

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA/INFORMÁTICA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

GEORGEA DANIELEWICZ
GEOVANE VINÍCIUS FERREIRA

**SISTEMA PARA DETECÇÃO DE COMPLEXO QRS EM SINAIS DE
ELETROCARDIOGRAFIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

**GEORGEA DANIELEWICZ
GEOVANE VINÍCIUS FERREIRA**

**SISTEMA PARA DETECÇÃO DE COMPLEXO QRS EM SINAIS DE
ELETROCARDIOGRAFIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento Acadêmico de Eletrônica/Informática como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro no Curso Superior de Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Professor Doutor Miguel Antonio
Sovierzoski

CURITIBA

2013

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos ao Professor Miguel Antonio Sovierzoski, por ter orientado este trabalho com grande dedicação, estando sempre presente.

Agradecemos de coração a todos os nossos familiares, pois sem eles esta realização jamais teria sido possível. E também a nossos amigos e colegas, pelos incentivos e pela torcida.

”The human heart is not unchanging (nay, changes almost out of recognition in the twinkling of an eye) ...” – C.S. Lewis

”O coração humano não é imutável (ou melhor, muda quase que irreconhecivelmente no piscar de um olho) ...” – C.S. Lewis

RESUMO

DANIELEWICZ, Georgea
e FERREIRA, Geovane Vinícius. Sistema para Detecção de Complexo QRS em Sinais de Eletrocardiografia. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Segundo

Palavras-chave: Palavra-chave 1, Palavra-chave 2, ...

ABSTRACT

DANIELEWICZ, Georgea
e FERREIRA, Geovane Vinícius. System for QRS Complex Detection in Electrocardiographi-
cal Signals . 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Engenharia de
Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Abstract text (maximum of 500 words).

Keywords: Keyword 1, Keyword 2, ...

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EXEMPLO DE UMA FIGURA	12
FIGURA 2 – FIGURA	16

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	–	EXEMPLO DE UMA TABELA	13
TABELA 2	–	EXEMPLO DE UMA TABELA	20

LISTA DE SIGLAS

UML	Unified Modeling Language
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
MIT	Massachusetts Institute of Technology

LISTA DE SÍMBOLOS

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	11
1.2	OBJETIVOS	11
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	SINAL ELETROCARDIOGRÁFICO	12
2.2	GERAÇÃO DO SINAL DE ELETROCARDIOGRAFIA	13
2.3	EQUIPAMENTO DE ELETROCARDIOGRAFIA	13
2.4	RITMOS E PADRÕES DE SINAIS DE ELETROCARDIOGRAFIA	13
2.5	ANÁLISE DE SINAIS DE ELETROCARDIOGRAFIA	13
2.6	AVALIAÇÃO DE SISTEMAS CLASSIFICADORES	13
2.6.1	Teste Diagnóstico	13
2.6.2	Sensibilidade	14
2.6.3	Especificidade	14
2.6.4	Curva ROC	14
2.7	EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS	14
2.8	RECONHECIMENTO DE PADRÕES	14
2.9	CONSIDERAÇÕES SOBRE A FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3	DESENVOLVIMENTO	15
3.1	BASE DE DADOS	15
3.2	DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	16
3.2.1	Formato EDF	16
3.2.2	Linguagens de Programação	16
3.2.3	IDE Utilizada	17
3.2.4	Bibliotecas	17
3.3	MÓDULOS DO SISTEMA	17
3.3.1	Visualização do sinal	17
3.3.2	Marcação de eventos	17
3.3.3	Extração de Características	17
3.3.4	Reconhecimento de padrões	17
3.3.5	Avaliação de Resultados	17
3.4	MODELAGEM UML	18
3.5	PROCESSO DE DETECÇÃO	18
3.6	METODOLOGIA DE TESTES	18
3.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO	18
4	RESULTADOS OBTIDOS	19
4.1	TESTES	19
4.1.1	Raw ECG	19
4.1.2	ECG com correlação	19
4.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS	19
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21

6 GESTÃO DO PROJETO	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

O presente documento (introdução normal, 2 parágrafos chega)

1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Como nasceu a necessidade deste projeto. Referencias do Aratã

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto é desenvolver um sistema para visualização e reconhecimento de padrões em sinais biomédicos de eletroencefalografia (EEG). Para melhor definição do escopo, separamos nos seguintes objetivos específicos:

- Ambiente para visualizar sinais.
- Marcações e salvar.
- Reconhecimento de padrões, a partir da extração de características da marcação.
- Entregar relatório (citar este objetivo é opcional)

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento é composto pelos seguintes capítulos... (explicar os capítulos)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pequena Introdução da Fundamentação Teórica. Dizer para que serve este Capítulo, como foi estruturado. Acho que um parágrafo é o bastante.

