

## Sistema digital de geração e aquisição de sinais de ultrassom

### Digital system for generation and acquisition of ultrasound signals

#### RESUMO

**Daniel Grazziotin Bongioiolo**  
[danielbongioiolo@hotmail.com](mailto:danielbongioiolo@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

**Joaquim Miguel Maia**  
[joaquim@utfpr.edu.br](mailto:joaquim@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil

A caracterização de transdutores é considerada uma etapa importante para a avaliação do desempenho do dispositivo em questão. Para isso, são realizados mapeamentos de campos acústicos utilizando-se dois tipos de transdutores: um transmissor (transdutor ultrassônico) e outro receptor (hidrofone pontual). Os mapeamentos são feitos dentro de um tanque com água, onde o transmissor permanece fixo e quem se desloca, fazendo a varredura, é o hidrofone. Esse deslocamento inclui os três eixos, x, y e z, onde são acoplados para cada um deles um motor de passo. Neste trabalho, os motores de passo foram ligados a *drivers*, tanto para a alimentação quanto para controlar os seus movimentos, interfaceados a uma porta paralela, que recebe dados através de um código realizado em C++. As amplitudes das ondas acústicas são adquiridas pelo osciloscópio e transferidas, via porta serial, para o computador e processadas em um programa no MATLAB, que faz a geração das figuras correspondentes aos mapeamentos. Foram efetuados seis mapeamentos em todos os eixos e planos. Os resultados obtidos estão de acordo com o esperado, indicando que o sistema pode ser utilizado para auxiliar no desenvolvimento de novos transdutores e na caracterização de materiais utilizando o ultrassom.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ultrassom. Campo acústico de transdutores. Caracterização de materiais.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



#### ABSTRACT

**The characterization of transducers is considered an important step for the evaluation of the device performance in question. For this, acoustic field mappings have been done using two types of transducers: a transmitter (ultrasonic transducer) and a receiver (hydrophone). The mappings used to be done inside a water tank, where the transmitter stays fixed and the hydrophone is positioned, doing the sweeping. This sweeping includes the three axis, x, y and z, where stepper motors are coupled in which one. In this work, the stepper motors were linked to drivers, both for supply and for the movements, which are controlled by a parallel port, that receives data through a code made in C++. The amplitudes of the acoustic waves are acquired by the oscilloscope and sent, via serial port, to the computer and processed using a MATLAB program, that generates the corresponding images of the mappings. Six mappings were made, including all axes and plans. The obtained results are in accordance with the expected, indicating that the developed system can be used to assist in the development of new transducers and materials characterization using ultrasound.**

**KEYWORDS:** Ultrasound. Acoustic field of transducers. Material characterization.

## INTRODUÇÃO

O termo ultrassom é definido para ondas mecânicas com frequências acima da faixa audível, ou seja, acima de 20 kHz (MAIA, 2004).

O ultrassom utilizado na área médica para obtenção de imagens e caracterização de tecidos situa-se na faixa de 300 kHz a 20 MHz, podendo chegar a 100 MHz. A razão do uso de ultrassom em diagnósticos é devida à possibilidade de serem criados feixes bem definidos e pequenos, que conseguem penetrar no corpo humano, fazendo a interação com tecidos, sendo que os ecos recebidos dessas interações podem ser utilizados para gerar imagens para auxiliar o diagnóstico de doenças (MAIA, 2001; MAIA, 2004).

Além disto, podem-se enfatizar como vantagens da utilização de ultrassom na medicina o seu baixo custo, o fato de ser um método não invasivo e uma radiação não ionizante (MAIA, 2004).

Transdutores ultrassônicos são dispositivos que convertem energia elétrica em energia mecânica (som) e vice-versa, baseando-se no efeito piezoelétrico. O som gerado remete a campos acústicos, que podem ser analisados e avaliados. Esta avaliação é necessária para testar o desempenho do transdutor em questão, detectando falhas ou possíveis erros, e fazer a descrição quantitativa do seu efeito nos sinais medidos, tanto na transmissão quanto na recepção. A atividade mais comum utilizada para estes fins é a caracterização de transdutores (KNIPE; NIGHTINGALE, 2017; SPRAWLS, 2019; MALTHEZ; BUTTON, 2009; SCHMERR; LOPEZ-SANCHEZ; HUANG, 2006).

