

Medindo a Velocidade do Som com o Arduino e Impressão 3D: uma proposta para o Ensino de Física

José Walter Souza Santana ¹, Arthur Cantuario Pereira ², Alex lino ³

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Caraguatatuba. josewaltersouzasantana@gmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Caraguatatuba. Cantuario.arthur@gmail.com

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Caraguatatuba. lex.lino@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 7.08.04.02-8 Métodos e Técnicas de Ensino.

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo descrever o desenvolvimento e aplicação de um experimento didático voltado para o ensino de Física, utilizando o microcontrolador Arduino e componentes confeccionados por meio da tecnologia de impressão 3D para medir a velocidade do som no ar. A proposta busca aliar a experimentação prática de baixo custo ao uso de tecnologias acessíveis e abertas, promovendo o aprendizado ativo e a contextualização dos conceitos de ondas mecânicas. O projeto foi estruturado a partir de estudos anteriores sobre o uso de plataformas de automação e impressão tridimensional no ensino de Ciências, conforme Cavalcante et al. (2011) e Pires e Vinholi Júnior (2022). Os resultados obtidos mostraram que o experimento mediu a velocidade do som no ar em 342,944 m/s, enquanto o valor teórico esperado era de 344,8 m/s, apresentando um erro de apenas 0,528%. Esses resultados comprovam a eficiência e a precisão do sistema desenvolvido, indicando que o experimento pode ser aplicado no ensino de conceitos de ondulatória, como a propagação e a velocidade do som. Assim, a integração entre o Arduino e materiais produzidos em impressão 3D potencializa o processo de ensino-aprendizagem, tornando as aulas de laboratório mais dinâmicas, criativas e alinhadas à realidade tecnológica dos estudantes.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física; Arduino; Impressão 3D; Velocidade do som; Tecnologias educacionais.

Measuring the Speed of Sound Using Arduino and 3D Printing for Physics Teaching

ABSTRACT: This work aims to describe the development and application of a didactic experiment designed for Physics teaching, using the Arduino microcontroller and components manufactured through 3D printing technology to measure the speed of sound in air. The proposal seeks to combine low-cost practical experimentation with the use of accessible and open technologies, promoting active learning and the contextualization of mechanical wave concepts. The project was structured based on previous studies on the use of automation platforms and three-dimensional printing in Science education, as presented by Cavalcante et al. (2011) and Pires and Vinholi Júnior (2022). The results obtained showed that the experiment

measured the speed of sound in air as 342.944 m/s, while the theoretical expected value was 344.8 m/s, presenting an error of only 0.528%. These results demonstrate the efficiency and precision of the developed system, indicating that the experiment can be applied in teaching wave concepts such as sound propagation and speed. Thus, the integration between Arduino and 3D-printed materials enhances the teaching-learning process, making laboratory classes more dynamic, creative, and aligned with students' technological reality.

KEYWORDS: Physics teaching; Arduino; 3D printing; Sound velocity; Educational technologies.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física no contexto escolar contemporâneo enfrenta desafios quanto à motivação dos estudantes e à integração de tecnologias no processo de aprendizagem. As metodologias tradicionais, centradas na exposição teórica, muitas vezes se mostram insuficientes para promover uma aprendizagem significativa. Nesse cenário, o uso do Arduino, aliado à impressão 3D, surge como uma alternativa didática capaz de proporcionar ao aluno uma experiência experimental concreta, interativa e investigativa.

Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011) destacam que o Arduino é uma plataforma de hardware livre, amplamente utilizada em experimentos de Física, por permitir o controle e a aquisição de dados de forma simples e acessível. Já Pires e Vinholi Júnior (2022) evidenciam que a impressão 3D tem se consolidado como ferramenta inovadora na produção de materiais pedagógicos, facilitando a visualização de fenômenos abstratos e estimulando a criatividade docente e discente.

De acordo com Marín-Marín, García-Tudela e Duo-Terrón (2024), o pensamento computacional e o uso de plataformas como o Arduino promovem o aprendizado ativo e competências investigativas no ensino básico. Staribratov & Manolova (2024) apontam que as tecnologias 3D integradas a metodologias STEAM favorecem o engajamento estudantil e práticas mais inclusivas no ensino de ciências.

O presente artigo busca relatar a proposta de construção e utilização de um experimento para medir a velocidade do som, integrando o uso do Arduino e de peças produzidas por impressão 3D, no contexto do ensino médio. Tal abordagem visa aproximar o estudante do método científico e da cultura maker, fomentando uma aprendizagem prática e significativa.

