

## ANÁLISE DO ELETROCARDIOGRAMA UTILIZANDO LABVIEW

***Aline Cristina Pereira do Nascimento<sup>1</sup>, Desléia Yumi Vieira Tomotani<sup>2</sup>,  
Fabricio Luiz Silveira<sup>3</sup>, Maria Thereza Silva Pereira<sup>4</sup>, Carlos Julio Tierra-  
Criollo<sup>5</sup>, Eder Rezende Moraes<sup>6</sup>, Marcos Tadeu T. Pacheco<sup>7</sup>***

<sup>1-7</sup>Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IP&D, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP  
Av. Shishima Hifumi, 2.911 – Urbanova 12244-000 - São José dos Campos - SP  
Fone: +55 12 3947-1000, Fax: +55 12 3947-1149  
line\_nas@ig.com.br, ades\_yumi@yahoo.com.br, fabricio@univap.br, mtengenharia@bol.com.br,  
carjulio@univap.br, eder@univap.br, mtadeu@univap.br.

**Palavras-chave:** Eletrocardiograma, processamento de sinais, instrumentação virtual  
**Área de Conhecimento:** III – Engenharias.

**Resumo:** O eletrocardiograma (ECG) é um sinal biológico utilizado no diagnóstico de cardiopatias. O traçado do ECG no domínio do tempo tem sido utilizado na prática clínica, embora na pesquisa tem-se encontrado parâmetros na frequência que se tem mostrado úteis para a análise quantitativa do ECG. Este projeto objetiva o desenvolvimento de um instrumento virtual (IV) para a monitorização e a análise do ECG, no domínio do tempo e da frequência, que atenda as necessidades do usuário. O ECG analógico (amplificado e filtrado) fornecido por um monitor cardíaco comercial será digitalizado com um conversor A/D para ser lido por um computador PC compatível. O software para a construção do IV é o LabVIEW, o qual permitirá o armazenamento, monitorização e processamento do ECG on-line ou off-line. O sistema apresentará uma interface gráfica com o usuário, permitindo a visualização e manipulação dos parâmetros do ECG. Na fase atual dispõe-se do sinal analógico ECG e está se implementando a interface gráfica.

**Abstract:** The eletrocardiograma (ECG) is an biological signal used in the diagnosis of cardiopathies. The tracing of the ECG in the domain of the time has been used in the practical clinic, even so in the research has met parameters in the frequency that if it has shown useful for the quantitative analysis of the ECG. This project's objective is to develop a virtual instrument (IV) for the monitorização and the analysis of the ECG, in the domain of the time and the frequency, that takes care of the necessities of the user. The analogical ECG (amplified and filtered) supplied by commercial a cardiac monitor will be digitalizado with a converter A/D to be read by a compatible computer PC. Software for the construction of the IV is the LabVIEW, which will allow the storage, monitorização and processing of the ECG on-line or off-line. The system will present a graphical interface with the user, having allowed the visualization and manipulation of the parameters of the ECG. In the current phase it is made use of analogical signal ECG and is if implementing the graphical interface.

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1 Eletrocardiograma

Eletrocardiograma (ECG) é o registro dos fenômenos elétricos que se originam durante a atividade cardíaca. É um auxiliar valioso no diagnóstico de grande número de cardiopatias e outras condições patológicas (ex. distúrbios hidroeletrólíticos), ressaltando-

se que algumas anomalias cardíacas não alteram o ECG.

Esse registro é realizado através de um aparelho denominado eletrocardiógrafo. O eletrocardiógrafo nada mais é do que um galvanômetro que mede pequenas intensidades de corrente que recolhe a partir de dois eletrodos (pequenas placas de cloreto de prata conectadas a um fio

condutor) dispostos em determinados pontos do corpo humano [1].

## 1.2 Processamento de Sinais

Com o desenvolvimento tecnológico da eletrônica, acoplado ao crescimento do conhecimento científico sobre as causas orgânicas das doenças humanas neste final de século, possibilitou um grande desenvolvimento de novos equipamentos e técnicas de diagnóstico e terapêuticas na Medicina.

Em engenharia, é entendido como sinal qualquer evento que carregue informação, e é nessa direção que os sinais biológicos passaram a ser definidos [2].

