

PROPOSTA DA MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DO SOM EM METAIS ATRAVÉS DO ARDUINO

Denilson Bahia de Souza Junior¹

Denilson Junior²

John Welvins Barros de Araújo³

Matheus Gonçalves dos Santos Schiavini⁴

Edson Massayuki Kakuno⁵

Resumo:

Este trabalho propõe apresentar de forma simples e prática os conceitos e a determinação da velocidade com que as ondas mecânicas (som) se propagam em metais, o experimento proposto neste trabalho tem como referência o trabalho de Speziali (1986) o qual demonstra que uma barra metálica que colide sobre uma base de metal, gera uma onda mecânica, pulso longitudinal, na extremidade inferior (o qual colidiu com a base) e percorre a barra até a extremidade superior e devido a mudança de densidade (interface com o ar), uma parte dela é refletida, voltando para a extremidade inferior fazendo-a saltar. Utilizando o Arduino como ferramenta para a medição do tempo de propagação e para a coleta de dados, este experimento possibilita a determinação da velocidade de propagação do som de uma forma direta, rápida e simples. No experimento foram realizadas 130 medidas consecutivas para a coleta de dados em uma barra de cobre de 98 cm de comprimento, após a análise estatística, obteve-se uma velocidade de $4,401 \pm 0,006$ km/s em boa concordância com a velocidade de 4,66 km/s, vemos que os dados obtidos nesta experimentação se aproximam em $4,3 \pm 0,1$ % do valor indicado na literatura.

Palavras-chave: Arduino; medição da velocidade do som; ensino de física

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

PROPOSTA DA MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DO SOM EM METAIS ATRAVÉS DO ARDUINO

¹ Aluno de graduação. denilsonbs2017@gmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. denilsonbs2017@gmail.com. Apresentador

³ Aluno de graduação. johnwelvins@gmail.com. Co-autor

⁴ Aluno de graduação. matheusschiavini.m@gmail.com. Co-autor

⁵ Docente. edsonkakuno@unipampa.edu.br. Orientador



PROPOSTA DA MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DO SOM EM METAIS ATRAVÉS DO ARDUINO

1. INTRODUÇÃO

Uma barra que cai verticalmente, quando colide com o chão, começa a saltar. O que faz com que a barra pule? A colisão da barra com o chão gera um pulso de compressão do material na extremidade inferior, este pulso percorre todo o comprimento da barra e, na outra extremidade, quando encontra a interface entre o material e o ar é refletido, percorrendo novamente todo o comprimento da barra e retornando o pulso para a interface com o chão, fazendo-a saltar, isto pode se repetir por algumas vezes.

Este fenômeno se dá pela transmissão das vibrações das partículas presentes na barra, esta transmissão caracteriza uma onda mecânica e longitudinal que se propaga em direção paralela às vibrações. Esta onda percorre a barra até a extremidade superior, onde ela é refletida devido à mudança de meio, uma parte da onda é transmitida para outro meio (ar), enquanto uma parcela é refletida percorrendo até a extremidade inferior.

Quando este mesmo pulso retorna a extremidade inferior restaura a barra a sua forma real, exercendo uma força contra o solo, e assim o solo por reação exerce uma força sentido contrário (para cima) fazendo com que a barra salte. O modelo físico discutido pode ser encontrado mais detalhado em (SPEZIALI, 1986).

Supondo que a barra tem distribuição de densidade homogênea e que a propagação de uma onda é um movimento constante, pode-se obter sua velocidade de propagação, através o modelo de Movimento Uniforme, sabendo-se o comprimento da barra (l) e medindo o tempo de propagação do pulso (t), temos que:

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2l}{t} \quad (1)$$

O pulso produzido na barra por meio da colisão é uma onda mecânica assim como o som e a velocidade de propagação do pulso longitudinal é o mesmo da velocidade do som em qualquer meio sólido.

A problemática deste trabalho resume em conseguir obter a velocidade de propagação do som em metais que é da ordem de quilômetros por segundo, e por tanto o desafio é medir tempos da ordem de microssegundos a milissegundos. No caso do cobre, onde a velocidade do som é de 4,66 km/s (GE, 2004), o tempo que o pulso demora, para percorrer uma barra de 1m (ida e volta) é de 434,78 microssegundos. Esse tempo é muito pequeno para utilização de instrumentos como cronômetros ou relógios, utilizados normalmente em ambientes de ensino.