O uso de tecnologias digitais no ensino de Ciências tem sido amplamente discutido na literatura. Menezes de Magalhães et al. (2002) apontam que o computador, quando utilizado como ferramenta cognitiva, permite ao aluno construir e organizar o conhecimento de forma colaborativa e ativa. Nesse sentido, a introdução do Arduino nas aulas de Física representa um

avanço importante, pois permite o desenvolvimento de atividades de coleta e análise de dados experimentais com baixo custo e grande potencial didático.

O avanço tecnológico exige que a escola busque metodologias inovadoras para aproximar os estudantes do conhecimento científico. Nesse contexto, o Arduino tem se destacado como recurso didático por ser acessível e permitir experimentos interativos. Segundo Martinazzo (2014), a plataforma possibilita a integração de sensores em experimentos de Física, tornando a aprendizagem mais significativa. Os autores destacam aplicações em estudos de evaporação, resfriamento e movimento harmônico, mostrando que, mesmo com limitações de precisão, a ferramenta contribui para a compreensão prática da teoria. Além disso, o Arduino favorece a interdisciplinaridade, envolvendo eletrônica, programação e análise de dados, elementos essenciais para a formação científica contemporânea. Assim, o uso dessa tecnologia se mostra promissor tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior, ampliando as possibilidades de experimentação em ambientes escolares e fomentando a iniciação científica.

Cavalcante et al. (2011) reforçam que a utilização do Arduino em experimentos escolares amplia a compreensão dos fenômenos físicos e estimula o raciocínio investigativo, ao mesmo tempo em que aproxima o estudante das práticas científicas e tecnológicas reais. A impressão 3D, por sua vez, segundo Pires e Vinholi Júnior (2022), possibilita a criação de instrumentos e aparatos personalizados, fortalecendo a autonomia do professor e o protagonismo do aluno.

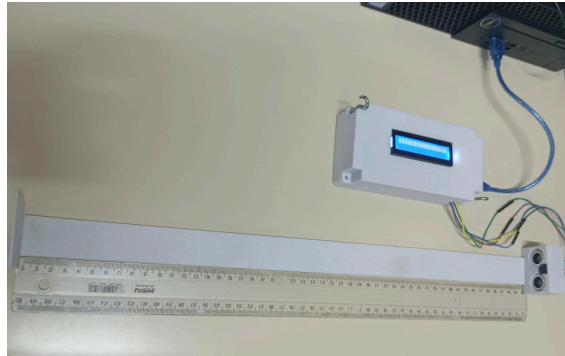
Aguiar e Yonezawa (2016) complementam que a construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D potencializa o aprendizado, especialmente quando associada ao uso de sensores eletrônicos e microcontroladores, pois permite o desenvolvimento de experimentos contextualizados e acessíveis à realidade das escolas públicas.

METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido em três etapas principais: construção do aparato experimental, programação do Arduino e a coleta dos dados .

Na primeira etapa, as peças de suporte e encaixe dos sensores foram projetadas em software tinkercad e confeccionadas por meio de uma impressora 3D, utilizando o material PLA, por ser de fácil manuseio e baixo custo. Na montagem, foi empregado o sensor ultrassônico HC-SR04, conectado ao Arduino Uno, para medir o tempo de ida e volta de um pulso sonoro refletido por uma superfície, como podemos observar na figura 1.

FIGURA 1. Experimento completo da medição da velocidade do som.



Fonte: Autor (2025.)

A segunda etapa consistiu na programação do Arduino utilizando a linguagem C++ no ambiente IDE, com um código simples capaz de calcular a distância percorrida pelo som e o tempo de propagação, determinando assim sua velocidade média no ar, como podemos observar na figura 2.

FIGURA 2. Código usado no arduino.

```
// Medida do som com HC-SR04 - pinos 2 e 3 - teste seguro
const uint8_t trig_pin = 2; // Trigger
const uint8_t echo_pin = 3; // Echo
uint32_t print_timer;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Comunicação Serial com o computador
  pinMode(trig_pin, OUTPUT);
  digitalWrite(trig_pin, LOW);
  pinMode(echo_pin, INPUT);

  Serial.println("HC-SR04 Teste Iniciado");
  Serial.println("Aproxime um objeto do sensor...");
}

void loop() {
  if (millis() - print_timer > 1000) { // Atualiza a cada 1 segundo
    print_timer = millis();

    // Envia pulso trigger de 10us
    digitalWrite(trig_pin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trig_pin, LOW);

    // Medida do tempo do pulso em HIGH (timeout 50ms)
    uint32_t pulse_time = pulseIn(echo_pin, HIGH, 50000);

    if (pulse_time == 0) {
      Serial.println("Sem eco detectado! Verifique: pinos, objeto ou alimentação.");
    } else {
      // Calcula distância em cm
      double distance = 0.01715 * pulse_time;

      // Mostra resultados no Serial Monitor
      Serial.print("Tempo do pulso: ");
      Serial.print(pulse_time);
      Serial.print(" us | Distância: ");
      Serial.print(distance);
      Serial.println(" cm");
    }
  }
}
```

