

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO  
AUGUSTO CESAR MENDES

**MIOWAVESTATIC: SOFTWARE DE ANÁLISE ESTATÍSTICA DA  
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA**

Lages- SC

2016

AUGUSTO CESAR MENDES

**MIOWAVESTATIC: SOFTWARE DE ANÁLISE ESTATÍSTICA DA  
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA**

Projeto apresentado à Banca Examinadora do  
Trabalho de Conclusão de Curso II de Ciência da  
Computação para análise e aprovação.

Lages-SC

2016

AUGUSTO CESAR MENDES

**MIOWAVESTATIC: SOFTWARE DE ANÁLISE ESTATÍSTICA DA  
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Ciência da Computação apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Ciência da Computação.

Orientadora: Profa. Dra. Ingrid Solange Sepúlveda Muñoz.

Orientador: Prof. Me Márcio José Sembay.

Lages, SC \_\_\_/\_\_\_/2016.

Nota \_\_\_\_\_

---

Coordenador do curso de graduação

Lages-SC

2016

## RESUMO

A estatística é uma área da matemática que tem extrema importância em muitos processos auxiliando em tomada de decisões. Neste trabalho, foram estudados e pesquisados dois temas principais, Processamento de sinais e Bioestatística. No primeiro tema, Processamento de sinais, envolve processamento de sinais biológicos dentre eles a variabilidade da frequência cardíaca suas técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas para auxiliar a medicina. Já o segundo tema abordado, Bioestatística, envolve a importância da estatística dentro da medicina e no estudo do processamento de sinais biológicos como a variabilidade da frequência cardíaca. A metodologia de pesquisa envolvente para a confecção deste trabalho, partiu inicialmente de uma pesquisa bibliográfica sobre os temas abordados, junto a uma pesquisa de laboratório para coleta de dados que se julgaram necessários, no desenvolvimento do software que realiza análises estatísticas do processamento de sinais da variabilidade da frequência cardíaca.

**Palavras Chave:** Processamento de sinais, variabilidade da frequência cardíaca, bioestatística.

## **ABSTRACT**

*Statistics is an area of mathematics that is extremely important in many cases assisting in decision-making. In this work we were studied and researched two main themes, signal processing and Biostatistics. In the first issue, signal processing involves processing of biological signals among them heart rate variability their techniques and tools that can be used to help the medicine. The second theme addressed, Biostatistics, involves the importance of statistics in medicine and the study of the processing of biological signals such as heart rate variability. The surrounding research methodology for making this work, leave initially a bibliographical research on the topics covered, along with laboratory research to collect data that are deemed necessary in the development of software that will perform statistical analysis of signal processing heart rate variability.*

**Keywords:** *signal processing, heart rate variability, biostatistics.*

## **RESUMEN**

*La estadística es una área de las matemáticas, que son extremadamente importante en muchos casos que ayudan en la toma de decisiones. En este trabajo se estudiaron e investigaron dos temas principales, procesamiento de señales y Bioestadística. En el primer tema, el procesamiento de señales, implica el procesamiento de señales biológicas entre ellos variabilidad del ritmo cardíaco, sus técnicas y herramientas que se pueden utilizar para ayudar a la medicina. El segundo asunto tratado, Bioestadística, consiste en la importancia de las estadísticas en la medicina y el estudio del procesamiento de señales biológicos tales como la variabilidad de la frecuencia cardíaca. La metodología de investigación que rodea por hacer este trabajo, ara inicialmente una investigación bibliográfica sobre los temas tratados, junto con la investigación de laboratorio para recoger datos que se consideren necesarios en el desarrollo de software que va a realizar análisis estadísticos de procesamiento de señales de la variabilidad del ritmo cardíaco.*

**Palabras clave:** *Procesamiento de Señales, La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, La Bioestadística.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Intervalo RR .....	16
Figura 2. Fórmula média aritmética .....	19
Figura 3. Mediana quando o número de dados for número ímpar .....	19
Figura 4. Mediana quando o número de dados for número par .....	20
Figura 5. Exemplo de Moda .....	20
Figura 6. Exemplo de Probabilidade condicional .....	23
Figura 7. Monitor de eletrocardiograma .....	24
Figura 8. Sensor de frequência cardíaca .....	25
Figura 9. Software Matlab....	26
Figura 10. Software MioWave .....	27
Figura 11. Tela inicial do MioWavEstatic .....	37
Figura 12. Tela de análises do MioWavEstatic .....	38
Figura 13. Tela de comparações de resultados MioWavEstatic .....	39
Figura 14. Tela de gráficos MioWavEstatic .....	40
Figura 15. Tela de resultados dos gráficos MioWavEstatic .....	41

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Diagrama de Use Case do usuário na utilização do MioWavEstetic .....	34
Diagrama 2. Diagrama de fluxo de dados .....	35
Diagrama 3. Diagrama de sequência na utilização do MioWavEstetic .....	36



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Cronograma TCC .....	30
--------------------------------	----

## LISTA DE SIGLAS

VFC-	Variabilidade da frequência cardíaca
SNA-	Sistema nervoso autônomo
IAM -	Infarto agudo do miocárdio
TW-	Transformada <i>Wavelet</i>
TF-	Transformada Fourier
ECG-	Eletrocardiograma
UML-	<i>Unified Modeling Language</i>

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	IMPORTÂNCIA.....	13
1.3	OBJETIVOS GERAIS .....	13
1.3.1	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>14</i>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
2.1	PROCESSAMENTO DE SINAIS .....	15
2.2	VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA .....	15
2.2.1	<i>Breve histórico .....</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Domínio do tempo .....</i>	<i>16</i>
2.2.3	<i>Domínio da frequência .....</i>	<i>17</i>
2.2.4	<i>Transformada Wavelet.....</i>	<i>17</i>
2.3	BIOESTATÍSTICA .....	18
2.3.1	<i>Medidas de tendência central .....</i>	<i>19</i>
2.4.2.1	<i>Média aritmética .....</i>	<i>19</i>
2.4.2.2	<i>Mediana.....</i>	<i>19</i>
2.4.2.3	<i>Moda.....</i>	<i>20</i>
2.4.3	<i>Medidas de dispersão .....</i>	<i>20</i>
2.4.3.1	<i>Amplitude.....</i>	<i>21</i>
2.4.3.2	<i>Variância.....</i>	<i>21</i>
2.4.3.3	<i>Desvio padrão .....</i>	<i>21</i>
2.3.2	<i>Coefficiente de variação.....</i>	<i>21</i>
2.3.3	<i>Anova.....</i>	<i>22</i>
2.3.4	<i>Probabilidade.....</i>	<i>22</i>
2.3.4.1	<i>Probabilidade condicional .....</i>	<i>22</i>
2.3.4.2	<i>Eventos independentes .....</i>	<i>23</i>
2.4	FERRAMENTAS UTILIZADAS .....	23
2.4.1	<i>Eletrocardiograma .....</i>	<i>24</i>
2.4.2	<i>Sensor de frequência cardíaca .....</i>	<i>24</i>
2.4.3	<i>Matlab .....</i>	<i>25</i>
2.4.4	<i>MioWave .....</i>	<i>26</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
3.1	DOCUMENTAÇÃO .....	28
3.2	TIPO DE PESQUISA .....	28
3.3	TÉCNICAS DE PESQUISA.....	28

3.4	COLETA DE DADOS.....	29
<b>4</b>	<b>CRONOGRAMA.....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>TRABALHOS CORRELATOS.....</b>	<b>31</b>
5.1	INFOSTAT.....	31
5.2	GRAPHPAD PRISM.....	31
5.3	MINITAB.....	31
<b>6</b>	<b>PROJETO.....</b>	<b>32</b>
6.1	FERRAMENTAS NECESSÁRIAS.....	32
6.2	PLATAFORMA UTILIZADA.....	32
6.3	DIAGRAMAS DE UML.....	33
6.3.1	<i>Diagrama de casos de uso.....</i>	<i>33</i>
6.3.2	<i>Diagrama de fluxo de dados.....</i>	<i>34</i>
6.3.3	<i>Diagrama de sequência.....</i>	<i>35</i>
6.4	INTERFACES.....	36
<b>7</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A estatística é um estudo que consiste em coletar, organizar, analisar e interpretar dados. Pode ser aplicada em diversas áreas e quando está relacionada no meio de ciências biológicas e da saúde, passamos a usar o termo bioestatística (PAGANO; GAUVREAU, 2004).

O avanço da medicina tem se mostrado cada vez mais evidente com o passar dos anos e a estatística se faz presente com extrema importância nesse avanço. Nenhum ser humano é igual a outro e nem todos apresentam os mesmos sintomas de uma mesma doença ou reagem da mesma forma quando submetidos a algum tipo de tratamento, estas doenças necessitam ser analisadas a níveis grupais para se caracterizar as consequências e os seus efeitos. Se um paciente com algum tipo de doença for submetido a um certo tratamento, não podemos ter a total certeza de que o tratamento será bem sucedido ou não naquele paciente, mas se mil pacientes forem submetidos a um determinado tratamento seguindo o mesmo procedimento, podemos a partir daí realizar uma análise e saber com uma certa segurança a proporção que será curada ou uma melhora significativa possa ser alcançada (COGGON, 2015).

Atualmente vivemos em uma sociedade em que cada vez mais as pessoas vivem cheias de compromissos e com menos tempo para si mesmas. Diversos fatores estão relacionados a essa falta de tempo que a cada vez mais fica evidente em nossas vidas, fazendo com que muitas das atividades comuns do dia a dia nos levem a níveis altíssimos de estresse. Sinais biológicos são ferramentas importantes para identificar possíveis doenças causadas por estes tipos de problemas e ajudar no tratamento dessas doenças. O estudo da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) se baseia na análise matemática da oscilação do intervalo de tempo entre consecutivos batimentos cardíacos. Estas análises fornecem indicadores da atividade do sistema nervoso autônomo (SNA) e é o padrão fundamental para estimar o nível de estresse de um indivíduo.