A caracterização de transdutores é feita num tanque com água, fazendo a análise do campo acústico gerado por eles, que são captados com o auxílio de hidrofones pontuais. Estes hidrofones são transdutores que atuam apenas como receptores e têm a tarefa de realizar a varredura em vários locais de interesse no espaço. Porém, como são dispositivos que possuem uma pequena área ativa, acabam gerando sinais de baixa amplitude, que dificultam tanto para aquisição quanto processamento dos dados. A solução mais viável para o aumento desta amplitude é o acoplamento de um amplificador ao hidrofone (MAIA, 2004).

Uma das maneiras de fazer a movimentação do hidrofone através do meio, de forma precisa e que não tenha perda de informações, é usando motores de passo. Como é realizado o mapeamento nas três dimensões, se dá por necessário acoplar um motor para cada eixo. E para que este mapeamento seja realizado de forma correta, se deve ter um controle, que pode ser concretizado desenvolvendo um programa em uma determinada linguagem de programação (MAIA, 2004).

## METODOLOGIA

A realização de mapeamentos requer a combinação de componentes de *hardware* e *software*, a fim de compor o sistema como um todo. O primeiro elemento importante a ser explorado é o *software*, cuja intenção é a interface com o usuário e o controle e desenvolvimento das varreduras no tanque.

Este controle é feito por um código usando a linguagem de programação C++ (o compilador escolhido foi o Code::Blocks versão 17.12), o qual é responsável pela transmissão de dados, através de uma interface paralela (DB-25), para os *drivers*

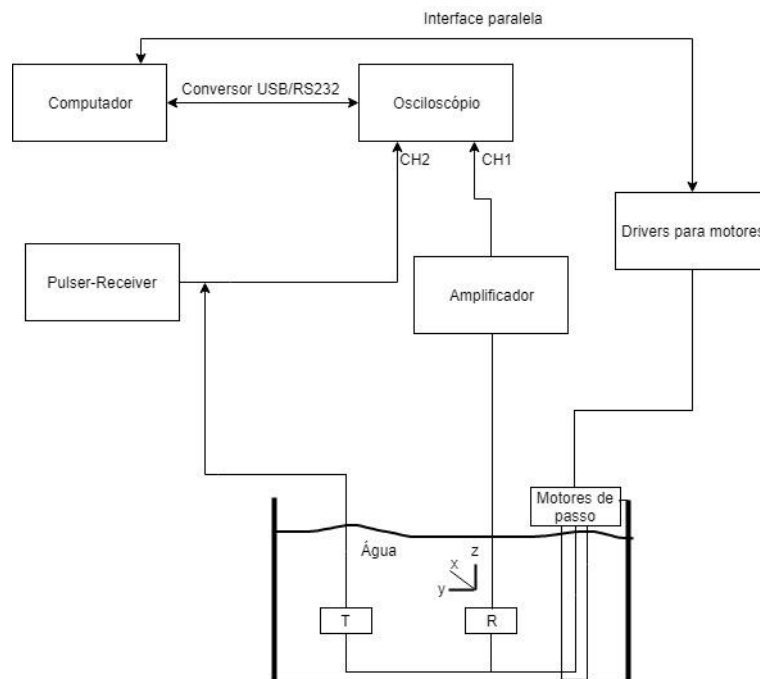
que são conectados aos motores de passo, com o intuito de movimentá-los. Dessa etapa em diante, já se tem o *hardware* envolvido.

Como o tanque é tridimensional, há a necessidade de colocar motor de passo para cada eixo. Dentro do tanque de água, têm-se dois elementos essenciais: o transdutor ultrassônico, que deve ser excitado por meio de pulsos (*bursts*) produzidos por um *pulser-receiver* (foi utilizado o *pulser-receiver* Olympus, modelo 5077PR), para fazer a geração dos campos acústicos, e o hidrofone pontual (Precision Acoustics de 1 mm de diâmetro), que atua apenas como um receptor dessas ondas produzidas pelo transmissor e é ele que tem sua posição deslocada, num sistema de posicionamento XYZ, com o objetivo de efetuar os mapeamentos. Há a presença ainda de finais de curso, os quais são chaves *micro switch*, que servem para demarcar os limites do tanque e fazer com que o hidrofone não os ultrapasse, evitando dessa maneira sua quebra.

A presença de dois transdutores independentes entre si, onde um apenas faz a transmissão das ondas ultrassônicas e o outro só realiza a recepção destas ondas, caracteriza um método chamado **método transmissão-recepção** (MAIA, 2004).

