

XXIV Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica – 11 a 15/09/2017 – Rio Grande – RS

USO DO SENSOR HC – SR04 COM O ARDUINO UNO: UMA ANÁLISE DE ERROS DE MEDIÇÃO ENVOLVENDO AS BIBLIOTECAS ULTRASONIC E NEWPING

Rogério Bido, Lucas Santin Bianchin, Vanessa Carina Dal Mago, Alexsander Furtado Carneiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Campus Passo Fundo/RS

Estrada Perimetral Leste, 150, Passo Fundo/RS, CEP: 99064-440

lucas.sbianchin@hotmail.com , rogerio_bido@hotmail.com, vanessadalmago@gmail.com,

alexsander.carneiro@passofundo.ifsul.edu.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho é utilizar a placa Arduino UNO e o sensor ultrassônico HC – SR04 para o cálculo de distâncias, analisar o erro presente nesses valores e então propor alguma medida corretiva para o erro apresentado. Além disso, pretende-se utilizar duas bibliotecas diferentes do Arduino, a Ultrasonic e a New Ping, e apontar as diferenças de uma em relação à outra. Para isso, foram realizadas 8 medições em 5 distâncias conhecidas, calculados os parâmetros estatísticos de média ou moda, desvio padrão e erro relativo e propostas curvas de diminuição do erro, que relacionam o parâmetro de correção e a medida apontada pelo sensor, utilizando o método de interpolação de Newton. Com isso, foi possível verificar que com a utilização das equações de correção houve uma grande diminuição do erro apresentado pelo sensor. Ainda, observou-se que a biblioteca New Ping geralmente apresenta menor erro que a Ultrasonic, mesmo a última possibilitando cálculos na casa dos milímetros.

Palavras-Chave: Sensor Ultrassônico HC – SR04, Arduino, Correção do Erro

ABSTRACT: The purpose of this paper is to use the Arduino board UNO and the ultrasonic sensor HC-SR04 for the calculation of distances, to analyze the error present in these values and then propose some corrective measure for the presented error. Furthermore, it is intended to use two different libraries of Arduino, the Ultrasonic and the New Ping, to point the differences of one against the other. To accomplish this, 8 measurements were taken at 5 known distances, it has been calculated the mean, mode, standard deviation, relative statistical error and it has been proposed error reduction curves, which relate the correction parameter and the measurement indicated by the sensor, using Newton's method of interpolation. Thereby, it has been possible to verify that with the use of correction equations there was a great decrease of the error presented by the sensor. Moreover, it has been observed that the New Ping library generally presents a smaller error than the Ultrasonic, even the last possibility of calculations in the millimeters.

Keywords: Ultrasonic Sensor HC – SR04, Arduino, Error Correction

INTRODUÇÃO

O Arduino é uma plataforma de código aberto baseada em hardware e software de uso simples quando em comparação com outros. As placas de Arduino são capazes de ler entradas (luz em um sensor, dedo em um botão ou uma mensagem) e transformá-las em saídas (ativar um motor, ligar uma luz de led, entre outras funções). As placas podem ser controladas enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador na placa (Arduino, 2017a). De acordo com Nakatani *et al.* (2014) o hardware utilizado no Arduino consiste em uma placa de circuito impresso com um microcontrolador e o software consiste de um compilador e de um *boot loader* que suportam códigos (essencialmente linguagem C ou C++) com bibliotecas já incluídas.

O Arduino UNO, que pode ser visto na Fig. (1) proveniente do blog Filipeflop (2017a), é o modelo de placa mais utilizado da família de placas de Arduino devido ao fato de ela ser robusta, de fácil utilização e também sua manutenção ser de baixo custo. O Arduino UNO é uma placa microcontroladora baseada na ATmega328P (datasheet). Ela possui 14 pinos digitais entrada/saída (sendo que 6 deles podem trabalhar como PWM – modelação de largura de pulso), 6 entradas analógicas, um cristal de 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada de alimentação e um botão de reset. Apresenta assim, características necessárias para sustentar o microcontrolador, basta ser conectada ao computador com cabo USB e iniciar o projeto. (Arduino, 2017b).