Para realizar análises destes sinais em tempo e frequência e chegarmos aos dados desejados, é utilizado a fórmula matemática da Transformada *Wavelet* (TW), esta permite uma análise de dados de diferentes maneiras, em diferentes escalas (TORRENCE; COMPO, 1998; MORETTIN, 1999; BOLZAN, 2004; BARBOSA, 2008).

MioWave é um software desenvolvido na plataforma Matlab para realizar o processamento digital de sinais e análises destes sinais através da fórmula matemática TW. Os resultados obtidos destas análises nos permitem identificar possíveis alterações no SNA, possíveis doenças e auxiliar no tratamento destas. O processo para que estas análises ocorram são extensos e demorados. Partindo desse ponto, com o auxílio da bioestatísticas podemos

agilizar o processo de computar, organizar, analisar e interpretar os resultados obtidos destas análises, trazer resultados mais rápidos e expressivos e auxiliar o processo de identificação de possíveis doenças e seus tratamentos.

### **1.1 Justificativa**

Este estudo justificou-se pelo fato de que agilizar o processamento digital de sinais biológicos com auxílio de ferramentas estatísticas, traz resultados mais rápidos e confiáveis. O software MioWave realiza o processamento de sinais biológicos e análises dos mesmos, porém, após o processamento existia a necessidade de análise estatística, feitas em um outro software, tornando o processo mais demorado, passivo de erros e assumindo riscos de perda de dados, sendo assim, foi de suma importância agregar a este software análises estatísticas para se obter os resultados desejados de forma mais rápida e confiável, sem a necessidade de transferência de dados.

### **1.2 Importância**

A importância de pesquisa em caráter acadêmico, está na exploração de conhecimentos das ciências gerais aplicadas na computação. Sendo de interesse científico a ligação da Medicina com a Computação para a ciência moderna, colaborando a expansão de interesse de estudos até mesmo da própria instituição.

A importância em meio social, pode ser entendida partindo do ponto de que ao caráter clínico cada segundo é fundamental, tornando-se uma ferramenta na qual auxilia a realização de exames preliminares, identificação de possíveis problemas e alterações no sistema cardíaco e em seus tratamentos.

### **1.3 Objetivos Gerais**

O presente trabalho tem por objetivo realizar análise estatística, estabelecer padrões, comparações e auxiliar na identificação e tratamentos de possíveis alterações do sistema cardíaco a partir da análise da VFC.

### ***1.3.1 Objetivos Específicos***

Desenvolver e aplicar junto ao programa MioWave a partir da plataforma Matlab, um programa com funções matemáticas de caráter da bioestatística que atenda às necessidades propostas:

- a) Realizar análises estatísticas dos resultados obtidos do processamento de sinais da VFC;
- b) Estabelecer padrões para identificar possíveis alterações no sistema cardíaco, simpático e parassimpático;
- c) Realizar comparações dos resultados obtidos do processamento de sinais da VFC.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Processamento de sinais**

Sinais estão diretamente relacionados a nossa vida. Som, temperatura, luz são alguns exemplos simples de sinais que se fazem presente em nosso dia a dia. Segundo Haykin (2001), sinais acabam se tornando um ingrediente básico de nossa vida diária, e a sua definição pode ser entendida como uma função que pode conter uma ou mais variáveis, possuindo informações sobre a natureza de um fenômeno.

Os sinais podem ser classificados como estacionários e não-estacionários, onde estacionários possuem parâmetros independentes do tempo de observação, enquanto os sinais não-estacionários possuem parâmetros dependentes do tempo.

O processamento digital de sinais biológicos é uma ferramenta que vem sendo muito explorada para diagnósticos clínicos na área da saúde, buscando auxiliar a terapêutica e controle pós-terapia (MUÑOZ, 2015).

Sinais analógicos possuem valores contínuos de tensão e correntes, enquanto sinais digitais possuem uma sequência de números de uma determinada codificação. O processamento digital de sinais é a análise ou modificação de sinais buscando extrair informações a partir destas análises ou torná-los aplicáveis em alguma área específica. Para digitalizar um sinal analógico Nalon (2014) explica que, são realizadas quatro etapas: filtragem, amostragem, quantização e codificação.

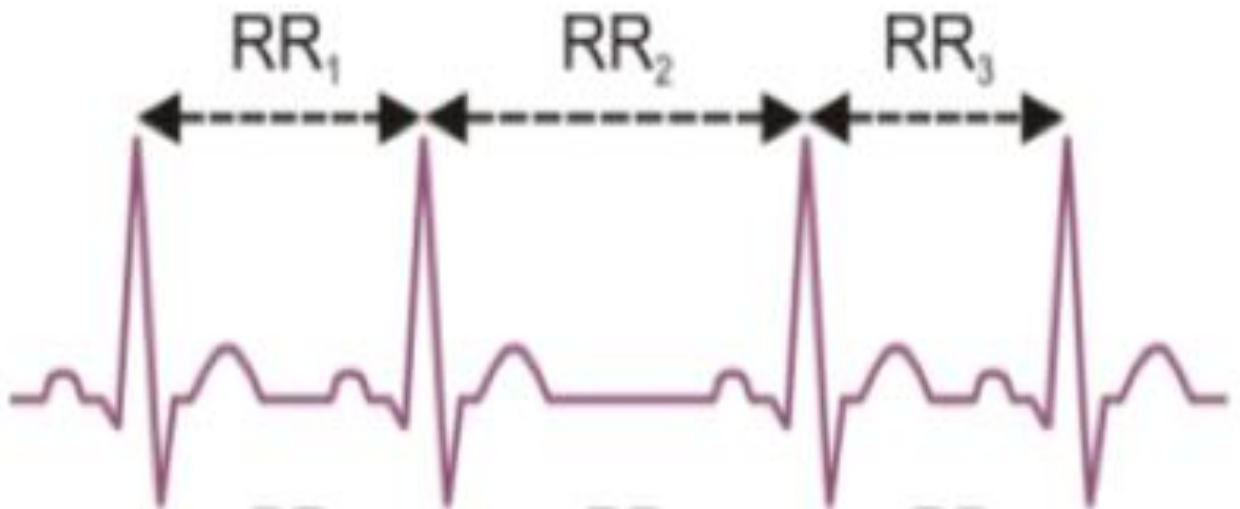
### **2.2 Variabilidade da frequência cardíaca**

A análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) se baseia na análise matemática da oscilação do intervalo de tempo batimento a batimento (intervalo RR). Estas análises fornecem indicadores da atividade do SNA obtendo-se padrões essenciais para estimar o nível de estresse de um indivíduo (MAIA, 2014).

A figura abaixo (figura 1) detalha de forma simples o intervalo RR de um batimento cardíaco:



Figura 1: Intervalo RR



Fonte: <http://m2training.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/07/RR-interval.png>.

### 2.2.1 *Breve histórico*

Em 1965 foram publicados os primeiros estudos da VFC, quando a tecnologia foi utilizada para monitorar o sofrimento fetal (MAIA, 2014).

Depois em 1970 novos estudos correlacionaram a VFC com a neuropatia autonômica em pacientes diabéticos e associaram a redução da VFC com o aumento do risco de mortalidade após IAM (MAIA, 2014).

Já em 1980 se consolidou a importância do estudo da VFC e descobriu uma forte e independente correlação com a predição da mortalidade após o IAM. Atualmente a análise da VFC vem sendo utilizada como um meio para analisar o SNA através de métodos lineares, domínio do tempo e domínio da frequência (MAIA, 2014).

### 2.2.2 *Domínio do tempo*

As análises da VFC feitas através do domínio do tempo, são realizadas por índices estáticos e geométricos. Este método é utilizado geralmente em estudos de longa duração através de técnicas matemáticas, expressas em unidade de tempo (NALON, 2014).

O método SDNN analisa o sistema nervoso simpático e parassimpático, é feito o desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, onde a redução deste índice é sinal de possível neuropatia diabética e de possibilidades de doença cardíacas. O método rMSSD analisa o sistema nervoso simpático, onde neste é feito a raiz quadrada da média do quadrado

das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, onde a redução conjunta do SDNN e rMSSD indicam a possibilidade de doença cardíaca.

Os indicadores no Domínio do tempo são mais confiáveis como preditores de arritmias e risco de reinfarte fatal pós-IAM (MAIA, 2014)

### **2.2.3 Domínio da frequência**

As análises da VFC através do domínio do tempo, são realizadas por análises espectrais. Este método é utilizado geralmente em estudos de curta duração.

A baixa VFC pode indicar doenças como IAM, doença de Chagas, obesidade, baixa adaptabilidade. Enquanto a alta VFC pode indicar treinamento físico, melhora do equilíbrio autônomo e boa adaptabilidade (MAIA, 2014).

### **2.2.4 Transformada Wavelet**

A TW é uma ferramenta matemática para análise em tempo e frequência, desenvolvida para o processamento de sinais não-estacionários que possuem séries-temporais cujos momentos estatísticos variam em qualquer segmento tomado desta série. Desta forma a TW, é utilizada pela necessidade de desenvolver uma ferramenta matemática que mostre as reais características dos sinais não-estacionários a serem estudados. A Transformada de Fourier (TF) é outra fórmula matemática também utilizada para análises de processamento de sinais, porém esta não é adequada para a análise de sinais não estacionários e não é eficiente para a análise de sinais de curta duração, pois sua base tem duração infinita. Séries temporais estacionárias são séries cujos momentos estatísticos como a média, variância e outros, não variam ao longo do tempo. Sendo assim pode-se dizer que a TF um evento é descrito somente no domínio da frequência ou no domínio do tempo separadamente, enquanto a TW permite uma análise de dados de diferentes maneiras, em diferentes escalas (MUÑOZ, 2015).

A TW é utilizada (ZHOU, 2006; DELFINO, 2006; BERGER et al., 2006; KELENCZ, 2006; GUPTA, 2007; PINTO; MAGINI, 2007; PAIVA, 2008) em:

- a) Ultrassom: aumento da qualidade visual de imagens;
- b) Eletroencefalograma: reconhecimento de “estados de alerta”;

- c) Eletrocardiograma: reconhecimento de arritmias, compressão de sinais, remoção de ruído e artefatos;
- d) Sinais de controle de próteses mioelétricas: para análise da variabilidade da frequência cardíaca;
- e) Eletromiografia: compressão de sinais, análise da atividade muscular do exercício de agachamento, em práticas de kung-fu e comparação de diferentes métodos de análise de sinais não estacionários, envolvendo eletromiografia.

