



DIOGO TIAGO DOS SANTOS

**EXPERIMENTO DE QUEDA LIVRE CONSTRUÍDO COM ARDUINO E OPERADO
ATRAVÉS DE UMA INTERFACE SCADA**

Maceió

Fevereiro/2021



DIOGO TIAGO DOS SANTOS

**EXPERIMENTO DE QUEDA LIVRE CONSTRUÍDO COM ARDUINO E OPERADO
ATRAVÉS DE UMA INTERFACE SCADA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal de Alagoas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Wandearley da Silva Dias

Maceió

Fevereiro/2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S237e Santos, Diogo Tiago dos.
Experimento de queda livre construído por Arduino e operado através de uma interface SCADA / Diogo Tiago dos Santos. – 2021.
120 f. : il. color.

Orientador: Wandearley da Silva Dias.
Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Física. Maceió, 2021.
Inclui produto educacional.

Bibliografia: f. 84-90.
Apêndices: f. 92-120.

1. Arduino (Controlador programável). 2. Gravidade (Física). 3. Conservação de energia. 4. Experimentos científicos. I. Título.

CDU:372.853.672

Dedico este trabalho aos meus pais, José Tiago e Maria Augusta. Ao meu filho Thomas, a minha irmã Thais e a minha namorada Bruna.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes” – Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas, em especial ao Instituto de Física, minha segunda casa desde 2009.

Ao meu orientador, prof. Dr. Wandearley da Silva Dias, que tem me acompanhado desde a graduação e é um dos responsáveis pela conclusão dessa nova etapa. Você é um exemplo para seus orientandos. Obrigado pelas orientações e incentivo!!!

Ao prof. Dr. Pedro Valentim dos Santos, coordenador do Mestrado Nacional em Ensino de Física – polo 36, que não mede esforços para manter o programa com qualidade e atender as necessidades do corpo discente.

Aos professores que tanto contribuíram transmitindo seus conhecimentos ministrando as disciplinas da grade do Mestrado Profissional em Ensino de Física no polo 36: prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho, prof. Dr. Pedro Valentim dos Santos, prof. Dr. Elton Malta Nascimento, prof. Dr. Kleber Serra Cavalcanti, prof. Dr. Antônio José Ornellas Farias, prof. Dr. Samuel Silva Albuquerque e a prof^a. Dr^a. Maria Socorro Seixas Pereira.

Aos colegas de curso e amigos de profissão pela parceria, incentivo e ajuda durante todo o percurso.

A Sociedade Brasileira de Física por criar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

Ao analisarmos a realidade do ensino de Ciências no Brasil encontramos alunos desmotivados, que não compreendem a importância das disciplinas para sua formação e sem estímulo para estudar. Esse quadro remete ao elevado número de notas baixas e reprovações. Inúmeros trabalhos atribuem esse cenário a falta de atividades experimentais na educação básica. Para eles, aulas puramente expositivas com teoria e aplicação de equações não despertam nos alunos o interesse para estudar. Um dos entraves para mudar tal cenário é a falta de equipamentos nas escolas. Os *kits* experimentais disponíveis no mercado possuem alto valor comercial e sua aquisição esbarra na falta de recursos adequados. Diante desse cenário, vários autores têm sugerido a construção de experimentos com materiais acessíveis e viáveis economicamente. O microcontrolador *Arduino* tem se destacado neste cenário uma vez que é uma plataforma *open source*, de programação simples e com vasto material didático disponível na internet. Além disso, tal dispositivo possibilita a integração com inúmeros componentes encontrados em lojas que comercializam equipamentos eletrônicos e até material reaproveitado do *e-lixo* (lixo tecnológico). Nesse contexto, apresentamos aqui a construção de um experimento que permite compreender a queda livre dos corpos, mensurar o valor da aceleração da gravidade local com incerteza de aproximadamente 2% e estabelecer a relação entre trabalho e energia. Tal experimento é associado à um *Arduino* e operado por meio de uma interface SCADA, facilitando a coleta de dados e viabilizando o tempo disponível para práticas experimentais. Além da construção, apresentamos também a metodologia e os resultados obtidos após a utilização por um professor e alunos do ensino médio de Alagoas. Em face a resultados, que indicam a utilização dessa prática como facilitadora do processo de ensino/aprendizagem, disponibilizamos uma cartilha com a construção do aparato experimental e a proposta metodológica de aula do instrumento em questão.

