

## O ENSINO DE FÍSICA E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM KIT EXPERIMENTAL COM ARDUINO PARA O ENSINO DE QUEDA LIVRE

*Physics teaching and meaningful learning: an experimental kit with Arduino for free fall teaching*

**Weimar Silva Castilho** [weimar@ifto.edu.br]

**Denise Lima Oliveira** [deniselo@ifto.edu.br]

**Marco Vinicius Gomes Dutra** [marcogdutra@gmail.com]

*Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Tocantins (IFTO).*

*Quadra AE 310 Sul Avenida NS 10 S/N - Plano Diretor Sul, Palmas - TO, 77021-090 Palmas – TO.*

*Recebido em: 10/03/2020*

*Aceito em: 15/09/2020*

### Resumo

O presente trabalho analisa uma atividade experimental comparativa entre dois aparatos experimentais de queda livre, desenvolvida durante as aulas de Física em uma turma de primeira série do ensino médio. O objetivo da aplicação dessa metodologia foi o apresentar um material de apoio de fácil reprodução para os professores que trabalham com essa disciplina no ensino médio, bem como promover uma aprendizagem mais ativa e significativa para os estudantes, incentivando a aprendizagem a partir de resolução de problemas, amparados por recursos tecnológicos da robótica. No momento da atividade experimental foram feitas algumas considerações relativas ao cálculo da gravidade local. Na sequência, apresentaram-se os roteiros experimentais para a obtenção dos dados. Para realizar a atividade, dividiram-se os estudantes em dois grupos: o primeiro grupo realizou a atividade com equipamento comercial, o segundo grupo utilizou o aparato experimental com o Arduino; logo depois os grupos foram invertidos. Os resultados obtidos possibilitaram a percepção de que a realização de atividades experimentais com foco na aprendizagem ativa dos alunos propiciou a compreensão dos conceitos abordados durante a prática; outrossim, demonstrou as vantagens do uso do Arduino na realização do experimento, o baixo custo na aquisição dos componentes e a precisão dos resultados, equivalente aos equipamentos produzidos comercialmente para os laboratórios didáticos de Física.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, kit experimental, Arduino, aprendizagem significativa.

### Abstract

The present work is a comparative experimental activity between two experimental freefall devices. The objective was to present easy-to-reproduce support material for first-year high school teachers. At the moment of the experimental activity, some considerations were made regarding the local gravity calculation and then presented the experimental scripts to obtain the data. To perform the activity, the students were divided in two groups: the first group performed the activity with commercial equipment, the second group used the experimental apparatus with Arduino, and soon after the groups were inverted. The results show the advantages of using Arduino in the experiment, such as low cost in the acquisition of components and precision of the results, equivalent to the equipment commercially produced for the didactic Physics laboratories.

**Keywords:** Arduino, free fall, Physics Education.

## Introdução

O processo de construção da ciência moderna, iniciado no século XVII, envolveu aspectos diretamente relacionados com as formas de interpretação do mundo real e, principalmente, com a compreensão dos mecanismos que regulam essa realidade.

As novas descobertas científicas, resultado de pesquisas desenvolvidas nas áreas das ciências exatas nos séculos XIX e XX, influenciaram o modo de vida da sociedade contemporânea, fazendo com que cada vez mais pessoas buscassem inovações e soluções tecnológicas, exigindo da comunidade científica criatividade e investimentos em pesquisas para atender a essas demandas.

Todas essas mudanças tecnológicas produziram reflexos no campo educacional, exigindo dos professores novas estratégias de ensino e novas competências e habilidades para lidar com esse contexto. Nesse sentido, as atividades experimentais, aliadas às novas tecnologias educacionais, podem proporcionar abordagens de situações práticas que facilitam a compreensão dos fenômenos naturais e de conceitos científicos, além de despertar a curiosidade dos estudantes, estimular a investigação, o gosto pela pesquisa e a associação da teoria com a prática.

Entretanto, raras são as vezes, na realização das atividades experimentais com finalidades didáticas, em que os estudantes questionam a validade dos argumentos apresentados ou a forma como a ciência é trabalhada em sala de aula. Isso torna imperativa uma reflexão constante sobre como ensinar ciências naturais nas escolas de educação básica.

O surgimento da sociedade tecnológica, marcado pelo progresso da microeletrônica, proporcionou avanços nas tecnologias digitais da informação e comunicação. Esses progressos, por sua vez, geraram soluções em diversas áreas como a medicina, a indústria, a agricultura, os meios de comunicação e de transporte e vários outros setores (KENSKI, 2012).

Contudo, no campo da educação, a inserção das tecnologias no ensino ainda é um desafio a ser superado, sobretudo por aqueles que atuam em escolas públicas, devido a algumas variáveis implicadas em sua efetividade: a falta de aparatos tecnológicos (*hardware* e *software*) adequados ao ensino dos conteúdos e à realização de aulas práticas; o desconhecimento do potencial pedagógico dos Recursos Educacionais Digitais (RED) para proporcionar uma aprendizagem mais ativa e significativa aos estudantes; a escassez de cursos de formação continuada dos professores com foco em metodologias de ensino que alinhem o protagonismo juvenil e o uso pedagógico das tecnologias, como mecanismo para promoção da cultura digital nas escolas; a falta de condições objetivas de trabalho dos professores, dada a precarização do trabalho docente, que se torna um impasse para a indissociabilidade entre teoria e prática e entre educação e tecnologias, vista a complexidade que envolve tais relações (CARVALHO, 2013; KENSKI, 2012; 2013).

O uso das tecnologias no processo de ensino tem alterado a dinâmica escolar, e vem sendo percebido por estudiosos do campo como possibilidade para a democratização do acesso à informação e ao conhecimento; como forma de integração e cooperação entre as diferentes áreas de conhecimento; e como estratégia para incentivar o protagonismo dos jovens em relação ao seu próprio percurso formativo (BACICH, 2018; MORAN, 2018).

