

## **Estudo da Queda dos Corpos com o Uso de Sensores e Placa Arduino no Ensino de Física**

VICTOR ALEX TEMOTEO GALANTE<sup>1</sup>, JOSÉ WALTER SOUZA SANTANA<sup>2</sup>, ALEX LINO<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Física, IFSP, Câmpus Caraguatatuba, victor.galante@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>1</sup> Graduando em Licenciatura em Física, IFSP, Câmpus Caraguatatuba, josewaltersouzasantana@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Educação Para a Ciência e o Ensino de Matemática pela Universidade Estadual de Maringá, Professor do IFSP, campus Caraguatatuba, alex.lino@ifsp.edu.br.

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

**RESUMO:** O estudo da queda dos corpos sempre despertou interesse por representar um dos fenômenos mais fundamentais da Física e por estar presente em diversas situações do cotidiano. Este trabalho tem como objetivo apresentar um experimento aplicado para estudantes do 1º ano do EM de uma escola estadual voltado à análise da queda livre, com foco na precisão da medição do tempo de queda. A proposta surgiu da dificuldade em obter resultados confiáveis utilizando cronômetros manuais, uma vez que o tempo de reação humana compromete a exatidão das medições. Para solucionar esse problema, foi desenvolvido um sistema eletrônico composto por LEDs, fotorreceptores e uma placa Arduino, capaz de registrar os intervalos de tempo na escala dos microssegundos. Os suportes foram modelados e impressos em uma impressora 3D. Durante a aplicação, buscou-se integrar aspectos históricos, relacionando o estudo clássico de Galileu Galilei às possibilidades oferecidas pelas tecnologias atuais. A atividade possibilitou aos estudantes observar de forma prática os conceitos de cinemática e compreender o comportamento uniforme da aceleração gravitacional. Além disso, o experimento demonstrou o potencial do uso de dispositivos acessíveis na realização de práticas experimentais precisas, tornando o aprendizado de Física mais interativo, contextualizado e estimulante para os alunos.

**PALAVRAS-CHAVE:** queda livre; arduino; ensino experimental; gravidade; impressão 3D.

### **Study of Falling Bodies Using Sensors and an Arduino Board in Physics Education**

**ABSTRACT:** The study of falling bodies has always sparked interest as it represents one of the most fundamental phenomena in Physics and is present in various everyday situations. This work aims to present an experiment applied to first-year high school students at a state school, focused on the analysis of free fall, with an emphasis on the precision of measuring fall time. The proposal arose from the difficulty in obtaining reliable results using manual stopwatches, as human reaction time compromises the accuracy of the measurements. To solve this problem, an electronic system was developed, consisting of LEDs, photoreceptors, and an Arduino board, capable of recording time intervals on the microsecond scale. The supports were modeled and printed on a 3D printer. During the application, we sought to integrate historical aspects, connecting the classic study of Galileo Galilei with the possibilities offered by current technologies. The activity allowed students to practically observe the concepts of kinematics and understand the uniform behavior of gravitational acceleration. Furthermore, the experiment demonstrated the potential of using accessible devices to conduct precise experimental practices, making the learning of Physics more interactive, contextualized, and stimulating for students.

**KEYWORDS:** free Fall; arduino; hands-on learning; gravity, 3D printing.

## INTRODUÇÃO

É sabido que a disciplina de Física é marcada pela percepção de dificuldade e segundo as pesquisas sobre Ensino de Física, esta prática se encontra em crise. A disciplina já chegou a contemplar 6 horas-aula semanais, enquanto hoje no ensino público são reservadas 2 horas-aula, além disso não existe obrigatoriedade sobre aulas laboratoriais ou estrutura mínima para comportar essa prática. O ensino de Física segue com foco de treinar alunos para provas da maneira mais tradicional possível, centrada no professor, resultando em uma forte indisposição por parte dos estudantes (Moureira, 2018).

Uma das alternativas para lidar com a situação atual é a prática de aulas baseadas em experimentação, onde o aluno possa interagir com o material e se ver como parte do processo. Utilizar a experimentação como um passo da investigação é necessário àqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, já que a formação do pensamento e as atitudes do sujeito se desenvolvem preferencialmente em atividades investigativas (Giordan, 1999).

