

# STEMKIT

## 4SCHOOLS

### Medição da Velocidade do Som

#### Plano de Aula 1



Cofinanciado pelo  
Programa Erasmus+  
da União Europeia

Este projeto é cofinanciado pelo Programa Erasmus + da União Europeia.

Este projeto foi financiado com o apoio da Comissão Europeia. Esta publicação reflete apenas as opiniões dos autores, e a Comissão não pode ser responsabilizada por qualquer uso que possa ser feito da informação aqui contida.



## Índice

1.	Medir a velocidade do som.....	2
1.1	Informação geral.....	2
1.1.1	Breve descrição .....	2
1.1.2	Objetivos de aprendizagem.....	2
1.1.3	Links para o currículo/ligações ao currículo.....	2
1.1.4	Materiais necessários .....	3
1.1.5	Duração .....	3
1.2	Plano de aula.....	4
1.2.1	Introdução.....	4
1.2.2	Preparação .....	6
1.2.3	Investigação.....	9
1.2.4	Conclusão.....	11
1.2.5	Exercício de Follow-up (opcional) .....	11
1.3	Referências ou Recursos.....	11



# 1. Medir a velocidade do som

## 1.1 Informação geral

### 1.1.1 Breve descrição

Neste plano de aula vamos conduzir uma experiência científica para medir a velocidade do som. Para este efeito, faremos um aparelho experimental utilizando o nosso STEMKIT e operá-lo-emos através de um programa apropriado. Depois recolheremos dados e analisá-los-emos para medir a velocidade do som. Tal como fazem os verdadeiros cientistas e investigadores!

### 1.1.2 Objetivos de aprendizagem

Os principais objetivos de aprendizagem deste plano de aula são:

- Compreensão do conceito e conteúdo do que é som, ondas sonoras, propagação de ondas, velocidade
- conceção e realização de uma experiência ou investigação científica com recolha de dados, análise e apresentação de resultados
- familiarização com circuitos e programas para interagir com os pinos GPIO do Raspberry Pi
- compreender as estruturas básicas da linguagem de programação Python (nomeadamente, utilizar na programação a sintaxe, objetivo e função do loop, declarações se/condicionais, definição de função, etc.).
- utilizar uma folha de cálculo (em papel ou em software) para o registo e processamento de dados estatísticos básicos

### 1.1.3 Links para o currículo/ligações ao currículo

Os domínios, subdomínios, assuntos/tópicos a que este plano de aula pode ser ligado são:

- Física: movimento, oscilação, ondas, tipos de ondas, características das ondas, propagação das ondas, som, velocidade das ondas sonoras, espectro das ondas sonoras



- Ciência (Física/Química/Biologia/Geologia): método científico, investigação, experimentação, análise e interpretação dos resultados
- Ciência da Computação/Informática: unidade de processamento e periféricos, interfaces, linguagem de programação e estruturas principais, codificação
- Tecnologia: eletrónica, hardware e software de código aberto, sensores, sinal digital, circuitos, computadores de placa única
- Matemática/Estatística: folhas de cálculo e estatísticas básicas

#### 1.1.4 Materiais necessários

Para este plano de aula (e para cada grupo de estudantes) para além da consola STEMKIT e do seu Raspberry Pi, vamos precisar:

- 8 x fios jumper macho para fêmea
- 1 x breadboard
- 1 x Sensor de distância ultrassónico HC-SR04
- 1 x botão de pressão
- 4 x Resistências (entre 300 e 1K Ohm). Vamos precisar de 3x 1K Ohms para o sensor de distância, e uma resistência de 300 a 1K Ohm para o botão de pressão
- Uma régua ou fita métrica
- Uma pequena caixa ou objeto para fazer um obstáculo

#### 1.1.5 Duração

A duração deste plano de aula é estimada em cerca de 45-60 minutos, ou seja, uma hora de aula.

## 1.2 Plano de aula

O plano de aula está dividido em quatro fases, que são: introdução, preparação, investigação e conclusão. Como seguimento, há também um exercício opcional no final.