### 2.3 Bioestatística

Há tempos que a estática está presente em nosso meio, em 1903 H.G Wells *apud* (PAGANO; GAUVREAU, pág. 1, 2004) “conjeturou que, um dia, o pensamento estático seria tão necessário para os bons cidadãos quanto o ler e o escrever, pois esta desempenha um papel muito importante em muitos processos de tomada de decisão”.

A importância da estatística pode ser vista em diversos campos, seja na administração de negócios, levantamentos políticos, análises da psicologia, agricultura, entre outros. Como já citado anteriormente na introdução do presente trabalho, segundo Pagano; Gauvreau (2004) quando a estatística está relacionada no meio das áreas de ciências biológicas e saúde, passamos a partir daí utilizar o termo bioestatística.

Na bioestatística quando é feito a coleta de dados de experimentos, pessoas, animais, fenômenos químicos ou físicos, os pesquisadores realizam análises dos dados obtidos, segundo Vieira (2010) estes dados referem-se a variáveis que podem ser classificadas na área da estatística como:

- a) Qualitativas: Dados de categorias mutuamente exclusivas. Podem ser classificadas como exemplo de variáveis qualitativas sexo, cor, grupo sanguíneo etc;
- b) Ordinais: Dados de categorias mutuamente exclusivas tendo ordenação natural. Podem ser classificadas como exemplo de variáveis ordinais escolaridade, aparência, estágio da doença etc.;
- c) Quantitativas: Dados expressos através de números. Podem ser classificadas como exemplo de variáveis quantitativas idade, tempo, estatura etc.

### 2.3.1 *Medidas de tendência central*

Medidas de tendência central podem ser classificadas como o valor central dos dados que estão sendo analisados. Segundo (VIEIRA, pág. 27, 2010) “São medidas de tendência central: a média aritmética (ou simplesmente média), a mediana e a moda”.

#### 2.4.2.1 *Média aritmética*

A média aritmética é uma medida de tendência central, definida pela soma de todos os dados obtidos e a divisão pelo número total de medidas. É uma das mais frequentemente utilizadas na área da estatística. (PAGANO; GAUVREAU, 2004). No estudo da VFC, tem extrema importância para determinar tendências nas análises. A figura abaixo (figura 2) demonstra um exemplo da fórmula da média aritmética:

Figura 2: Fórmula da média aritmética

$$MA = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Fonte: Próprio Autor.

#### 2.4.2.2 *Mediana*

A mediana é uma medida de tendência central que delimita metade dos dados. Se a amostra dos dados for constituída por um número ímpar, a sua mediana é definida pelo valor central dos dados ordenados (VIEIRA, 2010). A figura (figura 3) demonstra um exemplo:

Figura 3: Mediana quando o número de dados for número ímpar.

**1, 2, 3, 4, 5**

O valor da media é "3"

Fonte: Próprio Autor.

Se a amostra dos dados for constituída por um número par, a sua mediana é definida pela soma do valor central dos dados ordenados dividido por dois (VIEIRA, 2010). A figura (figura 4) abaixo apresenta um exemplo:

Figura 4: Mediana quando o número de dados for número par.

$$1, 2, \boxed{3, 4}, 5, 6$$

A mediana é:  $\frac{3+4}{2} = 3,5$

Fonte: Próprio Autor.

### 2.4.2.3 *Moda*

Segundo (VIEIRA, pág. 31, 2010) “A moda é o valor que ocorre com maior frequência. Existem conjuntos de dados que não apresentam moda, porque nenhum valor se repete maior número de vezes, e existem conjuntos de dados com duas ou mais modas”. A figura (figura 5) demonstra um exemplo:

Figura 5: Exemplo de Moda

$$1, 3, 4, 5, 7, 7, 9$$

A moda é 7

$$1, 3, 5, 7, 9$$

Não existe moda

$$1, 3, 3, 5, 7, 7, 9$$

Existe duas modas, 3 e 7

Fonte: Próprio Autor.

### 2.4.3 *Medidas de dispersão*

Medidas de dispersão podem ser classificadas como um valor para descrever a variabilidade dos dados que estão sendo analisados. Segundo (VIEIRA, pág. 36, 2010) “São medidas de dispersão: amplitude, variância e desvio padrão”.

#### **2.4.3.1 Amplitude**

A amplitude é uma medida de dispersão que pode ser caracterizada como a diferença entre o maior e o menor valor dos dados que estão sendo analisados (LEVIN, 1987). Por mais que a amplitude seja um cálculo relativamente fácil de ser realizado, sua utilização é limitada, por apresentar somente valores extremos de um conjunto de dados e não a maioria dos valores.

#### **2.4.3.2 Variância**

A variância é outra medida de dispersão habitualmente usada para um analisar um conjunto de dados. Esta medida tem como definição a quantificação da variabilidade ao redor da média das medidas, podendo ser medido pelos desvios em relação à média. Tem como desvantagem por sua unidade de medida ser igual ao quadrado da unidade de medida dos dados que estão sendo analisados (PAGANO; GAUVREAU, 2004).

#### **2.4.3.3 Desvio padrão**

Na análise da VFC o desvio padrão é uma medida de dispersão muito utilizada. Tem como vantagem sobre a medida de dispersão variância, por possuir a mesma unidade de medida que a média, ao invés de ser elevada ao quadrado. Para se calcular o desvio padrão de um conjunto de dados, é feito o cálculo da raiz quadrada positiva da variância deste conjunto (VIEIRA, 2010; PAGANO; GAUVREAU, 2004).

#### **2.3.2 Coeficiente de variação**

O coeficiente de variação está relacionado entre o desvio padrão e a média, sendo o seu resultado multiplicado por 100 para que seus coeficientes sejam dados em porcentagem.

Quanto maior for o coeficiente de variação maior será a dispersão entre os dados em relação a sua média, sendo assim a sua dispersão relativa é alta (VIEIRA, 2010).

### **2.3.3 Anova**

Anova é um procedimento utilizado para comparar três ou mais tratamentos, realiza a análise de variância, onde se testa a hipótese de que as médias de duas ou mais populações são iguais. Análises anova testam a importância de um ou mais fatores comparando as médias das variáveis de resposta em diferentes níveis dos fatores. Quanto maior for a primeira comparada à segunda, maior é a evidência de que existe variabilidade entre grupos, ou seja, médias diferentes. Se o resultado obtido for nulo afirma que todas as médias das populações são iguais, e se os resultados forem alternativos afirma que pelo menos uma das médias é diferente (ANJOS, 2009).

### **2.3.4 Probabilidade**

A probabilidade pode ser definida de forma consensual como a possibilidade de um determinado fato ou evento possa ocorrer, analisada numericamente e em termos percentuais. Dentro das áreas de ciências biológicas e saúde os resultados não podem ser definidos com cem por cento de exatidão e a presença de erro nas avaliações é infelizmente inevitável. As probabilidades são avaliadas historicamente ou por experimentação e os resultados obtidos são estimativas sujeitas a erros, estes podendo ser de maior ou menor magnitude dependendo de como é realizado a pesquisa científica (ARANGO; 2005).

#### **2.3.4.1 Probabilidade condicional**

Probabilidade condicional é um segundo evento de um espaço amostral que ocorre em um evento depois que já tenha ocorrido o primeiro, podendo ser definida segundo Vieira (2010) como a probabilidade de ocorrer determinado evento sob determinada condição. A figura (figura 6) apresenta um exemplo de probabilidade condicional para melhor compreensão:

Figura 6: Exemplo de probabilidade condicional

**8.2 - PROBABILIDADE CONDICIONAL**

A idéia de probabilidade condicional pode ser entendida através de um exemplo. Imagine que um dado foi jogado. Qual é a probabilidade de ter ocorrido 5? Como o dado tem seis faces, a probabilidade de ter ocorrido a face com número 5 é

$$\frac{1}{6} = 0,1667 \text{ ou } 16,67\%.$$

Imagine agora que o dado foi jogado e já se sabe que ocorreu face com número ímpar. Qual é a probabilidade de ter ocorrido 5? Note que a resposta a esta pergunta é diferente da resposta dada à pergunta anterior. Se saiu face com número ímpar, só podem ter ocorrido os números: 1, 3 ou 5. Logo, a probabilidade de ter ocorrido 5 é:

$$\frac{1}{3} = 0,3333 \text{ ou } 33,33\%.$$

A probabilidade de ocorrer determinado evento pode ser *modificada* quando se impõe uma condição. Como mostra o exemplo, a probabilidade de ocorrer 5 no jogo de um dado é 16,67%, mas, *sob a condição* de ter ocorrido face com número ímpar, a probabilidade de ocorrer 5 é 33,33%.

Fonte: Adaptado de Vieira, 2010.

#### 2.3.4.2 Eventos independentes

Diferentemente da probabilidade condicional onde é encontrada o evento de um outro evento, podemos dizer que eventos independentes são eventos separados de um único espaço amostral. Dado um espaço amostral qualquer, se dele tirarmos dois eventos e se eles forem independentes, então a sua probabilidade será calculada separadamente ou seja, a probabilidade de ocorrer um deles não é modificada pela ocorrência de outro (VIEIRA, 2010; PAGANO; GAUVREAU, 2004).

## 2.4 Ferramentas utilizadas

No processamento de sinais biológicos, inúmeros são os dispositivos utilizados para a extração de dados, seja Software ou Hardware. Com o avanço da tecnologia cada vez mais surgem novos dispositivos que auxiliam na captação dos sinais cardíacos como eletrocardiograma, monitores de frequência cardíaca com cinta peitoral e sem cinta peitoral, relógio com indicação da frequência cardíaca, entre outros, podendo estes dispositivos serem utilizados como ferramentas para análise da VFC.



### 2.4.1 *Eletrocardiograma*

O eletrocardiograma é um aparelho que permite a avaliação elétrica da atividade cardíaca, eletricidade que ele produz e transmite na pele. Esta avaliação apresenta a variação do potencial elétrico no tempo, que gera uma imagem linear, em ondas.