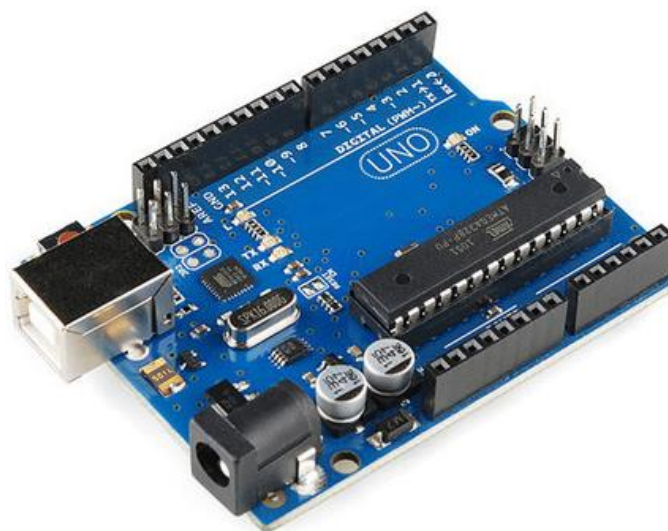


Figura 1. Placa Arduino UNO

O *hardware* da placa UNO pode ser alimentado por uma fonte externa ou por sua entrada USB. Existem no Arduino UNO sete pinos de alimentação: um pino VIN, um pino 5V, um pino 3.3V, três pinos de aterramento e um pino IOREF. O Arduino UNO, com relação ao *software*, possui um compilador próprio. Os códigos podem ser desenvolvidos através das linguagens C ou C++ e são compilados e enviados ao microcontrolador através da entrada USB. A placa os reseta e passa a utilizá-los. O compilador possui bibliotecas com variadas funções que devem ser carregadas no código do seu projeto. (Nakatani *et al.*, 2014).

Para este trabalho será utilizado o sensor ultrassônico HC-SR04 para Arduino, apresentado na Fig. (2) retirada do blog Filipeflop (2017b), com a finalidade de realizar medições em um ambiente. De acordo com o fabricante Elecfreaks (2017) esse instrumento possibilita medições sem contato de 2cm até 400cm, com uma precisão que pode chegar a 3mm e um ângulo de medida de 15 graus. Ele apresenta um transmissor ultrassônico, um receptor ultrassônico e um circuito de controle.



Figura 2. Sensor HC-SR04

O princípio de funcionamento é regido pelos seguintes passos: o pino trigger recebe um sinal de alto nível por 10 microssegundos que indica o início da transmissão de dados; o sensor envia 8 pulsos ultrassônicos de 40kHz e aguarda se algum sinal de pulso retorna após encontrar um obstáculo; durante o tempo de emissão do sinal e recebimento o pino echo fica em nível alto, esse tempo é utilizado para calcular a distância do obstáculo até o sensor. O funcionamento desse sensor pode ser melhor visto na Fig. (3) encontrada na página eletrônica do Arduino na seção tutoriais desenvolvida por Wagle (2016).

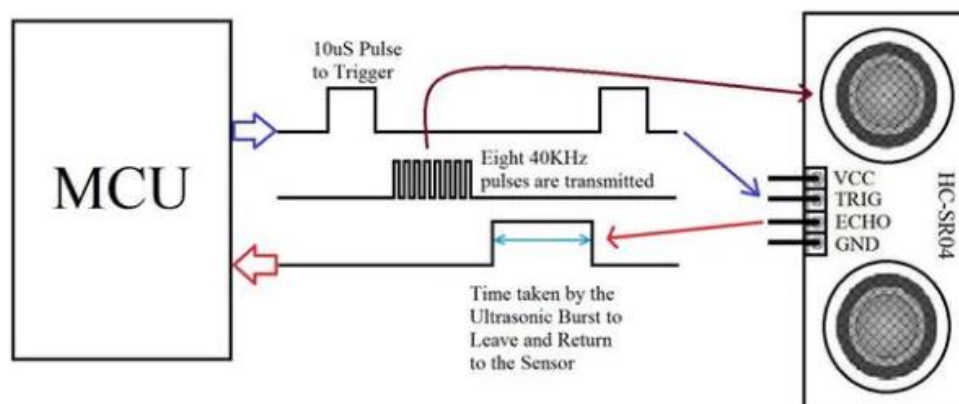


Figura 3. Princípio de funcionamento do sensor

A distância pode ser calculada segundo Rastogi & Mehra (2012) em função do tempo através da Eq. (1).

