

# MAPEAMENTO DO AMBIENTE COM SENSORES ULTRASSÔNICOS

Sara Fernanda Prado<sup>1</sup>

Professor Orientador Dr. Antonio Eduardo Assis Amorim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno do CST Construção Naval; e-mail: Sara.prado01@fatec.sp.gov.br

<sup>2</sup>Professor da FATEC JAHU; e-mail: aea.amorim@fatec.sp.gov.br

**Área do Conhecimento:** Engenharia Naval e Oceânica

**Palavras-chave:** sonar; mapeamento; robótica.

## INTRODUÇÃO

Há na literatura diversos projetos de robótica e de mapeamento de ambiente utilizando o sonar. O sonar é uma onda sonora que produz uma perturbação de pressão que propaga no meio material. Algumas restrições do meio e da incidência do sinal no objeto interferem na propagação e recepção do sinal (ROY EDGAR HANSEN, 2010). Há diversas aplicações para o sonar (SCHMIDT, 2011; WARREN; ADAMS; MOLLE, 2008; SCHRANDT; MÜLLER-BUSCHBAUM, 1996; CHAPPLE, 2009; BROWN; BLONDEL, 2008; CHO et al., 2015).

Para o projeto utilizamos a placa Arduino UNO em vista da facilidade de acesso à placa e aos sensores, pelo tamanho reduzido e de baixo custo. Para usar o sonar no ar, existem os sensores HC SR-04, US100 e a família de sonar da Maxbotix. Quanto ao código, existem três formas de se trabalhar com o sonar acoplado ao Arduino. Na linguagem nativa, o comando pulseIn energiza o sensor. As outras formas empregam bibliotecas ultrasonic e NewPing. Tais comandos esperam que o estado do pino seja modificado para que a contagem do tempo se inicie, interrompendo quando houver uma nova mudança de estado, retornando o comprimento do pulso em  $\mu s$  ou 0 se o pulso não foi recebido dentro do tempo limite (SCHMIDT, 2011).

Em alguns sites são apresentadas montagens utilizando Arduino com sonar acoplado a um servo motor. O código se divide em duas partes. A primeira parte é instalada no Arduino e tem como função acionar o servomotor, o sonar e encaminhar as informações de ângulo e distância ao computador. Porém tais materiais não mostram aos leitores o processo de calibração do sensor.

## OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho consiste em mapear um objeto sólido utilizando sensor de distância e um microcontrolador de baixo custo. Para isto foi escolhida a placa Arduino UNO e o sonar.

## METODOLOGIA

Para a análise dos sensores foram utilizados o sonar da MaxBotix, modelo LVmaxS-EZ e os sonares US100 e o HC-SR04. A leitura da distância do sonar ao obstáculo para a calibração é feita usando a trena de marca Baustroffe, cuja resolução é 1 mm. O sonar é conectado à placa protoboard e, desta placa, são feitas as conexões ao Arduino UNO. Para o teste usando o sinal de saída PWO, o pino de saída é conectado um osciloscópio UNI-T, modelo UT81B, na qual a resolução do osciloscópio é 0,001 Hz e uma acurácia de  $\pm 0,1\% + 3$ .

Os códigos foram escritos na IDE Arduino sem o uso de biblioteca e com as bibliotecas. O registro da forma da onda é feito pelo software que acompanha o osciloscópio. A codificação registra o sinal e o cálculo da distância é obtida usando a média móvel com uma amostra de 20 leituras.

Inicialmente é feito o teste de exatidão do sonar, na qual o obstáculo é afastado do sonar de 5 em 5 cm, sem conter o termo de correção. Os resultados são plotados no Excel e a expressão de correção dos dados é obtida por meio do ajuste de curva linear. Em seguida, um novo teste de calibração é feito com o termo de correção, na qual se extraem o valor médio da medida e as incertezas. Para a segunda etapa, o código foi escrito para o *Processing*. Um ambiente estrutura foi montado para os ensaios, contendo

objetos de geometrias planas e curvas. Como resposta obtemos a varredura do ambiente no sistema polar e no sistema cartesiano. Uma tabela de cores é montada em função da distância do sensor ao obstáculo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente apresentamos as calibrações feitas para cada sensor. Para o modelo LVmaxS-EZ, que usa o modo PWO, usamos a seguinte expressão de calibração