A figura abaixo (figura 7) apresenta um exemplo de monitor eletrocardiograma:

Figura 7: Monitor eletrocardiograma.



Fonte: [http://www.diytrade.com/china/pd/7405820/patient\\_monitor\\_ECG\\_NIBP\\_RESP\\_H8.html#normal\\_img](http://www.diytrade.com/china/pd/7405820/patient_monitor_ECG_NIBP_RESP_H8.html#normal_img).

### 2.4.2 *Sensor de frequência cardíaca*

Estes dispositivos são muito utilizados para preparação física de atletas, podendo ser encontrados sensores com cinta peitoral, sem cinta peitoral, relógio com indicação da frequência cardíaca, entre outros. A medição da frequência cardíaca através da cinta peitoral se considera atualmente a mais precisa. A cinta possui um eletrodo que lê os dados e em seguida transmite-os para um receptor em forma de relógio ou diretamente para o display do aparelho.

A figura (figura 8) apresenta um exemplo de sensor de frequência cardíaca com cinta peitoral:

Figura 8: Sensor de frequência cardíaca.



Fonte: <http://www.tocadacotia.com/curiosidades/relogio-monitor-cardiaco>

### 2.4.3 *Matlab*

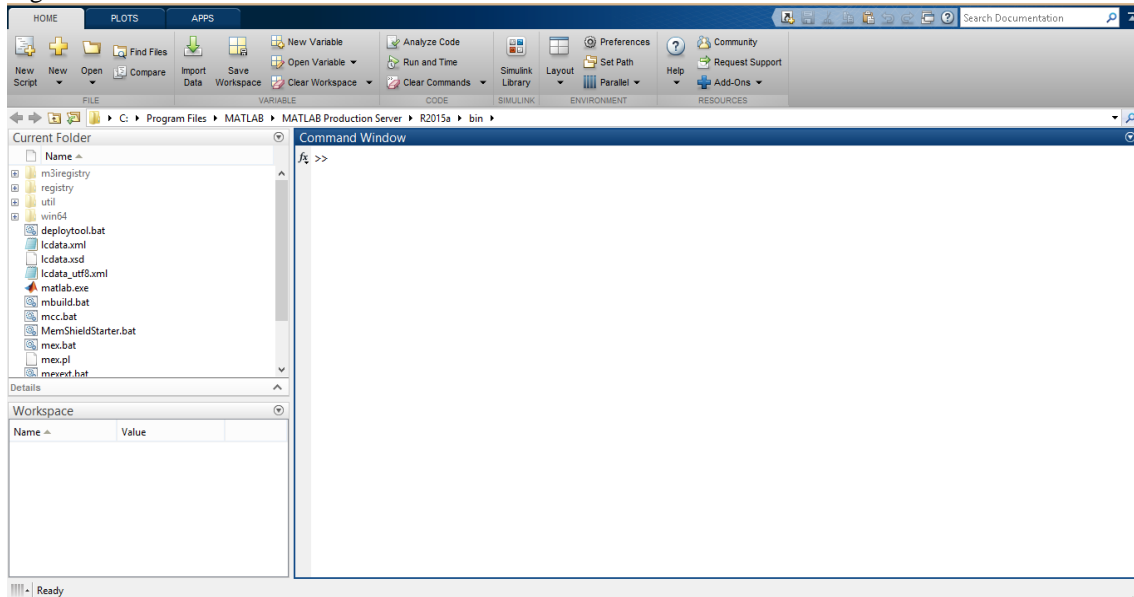
O Matlab é um software muito utilizado na área das engenharias para fazer cálculos com matrizes podendo funcionar como uma calculadora ou como uma linguagem de programação científica. É usado também para o aprendizado de máquina, processamento de sinais, processamento de imagem, visão computacional, comunicações, finanças computacionais, design controle, robótica e muito mais.

Os comandos dados no Matlab são mais próximos da forma como se escrevem expressões algébricas, tornando mais simples o seu uso. Atualmente, o Matlab é definido como um sistema interativo e uma linguagem de programação para computação técnica e científica em geral, integrando a capacidade de fazer cálculos, visualização gráfica e programação (TONINI; SCHETTINO, 2002). Segundo Matsumoto (2004) o Matlab é principalmente utilizado para:

- a) Matemática e computação;
- b) Desenvolvimento de algoritmos;
- c) Aquisição e análise de dados;
- d) Visualização de resultados;
- e) Modelagem, simulação e prototipação;
- f) Desenvolvimento de aplicações, incluindo a elaboração de interfaces gráficas com o usuário.

A figura abaixo (figura 9) apresenta um exemplo de funcionamento de uma das telas do software Matlab:

Figura 9: Software Matlab.



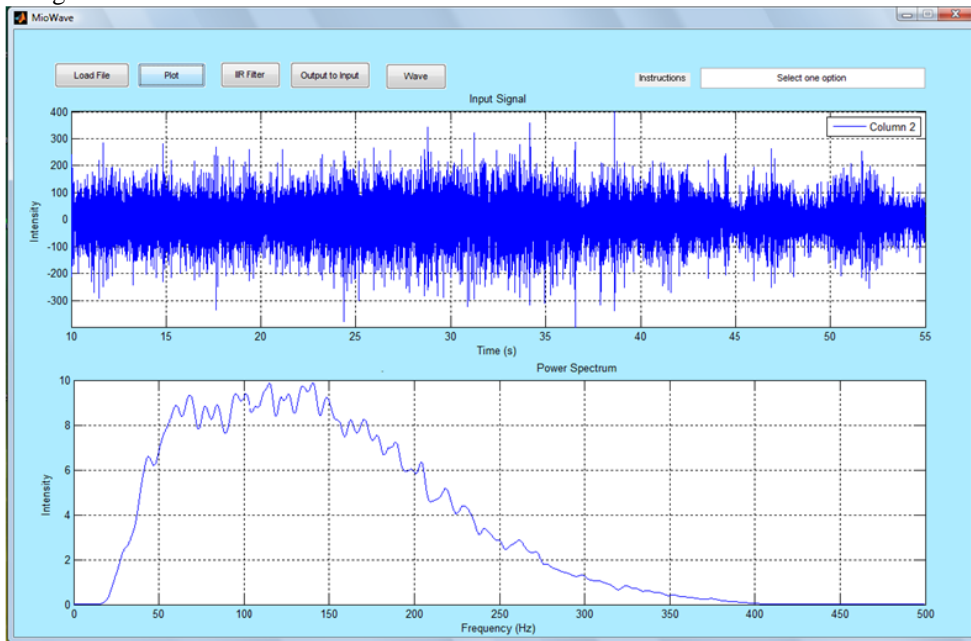
Fonte: Adaptado de Matlab

#### 2.4.4 *MioWave*

O software MioWave, é um programa desenvolvido para a plataforma Matlab, onde este oferece uma interface gráfica interativa e flexível para análises de sinais eletromiográficos entre outros sinais biológicos. Este software apresenta conjunto de sub-rotinas implementado para analisar séries temporais não estacionárias no espaço de frequência e tempo, apresentando-se mais sensível que ferramentas convencionalmente empregadas (MUÑOZ, 2015).

A figura abaixo (figura 10) apresenta um exemplo de funcionamento de uma das telas do software MioWave:

Figura 10: Software MioWave.



Fonte: Adaptado de MioWave

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Documentação**

A documentação constitui-se, em geral, no processamento de dados de sinais biológicos e análises dos mesmos. Esses dados são obtidos através de dispositivos de mensuração por meio de uma pesquisa de laboratório.

#### **3.2 Tipo de pesquisa**

O tipo de pesquisa do presente estudo é definido como pesquisa bibliográfica e pesquisa de laboratório.

A pesquisa bibliográfica, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema que está sendo estudado e oferece meios para definir e resolver problemas já conhecidos, assim como explorar novas áreas onde seus problemas ainda não foram suficientemente fundamentados (MARCONI; LAKATOS, 2007).

A pesquisa de laboratório é utilizada com o objetivo de descrever e analisar o que será ou ocorrerá em situações controladas. Exige um instrumental específico, preciso e ambiente adequado. Suas técnicas podem variar de acordo com o estudo a ser feito (MARCONI; LAKATOS, 2007).

#### **3.3 Técnicas de pesquisa**

A observação é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não está relacionada em apenas ver e ouvir, mas também em analisar os fatos e fenômenos que serão estudados.

Na observação sistemática são utilizados instrumentos para coleta dos dados ou fenômenos observados, por meio do uso de instrumentos adequados para a coleta de dados da VFC, possibilita a realização de observações mais adequadas do que aquelas feitas apenas pelos sentidos (MARCONI, LAKATOS 2007).

### **3.4 Coleta de dados**

Na bioestatística pode ser encontrada diferentes tipos de ferramentas para analisar os dados. Na análise da VFC, os dados são extraídos por dispositivos de mensuração dos batimentos cardíacos, a partir daí é realizada uma análise matemática da oscilação do intervalo de tempo batimento a batimento (intervalo RR). Estes dados podem ser classificados como dados quantitativos, por representarem variáveis expressas por números.

#### 4 CRONOGRAMA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi seguido o cronograma abaixo apresentado no quadro (quadro 1):

Quadro 1: Cronograma TCC.

Atividades Realizadas	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Idealização do projeto e levantamento de requisitos										
Pesquisa bibliográfica										
Estudo de técnicas e metodologia										
Especificação do projeto										
Pré-apresentação TCC										
Entrega Final TCC I										
Defesa e apresentação TCC a banca avaliadora										
Adequação da proposta para o projeto										
Definição das funcionalidades do sistema										
Execução do projeto										
Testes										
Entrega Final TCC II										
Defesa e apresentação TCC II a banca avaliadora										

Fonte: Próprio Autor.