Um sinal é um conjunto de dados que pode ser armazenada ou transmitida [3]. O organismo "emite" sinais das mais variadas naturezas, somente alguns dos quais tem valor diagnóstico, por refletirem diversas alterações patológicas do órgão ou sistema em que ocorrem [2]. O sinal carrega informação, e o objetivo do processamento de sinais é extrair a informação contida neste. A melhor técnica para extrair depende do tipo e da natureza da informação que ele carrega. O processamento de sinais lida com a representação matemática do sinal e com as operações algorítmicas executadas para a extração da informação desejada [3].

## 1.3 Registro Analógico

O elemento básico de um sistema de registro convencional (chamado de analógico) é o canal de registro, que incorpora quatro constituintes:

- o transdutor - converte o sinal não elétrico em elétrico ;
- o amplificador - dispositivo eletrônico que aumenta a amplitude do sinal registrado ;
- acondicionamento do sinal – filtragem, linealização, entre outros ;
- o registrador - registra o sinal de forma visível.

Os sistemas analógicos, são assim chamados pois representam e registram a informação sobre um sinal biológico na forma

de quantidades análogas de energia elétrica, ou seja, contínuo no tempo.

A invenção do canal de registro analógico inteiramente eletrônico revolucionou o estudo de sinais fisiológicos. Um aparelho capaz de registrar simultaneamente vários sinais fisiológicos é chamado de polígrafo. Todo sinal biológico que não é de natureza elétrica pode ser convertido através de um transdutor adequado [2].

## 1.4 O Registro Digital

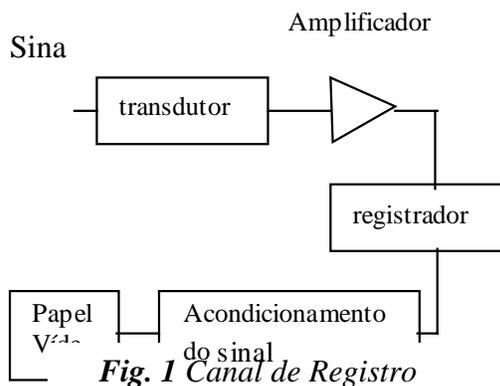
Com a invenção dos computadores eletrônicos, a partir da década dos 40, surgiu a possibilidade de se registrar e processar sinais biológicos de uma forma inteiramente nova. O computador digital tem esse nome, pois representa a informação numérica através de amostras discretas, e não de valores continuamente variáveis, como o dos sistemas analógicos.

Um número é representado em um computador digital através de bits. Bit é a abreviação de "binary digit" e pode assumir dois valores, apenas 0 e 1. Byte é o nome dado para uma unidade de armazenamento e transmissão de informações do computador. Na maioria dos microcomputadores o byte corresponde a uma unidade de memória, ou seja, aquela capaz de armazenar internamente um único número (quantidade) ou letra (caracteres). A quantidade de memória disponível em um computador é geralmente dividida em bytes, maior número que pode ser representado por um byte é 11111111, em binário, o que equivale a 255, em decimal.

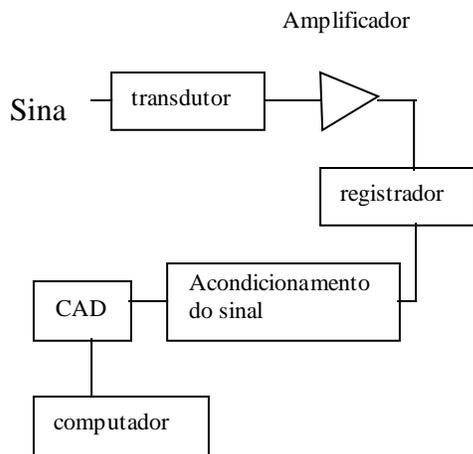
A base técnica de funcionamento de um sistema computadorizado de aquisição e processamento de sinais biológicos é o chamado canal de registro digital.