Assim, considerando que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 1996, p. 52), esse cenário pressupõe novas formas de sociabilidade e de cooperação mútua entre professores e estudantes e dos alunos entre si, o que implica uma pedagogia que se constitua pela indissociabilidade entre teoria e prática (KENSKI, 2003) e que esteja comprometida com a qualidade da escolarização e da formação das novas gerações em prol da construção de um mundo economicamente viável, socialmente justo, ecologicamente correto e culturalmente diverso<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> O termo conhecido como “tripé da sustentabilidade” é uma expressão cunhada por John Elkington em 1997, com a intenção de disseminar novas condutas para o mundo empresarial, alertando para o fato de que as empresas não deveriam considerar apenas a obtenção de lucros, mas também atentar para aspectos mais globais em relação aos impactos produzidos no meio ambiente e no desenvolvimento social. Com o passar dos anos, outros estudiosos expandiram esse alerta para outras dimensões que deveriam ser incorporadas ao princípio da sustentabilidade, conforme salientado por Froehlich (2014).

Desse modo, entende-se que a compreensão dos pressupostos das ciências naturais, a partir de atividades experimentais em sala de aula, aliadas às tecnologias, constitui uma proposta de ensino metodologicamente significativa, pois reivindica mudanças de atitude tanto do estudante quanto do professor: o estudante deixa de ser um espectador passivo das aulas, antes predominantemente expositivas, e passa a agir, questionar e a compreender as relações entre os conceitos e a prática (MORAN, 2018).

Araújo e Abib (2003) reforçam que o professor como mediador do processo educativo deve ser capacitado para o uso das novas tecnologias de modo fundamentado, consciente e responsável, já que sua inserção nas escolas, por si só, não garantirá a melhoria na qualidade do ensino. Além de conhecer as especificidades e funcionalidades de *hardwares*, *softwares* e outros RED disponíveis, é preciso que o professor faça a adequação dos recursos tecnológicos — sejam eles produzidos com materiais de baixo custo (sucata) ou com recursos mais sofisticados e “materiais de ponta” — aos projetos de ensino desenvolvidos na escola, uma vez que não se trata apenas do ensino de conteúdos isoladamente, mas também da formação dos jovens para o exercício da cidadania (MOREIRA e MASSONI, 2016).

Nessa ótica, dentre os diversos papéis do professor em sala de aula destaca-se o desenvolvimento de projetos educacionais inovadores capazes de estimular a curiosidade e a criatividade dos estudantes a partir da resolução de problemas que façam sentido para eles. Assim, a construção do conhecimento se dará sob a mediação das interações sociais no ambiente da sala de aula a partir da busca por soluções das situações-problema apresentadas aos estudantes de maneira colaborativa e significativa (MOREIRA e MASSONI, 2016; ANDRADE e SARTORI, 2018).

Moreira (2010) esclarece que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos. Isto é, os novos conhecimentos só adquirem significado para o aprendiz quando há uma relação de importância entre aquilo que o sujeito já conhece e já se encontra estabilizado em sua estrutura cognitiva e o novo conhecimento que está sendo produzido. Essa relação é o que possibilita o enriquecimento e a ampliação do repertório cognitivo do sujeito e é o que dá dinâmica ao processo de aprendizagem.

Assim sendo, as atividades experimentais são estratégias de ensino essenciais para os processos de ensino e de aprendizagem, pois possibilitam a vivência e a solução de situações-problema a partir da mobilização dos conhecimentos previamente assimilados, capazes de favorecer a transposição didática do conteúdo escolar para o cotidiano do estudante e de promover o desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes, preconizadas pelas políticas educacionais do país.

Para Novak (1981), quando os professores proporcionam aos estudantes a possibilidade de realizar atividades experimentais, cooperam mutuamente para uma aprendizagem mais significativa. As atividades experimentais nas aulas de Física têm o objetivo de demonstrar uma teoria, já estudada ou ainda em estudo. Em geral, podem ser realizadas em sala de aula, sem a necessidade de espaços próprios, a partir de situações-problema que devem ser solucionadas pelos estudantes de forma colaborativa, dialógica e reflexiva, contando com a mediação do professor (BORRAJO, 2018; CARVALHO, 2013).

Ademais, quando é possível integrar o recurso computacional às tecnologias escolhidas para a realização das atividades experimentais, abre-se um leque de possibilidades didáticas para explorar os dados coletados, devido à precisão e à rapidez de sua obtenção através do tratamento estatístico e da representação gráfica dessas informações.

As primeiras iniciativas de inserção do uso do computador como ferramenta de ensino remontam à linguagem de programação LOGO, desenvolvida na década de 1970 no Massachusetts Institute of Technology (MIT) pelo matemático Seymour Papert. O objetivo era criar ambientes educacionais para crianças de mais de seis anos, introduzindo conceitos básicos de programação que propiciassem ao estudante formas de explorar o seu potencial intelectual e o desenvolvimento de seu raciocínio lógico e o estimulassem à construção do próprio conhecimento, potencializado pela aprendizagem ativa (PAPERT, 1985; 1994).

Em 1978, o físico norte-americano Alfred Bork afirmou na conferência “Aprendizagem Interativa”, patrocinada pela American Association of Physics Teachers, que no ano 2000 a aprendizagem em quaisquer níveis teria interação computacional (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003). Entretanto, passados mais de 40 anos da introdução dos computadores nas escolas com intenção pedagógica, nota-se que ainda há muito a fazer para a integração das tecnologias no contexto das salas de aula.

O computador precisa tornar-se um instrumento integrado aos processos de ensino e de aprendizagem assim como está integrado à nossa vida diária. No intuito de diversificar os métodos de ensino com vistas a reduzir o insucesso escolar, o uso do computador tornou-se um aliado no ensino da Física. Dentre as principais possibilidades de sua utilização destacam-se as simulações, a aquisição automática de dados e o processamento desses dados na forma algébrica e/ou gráfica (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003).

O avanço no desenvolvimento das ferramentas computacionais tem viabilizado o contato dos estudantes com os sistemas de aquisição automatizados. Assim, a inserção de sistemas computacionais que demandam pouco investimento financeiro torna-se uma saída viável para que as aulas de Física sejam mais dinâmicas, criativas e significativas.