## 5 TRABALHOS CORRELATOS

### 5.1 InfoStat

O InfoStat procura atender as necessidades básicas e elementares, como gráficos e colunas e até métodos mais profissionais de modelagem estatística, incluindo algoritmos de análise avançada. O programa apresenta uma interface semelhante a tela de planilha eletrônica, como a do Excel. Como dito anteriormente, o aplicativo envolve várias funções, que vão desde um gráfico básico a até mesmo simulações de resultados e previsões estatísticas. Permite também realizar a importação e exportação da base de dados em vários formatos e extensões, Paradox, texto, dbase, Excel e Epiinfo.

### 5.2 GraphPad Prism

GraphPad Prism é uma combinação de bioestatística básica, ajuste de curva e gráficos científicos em um programa abrangente. Projetado para o cientista prático, o programa não espera que o usuário seja um estatístico. Ele orienta o usuário através de cada análise deixando o software mais fácil de ser utilizado.

### 5.3 MiniTab

Minitab fornece ferramentas necessárias para analisar melhor os dados e tomar decisões corretas, visando à melhoria de produtos e serviços. Apresenta recursos como: teste de hipótese, variância, correlação, testes de *outlier*. Também apresenta a opção de importar dados do Excel e bancos de dados, para que o usuário possa ir diretamente à análise que deseja realizar.



## 6 PROJETO

O projeto apresentado como MioWavEstatic, é uma extensão do software de análises de sinais eletromiográficos entre outros sinais biológicos MioWave.

No software MioWave após as análises dos sinais biológicos serem realizadas e os resultados obtidos, existe a necessidade destes resultados serem analisados estatisticamente para auxiliar a identificar possíveis alterações no sistema cardíaco. Para que este processo possa ser realizado era necessário anteriormente a utilização de um outro software, tornando assim o processo mais extenso e demorado além do custo da aquisição de um outro software.

Com o MioWavEstatic, uma extensão do software MioWave, é possível realizar estas análises de caráter da estatística que se viram necessárias para o projeto, otimizando assim o processo e trazendo mais agilidade e confiabilidade.

### 6.1 Ferramentas necessárias

- a) Um dispositivo de mensuração de batimentos cardíacos;
- b) Uma máquina para o processamento dos sinais biológicos, implementação e realização de testes.

### 6.2 Plataforma utilizada

A plataforma utilizada para o projeto MioWavEstatic foi o Matlab, sendo este uma excelente ferramenta para o processamento de sinais, por suportar diversas operações com sinais, desde a geração até filtragem, modelagem e análise espectral. Seus comandos dados são mais próximos da forma como se escrevem expressões algébricas, tornando mais simples o seu uso. O Matlab é definido como uma linguagem de programação para computação técnica e científica em geral, como já citado anteriormente as suas aplicações típicas segundo Matsumoto (2004) são:

- a) Matemática e computação;
- b) Desenvolvimento de algoritmos;
- c) Aquisição e análise de dados;
- d) Visualização de resultados;
- e) Modelagem, simulação e prototipação;

- f) Desenvolvimento de aplicações, incluindo a elaboração de interfaces gráficas com o usuário.

### **6.3 Diagramas de UML**

Este tópico abordará o funcionamento lógico do MioWavEstatic, através da utilização de diagramas baseados na linguagem UML (Unified Modeling Language).

A linguagem UML, traduzida do inglês como Linguagem de Modelagem Unificada, foi desenvolvida no início dos anos 90 através da agregação de outras técnicas de modelagem, com a finalidade de que obtenha-se uma linguagem universal para a modelagem de projetos e sistemas. Sua representação, é estabelecida através de diagramas, mostrando assim a estruturação e funcionamento lógico de um projeto.

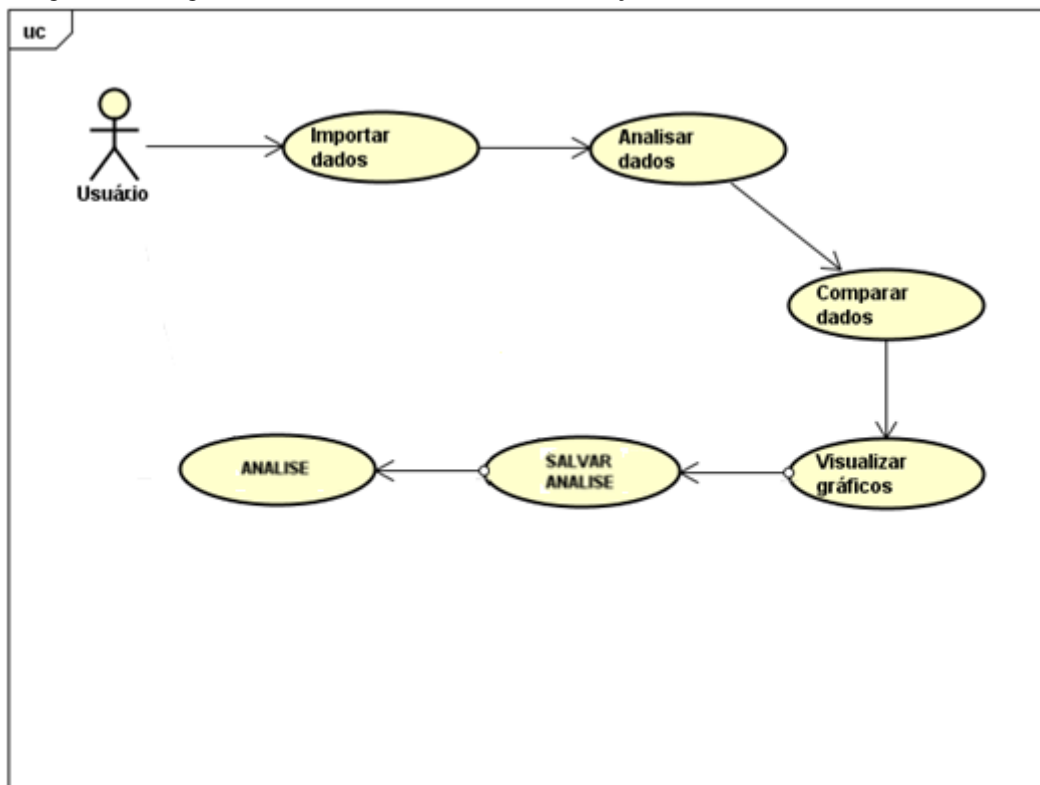
Um diagrama é uma representação gráfica de um conjunto de elementos (classes, interfaces, colaborações, componentes, nós, etc.) e são usados para visualizar o sistema sob diferentes perspectivas. A UML define um número de diagramas que permite dirigir o foco para aspectos diferentes do sistema de maneira independente. Se bem usados, os diagramas facilitam a compreensão do sistema que está sendo desenvolvido.

Para a confecção dos diagramas abaixo, a ferramenta utilizada foi o software Astah community.

#### ***6.3.1 Diagrama de casos de uso***

O modelo de diagrama Use Case conhecido também como Casos de Uso, corresponde a uma das fases iniciais de um projeto, envolve a determinação dos usos que o sistema terá, ou seja, o que vai oferecer como serviços. Este diagrama utiliza como primitivas Atores, Casos de Uso e Relacionamentos. Como ocorre também em outros diagramas. Nos diagramas de casos de uso também pode ser utilizado as primitivas Pacote e Nota.

Diagrama 1: Diagrama de Use Case do usuário na utilização do MioWavEstetic.

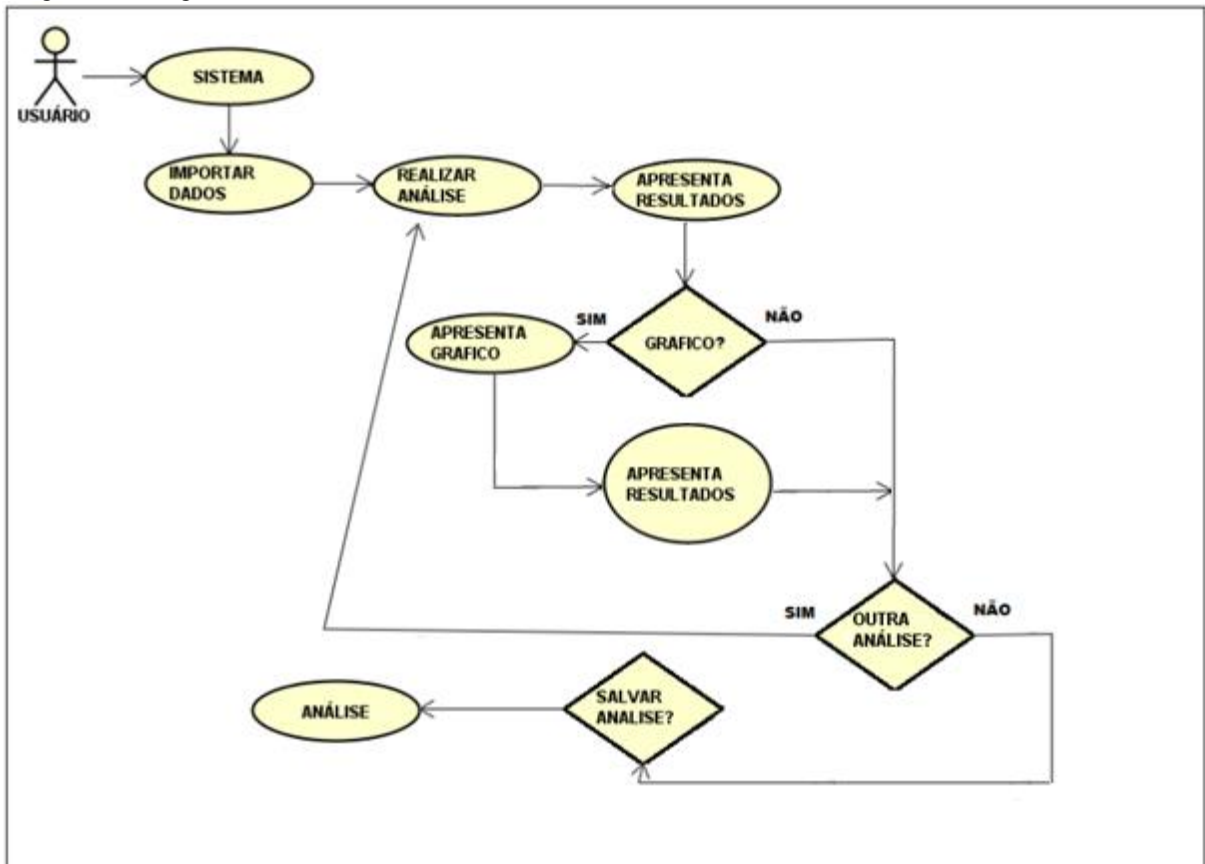


Fonte: Próprio Autor.