A seguir serão apresentados os Fundamentos Teóricos. Começamos abordando o tema dos sinais eletroencefalográficos, considerando sua aquisição e as características do sinal. Em seguida, serão tratados assuntos relativos à Análise dos Resultados do Sistema. Para isso... Por fim, encerramos o Capítulo com uma Considerações acerca do mesmo.

2.1 SINAL ELETROCARDIOGRÁFICO

Na figura 1 é apresentado um exemplo de gráfico flutuante.

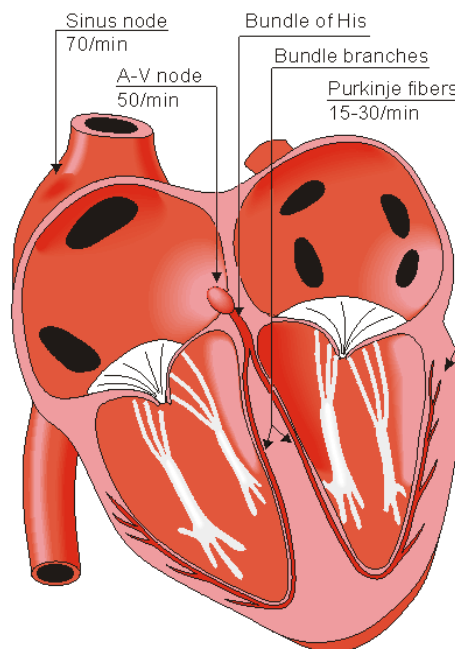


Figura 1: Exemplo de uma figura onde aparece uma imagem sem nenhum significado especial.

Fonte: (GACEK; PREDYCZ, 2011)

2.2 GERAÇÃO DO SINAL DE ELETROCARDIOGRAFIA

Também é apresentado o exemplo da tabela 2, que aparece automaticamente na lista de tabelas. Informações sobre a construção de tabelas no \LaTeX podem ser encontradas na literatura

Tabela 1: Exemplo de uma tabela mostrando a correlação entre x e y.

x	y
1	2
3	4
5	6
7	8

Fonte: Autoria Própria.

2.3 EQUIPAMENTO DE ELETROCARDIOGRAFIA

Mais um item.

2.4 RITMOS E PADRÕES DE SINAIS DE ELETROCARDIOGRAFIA

O título desta seção poderá mudar. QRS e também arritmias.

2.5 ANÁLISE DE SINAIS DE ELETROCARDIOGRAFIA

Não sei ainda o que vai aqui.

2.6 AVALIAÇÃO DE SISTEMAS CLASSIFICADORES

Nesta seção serão apresentados alguns itens pertinentes a compreensão de formas de avaliação de sistemas classificadores.

2.6.1 Teste Diagnóstico

Tabela de contingência. Verdadeiros positivos, verdadeiros negativos, falsos positivos e falsos negativos.

2.6.2 Sensibilidade

Explica o que é. E coloca a fórmula. Possivelmente também algum gráfico.

2.6.3 Especificidade

Explica o que é. E coloca a fórmula. Possivelmente também algum gráfico.

2.6.4 Curva ROC

Incluir a figura da Curva ROC. Talvez não seja possível traçar a curva ROC. Para isso, sensibilidade e especificidade precisam variar.

2.7 EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS

Explicar sobre a correlação matemática dada na equação (1).

$$R_{r,a}(\tau) = \frac{1}{K} \sum_{n=0}^{N-1} f_r(n) f_s(\tau + n) \quad (1)$$

2.8 RECONHECIMENTO DE PADRÕES

Falar sobre as Redes Neurais. Tem muita coisa pra falar disso aqui. Citar o Haykin.

2.9 CONSIDERAÇÕES SOBRE A FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo aborda os recursos e metodologias utilizadas em todo o desenvolvimento deste trabalho. O capítulo foi dividido em seções: Base de Dados 3.1, seguida da seção de Desenvolvimento do *Software* 3.2, Modelagem UML 3.4, Processo de Detecção 3.5, Metodologia de Testes 3.6 e por fim as Considerações sobre o Desenvolvimento 3.7.

3.1 BASE DE DADOS

De acordo com informações disponibilizadas pela CONEP (CONEP, 2011), “as pesquisas envolvendo apenas dados de domínio público que não identifiquem os participantes da pesquisa, ou apenas revisão bibliográfica, sem envolvimento de seres humanos, não necessitam aprovação por parte do Sistema CEP-CONEP.” Por esta razão, a equipe optou por utilizar a base de dados pública MIT-BIH Arrhythmia Database.