Existem inúmeras formas de utilizar o computador para favorecer o ensino de Física, e uma delas é a plataforma Arduino, que pode ser adotada como aparato tecnológico na apresentação e na elucidação de conceitos e na realização de atividades experimentais. Outrossim, a facilidade de acompanhar as leituras das grandezas físicas, mensuradas no experimento pelo computador ou *smartphone*, apresenta um caminho promissor na integração das novas tecnologias ao ensino de Física.

A utilização das tecnologias, em particular o Arduino, permite a leitura simultânea de diversos sensores digitais e/ou analógicos, apresentando-se como um importante instrumento para o ensino e a pesquisa, principalmente para instituições com modesta infraestrutura laboratorial. Com poucos recursos financeiros, na comparação com os “kits” comercializados para o desenvolvimento de experimentos em Física, o uso do *notebook* aliado à plataforma Arduino e a mais alguns componentes eletrônicos transforma-se em possibilidade para a elaboração de diversas atividades experimentais qualitativas e quantitativas, que promovem a interação entre os estudantes e sua participação ativa na construção do próprio conhecimento. Diversos trabalhos com o Arduino para a aquisição de dados com precisão demonstraram que a plataforma contribui significativamente para transformar as atividades experimentais de Física em situações de investigação científica (ARAUJO e VEIT, 2011; HAAG, ARAUJO e VEIT, 2005; HUNT e DINGLEY, 2002).

Souza *et al.* (2011) apresentaram um aparato experimental com uma placa Arduino como alternativa para a aquisição de dados associada a um computador. Os autores exemplificam as potencialidades dessa placa para o ensino de Física com duas aplicações didáticas: um sistema com oscilador amortecido e a transferência radioativa de calor.

Rocha, Maranghello e Lucchese (2014) desenvolveram um projeto denominado acelerômetro eletrônico, destinado a atividades experimentais de Física. Esse dispositivo foi acoplado a um objeto móvel e permitiu a leitura da aceleração do conjunto. O acelerômetro estava conectado eletronicamente a uma placa Arduino que registrava as informações coletadas. Os dados foram disponibilizados através de tabelas e gráficos em tempo real. O experimento demonstrou que o uso do acelerômetro pode ser utilizado em diversas atividades experimentais de Física, principalmente no estudo de cinemática.

Martinazzo *et al.* (2014) apresentam um aparato experimental utilizando o Arduino como plataforma para a aquisição de dados em duas atividades experimentais: Movimento Harmônico Simples (MHS) e Movimento Uniformemente Variado (MUV) em uma rampa inclinada. Com o experimento, concluíram que o Arduino é versátil e possibilita o desenvolvimento de experimentos didáticos, facilitando o processo de aprendizagem dos conceitos da Física e demonstrando a viabilidade de associar a Física experimental a um RED moderno, de baixo custo e alta acessibilidade.

Vazzi (2017) investigou a utilização das metodologias ativas como instrumento para o ensino de Física a partir do uso de um “Kit Robótico” desenvolvido com a plataforma Arduino. As

atividades foram estruturadas a partir da metodologia ativa de “Aprendizagem Baseada em Problemas”, focalizando a temática “Movimento”, dentro do currículo de Física da 1ª série do ensino médio. O autor conclui que os recursos e as metodologias adotadas podem auxiliar o professor e contribuir com os processos de ensino e aprendizagem. Entretanto, concluiu também que apenas a inserção de componentes tecnológicos nas aulas não basta, é preciso incentivar e envolver os estudantes na identificação, na problematização e na resolução da situação-problema apresentada.

Mourão (2018) apresentou a análise e a descrição de um produto educacional cuja proposta foi sustentada na automação das práticas experimentais, especialmente na aquisição de dados por meio de sensores e atuadores e da interface de prototipagem com Arduino, abrangendo assuntos de Física relacionados a cinemática, dinâmica, termometria, hidrostática e eletricidade, com o intuito de tornar o ambiente escolar mais contextualizado e atrativo para os estudantes.

Após uma breve revisão da literatura sobre aplicações do Arduino no ensino de Física, percebemos que a maioria dos trabalhos está concentrada em projetos relacionados à robótica educacional. Nosso questionamento fundamenta-se na necessidade de usar o Arduino para a união da teoria com a prática no ensino de Física, pois o uso das novas tecnologias tende a despertar o interesse do estudante e a se tornar um elemento motivador para as aulas de Física.

Outrossim, destaca-se ainda que atividades dessa natureza que promovem o desenvolvimento de experimentos práticos em sala de aula, ancorados por recursos tecnológicos, e o estímulo ao protagonismo juvenil convergem para o que preconiza a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que define o conjunto de aprendizagens essenciais e as competências gerais que deverão ser desenvolvidas pelos alunos após a conclusão da educação básica (BRASIL, 2016).

Entre as dez competências gerais definidas pela BNCC para serem desenvolvidas da educação infantil ao ensino médio, estão: conhecimento; pensamento científico, crítico e criativo; repertório cultural; comunicação; cultura digital; trabalho e projeto de vida; argumentação; autoconhecimento e autocuidado; empatia e cooperação; e responsabilidade e cidadania (BRASIL, 2016). A descrição de cada uma dessas competências, por sua vez, revela que a tecnologia permeia todas elas, seja como uma área da linguagem a ser apropriada por professores e alunos, seja como recurso pedagógico para acessar e criar novos conhecimentos, produtos ou processos.

Neste trabalho, a utilização do Arduino se justifica como recurso tecnológico didático para a aquisição de dados nas atividades experimentais de Física, auxiliando nos processos de ensino e de aprendizagem, de forma a melhorar a obtenção dos dados no experimento de queda livre. Para tanto, desenvolvemos um aparato experimental capaz de determinar o tempo de queda de objetos abandonados e, com esse parâmetro, calcular o valor da aceleração da gravidade local. O objetivo é apresentar um aparato experimental de queda livre para coleta de dados, implementado através da plataforma de *hardware* livre Arduino e comparar os resultados do equipamento comercial com o aparato experimental elaborado pelos autores.