Outros trabalhos (SPEZIALI, 1986, Determinação, 2011) utilizam um circuito RC, onde a partir da tensão armazenada no capacitor, pode-se obter o tempo. Isso é possível, pois o arranjo é tal que no instante anterior ao contato da barra com base, a tensão no capacitor é igual à tensão da fonte, no momento em que a barra entra em contato com a base, o capacitor começa a descarregar e para de descarregar quando o contato é aberto. Pela curva de descarga do capacitor, medindo-se a diferença de tensão entre os terminais do capacitor pode-se obter o tempo de descarga, que corresponde ao tempo de contato entre a barra e a base, e

consequentemente o tempo que pulso levou para se propagar através da barra (ida e volta). Este tempo é obtido diretamente pela curva de descarga do capacitor ou pela relação:

$$t = RC \ln [V_0/V_{(t)}] \quad (2)$$

Quando o pulso encontra a extremidade da barra (interface com o ar) oposta da extremidade que colidiu com a base, ele é refletido com uma intensidade inferior (a que ele chega à interface), logo o mesmo pulso percorre várias vezes a barra, e sempre que o pulso chega à interface com a base a barra é impulsionada para cima, fazendo com que ela execute diversos saltos. Isto é, a barra vai tocar a base mais de uma vez, ocasionando mais de um momento de descarga do capacitor, como os intervalos de tempo envolvidos nesta instrumentação são curtos, fica difícil medir a tensão correspondente à descarga do primeiro contado da barra com a base, comprometendo a confiabilidade dos dados e dificultando a reprodutibilidade do experimento.

A partir da discussão acima, este trabalho justifica-se por propor um aperfeiçoamento do experimento descrito por SPEZIALI em 1986, tornando-o mais reprodutível. Para tal é utilizada a plataforma Arduino, que através da função “pulseIn()”, pode medir largura de pulsos da ordem de dez microssegundos à três minutos. Objetivando-se neste trabalho a obtenção de uma instrumentação acessível para medir os tempos descritos acima e relatar a elaboração deste aparato experimental simples e de fácil reprodução, que é capaz de medir a velocidade do som em materiais condutores com acurácia suficiente para ser utilizado no ensino de física, em nível básico ou superior.

2. METODOLOGIA

O aparato experimental constitui-se de uma barra de aterramento de cobre (população do experimento) na qual se pretende observar a velocidade do som, uma base maciça de ferro (onde a barra será solta na direção da base de ferro), um resistor (para minimizar o ruído na porta digital do Arduino), um Arduino, cabos para conexão e um computador para visualizar, coletar e analisar os dados. A barra, a base, o resistor e o Arduino, formam o circuito disposto na Figura 1.

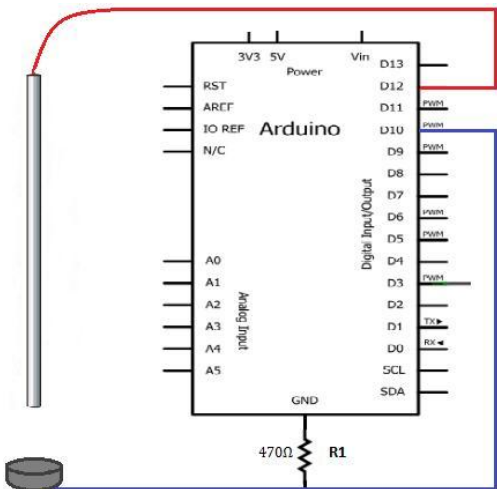


FIGURA 1 - Circuito para medida da velocidade de propagação do som no metal com Arduino.

Na Figura 1, o pino digital 12 do Arduino é configurado como saída de sinal (OUTPUT) é acionado em estado alto (HIGH) que equivale a 5 V, o pino digital 10 é configurado como entrada de sinal (INPUT), quando a barra toca a base provoca um curto entre os pinos, permitindo que o sinal emitido pelo pino 12 chegue ao pino 10. As flutuações na entrada digital (pino 10) traduzem-se em ruídos na leitura, para minimizar esse tipo de ruído conecta-se o pino 10 ao GND através de um resistor.