Fonte: Autor (2025.)

Por fim, a terceira etapa envolveu a aplicação experimental coleta dos dados e compararam os resultados obtidos com o valor teórico da velocidade do som. Verificando as fontes de erro e a importância da calibração dos sensores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais de tempo e distância estão apresentados na Tabela 1. As distâncias indicadas correspondem à média de múltiplas medições realizadas para cada posição,

obtidas a partir do registro direto do sensor HC-SR04 armazenado pelo Arduino. A média foi utilizada para reduzir o efeito do ruído aleatório presente nas leituras.

TABELA 1. Tempo e distância medidos pelo arduino.

Medidas	Tempo(s)	Distância(m)
1	0,002918 s	0,5004 m
2	0,002453 s	0,4207 m
3	0,001983 s	0,3401 m
4	0,001534 s	0,2631 m
5	0,001074 s	0,1842 m

Fonte: Autor (2025.)

Com os dados coletados foram feitos os cálculos para medir a velocidade do som com a seguinte equação, $v = \frac{2D}{t}$. Em que, V – Velocidade do som (m/s); t – Tempo (s); D – distância (m).

O valor teórico da velocidade do som pode ser obtido, considerando a temperatura ambiente no momento da realização do experimento, com a seguinte expressão: $v = 331 + 0,6 \times T$, em que T é a temperatura do ambiente no momento da medição (em °C). Durante o experimento a temperatura ambiente aferida foi de 23°C, resultando em uma velocidade do som teórica de 344,1m/s. As medidas foram realizadas e mostradas na tabela 2.

TABELA 2. Medidas realizadas da velocidade do som.

Medidas	Valor Teórico (m/s)	Valor experimental (m/s)
1	344,8 m/s	342,9746 m/s
2	344,8 m/s	343,0086 m/s
3	344,8 m/s	343,0156 m/s
4	344,8 m/s	343,0248 m/s
5	344,8 m/s	343,0168 m/s
Média	344,8 m/s	343,0081 m/s

Fonte: Autor (2025.)

A seguir foi calculado a propagação de erros para $v = \frac{2D}{t}$.

A incerteza relativa pode ser calculada pela seguinte expressão: $\frac{\Delta v}{v} \approx \sqrt{\frac{D^2}{\Delta D} + \frac{t^2}{\Delta t}}$

Para a incerteza da distância (ΔD) assumimos o valor de $\pm 0,003$ m, valor compatível com a precisão prática do conjunto de montagem e do sensor ultrassônico, o erro típico informado em datasheets e testado experimentalmente varia entre 2 e 4 mm. Esse valor também engloba as limitações mecânicas da montagem experimental, garantindo coerência entre a precisão do instrumento. E para a incerteza do tempo (Δt) assumimos o valor de $\pm 1 \times 10^{-5}$ s, compatível com resolução de leitura do Arduino. Utilizando esses valores a incerteza da velocidade será $\Delta v_1 \approx \pm 2,37$ m/s.

Com esses resultados foi calculado o erro percentual com a equação a seguir:

$$e\% = \frac{v_{exp} - v_{teo}}{v_{teo}} \cdot 100\% = \frac{343,0081 - 344,8}{344,8} \approx 0,0052 = 0,52\%$$

A diferença observada $\approx 1,79$ m/s, com uma incerteza de 0,52%, indica que o sistema Arduino + HC-SR04 + peças 3D produz medições compatíveis com o valor teórico quando consideradas as limitações instrumentais. Para atividades didáticas, esse nível de precisão é satisfatório e demonstra a aplicabilidade do arranjo experimental em contextos escolares.

Estudos recentes (Almeida et al., 2021; Santos & Oliveira, 2023; Marín-Marín et al., 2024; Staribratov & Manolova, 2024) mostram que experimentos de baixo custo baseados em Arduino e impressão 3D têm elevado potencial para aprendizagem ativa e interdisciplinaridade, especialmente em disciplinas laboratoriais como Física.