$$1 = 0,0167940213 + 4,83751, \quad (1)$$

na qual sensor é a variável de leitura extraído do comando pulseIn do Arduino e sinal1 é o valor corrigido que será usado no cálculo da média móvel. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a curva de calibração do sonar LVMax EZ1 operando no modo PWO. Para o modelo LVmax-EZ1, usando a saída analógica, empregamos a seguinte expressão para a calibração

$$\frac{5}{3} =, \quad (2)$$

na qual anVolt é a variável de leitura do sinal analógico por meio do comando analogRead e mm é a variável corrigida. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a relação entre a distância e a tensão gerada pelo sensor. Para o modelo US100, sem o uso de biblioteca, usamos a seguinte expressão para a calibração

$$1 = 0,0172 - 0,4412, \quad (3)$$

na qual sensor é a variável de leitura do sinal analógico por meio do comando pulseIn e sinal1 é o valor corrigido que será usado no cálculo da distância mediante a média móvel. Para o modelo US100, com a biblioteca Ultrasonic, empregamos a seguinte expressão de calibração

$$1 = 0,9537 \text{ sensor} + 0,1589. \quad (4)$$

Para o mesmo modelo de sonar, utilizando a biblioteca NewPing, usamos a seguinte expressão para a curva de calibração

$$1 = 0,9766 \text{ sensor} - 0,2625. \quad (5)$$

Para o modelo HC-SR04, sem biblioteca, a expressão de calibração utilizada foi

$$1 = 0,0176 \text{ sensor} - 0,548. \quad (6)$$

Para o mesmo modelo de sonar, com a biblioteca Ultrasonic, a expressão de calibração do sensor empregada foi

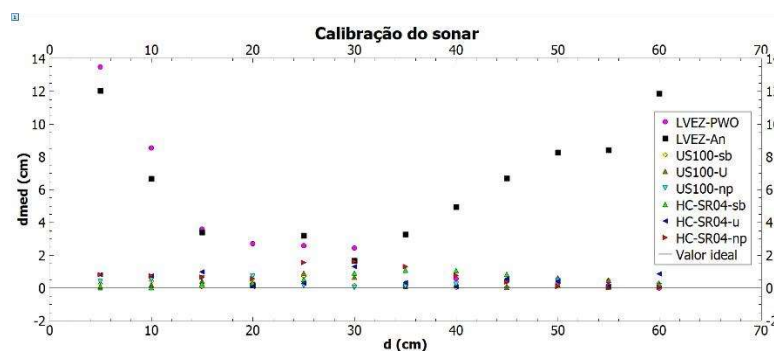
$$1 = 0,9811 \text{ sensor} - 0,7008. \quad (7)$$

Por fim, o mesmo modelo de sonar com a biblioteca ping, empregamos a seguinte expressão de calibração

$$1 = 1,0159 \text{ sensor} - 0,8874. \quad (8)$$

A figura a seguir mostra o resultado da calibração dos três sonares com as diferentes codificações, por meio da diferença absoluta entre a leitura do sensor e a distância esperada. No eixo x estão as distâncias padronizadas de comparação e no eixo vertical a diferença absoluta entre o valor medido pelo sonar e a leitura esperada. Os melhores resultados devem se aproximar do zero.

Figura 1. Curva de calibração do sonar LVEZ, US100 e HC-SR04. No eixo horizontal estão localizadas as distâncias padronizadas na qual o obstáculo foi posicionado e no eixo vertical a diferença absoluta entre o valor medido pelo sonar e o valor esperado.

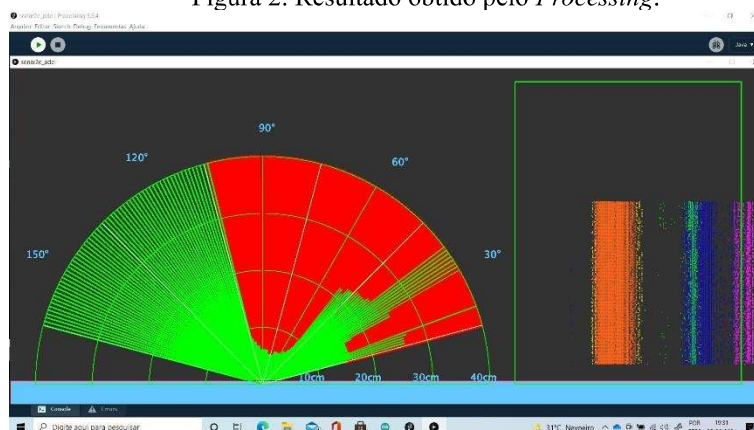


Fonte: Autores (2021).

