

@ULTRASSONOGRRAFIA

Alessandra Ramos¹, Janaína Miranda de Sousa¹, Priscilla Froes Sebbe¹, Renata Alves de Oliveira Borges¹, Rúbia Maria Lemes¹, Carlos Júlio Tierra-Criollo², Eder Rezende Moraes², Marcos Tadeu Pacheco²

¹Grupo Instrumentação, Curso de Graduação em Engenharia Biomédica. Faculdade de Ciências da Saúde (FCS). Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). Av. Shishima Hifumi, 2.911 – Urbanova, São José dos Campos – SP, Brasil, 12244-000. Fone: +55 12 3947 9999, Fax: +55 12 3947 9999

²Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D). Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). Av. Shishima Hifumi, 2.911 – Urbanova, São José dos Campos – SP, Brasil, 12444-000. Fone: +55 3947 1120 Fax: +55 3947 1121

alessandra.eb@uol.com.br, janaxsousa@ig.com.br, prisebbe@hotmail.com, tataborges@ig.com.br, Rubialemes@aol.com, carjulio@univap.br, eder@univap.br, mtadeu@univap.br

Abstrat

The ultrasound is waves acoustics whose imperceptible frequencies are superior 20KHz to the human ear. They are mechanical vibrations that if propagate half in one definitive one (air, water, blood, weaveeed biological, material solids etc.), being that each material presents properties characteristic acoustics as impedance, speed of propagation and attenuation. In the medical area, one has innumerable applications, as much to diagnosis patologias, harm anatomical formation, tumors, etc., as to treat scraping, cut, spalling, etc., in therapeutical procedures. Through Doppler Effect of the reflected ultrasonic waves in the walls of the heart it is possible to get information of the activity cardiac mechanics. It is had as objective to get registers of the cardiac activity through an ultrasound sonar to develop techniques of determination of the cardiac frequency leaving of a signal of ECG previously collected, we develop in Labview environment a program of determination of the cardiac frequency through a virtual instrument detector of peaks, with which it is possible to evaluate conditions of bradi and taquicardia.

Resumo

O ultra-som são ondas acústicas cujas freqüências são superiores a 20KHz imperceptíveis ao ouvido humano. São vibrações mecânicas que se propagam em um determinado meio (ar, água, sangue, tecido biológico, materiais sólidos etc.), sendo que cada material apresenta propriedades acústicas características como impedância, velocidade de propagação e atenuação. Na área médica, tem-se inúmeras aplicações, tanto para se diagnosticar patologias, má formação anatômica, tumores, etc., como para tratar raspagem, corte, fragmentação, etc., em procedimentos terapêuticos. Através do Efeito Doppler das ondas ultrassônicas refletidas nas paredes do coração é possível obter informação da atividade mecânica cardíaca. Tem-se como objetivo obter registros da atividade cardíaca através de um sonar de ultra-som desenvolver técnicas de determinação da freqüência cardíaca. partindo de um sinal de ECG previamente coletado, desenvolvemos em ambiente Labview um programa de determinação da freqüência cardíaca através de um instrumento virtual detetor de picos, com o qual é possível avaliar condições de bradi e taquicardia.

Palavras-chave: ultra-som, sonar, diagnóstico, instrumentação virtual

Área do Conhecimento: III - Engenharias

1. Introdução

A utilização do ultra-som em medicina tem crescido continuamente devido ao seu baixo

custo, à possibilidade de se conseguir imagens em tempo real e prover informações das propriedades elásticas dos tecidos, ser um método não-invasivo, e principalmente, devido à

sua característica não-ionizante. O ultra-som tem sido largamente empregado como auxiliar no diagnóstico médico dentro da obstetrícia, ginecologia, oftalmologia, neurologia e cardiologia, além de sua utilização como ferramenta comum em procedimentos terapêuticos.