Após o hidrofone fazer a captação dos sinais, os mesmos são amplificados e são mostrados num canal do osciloscópio (o osciloscópio usado para este projeto é da Tektronix, modelo TDS 2022). Como o parâmetro de interesse é a amplitude deles, esses dados são transmitidos do osciloscópio para o computador usando o conversor USB/RS232, que caracteriza uma comunicação serial, para serem tratados num programa feito no MATLAB que, por fim, faz a geração de figuras correspondentes aos mapeamentos executados. A versão escolhida de MATLAB foi a 2014b. O diagrama em blocos deste sistema está mostrado na figura 1.

Figura 1 – Diagrama de blocos do sistema de mapeamento

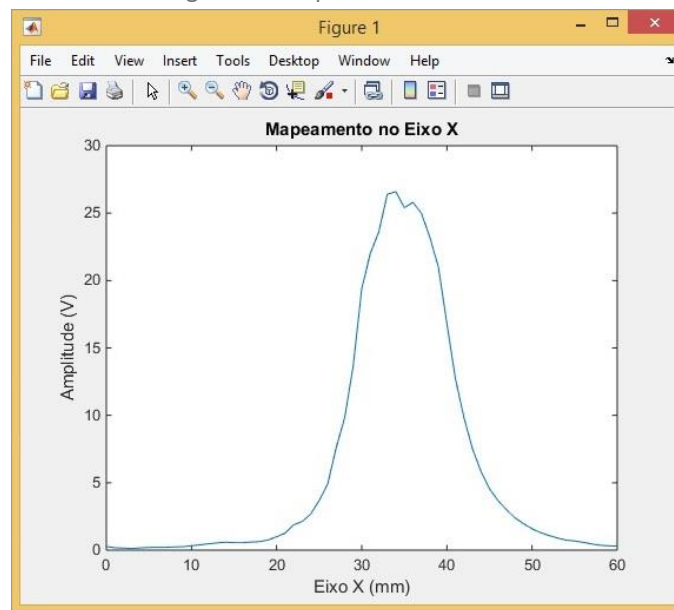


Fonte: Autoria própria (2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a validação do projeto, foram feitos todos os mapeamentos possíveis, efetuados em apenas um dos eixos e em planos, e houve a geração dos gráficos correspondentes a eles. As varreduras em só um eixo têm um gráfico gerado em 2D, que relaciona a amplitude, dada em *volts* (V), e a posição do hidrofone no eixo, dada em milímetros (mm). Tomando como exemplo o mapeamento no eixo X, tem-se sua representação dada na figura 2.

Figura 2 – Mapeamento no eixo X



Fonte: Autoria própria (2019).

Pode-se notar que o gráfico está coerente, pois existe apenas uma área onde o hidrofone fica alinhado ao transdutor, logo antes de chegar nela, as amplitudes são bem baixas. Contudo, quando vai se aproximando, elas acabam aumentando até chegar num ponto máximo. Após isso, há o afastamento e a correspondente diminuição das amplitudes.

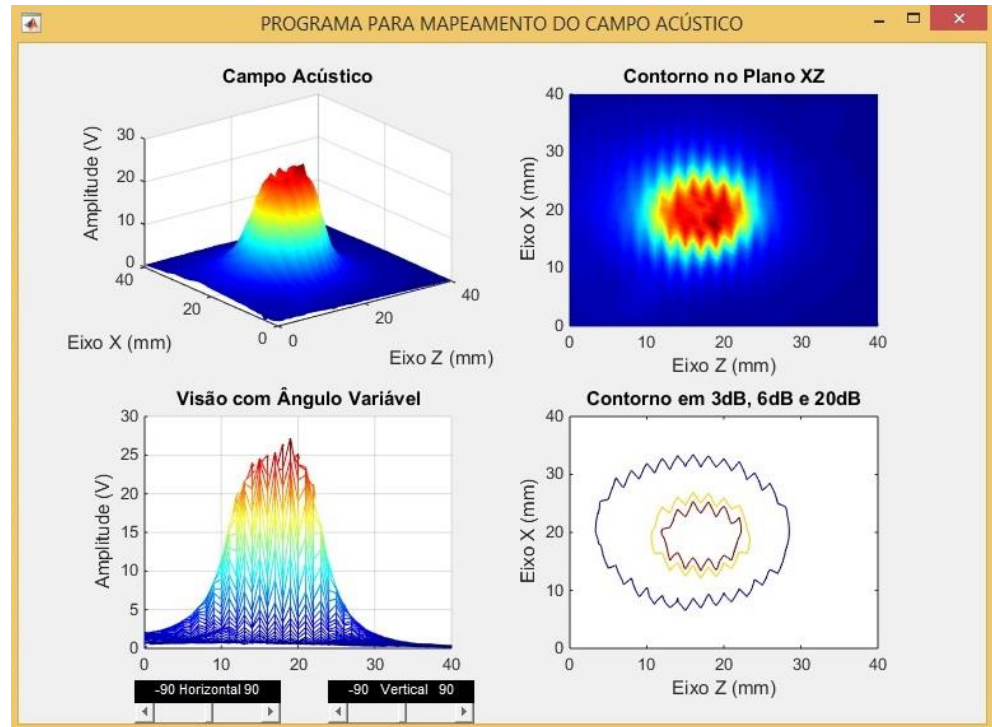
Considerando agora os mapeamentos em planos, tem-se plotados para cada um deles quatro gráficos: um mostrando o mapeamento em 3D, outro o contorno no plano associado, um com uma visão 3D também, porém tendo a opção de alterar o ângulo em que se vê o mapeamento e o último apresenta as curvas de contorno em 3 dB, 6 dB e 20 dB da intensidade máxima do campo. Um exemplo desse tipo de mapeamento está mostrado na figura 3, que relaciona o plano XZ.