No canal de registro digital, conforme a figura (2), os primeiros elementos são idênticos aos do canal analógico como mostra a figura (1), ou seja, são necessários, da mesma forma, o sinal, o transdutor (ou sensor), e o amplificador analógico. A partir daí, o registrador é substituído por um computador, com seus periféricos, que será usado para converter, armazenar, exibir e/ou

registrar o sinal ou sinais provenientes dos canais de entrada. Para que isso aconteça, entretanto, é necessário transformar o sinal original, que geralmente é analógico por natureza (ou seja, varia continuamente em amplitude e no tempo), em números discretos (dígitos), que é a maneira com que o computador trabalha com quantidades numéricas. Isso equivale a tomar medidas de amplitude do sinal, em intervalos regulares, e converter essas medidas em números digitais com certo grau de precisão. Esse processo é chamado de digitalização, ou amostragem do sinal no tempo e, tecnicamente, é realizado por um circuito eletrônico especializado (geralmente uma placa que se acopla internamente ao microcomputador), chamado conversor analógico-digital (CAD) [2].



**Fig. 1** Canal de Registro



**Fig. 2** Canal de Registro Digital

### 1.5 ECG no Computador

O eletrocardiograma é um sinal biológico de natureza analógica, ou seja, é uma variação contínua e diminuta de potencial elétrico em função do tempo, que precisa ser amplificada eletronicamente e visualizada por algum método adequado.

Para colocá-lo em um computador e poder realizar algum tipo de processamento, é necessário dispor de três elementos básicos: o sistema de captação e amplificação do sinal, um circuito eletrônico (placa de interface) que digitalize o sinal, ou seja, faça a conversão analógico-digital - (CAD), e um software de controle de todos esses processos, e que, de preferência, também permita o armazenamento, visualização e processamentos adicionais dos sinais.

A primeira alternativa é verificar se o aparelho atual de ECG tem saída digital, como acontece com muitos sistemas mais modernos. Conecta-se a saída do ECG a uma porta de entrada do micro, que geralmente é a paralela (a mesma da impressora). Um software fornecido junto com o aparelho, ou comprado à parte, implementa todas as funções desejadas. Esta alternativa une o melhor do mundo: mantém o aparelho capaz de fazer o ECG em papel, e trabalha com o computador.

Caso o aparelho de ECG não tenha saída digital, mas tenha saída analógica, o sinal já é amplificado e filtrado, necessitando-se somente instalar uma placa de CAD e colocar no computador. O software que vem com a placa é genérico, e não foi feito para ECGs, apenas, o que exigirá uma programação.

A terceira alternativa é a aquisição de um ECG digital integral que consta de uma caixa pequena, que tem os amplificadores, filtros e placa de CAD já embutidos e pré-configurados. Existem vários fabricantes nacionais e internacionais desse tipo de aparelho [4].

## 1.6 Aquisição de sinais no Microcomputador

Os sinais biológicos podem ser adquiridos pelo microcomputador de duas maneiras diferentes:

- **aquisição on-line:** o canal de gravação é conectado ao computador, e o software de processamento é responsável pela conversão e armazenamento do sinal simultaneamente com a sua geração;

- **aquisição off-line:** o sinal normalmente é gravado num CD, disco rígido e outros, que são reproduzidos mais tarde para a aquisição pelo computador. Como a reprodução pode ser feita numa velocidade diferente da gravação, o eixo de tempo poderá ser expandido ou contraído.

O processamento e a análise podem ser on-line ou off-line, também. Portanto, pode-se ter as capacidades adicionais de uma aquisição e análise on-line (necessitam de computadores muito rápidos), e de uma aquisição on-line e análise off-line (pode ser manejada pela maioria dos microcomputadores) [2].

Devido a grande utilização de ECG que permitem somente uma das ondas P, T e o complexo QRS vê-se uma necessidade de desenvolvimento de um software para análise quantitativa, no domínio do tempo e da frequência, on-line e off-line. Como base para a elaboração deste software, o presente projeto utilizará o **Monitor Multiparâmetro Active, Modelos E - ECG e ES - (ECG e SpO<sub>2</sub>)**, Fabricante Ecafix [5] do Laboratório de Avaliação do Esforço Físico e Reabilitação Cardiopulmonar da Unidade de Fisioterapia da Universidade do Vale do Paraíba, como base a elaboração deste software.

## 1.7 Análise espectral

O sinal da variabilidade da frequência cardíaca mostra a variação do tempo percorrido entre batimentos cardíacos consecutivos ao longo do tempo. Normalmente este período é medido com base nos intervalos R-R.