O ultra-som utilizado na área médica para obtenção de imagens e caracterização de tecidos situa-se na faixa de 300KHz a 20MHz, podendo chegar a 100MHz, e tem normalmente baixa intensidade, entre 10mW/cm² para curtos períodos de exposição da ordem de milésimos de segundo. Na fisioterapia, são utilizadas frequências na faixa entre 1MHz e 3MHz, com intensidade entre 0,25W/cm² e 3W/cm² (COSTA,2002). O ultra-som de alta intensidade é utilizado em procedimentos terapêuticos como raspagem, corte, fragmentação e emulsificação.

O desenvolvimento de instrumentação biomédica específica para tratar da radiação ultra-sônica tem experimentado grandes progressos nos últimos anos. Os equipamentos de imagens associam diferentes técnicas e provêm informações não só das estruturas anatômicas como do estado funcional dos diversos sistemas, com excelente qualidade de imagem. Isto se deve ao desenvolvimento de transdutores cada vez mais sofisticados, convertendo energia elétrica em energia mecânica e vice-versa, chamado de efeito piezelétrico, e principalmente, à utilização de eletrônica digital e de microprocessadores cada vez mais rápidos e potentes e à utilização de técnicas de processamento digital de sinais e de imagens, o que tem permitido um avanço sem precedentes nas técnicas de diagnóstico por ultra-som.

1.1 Ondas acústicas

As ondas acústicas imperceptíveis ao ouvido humano, ou seja, aquelas cujas frequências são superiores a 20KHz, são vibrações mecânicas que se propagam em um determinado meio (ar, água, sangue, tecido biológico, materiais sólidos etc.), sendo que cada material apresenta propriedades acústicas características como impedância, velocidade de propagação e atenuação.

De forma semelhante aos efeitos que ocorrem com radiações eletromagnéticas, as ondas sonoras sofrem reflexão, refração e absorção causadas pelo meio onde se propagam. A velocidade de propagação de uma onda sonora em um determinado meio é função de seu comprimento de onda:

$$V = \lambda \cdot f \quad (1)$$

Onde:

V é a velocidade do som no meio (m/s);

λ é o comprimento de onda (m);

f é a frequência sonora (Hz).

Um outro parâmetro importante que caracteriza a interação do ultra-som com determinado material, é a impedância acústica. Quando as impedâncias acústicas dos meios são similares, quase toda a intensidade incidente é transmitida. É por essa razão que as aplicações do ultra-som são feitas na água ou colocando-se um gel entre o transdutor e a pele para obter um bom acoplamento, é a impedância acústica, definida por:

$$Z = \rho \cdot c \quad (2)$$

Onde:

Z é a impedância acústica (Kg x m/l x s ou 10⁻³ x Kg/m² x s);

ρ é a densidade do material (Kg/m³);

c é a velocidade do som no meio (m/s).

Estes dois parâmetros (velocidade de propagação e impedância acústica) são muito importantes no estudo do comportamento de uma onda sonora na interface entre dois meios, compostos por materiais distintos. A Figura 1 ilustra uma onda, que se propaga no meio 1, atingindo o meio 2, resultando uma parcela refletida e outra transmitida, ambas sofrendo desvio de direção.

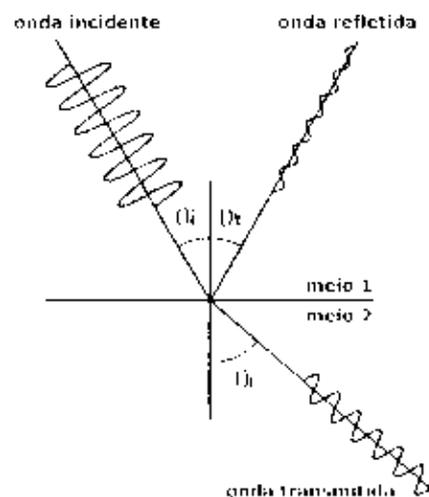


Figura 1. Comportamento de uma onda acústica na interface de dois meios distintos.