### 6.3.2 Diagrama de fluxo de dados

O diagrama de fluxo de dados ou DFD, é uma representação gráfica que ilustra a funcionalidade e a circulação de dados contidos no sistema. Este tipo de diagrama é considerado uma das ferramentas mais utilizadas para modelagens funcionais de sistemas (OLIVEIRA, 2000).

Diagrama 2: Diagrama de fluxo de dados.

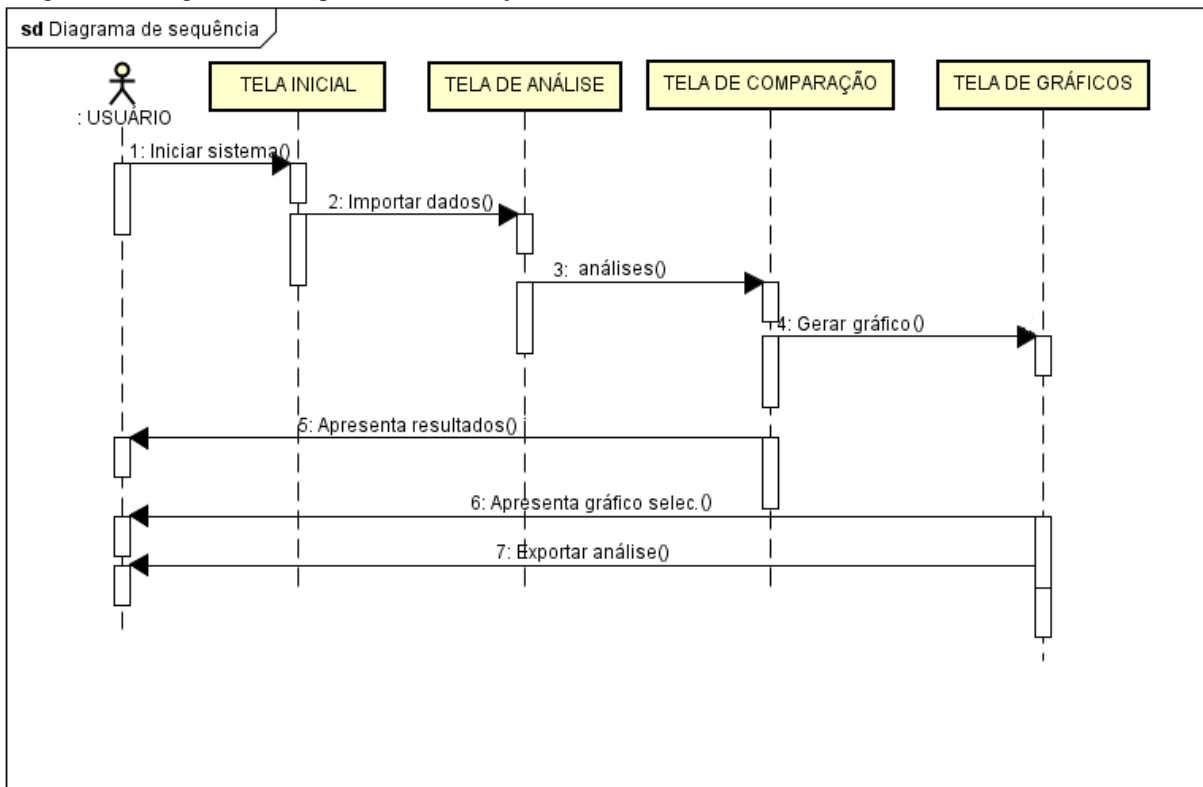


Fonte: Próprio Autor.

### 6.3.3 Diagrama de sequência

O diagrama de sequência, representa uma perspectiva, orientada por tempo, da colaboração entre os objetos. O diagrama demonstrará o comportamento de um único caso de uso e exibirá os objetos e as possíveis mensagens passadas entre esses objetos no caso rotineiro.

Diagrama 3: Diagrama de Sequência na utilização do MioWavEstatic.



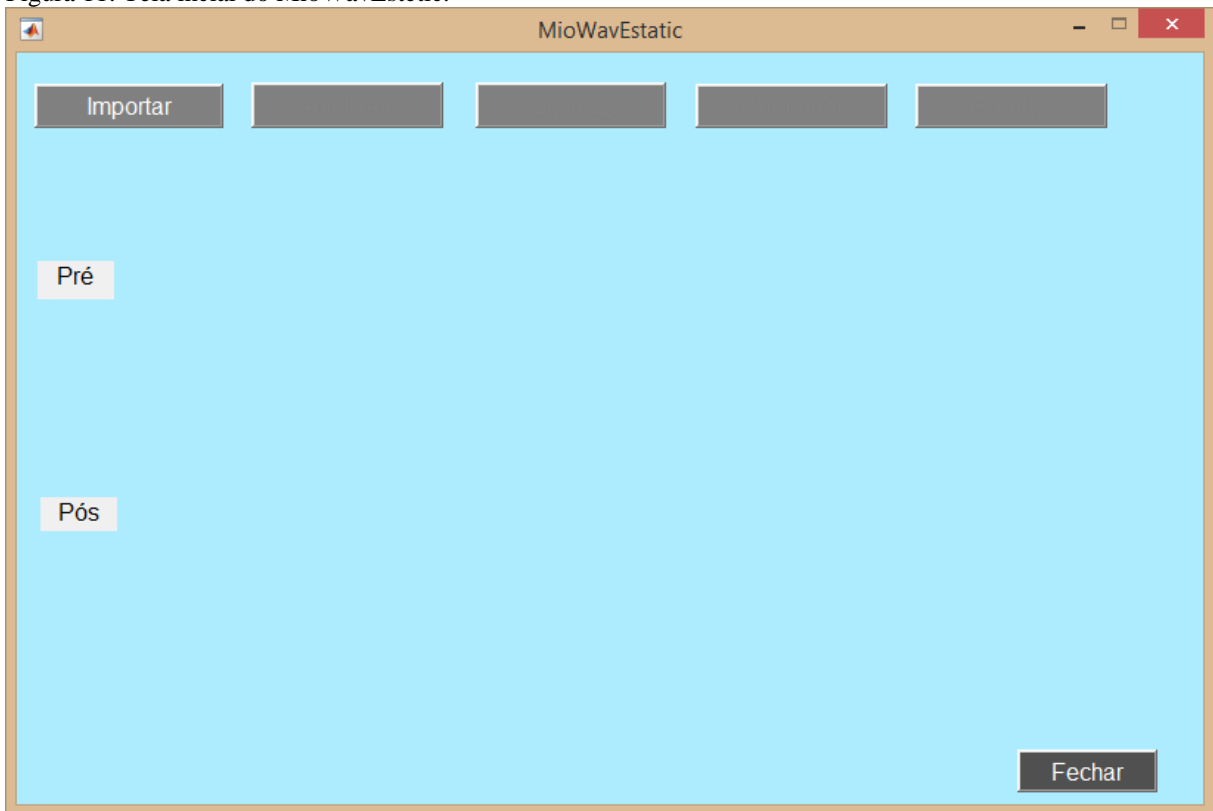
Fonte: Próprio Autor.

## 6.4 INTERFACES

Este tópico apresenta as principais interfaces de funcionamento do sistema, demonstrando parte dos módulos necessários para o funcionamento do MioWavEstatic.

A figura abaixo (figura 11) apresenta a tela inicial do MioWavEstatic, na tela principal contém as principais funcionalidades do sistema, onde o usuário após importar os dados a serem analisados deve selecionar a opção que deseja realizar.

Figura 11: Tela inicial do MioWavEstatic.



Fonte: MioWavEstatic.

A figura abaixo (figura 12) apresenta a tela de análises do sistema, onde após o usuário importar os dados os mesmos aparecem na tela para conferência, e em seguida o usuário pode selecionar a opção “Análises” realizando assim as análises dos dados importados e os resultados já sendo apresentados em seguida para o usuário.

Figura 12: Tela de análises do MioWavEstatic.

The screenshot displays the MioWavEstatic software interface. At the top, there are buttons for 'Importar', 'Análises', and two empty buttons. Below these are two data tables. The first table, labeled 'Pré', shows values for six subjects across six rows. The second table, labeled 'Pós', shows values for the same six subjects across six rows. A 'Fechar' button is located at the bottom right of the interface.

	ANA CLARA	BRENDA	BRUNO	CARLOS	DANIELA	DAVID
Pré 1	638	628	701	698	556	
Pré 2	613	628	700	689	514	
Pré 3	613	638	699	631	514	
Pré 4	623	641	700	661	510	
Pré 5	556	615	699	685	521	
Pré 6	585	658	697	641	546	
	ANA CLARA	BRENDA	BRUNO	CARLOS	DANIELA	DAVID
Pós 1	500	546	609	588	573	
Pós 2	484	555	608	588	572	
Pós 3	483	554	607	581	579	
Pós 4	535	550	603	581	575	
Pós 5	496	568	614	577	575	
Pós 6	494	582	607	586	569	

Fonte: MioWavEstatic.

Após a realização das análises os resultados podem ser visualizados e comparados como demonstra a figura abaixo (figura 13) apresentando a funcionalidade da tela de comparações do sistema.

Figura 13: Tela de comparações de resultados do MioWavEstetic.

The screenshot shows a software window titled 'Análises' with a menu bar (File, Edit, View, Insert, Tools, Desktop, Window, Help) and a toolbar. The main content area displays a table comparing two groups: ANA CLARA and BRE. The table lists various statistical metrics for 'pré' (before) and 'pós' (after) treatments.