A análise espectral deste sinal apresenta de forma direta as intensidades de frequência cardíaca, uma vez que

normalmente se vê claramente picos de frequência.

Para estimar a densidade do espectro de frequência do sinal de variabilidade da frequência cardíaca, dois algoritmos são normalmente utilizados: Transformada Discreta de Fourier (DFT) e modelo alto-regressivo (AR). (

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para que o sinal possa ser digitalizado é necessário primeiramente analisar o sinal de saída do **Monitor Multiparâmetro Active, Modelos E - ECG, Fabricante Ecafix**. Para isso fez-se um prévio estudo do manual do ECG para a localização da saída do sinal no equipamento. Sendo esta conectada a um osciloscópio digital (Fabricante Tectronix) através de uma ponta de prova, como mostrado na figura 3.

Para a aquisição dos sinais foram posicionados quatro eletrodos de contato no paciente, sendo um em cada membro (superiores e inferiores), e para ajudar nesta obtenção a pele foi limpa e o eletrodo umedecido com álcool.



**Fig. 3** Sinais de saída visualizados no osciloscópio captados pelo ECG

Estabelecendo-se a possibilidade de aquisição dos sinais do ECG, iniciou-se a etapa de elaboração do software no LabVIEW. Para o desenvolvimento do mesmo, este foi dividido em várias etapas, como detecção do complexo QRS, obtenção do sinal RR e cálculo da frequência cardíaca.

### Detecção do complexo QRS

O complexo QRS do sinal cardíaco pode ser detectado com um filtro passa-faixa de 2ª ordem, centrado em 17Hz, usando um fator Q igual a 3. A frequência central de 17 Hz e o fator Q igual a 3 otimizam a relação sinal-ruído e melhoram a detecção. O filtro digital pode ser obtido com uma transformação bilinear da equação (1), onde k é o ganho, Q é 3, e  $\omega_0$  é 17 Hz. O valor de k não afeta a detecção.[6]

$$H(s) = \frac{k\omega_0^2}{s^2 + \left(\frac{\omega_0}{Q}\right)s + \omega_0^2} \quad (1)$$

Uma vez que o complexo QRS foi isolado, este pode ser enriquecido com um filtro diferenciador (2). Um filtro de Butterworth passabaixas de 8ª ordem e frequência de corte em 30 Hz é usado em cascata, para evitar amplificação de ruídos de alta frequência. [6]

$$y[n] = x[n] - x[n-1] \quad (2)$$

### Obtenção do sinal RR

O sinal de período cardíaco (também conhecido como sinal RR) é obtido com base nos instantes das ondas R detectadas do complexo QRS.

Para um primeiro estudo da montagem do software, foi utilizado o Matlab, para obtenção do sinal RR e o valor da frequência cardíaca. Estes sinais (RR e frequência cardíaca), foram arquivados para serem utilizados no desenvolvimento do software. Sabendo qual o algoritmo que iremos utilizar, a próxima etapa será a montagem destes mesmos algoritmo no próprio software (desenvolvido no LabVIEW).

Estes sinais, do ECG, do RR e a frequência cardíaca foram analisados e registrados.

Após a aquisição destes sinais, iniciou-se uma nova etapa. Elaborou-se, no LabVIEW, um Layout do software a ser desenvolvido que contém parâmetros como alarme para braquicardia ou taquicardia, botões de On/Off, duas telas para a

amostragem dos sinais do ECG, visor para frequência cardíaca.

O sinal do ECG está arquivado no computador e este será carregado, fornecendo uma aquisição off-line. Este sinal foi conectado a um gráfico (que este será o Sinal do Eletrocardiograma). Um segundo gráfico será utilizado para visualização da frequência cardíaca, e a mesma será mostrada em um mostrador numérico (que este será o mostrador da frequência cardíaca)

O sinal da frequência cardíaca será comparado e:

- Se os batimentos forem menores que 40bpm, deverá acender o alarme luminoso de bradicardia.
- Se os batimentos forem maiores que 140bpm, deverá acender o alarme luminoso de taquicardia.

Para que o software possa constantemente se atualizar, vários elementos do diagrama foram posicionados dentro While Loop.