Pode ser observado que, para uma interface plana, o ângulo de reflexão é igual ao de

incidência: $\theta_i = \theta_t$. Já o ângulo de transmissão relaciona-se com o de incidência em função das velocidades de propagação dos meios 1 e 2 (c_1 e c_2) pela seguinte fórmula:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{c_1}{c_2} \quad (3)$$

A atenuação é outro parâmetro importante, pois trata do decaimento exponencial da amplitude de uma onda acústica que se propaga através de um material. Vários fatores contribuem para este decaimento, entre eles:

1. Divergência do feixe em relação ao eixo central (o que provoca uma diminuição da energia por unidade de área);
2. Espalhamento devido à não homogeneidade do meio (uma parcela da energia se desvia da direção de propagação inicial);
3. Conversão em outros modos de vibração resultando no compartilhamento de energia com duas ou mais ondas propagando-se com velocidades e sentidos diferentes;
4. Absorção pelo meio, onde parte da energia é convertida em calor, principalmente devido às forças de atrito que agem em oposição ao movimento das partículas;

O coeficiente de atenuação é dado por:

$$\alpha = a f^b \quad (4)$$

Onde:

α é o coeficiente de atenuação (db/cm);
 f é a freqüências (MHz);
 a é o coeficiente de atenuação para 1MHz;
 b é o parâmetro correspondente à dependência de atenuação com freqüência.

A freqüência de uma onda ultra-sônica refletida na interface de uma estrutura estacionária é igual à freqüência da onda incidente. Se a estrutura for móvel, como é o caso do fluxo do coração, haverá uma variação na freqüência da onda refletida com relação da onda incidente, e esse efeito se chama *efeito Doppler*.

Considere uma fonte movendo-se no ar para a direita com a velocidade v_F , como ilustra (Figura 2). Após um intervalo de tempo Δt , contado a partir do instante em que a fonte estava na posição 1, observa-se que as ondas emitidas nas diversas posições ocupam as esferas 1, 2, 3, ..., que não são concêntricas. Haverá portanto uma diminuição no comprimento de onda da onda que chega ao ouvinte O' , isto é, ele ouvirá um som com uma freqüência f_1' superior a efetivamente emitida pela fonte F .

Durante um intervalo de tempo igual ao período T da onda sonora emitida pela fonte F , essa percorre uma distância igual a $v_F T = v_F f^{-1}$. O comprimento de onda λ_1' do som que chega ao ouvinte O' é igual ao comprimento de onda λ do som emitido pela fonte menos a distância percorrida pela fonte, isto é:

$$\lambda_1' = \lambda - v_F f^{-1} = \frac{v}{f} - \frac{v_F}{f} \quad (5)$$

onde v é a velocidade de propagação da onda e v_F a da fonte sonora.

Portanto, a freqüência f_1' correspondente ao som ouvido será

$$f_1' = \frac{v}{\lambda_1'} = \frac{v}{\frac{v}{f} - \frac{v_F}{f}} \quad (6)$$

isto é,

$$f_1' = f \left(\frac{v}{v - v_F} \right) \quad (7)$$

1.2 Efeito Doppler

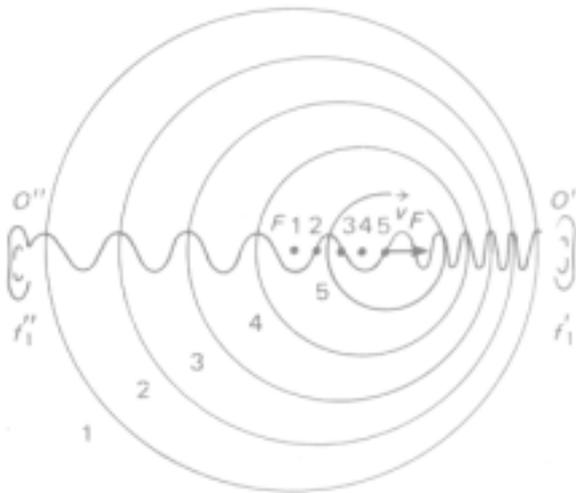


Figura 2: Efeito Doppler envolvendo o movimento da fonte

Se a fonte se afastar do observador, isto é, no caso do ouvinte O'' (Figura 2), o comprimento de onda do som que chega a ele será aumentado de $v_F f^{-1}$ a cada λ . O som ouvido pelo observador terá frequência f_1'' , menor que a emitida pela fonte e será dada por