Portanto, entendemos que a elaboração e o desenvolvimento dessa atividade experimental proporcionaram o desenvolvimento das competências de construção do conhecimento, a partir da valorização e da utilização dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico e digital para entender e explicar a realidade; o desenvolvimento do pensamento científico, crítico e criativo, ao permitir exercitar a curiosidade, a investigação, a reflexão e a análise crítica intelectual, à luz dos conhecimentos científicos, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas; e a difusão da cultura digital, tendo em vista a utilização de RED de forma crítica, significativa, reflexiva e ética para resolver problemas e produzir conhecimentos, conforme preconizado pela BNCC (BRASIL, 2016).

## **Materiais e método**

O cientista italiano renascentista Galileu Galilei (1564-1642) dedicou-se aos estudos sobre os movimentos dos corpos (RESNICK, HALLIDAY e WALKER, 2013; YOUNG e FREEDMAN, 2008). O movimento dos corpos em queda livre passou a ser estudado com maior precisão desde a

publicação de seu último livro, intitulado *Diálogo Sobre Duas Novas Ciências* (RESNICK *et al.*, 2013).

Na maioria dos casos, os estudos da queda dos corpos desprezam os efeitos da resistência do ar, independentemente de suas formas e dos respectivos pesos. Considerando que os objetos são abandonados de alturas menores que o raio da Terra, a aceleração pode ser considerada constante, ou seja, a velocidade do objeto varia linearmente com o tempo, e o seu módulo é designado por  $g$ .

As abordagens do cálculo de queda livre são apresentadas nos livros de Física fundamental que tratam dos conceitos de mecânica clássica (RESNICK *et al.*, 2013; YOUNG e FREEDMAN, 2008). Para medir a aceleração da gravidade basta deixar cair verticalmente um objeto a partir de uma posição pré-determinada e medir a duração do tempo de queda. Como a velocidade inicial é nula, temos:

$$g = \frac{2y}{t^2} \quad (1)$$

A Eq. (1) geralmente é apresentada na primeira série do ensino médio: o  $t$  na equação representa a duração da queda do objeto e  $y$  a altura da qual o objeto foi abandonado. A dificuldade para calcular  $g$  reside na rapidez com que a queda livre ocorre. Para tanto, são necessários instrumentos de medida precisos.

Com a finalidade de comparar os valores da aceleração da gravidade obtidos experimentalmente, usaremos a Eq. (2), proposta por Lopes (2009), para o cálculo teórico da aceleração da gravidade ( $g_r$ ), dependente da latitude e da altitude. Neste estudo, utilizamos as coordenadas da cidade de Palmas (TO).

$$g_{\lambda,z} = \frac{g_p}{1 + \frac{\beta}{2}} (1 + \beta \text{sen}^2 \lambda) \left(1 - \frac{2z}{R}\right) \quad (2)$$

Na Eq. (2),  $\lambda$  representa a latitude medida em graus e  $z$  a altitude em metros em relação ao nível médio do mar. As demais constantes são:

$R = 6,371 \times 10^6$  m (o raio da Terra);

$g_p = 9,8062$  m/s<sup>2</sup> (a aceleração da gravidade padrão, ao nível do mar e na latitude  $\lambda = 45^\circ$ );

$\beta = 5,30 \times 10^{-3}$  (o fator numérico que leva em conta a rotação terrestre em torno de seu eixo);

$\lambda = 10^\circ 12' 46''$ ;

$z = 260$  m

A partir desses parâmetros, obtém-se o valor do  $g_r$  teórico de Palmas (TO):  $g_r = 9,85$  m/s<sup>2</sup>.

Para a realização do experimento, foram utilizados dois equipamentos: o primeiro aparato experimental foi desenvolvido por uma empresa comercial que desenvolve equipamentos para uso em laboratórios didáticos, que chamaremos de “experimento *Alfa*”, constituído por uma torre de metal com sistema de encaixe para os sensores, régua milimetrada, tripé de ferro, esferas de aço e um cronômetro acoplado. O segundo é um aparato experimental desenvolvido pelos pesquisadores, utilizando o *software* Arduino 1.8.10, disponibilizado gratuitamente<sup>2</sup>, que chamaremos de “experimento *Beta*”. Na Tabela 1 listamos os itens utilizados.

<sup>2</sup> Cf. <https://www.arduino.cc/en/main/software>

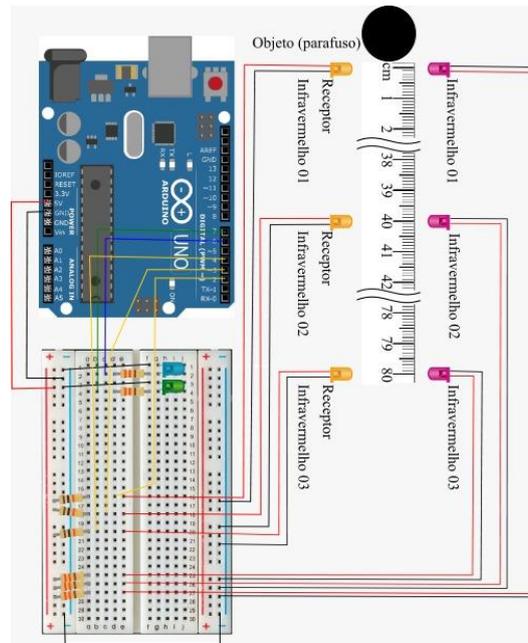
**Tabela 1:** Itens envolvidos na montagem experimental do experimento *Beta*

| N° | Itens                             | Quantidade |
|----|-----------------------------------|------------|
| 1  | Resistores 330 $\Omega$           | 5          |
| 2  | Resistores 10 k $\Omega$          | 3          |
| 3  | LED verde                         | 1          |
| 4  | LED azul                          | 1          |
| 5  | LEDs infravermelhos               | 3          |
| 6  | Receptores infravermelhos         | 3          |
| 7  | Protoboard                        | 1          |
| 8  | Cabo de vassoura                  | 1          |
| 9  | Pinos p2                          | 6          |
| 10 | Conectores p2                     | 6          |
| 11 | Ferro de solda                    | 1          |
| 12 | Fios finos para pequenas conexões | 1          |
| 13 | Estilete                          | 1          |
| 14 | Placa Arduino Uno                 | 1          |
| 15 | Computador ou Smartphone          | 1          |
| 16 | Parafuso 10 x 80 cm               | 1          |
| 17 | Fita isolante                     | 1          |

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020).