A prática empírica funciona através do controle exercido sobre as variáveis dependentes do fenômeno, com o objetivo de ter precisão, segundo Giordan (1999, p.3) “O empírico avança para a compreensão do fenômeno à medida que abstrai os sentidos e se apóia em medidas instrumentais mais precisas, passíveis de reprodução extemporânea”. O presente trabalho se debruçou sobre a queda dos corpos e tinha como objetivo apresentar um experimento que pudesse estudá-la com precisão além da comportada pelos reflexos humanos, a partir de medições com sensores eletrônicos.

Dentro do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência) buscou-se utilizar da alternativa citada para engajar os alunos da Escola Estadual Avelino Ferreira, na cidade de Caraguatatuba, se adequando ao tema já acompanhado pela turma, foi decidido então estudar a queda livre dos corpos.

No estudo da queda livre, consideramos que os corpos estão sujeitos a uma aceleração constante da gravidade no valor de  $9,81 \text{ m/s}^2$  (Serway & Jewett Jr, 2014), assim as variáveis estudadas são o tempo e a altura da queda. Para realizar uma medida precisa de comprimento já existem diversas ferramentas disponíveis adequadas para resultados experimentais, além de não serem alteradas nas repetições do processo. Então, o foco foi direcionado em como realizar uma boa medida do tempo de queda. Realizando algumas previsões utilizando a Cinemática (Equação 1) é sabido que uma queda de dezenas de centímetros (uma queda acessível a qualquer estrutura de sala de aula) teria um valor que se encontra na casa das centenas de milissegundos, tendo conhecimento que a reação humana tem de 150 a 450 milissegundos chegamos a conclusão que não é possível realizar medidas precisas utilizando um cronômetro.

$$\Delta S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1)$$

Com o intuito de solucionar este problema, foi direcionado um método eletrônico de realizar essa medida, usando LEDs e fotorreceptores ligados a uma placa de arduino. O arduino possui um sistema de contagem interno que opera na ordem de grandeza dos microssegundos, podendo alcançar a precisão desejada.

O planejamento da aula como um todo buscou unir uma breve origem histórica da queda dos corpos estudada por Galileu (1564-1642) com um experimento que hoje é acessível pelos adventos da modernidade.

Sobre a história de Galileu, ao realizar experiências de queda com objetos de massas diferentes percebeu que a diferença de tempo era muito pequena, contrariando a lógica aristotélica (Alves, 2014), caso a massa influenciasse ele esperava uma relação clara, como um objeto 10 vezes maior que o outro cairia 10 vezes mais rápido, o que não foi encontrado. Porém, esse resultado o induziu a pensar na proporção entre o tempo e a distância da queda. Assim, ele encontrou em sua época a mesma proporção para uma variedade de corpos em queda livre, sua conclusão utilizou da análise da distância percorrida por um corpo em intervalos de tempos iguais e foi percebido que esta distância segue a proporção dos números ímpares, assim no primeiro intervalo de tempo é percorrido uma distância  $d$ , no segundo intervalo é percorrido  $3d$ , no próximo intervalo  $5d$  e assim sucessivamente.

É interessante reforçar que a conclusão citada não surgiu de imediato, é relatado por Galileu em uma carta enviada ao amigo Paulo Sarpi que primeiramente ele acreditava que a velocidade do móvel em queda livre cresceria proporcionalmente ao espaço percorrido, evidenciando a evolução da ciência e que ela não era um produto acabado mesmo para os considerados “gênios” (Monteiro, 2018). Essas particularidades foram divididas com os alunos.

Para realizar a marcação de tempo, Galileu utilizava os próprios batimentos cardíacos ou algum instrumento que gotejava água, para uma marcação de tempo próxima a regular. Por isso também que mesmo com todas essas conclusões Galileu apenas foi capaz de afirmar que gravidade agia nos corpos de maneira igual, independente da massa, no entanto não conseguiu mensurar o seu valor.