$$f_1'' = \frac{v}{v + v_F} f \quad (8)$$

isto é,

$$f_1'' = f \left(\frac{v}{v + v_F} \right) \quad (9)$$

Considere agora o caso de uma fonte sonora estacionária e um observador O' aproximando-se da fonte com uma velocidade v_0 (Figura 3). Se o observador estivesse em repouso com relação ao meio em que o som se propaga com a velocidade v , ele receberia $\frac{v\Delta t}{\lambda}$ ondas durante o intervalo de tempo Δt . Entretanto, devido a seu movimento em direção à fonte, ele recebe $\frac{v_0\Delta t}{\lambda}$ ondas adicionais durante o mesmo intervalo de tempo Δt . Portanto, a frequência f_2' do som que ele ouve é o número de ondas recebida por unidade de tempo, ou seja:

$$f_2' = \frac{v\Delta t/\lambda + v_0\Delta t/\lambda}{\Delta t} = \frac{v + v_0}{\lambda} \quad (10)$$

Substituindo –se λ por v/f , na Equação acima

$$f_2' = f \left(\frac{v + v_0}{v} \right) \quad (11)$$

ou seja,

$$f_2' = f \left(1 + \frac{v_0}{v} \right) \quad (12)$$

isto é, a frequência do som ouvido pelo observador será maior que a efetivamente emitida pela fonte F .

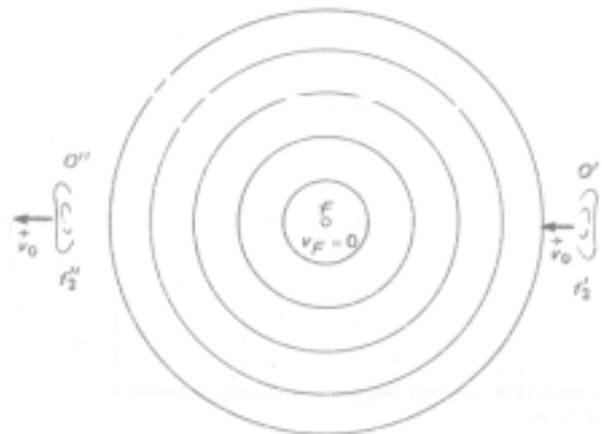


Figura 3: Efeito Doppler envolvendo o movimento do ouvinte

Se, por outro lado, o observador O'' se afastar da fonte estacionária, ouvirá um som com frequência f_2'' igual à efetividade emitida pela fonte diminuída de $f(v_0/v)$:

$$f_2'' = f \left(1 - \frac{v_0}{v} \right) \quad (13)$$

O uso do efeito Doppler para examinar as partes internas do corpo humano que se movem, como a válvula mitral, as paredes do coração, a fisiologia fetal e os fluidos, especialmente o

sangue é chamada técnica Doppler de diagnose por ultra-som (OKUNO *et al*, 1982).

Na medida da frequência cardíaca, através do efeito Doppler devido a reflexão do ultra-som na parede em movimento, do coração. Uma onda ultra-sônica contínua emitida por um transdutor estacionário é “recebida” pelas paredes do coração, que se afastam da fonte.