Foi escrito um programa (abaixo) que usa a função “pulseIn” para a ler a largura do pulso emitido durante o curto, que equivale ao tempo de propagação do pulso na barra, e com isso calcular sua velocidade de propagação. Como a barra toca na base mais de uma vez, foi elaborado um filtro temporal que seleciona apenas o primeiro pulso. O filtro vigia quanto tempo se passou desde primeiro pulso (primeiro contato da barra com a base) e exclui todos os demais pulsos que ocorrerem dentro deste intervalo de tempo (a partir do primeiro pulso), pré-definido, neste caso, de 1 s. Além disso, o filtro seleciona pulsos que possuem uma largura (tempo de propagação) maior do que 100 microssegundos e menor do que 1000 microssegundos, a fim de eliminar possíveis ruídos, este intervalo de tempo está otimizado para uma barra de cobre de 1 metro de comprimento.

Programa:

```
1 /* 09/2017
2 * Fundação Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé
3 * Programa para medição da velocidade do som em uma barra de metal
4 * Está rotina utiliza a função pulseIn(), cuja descrição pode ser
5 * obtida em https://www.arduino.cc/en/Reference/PulseIn.
6 */
7 //Declaração das variáveis utilizadas, onde a largura_pulso
8 //é o tempo da onda ir e vir na barra
9 int largura_pulso, d = 6;
10 float comprimento_barra = 0.98;
11 double t, v;
12 void setup() {
13   Serial.begin(115200);
14   pinMode(10, INPUT);
15   pinMode(12, OUTPUT);
16   digitalWrite(12, HIGH);
17 }
18 void loop() {
19   largura_pulso = pulseIn(10, HIGH);
20   if (largura_pulso > 100 && largura_pulso < 1000 && (micros()-t) < 1000000){
21     t = micros();
22     Serial.print(largura_pulso); Serial.print("\t");
23     v = (2*comprimento_barra*1000000)/((largura_pulso));
24     Serial.println(v,d);
25   }
26 }
```

A função “pulseIn” monitora o pino digital escolhido, quando houver uma transição (mudança de estado, neste caso de baixo para alto) de nível, a função

inicia a contagem de tempo e está contagem é interrompido na próxima mudança complementar de nível (neste caso de cima para baixo) e então a função retorna o tempo em microssegundos. Os argumentos da função são respectivamente o numero do pino a se observar, o estado que se espera para iniciar o cronometro, e pode-se ainda incluir um terceiro argumento o tempo máximo que ele deve esperar parar detectar o pulso, quando o sinal não é detectado nesse intervalo, a função retorna a zero (ARDUINO).

Durante o experimento foram realizadas 130 medidas, resultando em 130 valores para a velocidade da propagação do pulso na barra, esses valores foram agrupados em um histograma com *Bin* de 100 m/s de velocidade e as frequências deste histograma foram analisadas através de um ajuste gaussiano, com intuito de levantar parâmetros que indiquem a confiabilidade, precisão do aparato experimental e a acurácia relativa ao valor encontrado na literatura (GE, 2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico apresentado na Figura 2 traz a análise gaussiana dos 130 pontos coletados. O valor que corresponde ao máximo de frequência (X_c) indicado pelo gráfico é de $4,401 \pm 0,006$ km/s com uma largura a meia altura do pico de 0,398 km/s (FWHM), indicando pouca dispersão, na ordem de 9% a meia altura do pico. O valor encontrado na referência é de 4,66 km/s (GE, 2004), vemos que os dados obtidos nesta experimentação se aproximam em $4,3 \pm 0,1$ % do valor indicado na literatura.