Atualmente, com o avanço tecnológico e a popularização de ferramentas digitais acessíveis, a utilização de plataformas como o Arduino e da impressão 3D tem se mostrado uma estratégia inovadora e eficiente no ensino de Física. O Arduino, por ser uma plataforma de prototipagem eletrônica de baixo custo e fácil programação, possibilita o desenvolvimento de experimentos que antes demandavam equipamentos caros e de difícil acesso. Isso permite que os estudantes compreendam, na prática, conceitos abstratos da Física, aproximando-os da experimentação científica e do pensamento investigativo (Evangelista et al., 2023).

Além disso, a impressão 3D tem se destacado como uma ferramenta didática de grande potencial, possibilitando a construção de instrumentos e aparatos experimentais adaptados às necessidades de cada atividade. Segundo Aguiar e Yonezawa (2014), a confecção de

instrumentos didáticos com impressoras 3D promove a autonomia docente e reduz custos, permitindo que o professor adapte o material de acordo com o conteúdo e com os objetivos pedagógicos.

No contexto educacional inclusivo, a impressão 3D também tem desempenhado um papel fundamental. Oledo, Santos e Rizzatti (2019) destacam que sua utilização na confecção de modelos táteis, como representações tridimensionais de moléculas, amplia o acesso de estudantes com deficiência visual ao aprendizado de conceitos científicos. Essa possibilidade de personalização e acessibilidade reforça o papel da tecnologia como mediadora do processo de ensino-aprendizagem, promovendo uma educação mais democrática e equitativa.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A estrutura do aparato experimental foi modelada através do software livre (web app) Tinkercad e impressa utilizando impressora 3D e em material PLA. Para controlar a parte eletrônica foi utilizado um Arduino uno devidamente programado para o fim do experimento.

Conectado ao Arduino estavam 4 fotorreceptores alinhados com 4 LEDs, devidamente espaçados na proporção da queda livre de Galileu, também estava conectada ao sistema uma tela de lcd capaz de transmitir duas linhas de informações, programada para exibir a coleta de dados realizada.

O Arduino possui um sistema de contagem próprio, a partir do momento que é acionado todos os LEDs são acesos. Enquanto o fotorreceptor recebe uma quantidade programada de intensidade de luz nenhum dado é registrado, quando o objeto cai e passa entre o fotorreceptor e o LED, ele bloqueia parte da luz e, com a redução da intensidade da luz abaixo do limiar previamente estabelecido, o Arduino registra essa marcação de tempo, esse processo se repete com os 3 receptores seguintes.

Ao final o processamento calcula os 3 intervalos de tempo, a partir dos 4 sensores e também o tempo total de queda, esses resultados são exibidos na tela de LCD e ao finalizar ele já aguarda automaticamente uma nova coleta. Cada grupo foi orientado a repetir esse processo cinco vezes, buscando assim consistência na coleta de dados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A aula começou com indagações direcionadas aos alunos sobre o que eles conheciam e presumiam sobre a queda dos corpos, a conversa seguiu com eles sendo questionados como esse estudo seria realizado na antiguidade sem os aparelhos modernos que eles conheciam. Em seguida foi apresentada a história de Galileu e como ele lidou com alguns dos problema citados e até onde ele conseguiu concluir com o que tinha disponível na época.

Seguindo, os alunos foram indicados a pensar em métodos modernos para coletar dados sobre a queda livre e no fim da primeira aula eles foram apresentados ao aparato experimental anteriormente citado e orientados a como realizar a coleta.

Na segunda aula os alunos foram separados em 6 grupos com cerca de 6 estudantes. Cada grupo recebeu um roteiro experimental que continha os passos necessários para a coleta de dados e 4 perguntas sobre a análise dos dados. O questionário tratava de conceitos de queda livre ligados à proporção de Galileu e finaliza com os alunos calculando a aceleração da gravidade através dos dados coletados.

Os grupos se revezaram para realizar a coleta de dados, existiu um problema recorrente com o tempo do primeiro intervalo, pois para garantir a precisão os alunos devem soltar o objeto o mais próximo possível do primeiro sensor, para que concorde com a premissa de velocidade inicial nula, qualquer centímetro acima imprimiria em uma velocidade inicial não nula e por consequência o intervalo de tempo medido seria menor que o esperado. Além disso, caso o objeto entrasse na região de leitura do sensor antes de ser solto a contagem era inflacionada pelo tempo de reação do aluno o que deslegitima a medida realizada, esse problema foi recorrente e para dar andamento a experiência alguns valores do primeiro intervalo tiveram que ser corrigidos manualmente.