Na montagem do aparato experimental *Beta*, fixaram-se ao longo da haste de madeira três forquilhas metálicas com espaçamentos preestabelecidos entre si, contendo sensores infravermelhos digitais com capacidade de registrar a passagem de objetos. O nível de referência tomado como origem da trajetória do objeto foi fixado próximo ao sensor, considerando que, no início da contagem de tempo, o objeto passa pelo sensor com velocidade praticamente nula.

O esquema de sensoriamento utilizado no aparato experimental *Beta* consistiu na instalação de três pares emissor-sensor infravermelho nas extremidades das forquilhas, como representado na Figura 1. Quando o objeto passa pelo par emissor-sensor, o fluxo luminoso é interrompido. Nesse instante, o microcontrolador Arduino inicia a contagem do tempo ao passar pelo segundo par emissor-sensor óptico; ele registra o tempo, porém não para a contagem, visto que tem como finalidade conferir se o objeto está caindo e melhorar a precisão. Quando o objeto passa pelo terceiro par emissor-sensor óptico, o Arduino registra o tempo total de queda. Para realizar a atividade experimental, não se levou em consideração a dimensão do objeto abandonado em queda livre. Após a coleta de dados (tempo), cálculos foram realizados para obter o valor da aceleração da gravidade local, utilizando a Eq. (1).

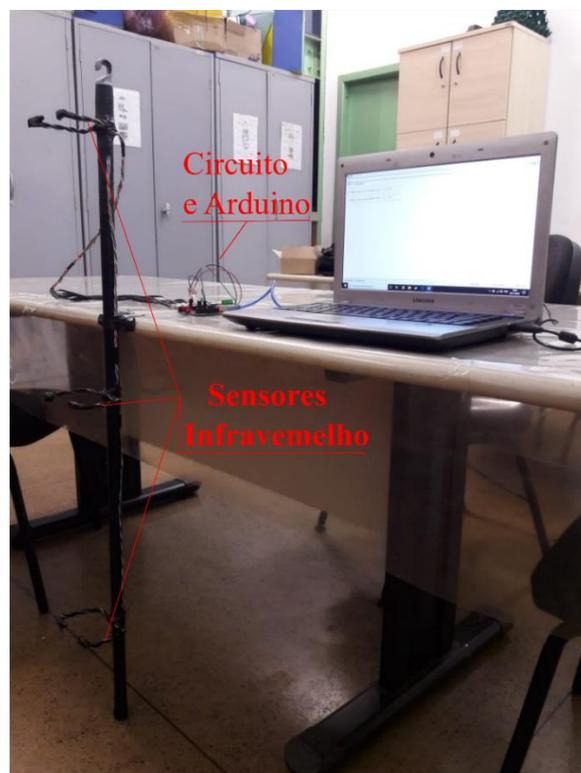


**Figura 1** - Diagrama dos componentes de sensoriamento.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A vantagem dessa abordagem é a independência do resultado final em relação ao valor da altura do objeto abandonado. Neste caso, o coeficiente angular permanece inalterado e, dessa forma, quando os estudantes realizam a coleta de dados, não importa a posição vertical exata do objeto abandonado, desde que seja próxima do sensor.

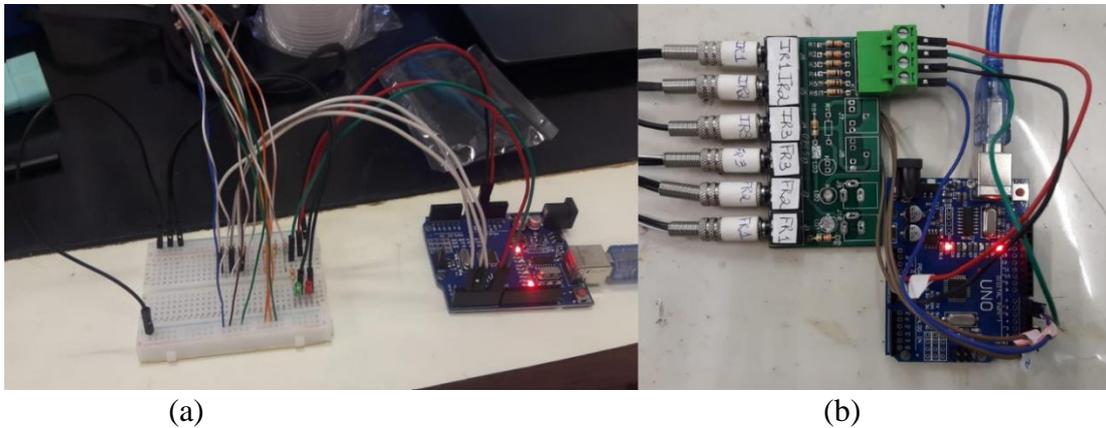
A Figura 2 ilustra o aparato experimental *Beta* detalhadamente: o circuito, a placa Arduino e a haste onde estão fixados os sensores, além do computador que registra os dados coletados.



**Figura 2** - Aparato experimental *Beta*.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A Figura 3 (a) ilustra a configuração eletrônica detalhada do *demum protoboard*, usando o esquema de montagem conforme o diagrama da Figura 1. A Figura 3 (b) ilustra o circuito adaptado em uma placa e com os conectores P2 para facilitar a montagem e desmontagem do aparato experimental.