Conforme a visualização dos gráficos, pode-se notar que o resultado está de acordo com o esperado, dado que todos os pontos que formam a área demarcada em vermelho são os que o hidrofone passa alinhado ao transdutor transmissor e que constituem para as maiores intensidades de campo acústico.

Foi constatado um problema na hora da realização destes mapeamentos relacionado à velocidade dos motores. A velocidade máxima permitida pelo programa às vezes funcionava e às vezes não. A ocorrência deste problema pode ter origem em algum bloqueio feito pelo próprio Windows, que acaba impedindo

de alcançar a velocidade desejada. Para contornar o problema, o computador foi reiniciado e os mapeamentos foram feitos utilizando-se as velocidades corretas.

Figura 3 – Mapeamento no plano XZ



Fonte: Autoria própria (2019).

## CONCLUSÃO

Considerando a caracterização de transdutores, a qual é vista como uma atividade necessária para obter dados sobre a performance deles, importantes para seus desenvolvimentos, e conhecer seus efeitos nos sinais medidos, foram realizados, dentro de um tanque contendo água, todos os mapeamentos possíveis utilizando dois transdutores: um para a geração do campo acústico e outro para a medição deste, tanto em apenas um eixo quanto em planos.

Os resultados obtidos (apresentados nas figuras 12 a 17) são considerados satisfatórios levando-se em consideração os modelos teóricos para os campos acústicos gerados por transdutores de ultrassom (MAIA, 2004).

Assim, pode-se concluir que foi possível implementar um sistema para realizar o mapeamento de campos acústicos gerados por transdutores de ultrassom que poderá ser utilizado em trabalhos futuros para auxiliar no desenvolvimento de transdutores e caracterização de materiais utilizando o ultrassom.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, Fundação Araucária, FINEP, UTFPR, CAPES e Ministério da Saúde pelo apoio financeiro ao desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

HUGHES MICRO-TECHNOLOGIES. **PC Parallel Port Interfacing**. Disponível em: [coecsl.ece.illinois.edu/ge423/sensorprojects/Parallel%20Port%20Interfacing.doc](http://coecsl.ece.illinois.edu/ge423/sensorprojects/Parallel%20Port%20Interfacing.doc). Acesso em: 21 jul. 2019.

KNIPE, H.; NIGHTINGALE, R. **Ultrasound Transducer**. Disponível em: <https://radiopaedia.org/articles/ultrasound-transducer>. Acesso em: 22 jul. 2019.

MAIA, J. M. **Ultrassom**. 2004. Programa (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MAIA, J. M. **Sistema Ultrassônico para Auxílio ao Diagnóstico da Osteoporose**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MALTHEZ, A. L. M. C.; BUTTON, V. L. da S. N. **Caracterização de Transdutores de Ultrassom de Elemento Piezoelétrico Único**. Disponível em: <https://www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/xviiicongresso/paineis/031297.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2019.

SCHMERR, L.W.; LOPEZ-SANCHEZ, A.; HUANG, R. **Complete ultrasonic transducer characterization and its use for models and measurements**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0041624X06001235>. Acesso em: 23 jul. 2019.

SPRAWLS, P. **Ultrasound Production and Interactions**. Disponível em: <http://www.sprawls.org/ppmi2/USPRO>. Acesso em: 23 jul. 2019.