Concomitantemente enquanto um pibidiano auxiliava na coleta de dados o outro circulava entre os grupos fornecendo orientações e atendendo às dúvidas dos alunos. Analisando os roteiros que foram entregues notou-se uma compreensão adequada da proporção de Galileu. Dos 6 grupos presentes, 5 deles calcularam um valor para a aceleração da gravidade, o valor que mais se distanciou teve erro de menos de 20% e a média dos grupos foi de 10,16 m/s<sup>2</sup>, chegando assim em um resultado satisfatório. Os resultados detalhados na Tabela 1 abaixo.

TABELA 1. Resultado da Gravidade experimental calculada por grupo, associado ao erro percentual segundo a literatura especializada.

Grupo	1	2	3	4	5
Gravidade experimental (m/s <sup>2</sup> )	9,92	8,61	10,56	10,02	11,71
Erro percentual (%)	11,2	12,2	7,6	2,1	19,4

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho partiu do objetivo de desenvolver e aplicar uma atividade experimental sobre queda livre utilizando aparato de baixo custo, porém mantendo a rigidez e precisão necessária para aplicação da ciência empírica, sensores conectados a um Arduino foram os recursos usados para superar a imprecisão da coleta manual. A proposta demonstrou-se ser eficaz para o Ensino de Física de estudantes do 1º ano do Ensino Médio, permitindo uma análise quantitativa do fenômeno.

A parte histórica fornecida enriqueceu a aula e ampliou os conceitos sobre como a ciência é construída aproximando o estudante do cientista. A dificuldade sobre a coleta do primeiro

intervalo de tempo evidencia a sensibilidade necessária para esse tipo de experimento e aproxima o aluno do rigor metodológico e da prática científica, tendo concretude nas suas consequências.

O resultado médio obtido pelos grupos de 10,16 m/s<sup>2</sup> valida a aplicação quantitativa da aula baseada em experimentação e o fato de 5 dos 6 grupos terem realizado todo o processo necessário para chegar a este valor evidenciam o engajamento gerado, demonstrando as vantagens do processo investigativo. É possível concluir que a proposta provou ser uma estratégia de grande potencial para dinamizar o ensino de Física, tornando-o mais interativo e fomentando o desenvolvimento do pensamento científico.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Caraguatatuba (IFSP) pelo apoio à realização deste trabalho, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) pelo incentivo à pesquisa e desenvolvimento de práticas inovadoras no ensino de Física e à CAPES pelo fomento da bolsa.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. A. DOS S. GALILEU E SUAS OBSERVAÇÕES: uma temática para o ensino médio. **Congresso Nacional de Educação**, 2021.

AGUIAR, Leonardo de Conti Dias; YONEZAWA, Wilson Massashiro. Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D. In: **IV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**, 4., 2014, Ponta Grossa. *Anais*. Ponta Grossa: Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, 2014. p. 1–12.

EVANGELISTA, Fábio Lombardo *et al.* De aluno para aluno: o ensino de Física, Arduino e impressão 3D. **Experiências em Ensino de Ciências**, Concórdia, v. 18, ed. 1, p. 319–334, 2023. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1121/978>. Acesso em: 11 out. 2025.

MONTEIRO, M. A. A. et al. Estudo da queda livre em aulas de Física do Ensino Médio a partir de um marcador de tempo e da História da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1004–1019, 18 dez. 2018.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 73–80, dez. 2018.

OLEDO, Katharine Coimbra; SANTOS, Beatriz Madeira dos; RIZZATTI, Ivanise Maria. O uso da impressora 3D na construção de geometrias moleculares como uma proposta didática no ensino de Química, adaptado para pessoas com deficiência visual. In: **VI CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO**, 6., 2019, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Conedu, 2019. p. 1–10. Disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO\\_EV127\\_MD1\\_SA19\\_ID13308\\_26092019150831.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA19_ID13308_26092019150831.pdf). Acesso em: 11 out. 2025.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. **PRINCÍPIOS DE FÍSICA - MECÂNICA CLÁSSICA E RELATIVIDADE**. 5a ED. [s.l.] CENGAGE, 2014. v. 1.