Inicialmente percebemos que o sonar LVEZ, tanto no modo analógico como no modo PWO é inadequado para se trabalhar em projetos que envolvam distâncias menores que 20 cm, como já destacado pelo fabricante. Porém, se observa que a exatidão, deste modelo usando o modo analógico, piora à medida que o obstáculo está mais distante. Já o seu uso no modo PWO melhora se trabalhando com distâncias maiores que 40 cm.

Tanto o modelo US100 como o HC-SR04 apresentaram bom comportamento para as distâncias testadas, e o uso ou não da biblioteca, aparentemente não mostrou vantagens significativas na calibração e o seu impacto aparece apenas no tamanho do arquivo. A segunda etapa envolve o mapeamento do ambiente. A Figura 2 mostra o resultado. O código no *Processing* apresenta duas telas.

Figura 2. Resultado obtido pelo *Processing*.



Fonte: Autores (2021).

Na tela da esquerda é mostrada a varredura do ambiente com o objeto. A mancha vermelha mais próxima do sensor representa o objeto (1). A mancha à direita representa uma mistura dos objetos 3 e 4. Na tela da direita são os mesmos resultados plotados no sistema cartesiano. A mancha laranja representa o objeto 1. A faixa azulada representa objetos que estão entre 24 cm a 36 cm, que trata-se do objeto 3 e por fim a faixa roxa representa parte do objeto 4.

## CONCLUSÕES

Os dados mostram que o sonar LVEZ tem uma restrição de leitura para distâncias menores que 20 cm e a sua exatidão não é estável. Os sensores US100 e o HC-SR04 apresentaram um desempenho adequado, com uma exatidão razoável ao longo da faixa estudada, de 5 cm a 60 cm e uma baixa dispersão de dados. O uso das bibliotecas não interferiu no desempenho do sensor e o seu uso impactou apenas no tamanho do arquivo no microcontrolador.

Quanto ao mapeamento, os resultados são consistentes e permitem uma nova leitura dos obstáculos situados à frente do sensor. Alguns aprimoramentos se fazem necessários para melhorar a codificação. Um estudo pode ser feito para adequar a tabela de cores para fornecer uma impressão melhor do

ambiente. Outro ponto de estudo envolve o uso de um conjunto de sonares conectados em cadeia, eliminando o uso de servomotor, eliminando defeitos por falha mecânica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLONDEL, Philippe. **The handbook of side scan sonar**. [S. l.]: praxis, [s. d.].

BROWN, Craig J; BLONDEL, Philippe. Developments in the application of multibeam sonar backscatter for seafloor habitat mapping. [s. l.], 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.08.004>

CHAPPLE, Philip B. Unsupervised Detection of Mine-Like Objects in Seabed Imagery From Autonomous Underwater Vehicles. **OCEANS 2009**, [s. l.], p. 1–6, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.23919/OCEANS.2009.5422100>

CHO, Hyeonwoo *et al.* Experimental results of rapid underwater object search based on forwardlooking imaging sonar. **2015 IEEE Underwater Technology, UT 2015**, [s. l.], p. 1–5, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/UT.2015.7108235>

FLOYD KELLY, James; TIMMIS, Harold. **Arduino Adventures: escape from Gemini Station**. [S. l.]: Apress, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-4606-0>

ROY EDGAR HANSEN. **Introduction to Sonar technology**. Oslo, Sweden: [s. n.], 2010.

SCHMIDT, Maik. **A Quick-Start Guide**. [S. l.: s. n.], 2011. *E-book*.

SCHRANDT, O.; MÜLLER-BUSCHBAUM, Hk. **Make: Arduino bots and gadgets**. [S. l.: s. n.], 1996. ISSN 09320776.v. 51

WARREN, John-David; ADAMS, Josh; MOLLE, Harald. **Arduino Robotics**. [S. l.]: Apress, 2008.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meu orientador por ajudar a sanar todas as minhas dúvidas na área naval, atuando como orientador e amigo que veio para somar na minha vida profissional. E segundo agradeço a faculdade Fatec por abrir tantas portas para nós alunos durante o ano, muito obrigado a todos. Agradeço ao CNPq pelo suporte financeiro para o desenvolvimento deste trabalho, ao CPS por disponibilizar bolsas de Iniciação científica que oferece oportunidade única aos alunos se engajarem em atividades de pesquisa.