### 1.2.1 Introdução

O som é uma vibração que se propaga como uma onda de pressão audível, através de um meio de transmissão tal como um gás, líquido ou sólido. Os seres humanos só podem ouvir ondas sonoras de determinadas intensidades quando a frequência se situa entre cerca de 20 Hz e 20 kHz. As ondas sonoras acima dos 20 kHz são conhecidas como ultrassons e não são perceptíveis pelos humanos. As ondas sonoras inferiores a 20 Hz são conhecidas como infrassons. Diferentes espécies animais têm diferentes amplitudes auditivas.

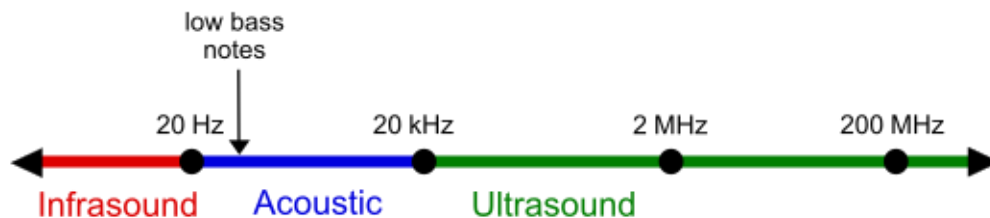


IMAGEM 1. GAMAS DE FREQUÊNCIA CORRESPONDENTES A INFRASSOM, SOM AUDÍVEL HUMANO E ULTRASSOM

Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sound>

As ondas sonoras são frequentemente simplificadas para uma descrição em termos de ondas sinusoidais, que são caracterizadas por: frequência, ou o seu comprimento de onda invertido; amplitude, pressão ou intensidade do som; velocidade do som; direção. Neste plano de aula vamos medir a velocidade do som usando o STEMKIT e um sensor.

Como já foi dito, o som que é perceptível pelos humanos tem frequências de cerca de 20 Hz a 20.000 Hz. No ar, à temperatura e pressão normais, os comprimentos de onda correspondentes das ondas sonoras variam de 17 m a 17 mm.

A velocidade do som é a distância percorrida, por unidade de tempo, por uma onda sonora à medida que esta se propaga através de um meio elástico. A 20 °C, a velocidade do som no ar é de cerca de 343 metros por segundo (ou 1235 km/h), ou um quilómetro em 2,9 segundos. Depende fortemente da temperatura, mas também varia em vários metros por segundo, dependendo dos gases que existem no meio através do qual uma onda sonora se está a propagar.

No discurso quotidiano comum, a velocidade do som refere-se à velocidade das ondas sonoras no ar. Contudo, a velocidade do som varia de substância para substância: o som viaja mais lentamente nos gases; viaja mais rapidamente nos líquidos; e ainda mais rapidamente nos sólidos. Por exemplo, o som viaja a 343 m/seg no ar; viaja a 1480 m/seg na água (ou seja, 4,3 vezes mais rápido que no ar); e a 5120 m/seg no ferro (ou seja, cerca de 15 vezes mais rápido que no ar).

No nosso caso, iremos medir a velocidade do som no ar utilizando um dispositivo, nomeadamente um sensor de distância ultrassónico HC-SR04, que emite e recebe/deteta ultrassons. O ultrassom são ondas sonoras com frequências superiores a 20.000 Hz (ou 20 kHz). O ultrassom não é diferente do som "normal" (audível) nas suas propriedades físicas, exceto no facto de os seres humanos não o poderem ouvir. Portanto, durante as nossas experiências e medições não ouviremos nada! Os aparelhos de ultrassom funcionam com frequências desde 20 kHz até vários gigahertz.

O sensor de distância ultrassónico HC-SR04 é composto por dois transdutores ultrassónicos. Este atua como um transmissor que converte o sinal elétrico em impulsos sonoros ultrassónicos de 40 KHz. O recetor ouve os pulsos transmitidos. Se os receber, produz um impulso de saída cuja largura pode ser utilizada para determinar a distância percorrida pelo impulso. O princípio de funcionamento está descrito abaixo.