$$x(t) = (tc)/2 \quad (1)$$

Na Eq. (1) o termo x representa a distância entre o sensor e o obstáculo, c representa a velocidade do som no ar e o termo t representa o tempo que o pulso leva até atingir o obstáculo e retornar até o sensor. Como esse tempo utilizado é o tempo de ida e volta a equação é dividida por dois para encontrar a distância.

O uso de bibliotecas simplifica as aplicações do Arduino, porque o código da biblioteca já está pronto, basta apenas carregá-la no programa para que suas funções possam ser utilizadas pelo usuário. Dentre as bibliotecas disponíveis quando se trabalha com sensores ultrassônicos, existem duas que são apropriadas para medições de distância: a biblioteca Ultrasonic e a biblioteca New Ping.

A biblioteca Ultrasonic é especificamente desenvolvida para o sensor HC-SR04, ela possui uma precisão de milímetros e permite a utilização de apenas um sensor (Arduino, 2017c). A biblioteca New Ping pode ser utilizada com vários modelos de sensores ultrassônicos, ela possibilita o desenvolvimento de um programa com mais de um sensor, podendo chegar até 15 sensores. Sua precisão é da faixa de centímetros (Arduino, 2017d).

Para a análise dos resultados obtidos, a partir das medições realizadas, verifica-se os erros que o sistema de medições apresenta. O erro absoluto corresponde à diferença entre o valor exato e o valor aproximado do mensurando. O erro relativo corresponde ao quociente entre o erro absoluto e o valor exato.

É possível a aplicação de uma correção para compensar parte dos erros obtidos ao fazer as medições. Segundo Albertazzi & Souza (2008), o erro sistemático corresponde à diferença entre a média de um número infinito de medições e o valor verdadeiro do mensurando em condições idênticas de operação. Como não é possível a obtenção de um número infinito de medições, pode-se obter uma estimativa do erro sistemático, que corresponde à tendência de um sistema de medições.

A tendência é definida pela diferença entre a média de um número finito de medições e o verdadeiro valor do mensurando. Quando o número de medições tende ao infinito, a tendência aproxima-se do valor do erro sistemático. A partir da tendência, pode-se definir a correção a ser aplicada aos resultados obtidos. O termo correção refere-se à uma compensação do erro sistemático e é numericamente igual à tendência, porém seu sinal é invertido (Albertazzi & Souza, 2008).

A partir da variância pode-se analisar quão distantes os valores estão da média. A variância é definida pela soma dos quadrados da diferença entre cada valor medido e a média aritmética, dividida pela quantidade de medições obtidas. A partir da variância pode-se calcular o desvio padrão do sistema de medição. Este, melhor avalia a dispersão dos dados em torno da média, quanto maior o desvio padrão, maior é a dispersão. O desvio padrão é definido como a raiz quadrada da variância.

Para aplicar o valor da correção necessária ao dado de uma medição, pode-se relacionar esses dois parâmetros através da aplicação do método de polinômios interpoladores por diferenças divididas de Newton. Segundo Chapra & Canale (2016), este método busca estimar valores intermediários entre dados conhecidos.

Fundamentado nas informações citadas anteriormente pretende-se analisar como o erro de medição apresentado por duas bibliotecas diferentes, Ultrasonic e New Ping, utilizadas para o cálculo de distância com o sensor ultrassônico pode afetar no resultado final de medida mostrado no programa, além de desenvolver uma medida corretiva para minimizar o erro dos resultados.

METODOLOGIA

Para ser possível verificar os erros apresentados na tomada de medidas pelo sensor ultrassônico com o uso de duas bibliotecas distintas foram, primeiramente, construídos arquivos de script no *software* do Arduino utilizando as bibliotecas Ultrasonic e New Ping, e, em seguida, realizou-se a tomada de medidas utilizando esses respectivos programas. A obtenção das distâncias se deu em um ambiente a 10 graus Celsius.