	ANA CLARA	BRE
Média pré	593.5144	50
Desvio padrão pré	58.9468	10
Variância pré	3.4747e+03	1.02
Máximo pré	1213	
Mínimo pré	251	
	0	
Média pós	484.7689	50
Desvio padrão pós	41.7088	5
Variância pós	1.7396e+03	2.70
Máximo pós	810	
Mínimo pós	250	

Fonte: MioWavEstatic.

Após a realização das análises selecionadas pelo usuário, pode ser selecionado a opção de criação de gráficos para melhor interpretação e visualização dos resultados obtidos das análises anteriores. A figura abaixo (figura 14) demonstra a funcionalidade da tela de gráficos do sistema onde o mesmo pode selecionar qual gráfico deseja visualizar.



Figura 14: Tela de gráficos do MioWavEstetic.

The screenshot shows the 'MioWavEstetic' application window. At the top, there are buttons for 'Importar', 'Análises', 'Gráficos', and 'Exportar'. The main area contains two data tables, one labeled 'Pré' and one labeled 'Pós'. To the right of the tables is a 'Gráficos' panel with five checkboxes: 'Média', 'Desvio padrão', 'Variância', 'Máximo', and 'Mínimo'. The 'Máximo' checkbox is selected. At the bottom right, there is a 'Fechar' button.

	ANA CLARA	BRENDA	BRUNO	CARLOS	DANIELA	DAVID
Pré	1	638	628	701	698	556
	2	613	628	700	689	514
	3	613	638	699	631	514
	4	623	641	700	661	510
	5	556	615	699	685	521
	6	585	658	697	641	546

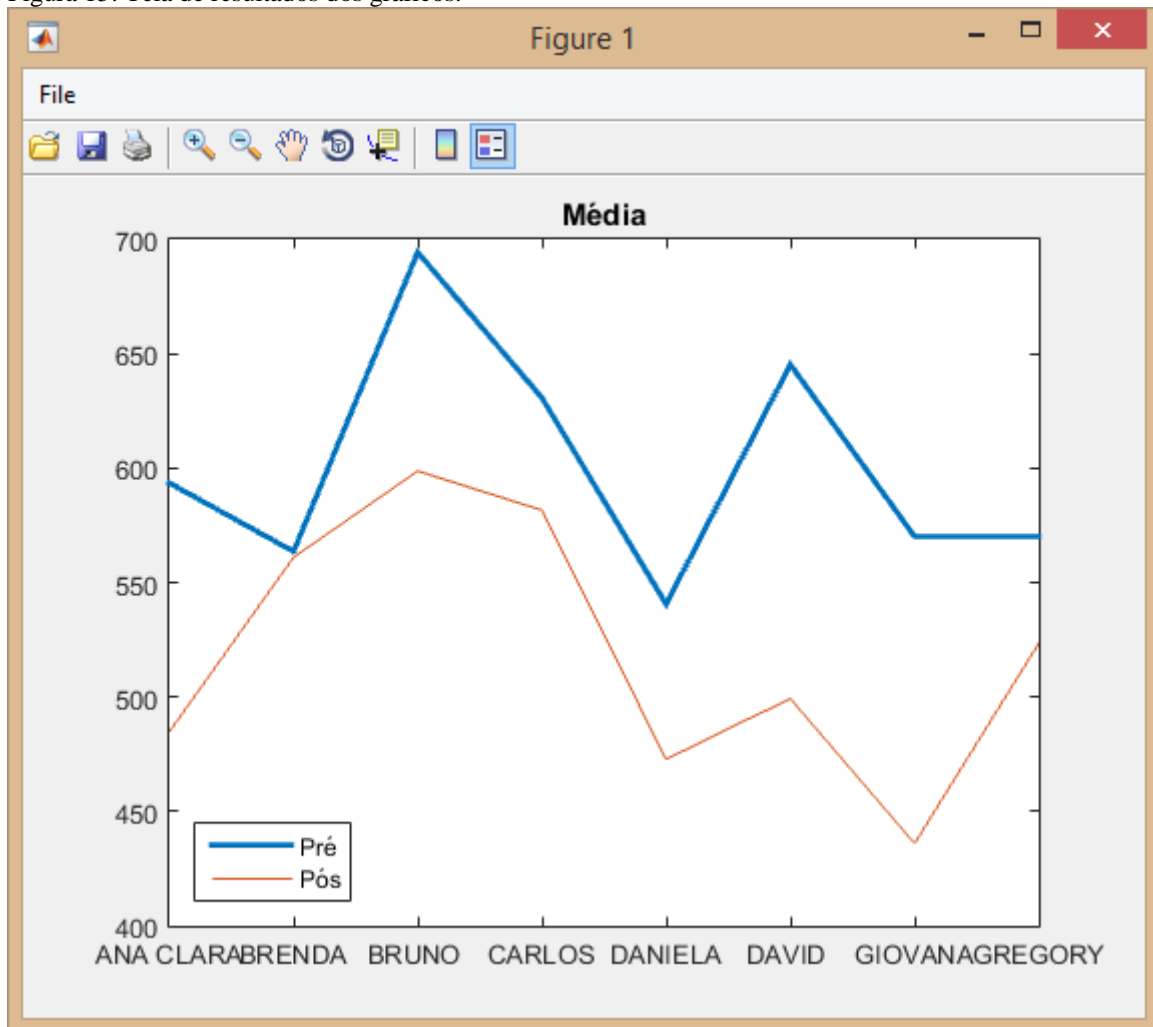
  

	ANA CLARA	BRENDA	BRUNO	CARLOS	DANIELA	DAVID
Pós	1	500	546	609	588	573
	2	484	555	608	588	572
	3	483	554	607	581	579
	4	535	550	603	581	575
	5	496	568	614	577	575
	6	494	582	607	586	569

Fonte: MioWavEstetic.

Logo depois do usuário selecionar qual gráfico deseja visualizar o mesmo aparece na tela para análise conforme ilustra a figura abaixo (figura 15).

Figura 15: Tela de resultados dos gráficos.



Fonte: MioWavEstatic.

## 7 RESULTADOS

O projeto MioWavEstatic, agregou junto ao software MioWave, análises estatísticas permitindo agilizar o processamento digital de sinais biológicos, trazendo resultados mais rápidos, confiáveis e expressivos, assim como auxiliar na identificação e no tratamento de possíveis alterações do sistema cardíaco simpático e parassimpático a partir da análise da VFC.

Os resultados obtidos das análises apresentam uma baixa ou uma alta variação da VFC, estas variações podem indicar:

- a) Alta VFC: IAM, doença de Chagas, obesidade, baixa adaptabilidade.
- b) Baixa VFC: Boa adaptabilidade, treinamento físico, melhora do equilíbrio autônomo.

## REFERÊNCIAS

- ANJOS, A. dos. **Análise de Variância**. Notas de Aula, Capítulo 7, Disciplina: ce003, Curitiba, 2009. Disponível em: <http://www.est.ufpr.br/ce003/material/apostilace003.pdf>  
Acesso em: 10 mai. 2016.
- ARANGO, Héctor Gustavo. **Bioestatística: teórica e computacional**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- BARBOSA, A. C. B.; BLITZKOW, D. **Ondaletas: Histórico e Aplicação**. São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP-PTR-LTG, 2008.
- BERGER, P.A.; NASCIMENTO, C.J; AKE, C. . Compression of EMG signals with wavelet transform and artificial neural networks. **Physiol. Meas.**, v.27, p. 457-465, 2006.
- BOLZAN, M.J.A. Análise da transformada em odeletas aplicada em sinal geofísico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 37-41, 2004.
- BOLZAN, M.J.A. Transformada em odeleta: uma necessidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 563-567, 2006.
- COGGON, David. **Cogitare Enferm.** 2015 Jan/Mar; 20(1):9-11. Disponível em: <[revistas.ufpr.br/cogitare/article/download/40626/24827](http://revistas.ufpr.br/cogitare/article/download/40626/24827)>. Acesso em: 10 maio 2016.
- DELFINO, M. M. **Análise da variabilidade da frequência cardíaca durante a caminhada em esteira rolante, em diferentes inclinações (declive e aclave) em indivíduos na faixa etária de 50 a 70 anos, utilizando a transformada *wavelet* contínua**. 2006. 61 f. Programa de Mestrado em Engenharia Biomédica da Universidade do Vale do Paraíba, SJC-SP, 2006.
- GUPTA, S. et al. A versatile technique for visual enhancement of medical ultrasound images. **Digital Signal Processing**, v. 17, n. 3, p. 542-560, 2007.

HAYKIN, S. **Redes Neurais: Princípios e prática**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 900p.

KELENCZ, C. A. **Análise eletromiográfica do exercício agachamento, nos ângulos de 90° e 130° de flexão dos joelhos utilizando a Transformada de Wavelet**. 2006. 82 F.

Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica. Universidade do Vale do Paraíba São José dos Campos-SP. 2006c.

LEVIN, J. 1987. **Estatística aplicada às ciências humanas**. 2ª ed. Harbra. 392p.

MAIA, Daniel Tineu Leite. **Análise da variabilidade da frequência cardíaca em crianças submetidas ao jogo eletrônico de futebol**. São José dos Campos, SP, 2014. 47 f.; 1 disco laser Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade do Vale do Paraíba, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: elaboração e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MATSUMOTO, Élia Yathie; **MATLAB 7: Fundamentos/Élia Yathie Matsumoto**, 1 ed., São Paulo: Érica, 2004.

MORETTIN, P. A. **Ondas e Ondeletas** São Paulo: EDUSP, 1999. v. 1, p. 42.

MUÑOZ, Ingrid Solange Sepúlveda. **Desenvolvimento e avaliação de rotinas computacionais para o processamento de sinais biológicos de musculatura mastigatória pré e pós-fototerapia**. São José dos Campos, SP, 2015. 71 f.; 1 disco laser Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2015.

NALON, José Alexandre. **Introdução ao processamento digital de sinais/ José Alexandre Nalon**. - [Reimper]. - Rio de Janeiro: LTC, 2014.

OLIVEIRA, J. Valente de. **Modelação Funcional: Diagrama de Fluxo de Dados**. Disponível em: <<http://w3.ualg.pt/~jvo/ep/dfd.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2016.