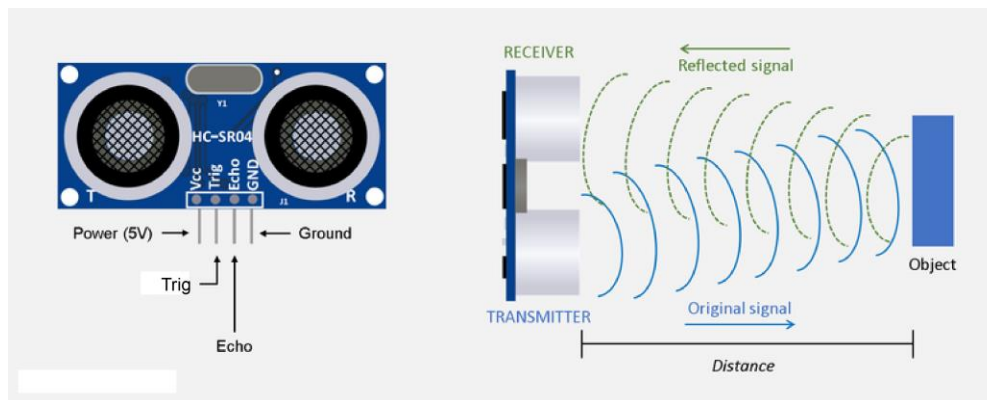


IMAGEM 2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SENSOR ULTRASSÓNICO **HC-SR04**

Fonte: <http://osoyoo.com/2018/09/18/micro-bit-lesson-using-the-ultrasonic-module/>

Assim, podemos determinar a velocidade do som, se conseguirmos colocar um objeto a uma distância conhecida do sensor e registar o tempo que leva o pulso ultrassónico a percorrer essa distância duas vezes. Note-se que duas vezes, porque viaja do transmissor para o objeto obstáculo e depois é refletido e viaja de volta ao recetor para ser detetado.

Agora que adquirimos o entendimento básico, vamos prosseguir e começar a preparar a nossa própria investigação científica.

## 1.2.2 Preparação

A primeira coisa a fazer é fazer um circuito e ligar o nosso sensor aos pinos GPIO do nosso Raspberry Pi. Antes de prosseguirmos, desligamos o nosso Raspberry Pi e retiramos o cabo de alimentação da tomada. Para o nosso circuito, precisamos do nosso sensor, uma breadboard, resistências, fios jumper e um botão de pressão. O circuito completo está no diagrama esquemático que se segue.

O sensor de distância ultrassónico HC-SR04 vem com 4 pinos: potência (VCC), gatilho (TRIG), eco (ECHO), e terra (GND). O pino de potência será ligado ao pino de 5V do Raspberry Pi, o de gatilho será atribuído a um pino GPIO como saída (pino 4), o eco será atribuído a um pino GPIO como entrada (pino 18), e o terra será ligado a um pino de terra no Raspberry Pi.

Também ligaremos um botão de pressão ao pino 24 GPIO, que configuraremos como entrada. A outra extremidade do botão deverá ser ligada ao pino de tensão de 3,3V do Raspberry Pi, através de uma resistência. Assim, quando carregarmos no botão, o pino 24 GPIO estará no estado ALTO, ou seja, em 3,3V. Precisamos então de um programa para operar de forma que, sempre que carregamos no botão, o sensor emita um pulso de ultrassom e o programa continue a cronometrar o tempo que leva a receber o eco de volta (ou seja, quanto tempo passou enquanto as ondas sonoras foram emitidas, atingiu o objeto em frente do sensor, ricocheteou, e voltou para o sensor).