A tomada de medidas utilizando os programas implementados com as bibliotecas Ultrasonic e New ping se deu com o posicionamento de um sensor ultrassônico HC-SR04 em 5 distâncias conhecidas, chamadas de medidas reais aproximadas, em relação a uma parede de alvenaria (objeto de reflexão das ondas ultrassônicas). Em cada um desses posicionamentos foi realizada a tomada de 8 medidas para o programa que possui a biblioteca Ultrasonic, sendo que, essas medidas representam a média de 100 medições realizadas pelo sensor – isso se deve ao fato de o sensor apresentar oscilações nos resultados apresentados pelo programa. Para o programa que utiliza a biblioteca New ping foi feito, da mesma forma que para o programa da Ultrasonic, 8 medidas que representam a moda de 100 medições uma vez que para essa biblioteca não houve uma grande variação nos valores mostrados. É importante salientar que antes de qualquer medição feita foi acionado o botão de *reset* do Arduino.

Com as medidas das 5 posições conhecidas para os dois programas com bibliotecas diferentes se aplicou os conceitos estatísticos e com isso foi possível a obtenção do erro relativo, assim como o desvio padrão e a correção para cada um desses pontos analisados para o programa com a biblioteca Ultrasonic e o erro relativo e correção para o programa com a New Ping. Com esses valores foi encontrado os polinômios que caracterizam o comportamento da correção em função da distância que foi medida pelo sensor tanto para o arquivo da Ultrasonic quanto para o da New Ping. Com isso se criou novos programas para as duas bibliotecas, de forma que, adicionou-se essa função nos programas e se fez os devidos ajustes para que eles considerem a correção para cada medida quando for apresentar o resultado.

Com esses novos programas para as bibliotecas se fez a tomada de 8 medições para 3 novas distâncias conhecidas do objeto refletor tanto para o novo programa que usa a Ultrasonic quanto para o que usa a New Ping. Aplicou-se, da mesma forma que na utilização dos programas sem a inclusão do polinômio de correção, os conhecimentos estatísticos e se determinou os valores de erro relativo, desvio padrão e correção para a biblioteca Ultrasonic e erro relativo e correção para a New Ping. Dessa forma será possível determinar se houve uma melhor aproximação da medida mostrada pelos programas da medida real aproximada ou não.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das medições em milímetros usando o sensor ultrassônico e a biblioteca Ultrasonic estão contidos da Tab. 1, enquanto que as análises de média, desvio padrão, erro relativo e a correção necessária para cada medida diferente estão apresentados na Tab. 2.

Tabela 1. Valores calculados com o sensor HC – SR04 usando a biblioteca Ultrasonic

Medida Real Aproximada	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Medida 6	Medida 7	Medida 8
50	50,02	50,04	50,05	50,06	50,07	50,05	50,03	50,02
400	419,45	419,50	419,82	418,86	415,36	420,43	418,12	417,61
1400	1458,92	1459,86	1460,10	1459,84	1460,12	1459,87	1459,85	1460,92
2540	2672,16	2672,11	2672,17	2673,22	2671,07	2671,75	2671,55	2672,02
3900	4120,34	4122,41	4122,69	4119,48	4119,10	4119,33	4122,90	4118,91

Tabela 2. Análise das medições contidas na Tabela 1

Medida Real Aproximada (mm)	Média (mm)	Erro Relativo (%)	Desvio Padrão (mm)	Correção (mm)
50	50,0425	0,085	0,018322508	-0,0425
400	418,64375	4,6609375	1,609356016	-18,64375
1400	1459,935	4,281071429	0,546155394	-59,935
2540	2672,00625	5,197096457	0,619329995	-132,00625
3900	4120,645	5,657564103	1,73035917	-220,645

O relativamente baixo desvio padrão (Tab. 2) apresentado entre as oito medições feitas com o sensor ultrassônico permite que sejam feitas correções com o objetivo de diminuir o erro durante as mensurações. No entanto, o valor da correção altera conforme varia o valor da medida real aproximada. Conforme mais aumenta o valor da medida real aproximada, mais diminui o valor da reparação necessária. Assim, para relacionar o valor da correção com a média apresentada pelo sensor foi utilizado o método de polinômios interpoladores por diferenças divididas de Newton. Segundo Chapra & Canale (2016) métodos de interpolação são muito utilizados para estimar valores intermediários entre dados já conhecidos e a polinomial determina qual o único polinômio de grau n que passa pelos $n + 1$ pontos.

