



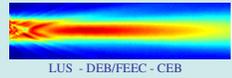
# CARACTERIZAÇÃO DE TRANSDUTORES DE ULTRA-SOM DE ELEMENTOS PIEZOELÉTRICOS MÚLTIPLOS

Carolina Farias de Castro e Profa. Vera Lúcia S. Nantes Button<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>c031726@dac.unicamp.br, <sup>2</sup>vera@deb.fee.unicamp.br

DEB/FEEC e CEB – UNICAMP

Agência Financiadora: CNPq/PIBIC

Palavras-Chave: Ultra-som – Elemento Piezolétrico - Transdutor - Caracterização



## Introdução

O ultra-som é produzido por vibrações mecânicas em frequências acima de 20KHz (faixa não audível). Essas vibrações consistem em energia mecânica que pode ser gerada contínua ou intermitentemente e pode ser propagada em meios sólidos, líquidos ou gasosos, a uma velocidade determinada, através da compressão e rarefação das partículas do meio.

O transdutor de ultra-som é o dispositivo que gera a energia mecânica, a partir da excitação elétrica, para ser aplicado no objeto de estudo (tecido biológico); contém um elemento único ou vários elementos piezolétricos (*array*) que, submetidos a um pulso de tensão elétrica, vibram em suas frequências de ressonância emitindo o ultra-som. O transdutor de ultra-som também recebe a energia mecânica, após interação com o meio de propagação, e converte-a em energia elétrica para ser adquirida, armazenada, processada e visualizada, sendo então responsável pela emissão e captação do sinal.

O elemento ativo do transdutor ultra-sônico consiste geralmente de cerâmica piezolétrica, que pode ter a forma de disco, retângulos, anéis, etc. e deve ser polarizado para alinhar os dipolos ferroelétricos e vibrar preferencialmente no modo espessura.

O campo acústico é formado por ondas planas, geradas na região central da face do transdutor, e ondas de borda; a defasagem espacial destas ondas provoca a difração acústica e divide o campo em próximo e distante.

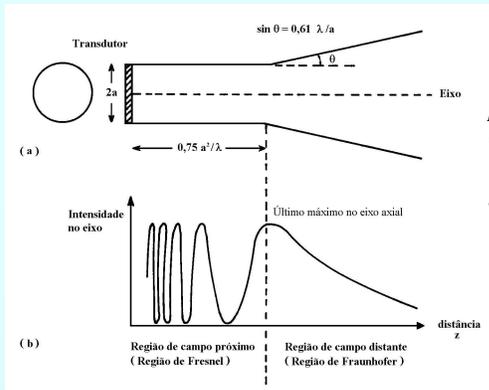


Figura 1. Perfil axial do campo acústico. (a) Seção longitudinal através do feixe ultra-sônico gerado por um transdutor circular de raio  $a$ . (b) Variação da intensidade de pressão ao longo do eixo axial do transdutor.

Um método empregado para reduzir o efeito da difração no campo acústico é a apodização da polarização da cerâmica piezolétrica, por um campo elétrico variável (polarização não-uniforme), modificando a intensidade da polarização ao longo do elemento piezolétrico.

Transdutores que geram apenas ondas de borda (*edge wave only* - EWO) e apenas ondas planas (*plane wave only* - PWO) foram construídos no Laboratório de Ultra-Som (LUS) como parte de um projeto de Iniciação Científica anterior. Cerâmicas comerciais foram despolarizadas e no eletrodo metálico de uma das faces do disco cerâmico foram “escavados” anéis concêntricos (Figura 2). Em seguida cada anel foi polarizado por um valor de tensão diferente, de maneira a produzir transdutores com campo com difração reduzida, com mínima interação entre ondas de borda e planas. Estes transdutores foram caracterizados neste projeto de Iniciação Científica.

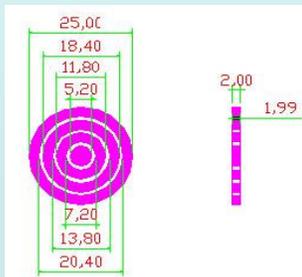


Figura 2. Padrão de anéis concêntricos produzido no eletrodo metálico de uma das faces do transdutor. O mesmo transdutor pode ser EWO ou PWO, dependendo do tipo de apodização da polarização a que for submetido o elemento piezolétrico.