Quando terminarmos o nosso circuito, podemos ligar o Raspberry Pi e iniciar o nosso programa em Python em ficheiro `lesson_plan_speed_of_sound.py`

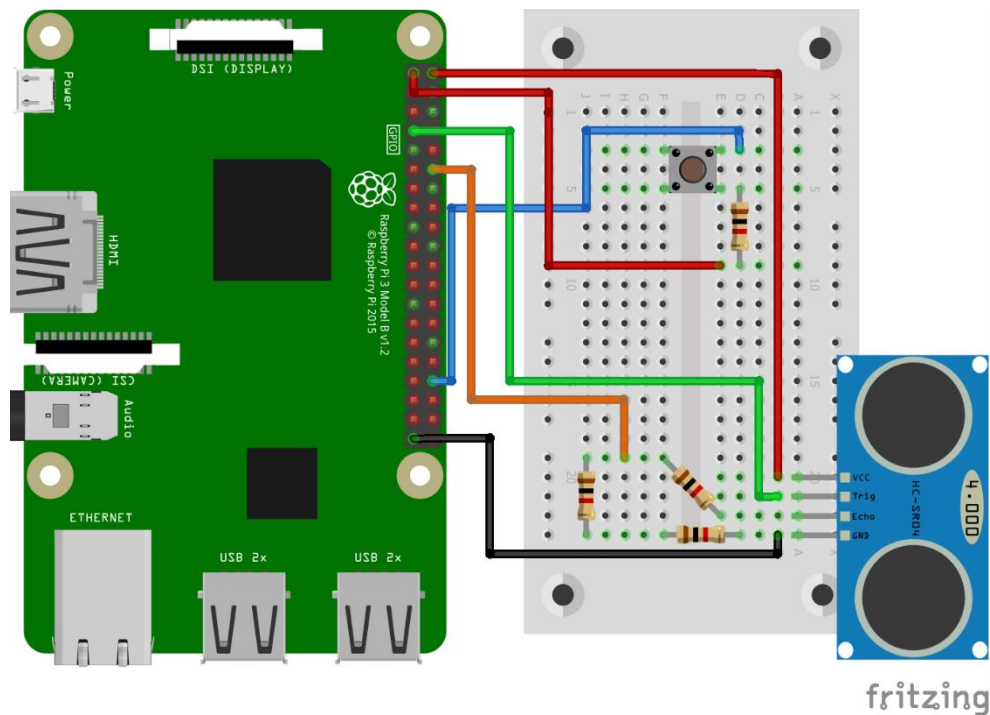


IMAGEM 3. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO CIRCUITO COM SENSOR DE DISTÂNCIA E BOTÃO DE PRESSÃO LIGADOS AOS PINOS GPIO

Fonte: Projeto STEMKIT4Schools

Antes de iniciarmos a nossa investigação, vamos dar uma vista de olhos ao programa para compreendermos melhor o seu funcionamento.

Em resumo, no nosso programa, importamos primeiro os módulos Python de que precisamos, depois montamos os pinos GPIO para botão e sensor como saída ou/e entrada em conformidade. Colocamos a maior parte do código para interagir com o sensor em função `get_time()`. Aí emitimos primeiro uma explosão de ultrassons a partir do sensor. Depois disso, emitimos um sinal para fora e medimos o intervalo de tempo. Quando finalmente obtemos um tempo de entrada, podemos subtrair o tempo final do tempo inicial e calcular o valor do tempo decorrido.

Chamamos a esta função um loop de tempo que corre para sempre.

No final, iniciamos um loop temporal que corre para sempre. No loop verificamos se o pino de entrada ligado ao botão está em estado elevado. Se sim, então isto significa que o botão é premido e por isso queremos chamar o `get_time()` e imprimir no ecrã o valor de tempo que obtemos do sensor. Note também que precisamos de colocar algum tempo de pausa entre cada chamada da função, caso contrário o sensor pode não se comportar normalmente.