Desse modo, considerando a média das medições como a abscissa e o valor da correção como a ordenada do plano cartesiano, haverá 5 pontos e um polinômio de grau 4 ligando-os. É importante salientar que ao utilizar o método de interpolação garante-se apenas as estimativas de valores entre os números conhecidos, ou seja, baseado nos dados da Tab. 2 limita-se as aproximações de correção para as quantias presentes de 50,0425 até 4120,645 mm de medição. Dessa forma, usando o método de Newton e os valores de média e correção da Tab. 2, chegou-se no polinômio interpolador descrito pela Eq. (2), em que m representa o valor calculado pelo sensor usando a biblioteca Ultrasonic e $C_{ultrasonic}$ é o valor da correção necessária em função de m .

$$C_{ultrasonic}(m) = 3,005657 - 0,062472 \cdot m + 3,19722 \cdot 10^{-5} \cdot m^2 - 1,58566 \cdot 10^{-8} \cdot m^3 + 2,08226 \cdot 10^{-12} \cdot m^4 \quad (2)$$

A Fig. (4) ilustra graficamente a relação entre a medida dada pelo sensor e o valor necessário para corrigi-la a partir da Eq. (2).

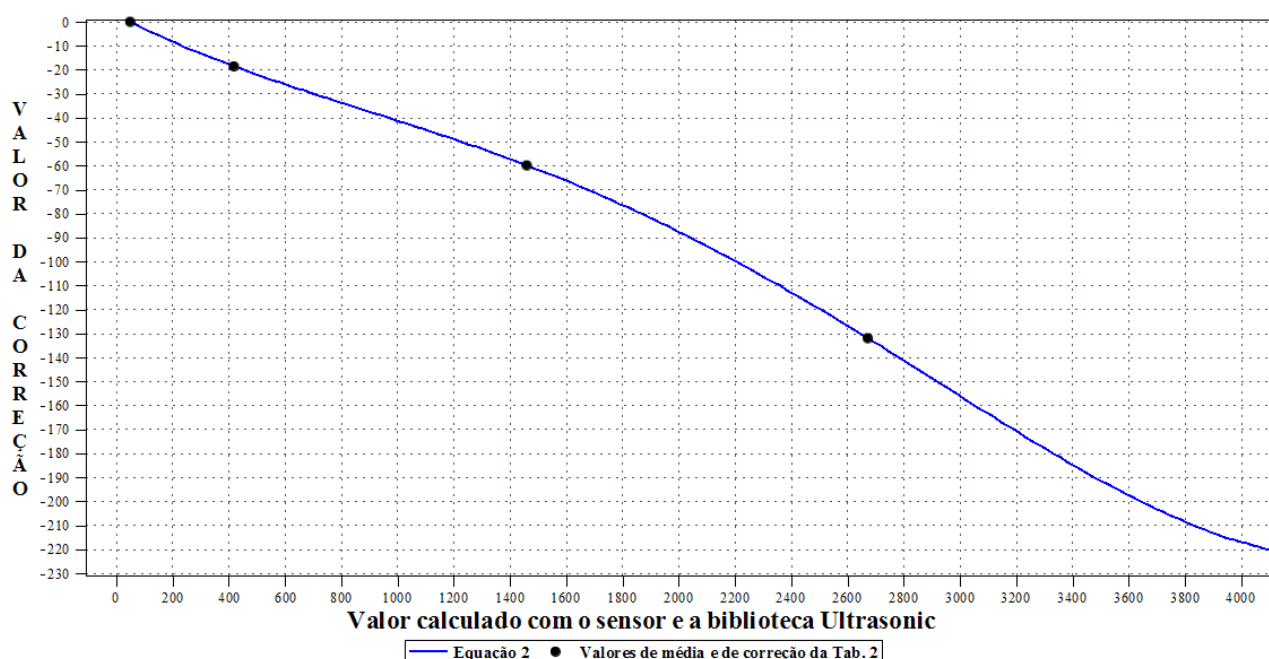


Figura 4. Relação entre a medida do sensor e a correção, a partir da Eq. (2)