A MIT-BIH Arrhythmia Database foi desenvolvida pelo Beth Israel Hospital de Boston em parceria com o MIT durante uma pesquisa sobre arritmia e temas correlatos. Tem sido utilizada como um conjunto de dados padrão para testes e avaliação para sistemas detectores de arritmias e pesquisa em dinâmica cardíaca (MOODY; MARK, 1990).

Os dados correspondem à 48 gravações ECG com duração de meia hora cada uma. São apresentados dois sinais, *modified limb lead II (MLII)* e *lead VI* (podendo ser ocasionalmente V2, V5 ou V4), ambos obtidos com os eletrodos colocados no peito. Esta é a configuração padrão utilizada pelo BIH Arrhythmia Laboratory. Pode-se observar maior proeminência dos complexos QRS no sinal superior (GOLDBERGER et al., 2000 (June 13)). A figura 2 mostra parte da gravação do exame 105.

Os exames foram realizados com 47 pacientes acompanhados pelo BIH Arrhythmia Laboratory entre os anos de 1975 e 1979. Vinte e três gravações foram aleatoriamente de um conjunto de 4000 exames ambulatoriais de ECG com duração de 24 horas coletadas de pacientes internos (cerca de 60%) e pacientes ambulatoriais (cerca de 40%) do Boston's Beth Israel

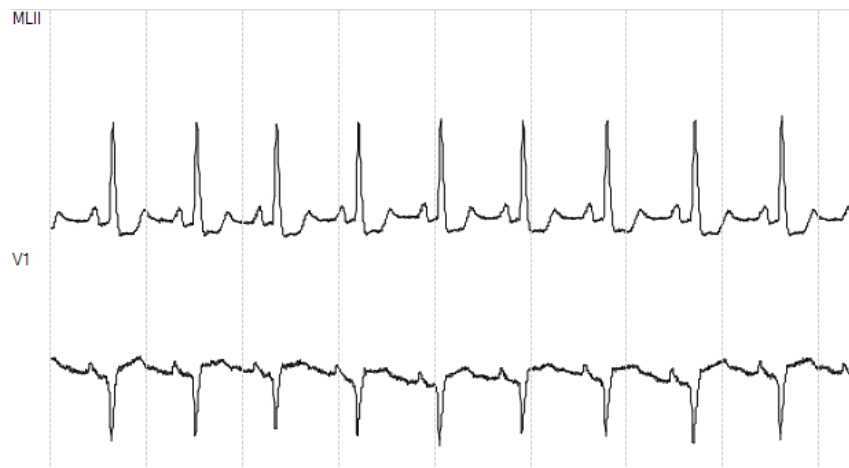


Figura 2: Parte da gravação 105 da base de dados MIT-BIH Arrhythmia Database.

Fonte: Autoria própria

Hospital. Os outros 25 exames foram selecionados do mesmo conjunto para incluir arritmias clinicamente incomuns (MOODY; MARK, 1990).

Uma equipe com dois cardiologistas realizou anotações dos batimentos em cada uma das gravações, resultando em aproximadamente 110 mil marcações. Estas foram incluídas na base de dados. A base completa tem sido disponibilizada gratuitamente pelo desde 2005 (MOODY; MARK, 1990).

Para a etapa de testes deste projeto, foi selecionado apenas o arquivo 105 por apresentar maior dificuldade na detecção do complexo QRS (SARAIVA, 2012).

3.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

3.2.1 Formato EDF

Falar sobre o formato EDF. Como surgiu. Para que serve Podemos colocar o cabeçalho do arquivo.

3.2.2 Linguagens de Programação

O software foi desenvolvido na linguagem C Sharp.

3.2.3 IDE Utilizada

O ambiente de desenvolvimento utilizado foi o Visual Studio versão X. Para a licença deste produto a equipe participou do DreamSpark.

3.2.4 Bibliotecas

Bibliotecas gráficas, biblioteca para abrir arquivo EDF.

3.3 MÓDULOS DO SISTEMA

Eu consigo antever quatro módulos (Aí explica o que cada um faz): Telas do sistema vão aqui.

3.3.1 Visualização do sinal

Explicar por exemplo, a duração do exame, quantos canais, a frequência e amplitude.

3.3.2 Marcação de eventos

Que tipo de eventos marcamos, em arquivo de texto, seguindo um padrão definido.

3.3.3 Extração de Características

Aqui será explicado o modo como foi utilizada a operação da Correlação. Correlação de um evento marcado com o sinal inteiro, gerando um novo sinal... com picos onde eventos daquele tipo ocorrem.