## Metodologia

Neste projeto foram desenvolvidos programas em ambiente Matlab de visualização do pulso acústico no domínio do tempo e também de sua representação no domínio da frequência (cálculo da transformada Rápida de Fourier\_FFT) para obtenção de alguns parâmetros de caracterização de transdutores de ultra-som de múltiplos elementos.

As referências bibliográficas utilizadas foram normas internacionais para caracterização de transdutores, e trabalhos anteriores desenvolvidos no LUS.

Os transdutores, de frequência nominal 2MHz, foram testados no Sistema de Mapeamento (Figura 3) que contém um tanque e equipamentos de controle e aquisição dos sinais ultra-sônicos. Neste sistema, o transdutor sob teste foi acionado, dentro da água, por um pulso elétrico de frequência igual à da frequência de ressonância do modo espessura do elemento ativo, e o sinal acústico gerado foi captado por outro transdutor ultra-sônico, um hidrofone pontual. Este sinal foi digitalizado no osciloscópio, armazenado na memória do microcomputador e processado pelos programas desenvolvidos em Matlab para obtenção dos parâmetros de caracterização. Para obtenção de alguns parâmetros também foram feitas medidas em pulso-eco, em que o mesmo transdutor (sob teste) atua como transmissor e receptor, utilizando um alvo cilíndrico maciço de alumínio com diâmetro e altura de 5cm.

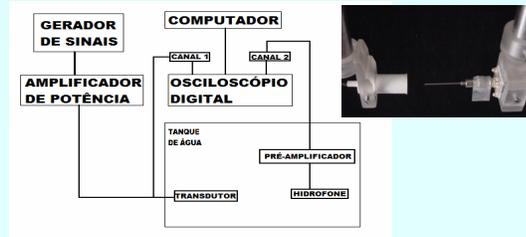


Figura 3. Diagrama esquemático de interligação dos componentes do Sistema de Mapeamento do LUS para realização de medidas no modo transmissão-recepção e foto do arranjo transdutor sob teste/hidrofone pontual durante as medidas.

## Resultados

Foram desenvolvidos programas em Matlab que geram os gráficos de amplitude do sinal no domínio do tempo, do sinal no domínio do tempo retificado, cálculo do envelope, cálculo da área abaixo da curva do envelope, e o que calcula a transformada rápida de Fourier do sinal (FFT). A partir do pulso acústico no domínio do tempo (Figura 4a) foram determinados os valores RMS (integral do envelope retificado ou intensidade do pulso acústico), ringdown (número de picos + 1/2 do pulso até sua amplitude decair a 10%) e sensibilidade relativa SR (valor negativo em dB, indicando a atenuação do pulso de excitação ao ser aplicado no transdutor). A Transformada Rápida de Fourier (FFT) do sinal acústico adquirido foi calculada para obter a potência do sinal em cada componente do espectro de frequências que compõe o sinal; a partir da FFT, são determinados os parâmetros frequência central (fc) e largura de banda (BW). Um exemplo é apresentado na Figura 4b.

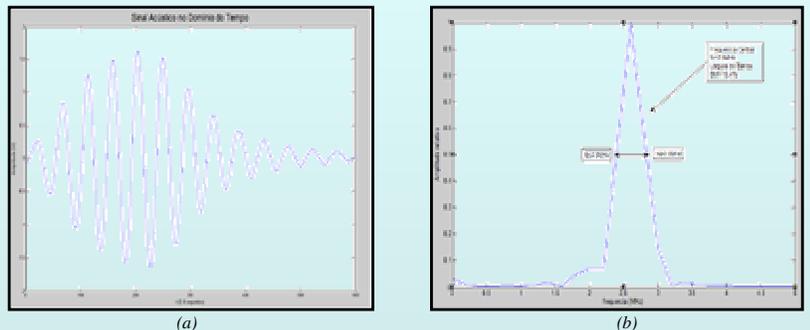


Figura 4. Representação do pulso acústico no domínio do tempo (a) e cálculo da FFT (b).

## Conclusão

Foram desenvolvidos programas de computador em Matlab para caracterização de transdutores de múltiplos elementos piezolétricos, de forma a avaliar transdutores já existentes no LUS e deixar documentados para trabalhos futuros, os parâmetros obtidos.



Agradecimentos