A partir da Eq. (2) pode-se fazer testes para outras medidas. A Tab. 3 apresenta o valor das medidas em milímetros usando o sensor HC – SR04, a biblioteca Ultrasonic e a correção aplicada, enquanto que as novas análises de média, desvio padrão, erro relativo e de correção necessária para cada medida diferente estão apresentados na Tab. 4.

Tabela 3. Valores calculados com o sensor HC – SR04 usando a biblioteca Ultrasonic e a Eq. (2)

Medida Real Aproximada	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Medida 6	Medida 7	Medida 8
200	201,70	201,16	203,02	202,35	201,32	201,65	201,95	201,18
930	924,25	925,00	924,20	924,77	924,56	924,58	924,61	924,82
2000	2012,06	2011,56	2011,68	2011,93	2011,59	2011,74	2011,94	2011,71

Tabela 4. Análise das medições contidas na Tabela 3

Medida Real Aproximada (mm)	Média (mm)	Erro Relativo (%)	Desvio Padrão (mm)	Correção (mm)
200	201,795	0,8975	0,641426981	-1,795
930	924,47375	0,59422043	0,369243919	+5,52625
2000	2011,77625	0,5888125	0,180232984	-11,77625

Assim, comparando a Tab. 2 e a Tab. 4 observa-se que, embora ainda exista a presença do erro de medição usando o sensor HC – SR04 e a biblioteca Ultrasonic após aplicar a Eq. (2), houve uma grande diminuição da diferença entre o valor calculado pelo sensor e o valor real, tanto que os valores de erro relativo foram inferiores a 1% para as três medidas reais aproximadas.

Os valores de distância apontados pelo sensor ultrassônico quando utilizada a biblioteca New Ping foram bem mais regulares, variando raramente em um centímetro para mais ou para menos, de modo que é mais significativo utilizar a moda das medições em vez da média. A Tab. 5 apresenta o valor da medição usando o sensor HC – SR04 e a biblioteca New Ping, assim como as análises de erro relativo percentual e de correção para cada medida diferente.

Tabela 5. Análise do uso do sensor HC – SR04 com a biblioteca New Ping

Medida Real Aproximada (mm)	Moda (mm)	Erro Relativo (%)	Correção (mm)
50	50	0	0
400	410	2,5	-10
1400	1430	2,142857	-30
2540	2620	3,149606	-80
3900	4040	3,589744	-140

Assim como no uso da biblioteca Ultrasonic, também é necessário encontrar o polinômio interpolador, que agora relaciona o valor da correção com a moda apresentada, para a biblioteca New Ping. Assim, a Eq. (3) relaciona as duas variáveis, em que m representa o valor calculado pelo sensor usando a biblioteca New Ping e $C_{newping}$ é o valor da correção necessária em função de m .

$$C_{newping}(m) = 1,867024 - 0,038822 \cdot m + 3,0455 \cdot 10^{-5} \cdot m^2 - 1,64416 \cdot 10^{-8} \cdot m^3 + 2,26 \cdot 10^{-12} \cdot m^4 \quad (3)$$

A Fig. (5) ilustra graficamente a relação entre a medida dada pelo sensor e o valor necessário para corrigi-la a partir da Eq. (3).