Para possibilitar um tempo de aquisição baixo, foi adicionado um Tempo de Atraso, que irá atrasar o tempo de atualização do sinal do ECG.

E para controlar a aquisição dos sinais, foi implementado um Liga-Desliga, que irá controlar o While Loop.

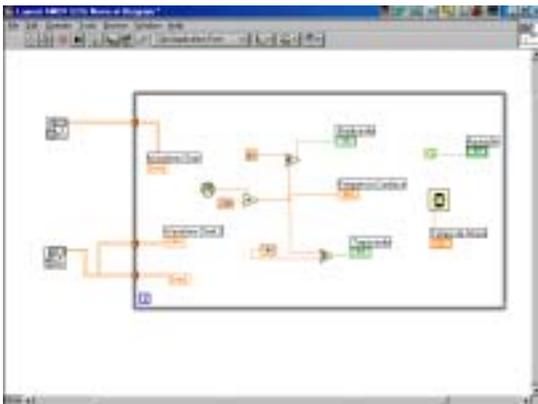
## 3. RESULTADOS

Como resultados da aquisição do sinal foram obtidas a visualização das ondas P, T e o complexo QRS no monitor do ECG e no osciloscópio, podendo assim constatar que este sinal de saída foi analógico, como visto na figura 3.

O Layout obtido com software LabVIEW é demonstrado abaixo:



**Fig. 4** Layout do diagrama.



**Fig. 5** Layout do VI.

#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Considerando que o sinal de saída foi um sinal analógico necessita-se agora de uma placa de conversão analógico/digital para a digitalização do mesmo. Este sinal digitalizado será enviado para um computador onde será visualizado através de um software genérico LabVIEW.

O Layout do ECG desenvolvido em LabVIEW contém os parâmetros básicos para manipulação do sinal do ECG que será aprimorado conforme o desenvolvimento do projeto. Para um primeiro passo, foi criado um V.I. contendo algumas opções básicas do ECG, e para demonstração foi utilizado um arquivo contendo um sinal de ECG., que terá seu valor visualizado em um gráfico. Abaixo segue os comando básicos:

- Comando *aquisição* para inicializar a aquisição do sinal;
- *Tempo de Atraso*, para que a velocidade da atualização dos sinal do ECG seja modificado pelo usuário;
- Visor de *Frequência Cardíaca*;
- Alarmes luminosos para *Bradicardia* (frequência cardíaca baixa) e *Taquicardia* (frequência cardíaca alta);
- Gráfico do *Sinal do Eletrocardiograma*;
- Gráfico da frequência cardíaca.
- Gráfico da ampliação das ondas P, T e complexo QRS.

Este projeto ainda está em fase de desenvolvimento, e como próximo passo estamos desenvolvendo um algoritmo de transformada de Fourier, para uma análise espectral das frequências cardíacas, e este nos fornecerá a frequência cardíaca.

#### 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

- [1]<http://www.ccs.uel.br/pbl/cardio/capitulo2.asp> <acessado em 21/02/03>
- [2]<http://www.epub.org.br/informed/sinais.htm> <acessado em 23/02/03>
- [3][http://www.pgeel.ufsc.br/processamento\\_sinais.htm](http://www.pgeel.ufsc.br/processamento_sinais.htm) <acessado em 20/02/03>
- [4]<http://www.epub.org.br/informaticamedica/n0201/consultoria.htm> <acessado em 21/02/03>
- [5]Manual do Monitor Multiparâmetro Active Active, Fabricante Ecafix, Modelos E - (ECG) e ES - (ECG e SpO<sub>2</sub>).
- [6]Carvalho, J. L. A, Rocha, A. F., Nascimento, F. A.O., Neto, J. S., Junqueira, L. F. Jr., "Desenvolvimento de um Sistema para Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca", *XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, (CBEB 2002)*, p. 337, Vol. 5/5, UnB, set.
- [7] Carvalho, J. L. A, Rocha, A. F., Nascimento, F. A.O., Neto, J. S., Nogueira, O. S. A., "Avaliação de Métodos de Interpolação do Sinal de Variabilidade da Frequência Cardíaca", *XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, (CBEB 2002)*, p. 342, Vol. 5/5, UnB, set.