(a) (b)  
**Figuras 3 (a) e 3 (b) - Circuito do aparato experimental Beta.**  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020).

A distribuição das forquilhas com os pares emissor-sensor infravermelho que forneceram o sinal para o Arduino determina o tempo de queda do objeto, conforme ilustrado na Figura 4. A haste de fixação dos sensores é composta por uma estrutura cilíndrica de madeira que fica presa paralelamente por um suporte em uma mesa. A haste foi nivelada para que o objeto tivesse uma queda livre na vertical, evitando desvios na diagonal da trajetória. Por essa razão, escolheu-se um objeto no formato de parafuso, coberto por uma fita de cor preta.



**Figura 4 - Forquilhas com pares emissores-sensores infravermelho.**  
**Fonte:** Elaborado pelos autores (2020).

A distância que separa os sensores é de 4,0 cm e o objeto foi abandonado verticalmente no ponto equidistante dos sensores. As dimensões do objeto abandonado eram de 10 mm de diâmetro e 80,0 mm de comprimento.

A atividade experimental foi desenvolvida com uma turma de 30 estudantes da 1ª série do ensino médio de uma escola particular de Palmas, com faixa etária de 15 a 17 anos.

Com o intuito de otimizar o tempo e não atrapalhar o desenvolvimento dos demais conteúdos, no momento da realização do experimento os estudantes foram divididos em dois grupos: metade foi para o laboratório realizar o experimento enquanto os demais ficaram em sala de aula seguindo o conteúdo programado e resolvendo exercícios. Após 50 minutos de atividades, os grupos foram invertidos.

No laboratório, o grupo de estudantes dividiu-se novamente em dois grupos para a realização da atividade experimental, que se constituiu em duas etapas: um grupo obteve as medidas com o aparato experimental *Alfa* e o outro grupo obteve as medidas com o aparato experimental *Beta*. Após 25 minutos de atividades, os grupos do laboratório também foram invertidos. Dessa forma, todos os estudantes coletaram dados nos dois aparatos experimentais.

Os dois experimentos tinham a mesma finalidade, calcular a gravidade local usando o tempo de queda livre de um objeto. No experimento *Alfa*, os estudantes fizeram a coleta de dados para duas alturas distintas, 20 cm e 50 cm; já no experimento *Beta*, a altura da queda era fixada em 80 cm, os estudantes coletaram 3 medidas de tempo de queda, em cada aparato experimental (*Alfa* e *Beta*) e em seguida calcularam as médias com fins de reduzir os erros experimentais.

## Resultados e Discussão

O Quadro 1 apresenta a variação de espaço de queda do objeto, representada por  $\Delta y$ , com variações de 20 cm, 50 cm e 80 cm. A variável  $t_m$  representa o tempo médio de queda livre. Essas medidas foram obtidas pelos estudantes. O Erro (%) é a comparação do  $g$  local medido pelos estudantes com o  $g_t$  teórico de Palmas, obtido pela Eq. (2).

**Quadro 1** – Dados coletados pelos estudantes.

| $\Delta y$ (cm)                             | $\Delta y$ (m) | $t_m$ (s) | $g$ (m/s <sup>2</sup> ) | Erro (%) |
|---|----------------|-----------|-------------------------|----------|
| 20  | 0,2            | 0,207     | 9,34                    | 4,56     |
| 50  | 0,5            | 0,326     | 9,41                    | 3,80     |
| 80  | 0,8            | 0,403     | 9,85                    | 0,72     |
| $g_t$ (m/s <sup>2</sup> ) teórico de Palmas |                |           | 9,85                    |          |

**Fonte:** elaborado pelos autores (2020).

Após a realização da atividade experimental *Beta*, o valor obtido para a aceleração gravitacional local foi de  $9,85 \pm 0,72$  m/s<sup>2</sup>. O valor do desvio padrão indica que esse aparato experimental apresenta precisão na obtenção dos dados.

Os resultados apresentados no Quadro 1 estão de acordo com a previsão teórica de Souza e Santos (2010), do Observatório Nacional, e de Cordova e Tort (2016). Com o experimento *Beta* obtiveram-se resultados com menor Erro (0,72%). Observamos que as atividades experimentais que utilizam o Arduino possibilitam a coleta de dados com boa qualidade, o que nos leva a inferir que, didaticamente, o Arduino pode ser utilizado nas aulas experimentais de Física para favorecer a aprendizagem significativa dos estudantes.

O aparato experimental *Beta* pode ser abordado de forma mais rigorosa, com enfoque mais profundo na parte teórica. No entanto, do ponto de vista da proposta didática deste trabalho, os resultados da atividade experimental foram satisfatórios, pois a prática permitiu que os estudantes compreendessem a teoria de queda dos corpos.

Esperávamos que o valor da aceleração gravitacional obtidos pelos aparatos experimentais *Alfa* e *Beta* fossem o mais próximo do valor teórico. Porém, a atividade experimental exclui o fato de existir o atrito com o ar, fator também desprezado na teoria. Além disso, é preciso levar em consideração que o valor da gravidade pode variar de acordo com o local onde foi realizado o experimento, o que torna quase impossível obter resultados idênticos aos valores descritos por Galileu. No entanto, considerando que esse processo experimental tem fins didáticos e não científicos,

a precisão dos resultados obtidos pode ser considerada suficiente, dadas as inúmeras variáveis de erro que podem interferir na realização do experimento.

A atividade experimental deve priorizar os conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo para que o conhecimento científico possa se desenvolver por meio dos trabalhos ligados aos conceitos históricos, culturais e sociais, de modo a proporcionar aos indivíduos o desenvolvimento das suas capacidades de raciocínio sem a necessidade de memorizar as fórmulas e os conceitos apresentados em sala de aula. Ou seja, a realização de atividades experimentais nas aulas de Física permite trazer para o ambiente escolar situações vividas pelo estudante no seu cotidiano, de forma analítica e colaborativa.