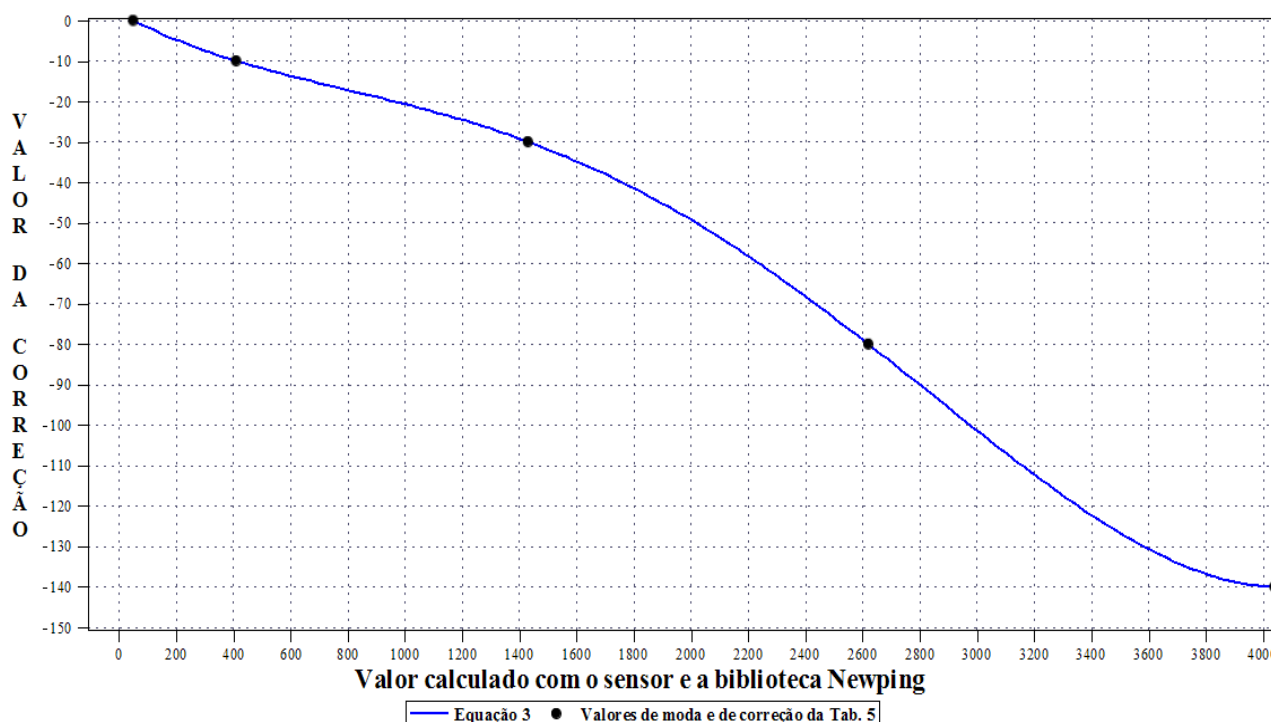


Figura 5. Relação entre a medida do sensor e a correção, a partir da Eq. (3)

A partir da Eq. (3) pode-se fazer testes para outras medidas. A Tab. 6 apresenta o valor das medidas usando o sensor ultrassônico, a biblioteca New Ping e a correção aplicada, assim como as análises de erro relativo percentual e de correção para cada nova medida.

Tabela 6. Valores calculados com o sensor HC – SR04 usando a biblioteca New Ping e a Eq. (3)

Medida Real Aproximada (mm)	Moda (mm)	Erro Relativo (%)	Correção (mm)
200	195,19	2,405	4,81
930	930,22	0,02366	-0,22
2000	2008	0,4	-8

Comparando a Tab. 5 e a Tab. 6 observa-se que para as duas medidas maiores, o uso da Equação (3) diminuiu bastante o valor do erro, no entanto, o mesmo não ocorre para a distância de 200 mm que apresentou mais de 2% de erro relativo. Isso deve-se, provavelmente, ao fato de que a biblioteca New Ping emite o valor da distância somente na ordem

dos centímetros. Assim, a partir dos valores de medida real aproximada da Tab. 5 e da análise da Tab. 6 é aconselhável que a Equação (3) seja utilizada somente para corrigir mensurações acima dos 400 mm.