O uso do Arduino permite a visualização em tempo real das medições e a compreensão das relações entre distância, tempo e velocidade. Conforme apontam Cavalcante et al. (2011), práticas experimentais desse tipo favorecem a curiosidade e o pensamento científico, pois permitem ao aluno formular hipóteses, testar previsões e analisar dados de forma investigativa e autonomia.

A integração com a impressão 3D deve possibilitar a personalização do experimento, permitindo que os suportes e encaixes dos sensores sejam adaptados conforme a necessidade de cada grupo ou ambiente escolar. Essa flexibilidade, conforme discutem Pires e Vinholi Júnior (2022), tende a fortalecer a autonomia docente e ampliar o repertório de recursos didáticos, tornando o processo de ensino mais dinâmico e inclusivo.

A proposta também se alinha à perspectiva maker e às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que incentivam o desenvolvimento de competências relacionadas à investigação científica, à criatividade e à resolução de problemas reais. O uso combinado do Arduino e da impressão 3D, portanto, apresenta-se como uma estratégia pedagógica promissora para tornar o ensino de Física mais atrativo, contextualizado e significativo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto proposto apresenta um grande potencial para demonstrar o uso de tecnologias abertas, como o Arduino, e da impressão 3D como ferramentas de democratização e inovação no ensino de Física. Espera-se que, ao ser aplicado, o experimento possibilite aos estudantes desenvolverem habilidades investigativas e analíticas, tornando-se protagonistas do processo de aprendizagem e aplicando conceitos teóricos em situações práticas e tecnológicas. Além de ser um material de baixo custo, o experimento apresentou um erro percentual muito baixo, de apenas 0,52%, demonstrando que a diferença entre o valor experimental e o teórico é mínima e validando a precisão do dispositivo desenvolvido.

A metodologia planejada destaca-se pela viabilidade de reprodução em diferentes contextos escolares, devido ao seu baixo custo e à facilidade de acesso aos materiais. Além disso, a proposta contribui para a formação docente ao incentivar o uso de abordagens experimentais mediadas por tecnologia.

Trabalhos futuros poderão aprofundar a análise dos resultados obtidos na implementação da atividade, dessa forma, pretende-se ampliar o campo de pesquisas voltadas à integração entre o ensino de Física e as tecnologias emergentes, fortalecendo o papel da experimentação como elemento central no processo educativo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal de São Paulo (IFSP) e à bolsa de fomento do CNPq, pelo incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P.; YONEZAWA, R. Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D. In: **IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia**. Ponta Grossa: UTFPR, 2016.

ALMEIDA, R. F.; SOUZA, C. M.; SILVA, J. P. Medindo a velocidade do som com Arduino: um experimento didático de baixo custo. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 4, p. 115–128, 2021.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. *Física com Arduino para iniciantes*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 4503, 2011.

MENEZES DE MAGALHÃES, Mônica G. et al. *Utilizando tecnologia computacional na análise quantitativa de movimentos: uma atividade para alunos do ensino médio*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 97-104, 2002.

MARÍN-MARÍN, J.-A.; GARCÍA-Tudela, P. A.; DUO-TERRÓN, P. Computational thinking and programming with Arduino in education: a systematic review for secondary education. **Heliyon**, v. 10, n. 8, e29177, 2024.

MARTINAZZO, Claodomir Antonio; TRENTIN, Débora Suelen; FERRARI, Douglas; PIAIA, Matheus Matiasso. Arduino: uma tecnologia no ensino de Física. *Perspectiva*, Erechim, v. 38, n. 143, p. 21–30, set. 2014.

PIRES, Mylena Iasmim Figueiredo; VINHOLI JÚNIOR, Airton José. *Impressão 3D e pesquisas em ciências da natureza: um olhar sobre a produção científica na área*. **Revista Brasileira de Educação em Ciências da Natureza**, v. 5, n. 1, p. 373–392, 2022.

SANTOS, L. F.; OLIVEIRA, P. R. Tecnologias maker e o ensino de Física: uma abordagem prática com Arduino e impressão 3D. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, p. 215–234, 2023.

STARIBRATOV, I.; MANOLOVA, N. 3D technologies in STEAM education. **Discover Education**, v. 3, art. 92, 2024.

VÍDEO: *Medindo a velocidade do som com o Arduino – Experimento didático*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IXDeIO=XJ4H8>. Acesso em: 11 out. 2025.