VIEIRA, S. 2010. **Bioestatística: Tópicos Avançados**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 278p.

VIEIRA, S. 2008. **Introdução à Bioestatística**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 345p.

PAGANO, M. & GAUVREAU, K. 2004. **Princípios de Bioestatística**. Trad. L. S. C. Paiva. Rev. téc. L. P. Barroso. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 506p. (Original Inglês: Principles of Biostatistics. 2ª ed.).

PAIVA, J. P. L. M. et al. Adaptive wavelet EMG compression based on local optimization of filter banks. **Physiological Measurement**, v. 29, p. 843-856, 2008.

PINTO NETO, O.; MAGINI, M.; PACHECO, M. T. T. Electromyographic study of a sequence of Yau-Man Kung Fu palm strikes with and without impact. **Journal of Sports Science and Medicine** (2007) 6(CSSI-2),23-27.

STRANG, G. *Wavelet transform versus Fourier transforms*. USA, **Bulletin of the American Mathematical Society**, v. 26, n.2, p. 288-304, 1993.

TONINI; SCHETTINO. **Matlab para engenharia**. 1. ed. Belo Horizonte, 2002

TORRENCE, C.; COMPO, G. P. A Practical Guide to Wavelet analysis. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 79, n. 1, p. 61-78, 1998.

ZHOU, P.; KUIKEN, T. A. Eliminating cardiac contamination from myoelectric control signals developed by targeted muscle reinnervation. **Physiol. Meas.**, v.27, p. 1311–1327, 2006.

## APÊNDICE A - Importar dados

```

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
try
set(handles.pushbutton2,'Enable','on')
[FileName,PathName]=uigetfile('*.xls','Selecionar arquivo Excel');
handles.ExcelFile=fullfile(PathName,FileName);
d=xlsread(handles.ExcelFile,1,'A2:z50000');
d1=xlsread(handles.ExcelFile,2,'A2:z50000');
handles.d =d;
handles.d1=d1;
guidata(hObject, handles)
[num,row] = xlsread(handles.ExcelFile,1,'a1:z1');
cnames=[num,row];
uitable('Data',[d] , 'ColumnName', cnames, 'Position', [60 240 500 150]);
[num,row] = xlsread(handles.ExcelFile,2,'a1:z1');
cnames1=[num,row];
uitable('Data',[d1] , 'ColumnName', cnames1, 'Position', [60 80 500 150]);
%media=mean(d);
%desvio=std(d);
%vari=var(d);
%maxim=max(d);
%minim=min(d);
%todos=[media;desvio;vari;maxim;minim];
%[num,row] = xlsread(handles.ExcelFile,'a1:z1')
%cnames=[num,row]
%rnames = {};
%f=figure('name','Variáveis','numbertitle','off')
%t = uitable(f,'Data',d,...
%      'ColumnName',cnames,...
%      'RowName',rnames);
%t.BackgroundColor = [.4 .4 .4; .4 .4 .8];
%t.ForegroundColor = [1 1 1];

```

```

%%%%%%%%%%
%
%[num,row] = xlsread(handles.ExcelFile,'a1:z1')
%nomespeessoas=[num,row]
%rnames = {'Média','Soma','Variância','Máximo','Mínimo'};
%f=figure('name','Nomes pessoas','numbertitle','off')
%t = uitable(f,'Data',todos,...
%      'ColumnName',nomespeessoas,...
%      'RowName',rnames);
%  anova=anova1(d)
%t.BackgroundColor = [.4 .4 .4; .4 .4 .8];
%t.ForegroundColor = [1 1 1];

catch
set(handles.pushbutton1,'Enable','off')
set(handles.pushbutton2,'Enable','off')
set(handles.pushbutton5,'Enable','off')
set(handles.pushbutton11,'Enable','off')
set(handles.togglebutton1,'Enable','off')
end

```

## APÊNDICE B - Analisar dados

```

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.togglebutton1,'Enable','on')
set(handles.pushbutton11,'Enable','on')
set(handles.pushbutton5,'Enable','on')
d=handles.d;
    media=nanmean(d);
    handles.media=media;
guidata(hObject, handles)
desvio=nanstd(d);
handles.desvio=desvio;

```



```

guidata(hObject, handles)
vari=nanvar(d);
handles.vari=vari;
guidata(hObject, handles)
maxim=max(d);
handles.maxim=maxim;
guidata(hObject, handles)
minim=min(d);
handles.minim=minim;
guidata(hObject, handles)
todos=[media;desvio;vari;maxim;minim];
handles.todos=todos;
guidata(hObject, handles)
[num,row] = xlsread(handles.ExcelFile,1,'a1:z1');
cnames=[num,row];
handles.cnames=cnames;
guidata(hObject, handles);
rnames = {'Média pré','Desvio padrão pré','Variância pré','Máximo pré','Mínimo pré'};
%f=figure('name','Dados pré','numbertitle','off');
%t = uitable(f,'Data',todos,...;
%     'ColumnName',cnames,... ;
%     'RowName',rnames);
%t.BackgroundColor = [.4 .4 .4; .4 .4 .8];
%t.ForegroundColor = [1 1 1];
% 'Position', [5 100 461 314], ...;
%%%%%%%%%%
%%
d1=handles.d1;
media1=nanmean(d1);
handles.media1=media1;
guidata(hObject, handles);
desvio1=nanstd(d1);
handles.desvio1=desvio1;
guidata(hObject, handles);

```

```

vari1=nanvar(d1);
handles.vari1=vari1;
guidata(hObject, handles);
maxim1=max(d1);
handles.maxim1=maxim1;
guidata(hObject, handles);
minim1=min(d1);
handles.minim1=minim1;
guidata(hObject, handles);
todos1=[media1;desvio1;vari1;maxim1;minim1];
handles.todos1=todos1;
guidata(hObject, handles)
[num,row] = xlsread(handles.ExcelFile,2,'a1:z1');
cnames1=[num,row];
handles.cnames1=cnames1;
guidata(hObject, handles);
compri=length(todos);
haha=zeros(1,compri);
todos2=[todos;haha;todos1];
rnames = {'Média pré','Desvio padrão pré','Variância pré','Máximo pré','Mínimo pré',' ','Média
pós','Desvio padrão pós','Variância pós','Máximo pós','Mínimo pós'};
f=figure('name','Análises','numbertitle','off');
t = uitable(f,'Data',todos2,...;
    'ColumnName',cnames1,... ;
    'RowName',rnames);
t.BackgroundColor = [.4 .4 .4; .4 .4 .8];
t.ForegroundColor = [1 1 1];
'Position', [5 100 461 314], ...;

```

## APÊNDICE C - Comparar resultados por gráficos

```

% --- Executes on button press in pushbutton7.
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
close all

```

```

% --- Executes on button press in togglebutton1.
function togglebutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
button_state = get(hObject,'Value');
if button_state == get(hObject,'Max')
set(handles.uipanel2,'Visible','on')
elseif button_state == get(hObject,'Min')
set(handles.uipanel2,'Visible','off')
end

% --- Executes on button press in checkbox1.
function checkbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
if (get(hObject,'Value') == get(hObject,'Max'))
    a=unique(handles.cnames,'stable');
b=cellfun(@(x) sum(ismember(handles.cnames,x)),a,'un',0);
b=length(b);
    x=[1:b];
    y=[handles.media(1,:)];
    y1=[handles.media1(1,:)];
figure
h=plot(x,y,x,y1);
title('Média')
legend('Pré','Pós','Location','southwest')
set(gca,'xticklabel',handles.cnames.')
set(h(1),'linewidth',2);
else
end

% --- Executes on button press in checkbox2.
function checkbox2_Callback(hObject, eventdata, handles)

if (get(hObject,'Value') == get(hObject,'Max'))
    a=unique(handles.cnames,'stable');
b=cellfun(@(x) sum(ismember(handles.cnames,x)),a,'un',0);
b=length(b);

```

```

        x=[1:b];
        y=[handles.desvio(1,:)];
        y1=[handles.desvio1(1,:)];
        figure
        h=plot(x,y,x,y1);
        title('Desvio padrão')
        legend('Pré','Pós','Location','southwest')
        set(gca,'xticklabel',handles.cnames.')
        set(h(1),'linewidth',2);
    else
    end
    % --- Executes on button press in checkbox3.
    function checkbox3_Callback(hObject, eventdata, handles)
    if (get(hObject,'Value') == get(hObject,'Max'))
        a=unique(handles.cnames,'stable');
        b=cellfun(@(x) sum(ismember(handles.cnames,x)),a,'un',0);
        b=length(b);
        x=[1:b];
        y=[handles.vari(1,:)];
        y1=[handles.vari1(1,:)];
        figure
        h=plot(x,y,x,y1);
        title('Variância')
        legend('Pré','Pós','Location','southwest')
        set(gca,'xticklabel',handles.cnames.')
        set(h(1),'linewidth',2);
    else
    end

    % --- Executes on button press in checkbox4.
    function checkbox4_Callback(hObject, eventdata, handles)
    if (get(hObject,'Value') == get(hObject,'Max'))
        a=unique(handles.cnames,'stable');
        b=cellfun(@(x) sum(ismember(handles.cnames,x)),a,'un',0);

```

```

b=length(b);
    x=[1:b];
    y=[handles.maxim(1,:)];
    y1=[handles.maxim1(1,:)];
    figure
h=plot(x,y,x,y1);
title('Máximos');
legend('Pré','Pós','Location','southwest')
set(gca,'xticklabel',handles.cnames.')
set(h(1),'linewidth',2);
else
end

% --- Executes on button press in checkbox5.
function checkbox5_Callback(hObject, eventdata, handles)
if (get(hObject,'Value') == get(hObject,'Max'))
    a=unique(handles.cnames,'stable')
b=cellfun(@(x) sum(ismember(handles.cnames,x)),a,'un',0);
b=length(b);
    x=[1:b];
    y=[handles.minim(1,:)];
    y1=[handles.minim1(1,:)];
    figure
h=plot(x,y,x,y1);
title('Mínimos');
legend('Pré','Pós','Location','southwest');
set(gca,'xticklabel',handles.cnames.');
set(h(1),'linewidth',2);
else
end

```