Palavras-chave: *Arduino*, Gravidade, Conservação de Energia, Experimento.

ABSTRACT

When we analyze the reality of science teaching in Brazil we find discouraged students, who do not understand the importance of subjects for their training and their stimulus to study. This picture refers to the high number of low grades and failures. Many works attribute this scenario to the lack of experimental activities in basic education. For them, purely expository classes with theory and the application of equations do not arouse students' interest in studying. One of the obstacles to change this scenario is the lack of equipment in schools. The experimental kits available in the market have a high commercial value and their acquisition is faced with a lack of adequate resources. Faced with this scenario, several authors have suggested the construction of experiments with accessible and economically viable materials. The Arduino microcontroller has stood out in this scenario since it is an open source platform, with simple programming and vast educational material available on the internet. In addition, this device enables integration with numerous components found in shops that sell electronic equipment and even reused material from e-trash (technological waste). In this context, we present here the construction of an experiment that allows understand the free fall of bodies, measure the value of the acceleration of local gravity with uncertainty of approximately 2% and establishing the relationship between work and energy. This experiment is associated with an Arduino and operated through a SCADA interface, facilitating data collection and allowing the time available for experimental practices. Besides the construction, we also present the methodology and results obtained after use by a teacher and high school students from Alagoas. In view of the results, which indicate the use of this practice as a facilitator of the teaching/learning process, we make available a booklet with the construction of the experimental apparatus and the methodological proposal of the instrument in question.

Keyword: Arduino, Gravity, Energy Conservation, Experiment.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Experimentos quebrados (a) Fotocolorímetro e (b) Disco de Newton.....	25
Figura 2 - Experimentos sem material de apoio (a) Eletromagnetismo e (b) Calorímetro.....	25
Figura 3 - Microcontrolador Arduino UNO.	29
Figura 4 - Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) da plataforma Arduino.	29
Figura 5 - Artigos publicados relatando a construção de experimentos utilizando Arduino.....	30
Figura 6 - Proposta experimental que simula uma rede trifásica (a) esquema elétrico e (b) protótipo.	31
Figura 7 - Aparato experimental que reproduz o experimento de queda livre.	31
Figura 8 - Estrutura do experimento de queda livre.	32
Figura 9 - Aparato experimental para construção de gráficos (a) ligação Arduino – HC-SR04 e (b) protótipo conectado ao computador.	33
Figura 10 - Experimento de condução térmica com Arduino.....	33
Figura 11 - Fotoduino.	34
Figura 12 - Produto educacional para análise de variáveis de estado dos gases.	34
Figura 13: Interface gráfica para realização do experimento de Millikan.....	35
Figura 14 - Aparato experimental para determinação da constante de Planck.	35
Figura 15 - <i>Kit</i> experimental queda livre - 5 sensores (<i>print do site</i>).	45
Figura 16 - Aparelho queda livre (<i>print do site</i>).	45
Figura 17 - Vistas do experimento (a) lateral e (b) frontal.	47
Figura 18 - Módulo cartão micro SD.....	48
Figura 19 - Sensor de obstáculo infravermelho IR (a) desligado e (b) detectando um objeto.	50
Figura 20 - Funcionamento do sensor de obstáculo IR.....	50
Figura 21 - Solenoide.	51
Figura 22 - Módulo relé 5 V – 1 canal.	52
Figura 23 - Tela da interface com numeração dos botões e <i>displays</i>	53
Figura 24 - Tela da interface ao iniciar a aplicação.	55
Figura 25 - Interface indicando a realização de um evento.....	55