## Conclusão

Vivemos em um mundo em plena revolução tecnológica, que possibilita aos indivíduos acesso a milhares de informações fidedignas de forma rápida. Os avanços tecnológicos evoluem em ritmo acelerado e as formas de ensinar e aprender, neste contexto, não devem ser marginalizadas.

Contudo, a inserção da tecnologia na sala de aula deve ser acompanhada de mudanças metodológicas adequadas, com a devida orientação pedagógica, pois corre-se o risco de apenas promover a “informatização do ensino tradicional”, trazendo poucos benefícios para a aprendizagem dos estudantes (MORAN, 2018).

Neste artigo, apresentamos um aparato experimental para calcular o tempo de queda livre de um objeto através da plataforma Arduino e, conseqüentemente, o módulo da aceleração da gravidade local. Apresentamos a construção e o funcionamento da atividade experimental, bem como a montagem do circuito e o algoritmo comentado. Buscamos detalhar cada procedimento com a finalidade de facilitar a reprodução do experimento por parte dos professores interessados. E, por fim, comparamos em termos de custo/benefício um aparato comercial e um aparato de baixo custo com tecnologias de livre acesso, além da precisão de ambos os equipamentos para o cálculo do valor de  $g$  local.

A proposta experimental com o Arduino mostrou-se viável, pois possibilitou medir com precisão o tempo de queda do objeto através de um arranjo eletrônico simples e de baixo custo. Os materiais utilizados no experimento, exceto o computador, custaram 72 reais no total.

A realização da atividade experimental aliada a novas tecnologias possibilitou que os estudantes fossem instigados à aprendizagem por investigação, experimentação, colaboração e resolução de problemas, em vez de simplesmente memorizar as informações, transformando dados em conhecimento e evidenciando que a metodologia é uma alternativa viável para os processos de ensino e aprendizagem de conceitos de Física.

Existe a possibilidade de expandir essa proposta para atividades experimentais para o cálculo da energia cinética e a verificação do princípio da conservação da energia mecânica. O uso do microcontrolador Arduino apresenta inúmeras possibilidades didáticas para o ensino de Física, que podem ser realizadas por estudantes do ensino médio, sem perder o rigor científico. Ao desenvolver atividades similares a essa, o estudante pode adquirir conhecimentos sobre microcontroladores e componentes eletrônicos, além da programação computacional. Contudo, as atividades devem se adequar ao nível de escolaridade pertinente, seja na educação básica, na técnica ou na superior.

Defendemos, portanto, que o ensino de cinemática não deve ser caracterizado unicamente pela resolução de exercícios e provas. É imperativo repensar o processo de aprendizagem de forma efetiva e significativa, em detrimento da aprendizagem mecânica e mnemônica. Dessa forma, os estudantes terão condições de compreender os conceitos de cinemática, através da linguagem de programação e da aplicação tecnológica dos conceitos teóricos.

Apostar em novas metodologias centradas nos estudantes proporciona a construção dos conhecimentos de forma mais significativa e mais próxima de sua realidade. Além disso, por meio da apreensão de conceitos e, automaticamente, da produção de novos conhecimentos, visando a aproximação do conhecimento científico da realidade dos estudantes, as atividades experimentais possibilitam que a construção do conhecimento seja mais aprofundada, a partir do acesso aos

conhecimentos prévios e da ampliação e ressignificação desses conhecimentos num nível mais elevado.

## REFERÊNCIAS

- Andrade, J. P., & Sartori, J. (2018). O professor autor e experiências significativas na educação do século XXI: estratégias ativas baseadas na metodologia de contextualização da aprendizagem. In J. Moran & L. Bacich, *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* (pp. 129-152). Porto Alegre: Penso.
- Araújo, I. S., & Veit, E. A. (2011). Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(3). Acesso em 10 fev., 2020, <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4069>
- Araújo, M. S. T., & Abib, M. L. V. S. (2003). Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176-194. Acesso em 10 fev., 2020, [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172003000200007&lng=en&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000200007&lng=en&tlng=pt)
- Bacich, L. (2018). Formação continuada de professores para o uso de metodologias ativas. In J. Moran, & L. Bacich, *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* (pp. 129-152). Porto Alegre: Penso.
- Borrajó, T. B., & Araújo C. A. (2018). Uma Proposta Investigativa para o Ensino de Cores. *Revista do Professor de Física*, 2(1).
- Brasil. (2002). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC. 144p.
- Brasil. (2016). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, Consed, Undime. 651p.
- Carvalho, A. D. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 1-20.
- Cordova, H., & Tort, A. C. (2016). Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(2), e2308, doi: <https://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0012>
- Fiolhais, C., & Trindade, J. (2003). Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), 259-272. Acesso em 10 fev., 2020, doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172003000300002>
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Froehlich, C. (2014) Sustentabilidade: dimensões e métodos de mensuração de resultados. *Desenvolve: Revista de Gestão do Unilasalle*, 3(2), 151-168, doi: <http://dx.doi.org/10.18316/1316>

- Haag, R., Araújo, I. S., & Veit, E. A. (2005). Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? *Física na Escola*, 6(1), 69-74. Acesso em 10 fev., 2020, <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/116432>
- Hunt, M. B., & Dingley, K. (2002). Use of the sound card for datalogging. *Physics Education*, 37(3), 251, doi: 10.1088/0031-9120/37/3/401
- Kenski, V. M. (2012). *Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação*. Campinas: Papirus.
- Kenski, V. M. (2013). *Tecnologias e tempo docente*. Campinas: Papirus.
- Kenski, V. M. (2003). Aprendizagem mediada pela tecnologia. *Revista Diálogo Educacional*, 4(10), 1-10.
- Lopes, W. (2009). Variação da aceleração da gravidade com a latitude e altitude. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25(3), 561-568, doi: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2008v25n3p561>
- Martinazzo, C. A., Trentin, D. S., Ferrari, D., & Piaia, M. M. (2014). Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. *Perspectiva*, 38(143), 21-30. Acesso em 10 fev., 2020, [http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/143\\_430.pdf](http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/143_430.pdf)
- Moran, J. (2018). Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In J. Moran, & L. Bacich, *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática* (pp. 2-26). Porto Alegre: Penso.
- Moreira, M., & Massoni, N. (2016). *Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física*. São Paulo: Livraria da Física.
- Mourão, O. S. (2018). *Uso do Arduino como Ferramenta Motivacional para aprendizagem de Física*. Dissertação de mestrado, Instituto Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica do Ceará, Sobral, CE, Brasil.
- Novak, J. D. (1981). *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira.
- Papert, Seymour M. (1994). *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Papert, S.M. (1985). *Logo: computadores e educação*. São Paulo: Brasiliense.
- Resnick, Robert, Halliday, David, & Walker, Jearl. (2009). *Fundamentos de física, vol 4* (8a ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Rocha, F., Maranghello, G., & Lucchese, M. (2013). Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de física em tempo real. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(1), 98-123. Acesso em 10 fev., 2020, doi: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n1p98>
- Souza, A. R., Paixão, A. C., Uzêda, D. D., Dias, M. A., Duarte, S., & Amorim, H. S. (2011). A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. *Revista*