A frequência f_2'' do ultra-som que chega à parede do coração é ligeiramente inferior a frequência f originalmente emitida pelo transdutor. A onda que atinge a parede do coração é refletida de volta e detectada pelo transdutor receptor. Dessa vez é a fonte (as paredes do coração) que se movimenta e o receptor mantém-se estacionário. Novamente, a frequência f_1'' do som que volta ao transdutor será menor que a f_2'' emitida.

A diferença Δf entre as frequências do ultra-som emitido e recebido, pelo transdutor, pode ser deduzida pelas fórmulas (9) e (13), levando-se em conta que há um ângulo θ entre a direção do movimento da parede do coração e a do ultra-som, obtemos a seguinte equação (OKUNO *et al*, 1982)

$$\Delta f = \frac{2fV \cos \theta}{v} \quad (14)$$

sendo v a velocidade do ultra-som, V a velocidade da parede do coração e f é a frequência inicial do ultra-som.

Dessa forma, medindo-se Δf e θ e conhecendo-se f e v , pode-se determinar a velocidade da parede do coração V , assim como determinar a frequência de batimento cardíaco e detectar arritmias cardíacas.

Tem-se como objetivo obter registros da atividade cardíaca através de um sonar de ultra-som e desenvolver técnicas de determinação de frequências cardíacas em ambiente LabVIEW-National Instruments.

2. Metodologia

2.1 Material

Sinal pré-existente de Eletrocardiograma (ECG).

Software LabVIEW 6.0 - National Instruments.

2.2 Procedimento

Apartir de um sinal pré-existente de ECG, desenvolveu-se em ambiente LabVIEW, um sistema para determinar a frequência cardíaca instantânea (ciclo a ciclo). O registro digital do ECG foi retificado e, em seguida, analisado por uma função de determinação de picos, já disponível no LabVIEW. O inverso do tempo entre dois picos, a frequência cardíaca instantânea, é calculado e mostrado na tela do computador.

3. Resultados e Discussão

A Aquisição direta do sonar não foi possível até o presente, devido ao alto nível de ruído apresentado pelos sonares que dispomos. Atualmente, estamos desenvolvendo técnicas de determinação da frequência, já em fase final, e posteriormente a coleta digital do som Doppler em sonares de melhor qualidade dos que possuímos.

Foi desenvolvido em ambiente LabVIEW um programa que carrega um registro de ECG, retifica o sinal e determina a frequência cardíaca através uma função de determinação de picos, já disponível no LabVIEW, (Figura 4).

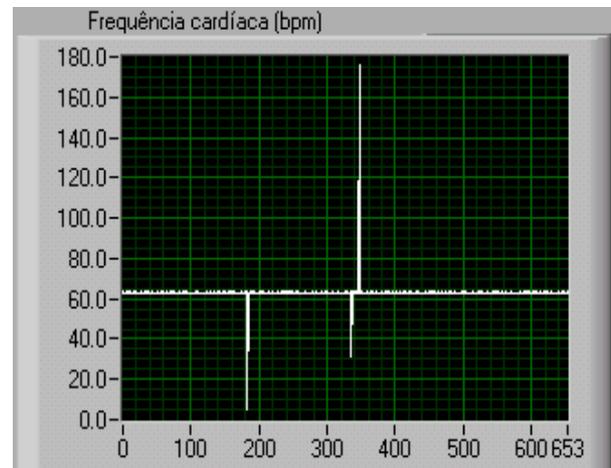


Figura 4: Mostrador da frequência cardíaca.

4. Conclusão

A frequência cardíaca foi determinada satisfatoriamente para um ECG, posteriormente devemos obter os registros de um sonar e realizar as modificações necessárias para determinação da frequência a partir do registro do sonar. Para a continuação do projeto é necessário a aquisição de um placa AD e filtros para evitar a subamostragem dos sinais.

5. Referências bibliográficas

COSTA, Eduardo Tavares. Equipamentos Médico-Hospitalares e o Gerenciamento da Manutenção. Editora MS. Brasília - DF, 2002.

OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê L.; CHOW Cecil. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. Editora Harbra.