3.3.4 Reconhecimento de padrões

No caso utilizamos a Rede Neural MultiLayer Perceptron.

3.3.5 Avaliação de Resultados

Módulo que compara marcações com os resultados obtidos.

3.4 MODELAGEM UML

Usamos algum padrão, MVC, etc....

3.5 PROCESSO DE DETECÇÃO

Pode ser um diagrama de blocos.

3.6 METODOLOGIA DE TESTES

Achei que já tínhamos explicado isso aqui na Fundamentação Teórica. Mas se não foi o suficiente explicamos melhor aqui... O que são os VP, VN, FP, e FN no nosso caso (complexo QRS, arritmias...). E o que precisou ser variado para gerar a curva ROC. Podemos colocar umas telas, comparando o resultado obtido com a marcação que já vem com a base de dados.

3.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO

4 RESULTADOS OBTIDOS

Introdução do Capítulo. Um parágrafo basta.

4.1 TESTES

4.1.1 Raw ECG

4.1.2 ECG com correlação

Tabela de contingência/confusão: VP, VN, FP, e FN. Aqui vai a análise de sensibilidade, especificidade. Curva ROC. Curva ROC comparativa.

4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

Então.. o sistema é classificador ou não? (De acordo com a curva ROC) Compara a outros trabalhos

Tabela 2: Comparação dos métodos utilizados para detecção do QRS oriunda da tabela de Zhang e Lian (2009) acrescido das quatro últimas linhas com resultados obtidos no trabalho de (SARAIVA, 2012)

Método	QRS	FP	FN	DER	Referências
Algoritmos genéticos	2572	86	5	3,54	Poli, Cagnoni e Valli (1995)
Filtro passa banda	2572	67	22	3,46	Pan e Tompkins (1985)
Wavelet denoising	2572	78	5	3,23	Chen, Chen e Chan (2006)
Bancos de filtragem	2139	53	16	3,22	Afonso et al. (1999)
BPF/search-back	2564	53	22	2,95	Hamilton e Tompkins (1986)
Filtro adaptativo linear	2572	40	22	2,40	Xue, Hu e Tompkins (1992)
Filtragem otimizada	2572	35	21	2,18	Ruha, Sallinen e Nissilä (1997)
Topological mapping	2572	41	4	1,75	Lee et al. (1996)
Transformada wavelet	2572	15	12	1,09	Li, Zheng e Tai (1995)
Filtro adaptativo e rede neural	2572	10	4	0,5	Xue, Hu e Tompkins (1992)
Morfologia 1M	2572	49	10	2,29	Zhang e Lian (2009)
Morfologia 2M	2572	27	9	1,40	Zhang e Lian (2009)
Morfologia 3M	2572	19	7	1,01	Zhang e Lian (2009)
Morfologia 1M	2690	40	2	1,56	Saraiva (2012)
Morfologia 2M	2690	41	2	1,60	Saraiva (2012)
Morfologia 3M	2690	40	0	1,49	Saraiva (2012)
Morfologia 4M	2690	39	0	1,45	Saraiva (2012)

Fonte: Modificada de (SARAIVA, 2012)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alcançou os objetivos?? Quanto conseguiu atingir? A metodologia foi boa ou ruim? Cada seção teve a sua conclusão, então completa a discussão. Elementos resultantes do processo de união. Não apresentar nenhum dado novo! 1 folha e meia no máximo. Propostas futuras? Resultados futuros. (HAYKIN, 2011).

Com redes SOM, ou com outras bases de dados.

6 GESTÃO DO PROJETO

O Dario mandou ter este capítulo aqui. Fala dos esforços e das etapas. Quantidade de horas trabalhadas. Gráfico com barras comparando o esperado com o real. Falar da mudança de base de dados.

REFERÊNCIAS

CONEP. **Perguntas e Respostas Frequentes**. 2011.

GACEK, A.; PREDYCZ, W. **ECG Signal Processing, Classification and Interpretation: A Comprehensive Framework of Computational Intelligence**. [S.l.]: Springer, 2011.

GOLDBERGER, A. L. et al. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals. **Circulation**, v. 101, n. 23, p. e215–e220, 2000 (June 13). Circulation Electronic Pages: <http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/101/23/e215> PMID:1085218; doi: 10.1161/01.CIR.101.23.e215.

HAYKIN, S. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation**. 2nd. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2011. 823 p.

MOODY, G.; MARK, R. The mit-bih arrhythmia database on cd-rom and software for use with it. In: **Computers in Cardiology 1990, Proceedings**. [S.l.: s.n.], 1990. p. 185–188.

SARAIVA, A. A. **Detecção do Complexo QRS através de Morfologia Matemática Multiescalar**. 2012.