–721, 2015.
- [9] Selcan Kaplan Berkaya, Alper Kursat Uysal, Efnan Sora Gunal, Semih Ergin, Serkan Gunal, and M. Bilginer Gulmezoglu. A survey on ECG analysis. *Biomedical Signal Processing and Control*, 43:216–235, 2018.
- [10] Seungmin Lee, Yoosoo Jeong, Daejin Park, Byoung-Ju Yun, and Kil Houm Park. Efficient fiducial point detection of ECG QRS complex based on polygonal approximation. *Sensors (Basel)*, 18(12), December 2018.
- [11] J.P. Martinez, R. Almeida, S. Olmos, A.P. Rocha, and P. Laguna. A wavelet-based ECG delineator: evaluation on standard databases. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 51(4):570–581, 2004.
- [12] G.B. Moody and R.G. Mark. The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 20(3):45–50, 2001.
- [13] National Heart, Lung, and Blood Institute. *Heart Tests*. <https://www.nhlbi.nih.gov/health/heart-tests>, Março 2022. Acessado em 28/08/2022.
- [14] World Health Organization. *Cardiovascular diseases*. [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)), Junho 2021. Acessado em 24/08/2022.
- [15] Jiapu Pan and Willis J. Tompkins. A Real-Time QRS Detection Algorithm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, BME-32(3):230–236, 1985.
- [16] A Taddei, G Distanti, M Emdin, P Pisani, G B Moody, C Zeelenberg, and C Marchesi. The european ST-T database: standard for evaluating systems for the analysis of ST-T changes in ambulatory electrocardiography. *Eur Heart J*, 13(9):1164–1172, September 1992.