Uma vez terminado o conjunto de medições, podemos parar o programa e o loop infinito, premindo Ctrl-C.

```
#####  
  
# first import libraries and set gpio numbering mode  
import RPi.GPIO as GPIO  
import time  
GPIO.setwarnings(False)  
# doing this first, since we're using a while True.  
GPIO.cleanup()  
GPIO.setmode(GPIO.BCM)  
  
# pin for push button  
pin_button = 24  
GPIO.setup(pin_button, GPIO.IN)  
  
# define TRIG and ECHO pins and set them up as output and input  
TRIG = 4  
ECHO = 18  
GPIO.setup(TRIG,GPIO.OUT)  
GPIO.setup(ECHO,GPIO.IN)  
  
# function to get distance value  
def get_time():  
    # emit a burst of ultrasound  
    GPIO.output(TRIG, True)  
    time.sleep(0.00001)  
    GPIO.output(TRIG, False)  
  
    # measure time interval  
    while GPIO.input(ECHO) == False:  
        tstart = time.time()  
  
    while GPIO.input(ECHO) == True:  
        tend = time.time()  
  
    sig_time = tend-tstart  
  
    #print("time(sec):", sig_time)  
  
    return sig_time
```



```
# do this loop forever! Press Ctrl-C to stop it
# When button is pressed then measure time

while True:
    if GPIO.input(pin_button) == GPIO.HIGH:
        #print("button pushed")
        value = get_time()
        time.sleep(0.05)
        print("time(sec):", value)
        time.sleep(5.)
    else :
        #do nothing

#####
```

### 1.2.3 Investigação

Agora que já nos familiarizámos com o nosso aparelho experimental, podemos começar a fazer medições.

#### *Recolha de dados*

Colocamos o objeto obstáculo em frente do sensor e com uma régua ou fita métrica medimos a distância de acordo com a tabela seguinte. Pressionamos o botão e registamos na tabela a medição do tempo mostrada no ecrã. Repetimos para a mesma distância ou distâncias diferentes.



TABELA 1 TABELA DE REGISTO DE DADOS

Índice	Distância do objeto (cm)	Tempo medido (seg)	Velocidade = $2 \cdot \text{Distância} / \text{Tempo medido}$ (cm/seg)
1	5		
2	5		
3	10		
4	10		
5	20		
6	20		
7	30		
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
			<b>Média</b>

### *Análise de dados*

Uma vez preenchida a tabela com as nossas medidas de distância e tempo, podemos transferi-las para uma folha de cálculo Excel ou outra, para determinar a velocidade do som que corresponde em cada par de medidas. Ou, em alternativa, continuamos com a folha de cálculo/tabela de papel. No final, calculamos o valor médio e expressamo-lo em cm/seg, em m/seg e em km/hr.

### *Apresentação dos resultados*

Apresentamos o nosso resultado e comparamo-lo com o que outros grupos de estudantes encontraram. Também comparamos os nossos resultados com os valores de referência da velocidade do som da bibliografia (por exemplo, a 20 °C, a velocidade do som no ar é de cerca de 343 metros por segundo ou 1235 km/h). Será que nos aproximámos deste valor de referência? Se não, qual poderá ser a causa? Precisamos repetir o procedimento experimental?



## 1.2.4 Conclusão

Nós próprios conseguimos medir a velocidade do som! Nesta fase, recapitulamos o que fizemos e como, quais foram os principais passos, discutimos quaisquer dificuldades experimentadas.

## 1.2.5 Exercício de Follow-up (opcional)

Como follow up a este plano de aula, podemos proceder com o seguinte exercício. Agora que já medimos e conhecemos o valor da velocidade do som, vamos rever o código do programa que utilizámos. Que alterações podemos fazer para que possamos utilizar o nosso aparelho para medir diretamente a distância de um objeto?

## 1.3 Referências ou Recursos

Aqui estão algumas referências úteis e recursos adicionais relacionados com este plano de aula:

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Sound>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Speed\\_of\\_sound](https://en.wikipedia.org/wiki/Speed_of_sound)
- <https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/>
- <http://osoyoo.com/2018/09/18/micro-bit-lesson-using-the-ultrasonic-module/>
- <https://lastminuteengineers.com/arduino-sr04-ultrasonic-sensor-tutorial/>