Através dos cálculos realizados usando o sensor ultrassônico e as duas bibliotecas observa-se que a biblioteca New Ping apresenta menor erro em relação a Ultrasonic tanto quando usa-se como quando não se utiliza da função de correção (salvo a medida de 200 mm). Assim, é melhor a utilização da biblioteca New Ping quando se deseja um valor mais próximo com o real. A vantagem da biblioteca Ultrasonic é a possibilidade de trabalhar com a escala em milímetros, já que a New Ping faz os cálculos somente de centímetros em centímetros. Possivelmente o uso de mais medições (foram feitas 5) permitiriam que fosse encontrada uma equação pelo método de interpolação que diminuiria ainda mais o valor do erro, fazendo com que o valor calculado pelas bibliotecas com o sensor HC – SR04 chegasse cada vez mais perto do valor da medida real.

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que o uso das equações encontradas pelo método de interpolação para tentar corrigir o erro do sensor HC – SR04 realmente teve efeito, tanto que para a biblioteca Ultrasonic os principais erros que antes variavam em torno de 4,2 a 5,7% tiveram uma grande redução, passando a menos de 1% após a aplicação da curva de correção. Para a biblioteca New Ping também se notou diferença, já que erros que chegavam a casa dos 3,5% diminuíram para menos de 0,5%, considerando medidas maiores do que 400 milímetros. Na verdade, o problema encontra-se entre as distâncias de 50 a 400 mm, uma vez que nesse intervalo existe uma distância a partir da qual o sensor inicia a apresentar o erro de 1 centímetro (a biblioteca New Ping faz os cálculos somente de centímetro em centímetro). As distâncias menores do que esse valor a partir do qual o sensor começa a apresentar erro não necessitam, a princípio, de correção. Estudos posteriores que sejam feitos com essa temática podem utilizar mais pontos (medidas reais aproximadas) para análise da correção. Quanto mais pontos são usados, maior é a tendência da curva reduzir o valor do erro dos cálculos com o sensor ultrassônico, ou seja, teoricamente, quanto mais pontos, melhor a qualidade da curva.

Em relação as bibliotecas Ultrasonic e New Ping observou-se uma leve vantagem da última em relação a primeira quanto à tendência em mostrar o valor verdadeiro da distância. No entanto, a possibilidade de realizar cálculos em milímetros torna a biblioteca Ultrasonic mais atrativa, de modo que se alguns pontos forem acrescentados, os erros relativos dos cálculos com ambas as bibliotecas tenderão ao valor nulo, igualando a capacidade das bibliotecas em gerar um valor calculado mais próximo do valor real da distância.

REFERÊNCIAS

- Albertazzi, G. Jr. e Souza A. R., 2008, “Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial”, Ed. Manole, 1ed – Barueri, São Paulo, Brasil, pp 39-49.
- Arduino, 2017a. “What is Arduino?”. 5 Jul 2017 <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>.
- Arduino, 2017b. “Arduino UNO REV3”. 5 Jul 2017 <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>.
- Arduino, 2017c. “Ultrasonic SR04 library for Arduino”. 5 Jul 2017 <<https://playground.arduino.cc/Code/SR04LunaX>>.
- Arduino, 2017d. “NewPing Library for Arduino”. 5 Jul 2017 <<http://playground.arduino.cc/Code/NewPing>>.
- Chapra, S. e Canale, R., 2016, “Métodos Numéricos para Engenharia”, Ed. AMGH, 7ª ed., São Paulo, Brasil.
- Elecfreaks, Ultrasonic Ranging Module HC-SR04..
- 15 de julho de 2017 <<http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/HCSR04b.pdf>>
- FilipeFlop Componentes Eletrônicos Eireli, 2017a. “Placa Uno R3 + Cabo USB para Arduino”. 5 Jul 2017 <<https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>>.
- FilipeFlop Componentes Eletrônicos Eireli, 2017b. “Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04”. 5 Jul 2017 <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>>.
- Nakatani, A. M., Guimarães, A. V. and Neto, V. M., 2013, “Medição com Sensor Ultrassônico Hc-Sr04”, procedente do 3º Congresso Internacional de Metrologia Mecânica, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Rastogi, R. K. e Mehra, R., 2012, “Efficient Error Reduction in Ultrasonic Distance Measurement Using Temperature Compensation”. International Journal Of Advanced Electrical And Electronics Engineering (IJAEED). Chandigarh, India, pp 58-60.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.