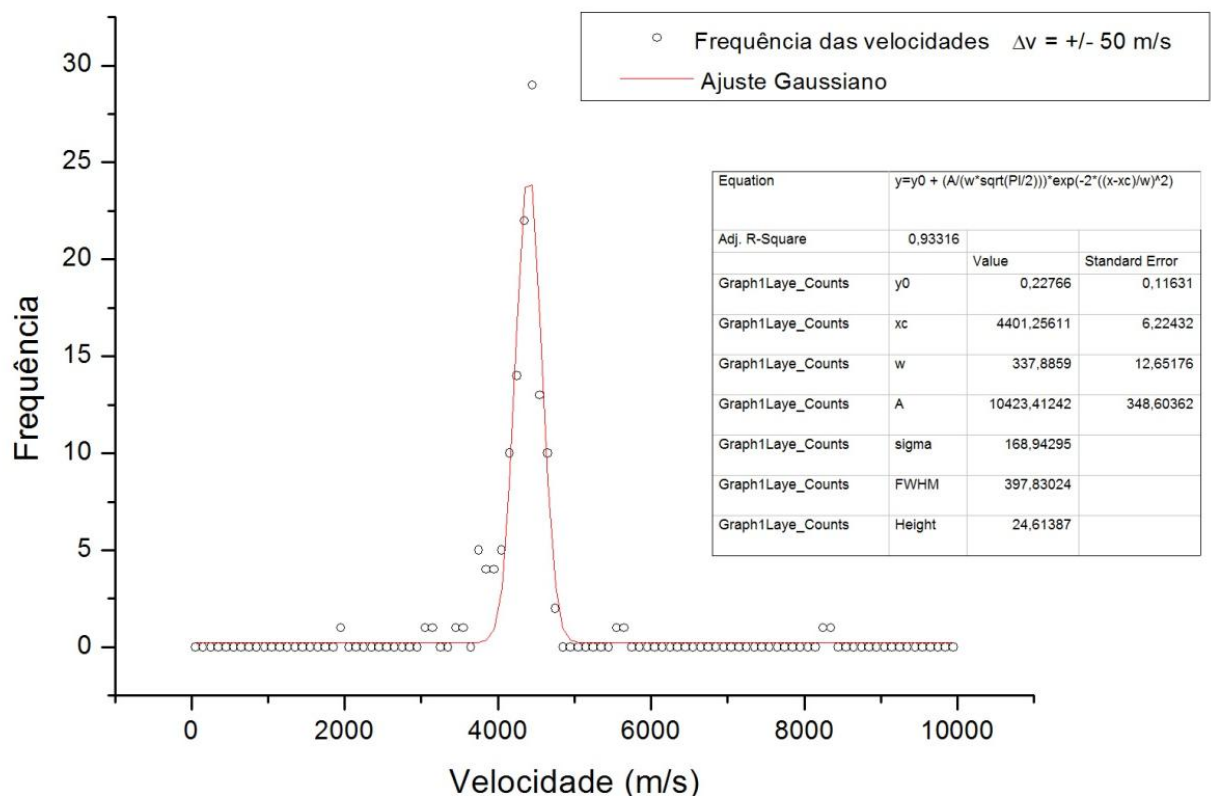


Figura 2 – Velocidade do som em uma barra de 98 cm de Cobre, 130 medidas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo assim, pode-se concluir que o experimento tem boa acurácia e uma precisão razoável se comparado aos experimentos referenciados aqui, tornando possível o uso de outros tipos de materiais condutores para o cálculo da velocidade de propagação neste mesmo. Portanto o objetivo de produzir uma proposta de fácil construção e operação foi atingido, bem como a descrição detalhada de sua construção e sua aplicação na medição da velocidade do som em uma barra de cobre. Para trabalhos futuros, listamos medidas em outros metais, alterar o formato da base, entre outros.

Este trabalho recebeu apoio material e financeiro do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID/UNIPAMPA, através do Edital CAPES no. 061/2013, e pela Portaria CAPES nº 096/2013 e CNPQ processo 405472 / 2015-3.

5. REFERÊNCIAS

SPEZIALI, N. L., VEAS, F. O., ONDAS LONGITUDINAIS: DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DO SOM EM METAIS, Revista de ensino de física, MATERIAIS E MÉTODOS, v. 8, n.1 São Paulo, 1986, Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol08a01.pdf>>, Acesso em : 20 set. 2017

Determinação da velocidade do som em metais, In: IF UFMG, 2011, Disponível em: <http://www.fisica.ufmg.br/~lab1/roteiros/Exp9_Vel_Som_Metals.pdf>, Acesso em: 20 set. 2017.

GE INFRASTRUCTURE SENSING, Sond Speeds and Pipe Size Data, 2004, Disponível em: <<http://www.instrumart.com/assets/ge-sound-speeds-and-pipe-size-data.pdf>>, Acesso em: 20 set. 2017

ARDUINO, pulsin(), Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Reference/PulseIn>> Acesso em: 20 set. 2017