*Brasileira de Ensino de Física*, 33(1), 01-05, doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172011000100026>

Sousa, M. A., & Santos, A. A. (2010). Absolute gravimetry on the Agulhas Negras calibration line. *Revista Brasileira de Geofísica*, 28(2), 165-174, doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2010000200002>

Vazzi, M. R. G. D. (2017). O Arduíno e a Aprendizagem de Física: um kit robótico para abordar conceitos e princípios do Movimento Uniforme. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Araraquara, SP, Brasil.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2008). *Física IV: ótica e física moderna*. São Paulo: Addison Wesley.

### Apêndice: código de aquisição de dados com Arduino

Por questões didático-pedagógicas, o código-fonte utilizado foi simples e procurou obter apenas a duração do tempo de queda.

```
#define ledVerde 7 // O LED verde deverá ser ligado no pino digital 7
#define ledAzul 6 // O LED azul deverá ser ligado no pino digital 6
#define sensorUM 2 // Configura o pino digital 2 para o PRIMEIRO SENSOR
#define sensorDOIS 3 // Configura o pino digital 3 para o SEGUNDO SENSOR
#define sensorTRES 4 // Configura o pino digital 4 para o TERCEIRO SENSOR
int estadoUM; // variável que guarda estado do primeiro sensor
int estadoDOIS; // variável que guarda estado do segundo sensor
int estadoTRES; // variável que guarda estado do terceiro sensor
float interTempoUM ; // tempo decorrido no primeiro intervalo
float interTempoDOIS ; // tempo decorrido no segundo intervalo
long instanteUM = 0; // tempo total decorrido desde que o programa foi executado
long instanteDOIS = 0; // tempo total decorrido desde que o programa foi executado
long instanteTRES= 0; // tempo total decorrido desde que o programa foi executado
long tempodequeda ;
void setup()
{Serial.begin(9600);
Serial.println("::INICIE O EXPERIMENTO::");
Serial.println(".....");
delay(1000); //Pausa de 1 segundos
  pinMode(ledAzul, OUTPUT); // Configura o pino 6 como saída
  pinMode(ledVerde, OUTPUT); // Configura o pino 7 como saída
  pinMode(sensorUM, INPUT); // Configura o pino 2 como entrada
  pinMode(sensorDOIS, INPUT); // Configura o pino 3 como entrada
  pinMode(sensorTRES, INPUT); // Configura o pino 4 como entrada
  digitalWrite(ledAzul, LOW); // desliga LED azul
  digitalWrite(ledVerde, LOW); // desliga LED verde }
void loop() {estadoUM = digitalRead(sensorUM); // Ler o sensor UM e armazena em estadoUM
if(estadoUM == HIGH){
  digitalWrite(ledVerde, HIGH); // Liga o LED VERDE
  digitalWrite(ledAzul, LOW); // desliga o LED AZUL
  instanteUM = millis(); // armazena o tempo Total decorrido para Sensor UM}
else
{digitalWrite(ledVerde, LOW); // desliga os IEDs VERDE e AZUL
digitalWrite(ledAzul, LOW);}
estadoDOIS = digitalRead(sensorDOIS); // Ler o sensor DOIS e armazena em estadoDOIS
if(estadoDOIS == HIGH)
{digitalWrite(ledVerde, LOW); // desliga LED verde
digitalWrite(ledAzul, HIGH); // liga LED azul
instanteDOIS = millis(); // armazena o tempo Total decorrido para Sensor DOIS
interTempoUM = (instanteDOIS - instanteUM); // cálculo do primeiro intervalo de tempo}
else
{digitalWrite(ledVerde, LOW);
digitalWrite(ledAzul, LOW); //desliga os LED verde e Azul}
estadoTRES = digitalRead(sensorTRES); // Ler o sensor TRÊS e armazena em estadoTRES
if(estadoTRES == HIGH)
{digitalWrite(ledVerde, HIGH); // liga LED Verde
digitalWrite(ledAzul, HIGH); // liga LED Azul
instanteTRES = millis(); // armazena o tempo Total decorrido para Sensor TRÊS
```

```

interTempoDOIS = (instanteTRES - instanteDOIS);
tempodequeda = (interTempoUM + interTempoDOIS + 40); // 40 milissegundo é a
diferença(CORREÇÃO) da dimensão do objeto obtida pela expressão  $t = \text{raiz}(2D/g)$ , onde D é o
Diametro do objeto e  $g = 9,81$ , então temos um objeto de 8mm ==>  $t = \text{Raiz}((2 \times 0,008)/9,81)$ 
Serial.println(".....");
Serial.print(" ||| Tempo de Queda em Milissegundo (ms) ||| Tq = ");
Serial.println(tempodequeda); // imprime no monitor o tempo de queda livre Tq
Serial.println(".....");
delay(2500); //tempo de espera para efetuar nova leitura}
else
{digitalWrite(ledVerde, LOW);
digitalWrite(ledAzul, LOW); // desliga LED verde e azul}

```