Figura 26 - Janela informando que os tempos foram enviados para o cartão micro SD.	56
Figura 27 - Janela de confirmação que o arquivo foi apagado.....	57
Figura 28 - Variação da velocidade como área.	60
Figura 29 - Ilustração da queda livre de objetos com massas diferentes.....	62
Figura 30 - Variações das energias no movimento de um pêndulo.....	65
Figura 31 - Representação do movimento de queda livre.....	65
Figura 32 - Gráfico $2\Delta S \times \Delta t^2$ ideal da queda livre de um objeto.....	66
Figura 33 - Sistema isolado corpo-Terra.....	67
Figura 34 - Escola Estadual Ana Lins	68
Figura 35 - Participantes na aplicação do produto (gênero).....	70
Figura 36 - Apresentação das funções básicas do <i>Microsoft Excel</i> ®.....	72
Figura 37 - Apresentação da interface do usuário.....	72
Figura 38 - Experimento pronto para realizar a queda da esfera.....	73
Figura 39 - Posicionamento da esfera.....	74
Figura 40 - Alunos manipulando a interface e analisando os tempos obtidos.....	74
Figura 41 - Reprodução dos gráficos construídos pelas duplas (a) D1, (b) D2, (c) D3, (d) D4, (e) D5, (f) D6, (g) D7 e (h) D8.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Divisão da carga horária bimestral.....	23
Tabela 2 - Portas digitais do Arduino utilizadas no experimento.....	47
Tabela 3 - Esquema de ligação dos pinos do módulo cartão micro SD.	49
Tabela 4 - Legenda das funções enumeradas na figura 23 (interface).	54
Tabela 5 - Orçamento para construção do experimento.	57
Tabela 6 - Alunos matriculados no ensino médio regular em 2020.....	69
Tabela 7 - Alunos matriculados EJA em 2020.....	69
Tabela 8 - Atividades pré-experimentação.....	71
Tabela 9 - Média dos tempos encontrados por cada dupla.....	75
Tabela 10 - Valores experimentais da gravidade encontrados pelas duplas.	77
Tabela 11 - Valores das energias encontrados pelas duplas nos pontos <i>a</i> e <i>b</i>	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
LDB	Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
USB	Universal Serial Bus
IDE	Integrated Development Environment
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
LED	Light Emitting Diode
LCD	Liquid Crystal Display
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
SPI	Serial Peripheral Interface
MISO	Master In Slave Out
MOSI	Master Out Slave In
SCK	Serial Clock
CS	Chip Select
IR	Infrared
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira
EJA	Educação para Jovens e Adultos
GND	Graduated Neutral Density Filter

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....	19
2.1 Dificuldades para inclusão da prática experimental nas aulas de Física	21
2.1.1 Formação continuada dos professores	21
2.1.2 A carga horária.....	23
2.1.3 Os laboratórios de Ciências	24
2.1.4 Experimentos com materiais de baixo custo e alternativos.....	27
2.2 O microcontrolador Arduino na construção de experimentos para o ensino de Física	27
2.2.1 O Arduino uno	28
2.2.2 Contribuições do Arduino para a experimentação no ensino de Física	30
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	38
3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).....	38
3.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa e a experimentação no ensino de Física	42
4. O PRODUTO EDUCACIONAL.....	44
4.1 Finalidade e motivação	44
4.2 Descrição e funcionamento do experimento	46
4.3 Haste metálica	47
4.4 Componentes eletrônicos específicos.....	48
4.4.1 Módulo cartão micro SD.....	48
4.4.2 Módulo sensor infravermelho de obstáculo reflexivo – sensor IR	50
4.4.3 Eletroímã.....	51
4.4.4 Módulo relé 5V 1 canal.....	51
4.5 Interface gráfica	52
4.5.1 Funcionamento	55

4.6	Custo do projeto	57
4.7	Concepções histórico-teóricas acerca da queda livre dos Corpos.....	58
4.7.1	Galileu e a queda dos corpos.....	58
4.7.2	Equações de movimento de um corpo em queda livre.....	59
4.7.3	Teorema do Trabalho-Energia Cinética	62
4.7.4	Energia Potencial Gravitacional	63
4.7.5	Princípio da Conservação de Energia Mecânica.....	64
4.8	Aplicando a Física no experimento de queda livre – Calculando o valor da gravidade.....	65
4.9	Aplicando a Física no experimento de queda livre – Comprovando o princípio da Conservação da Energia Mecânica.....	67
5.	METODOLOGIA.....	68
5.1	O lócus da pesquisa.....	68
5.2	Os alunos participantes	69
5.3	Aplicação do produto educacional	70
5.3.1	1º momento da aplicação: atividades pré-experimentação	71
5.3.2	2º momento da aplicação: atividade prática de experimentação.....	73
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
6.1	Valor experimental da aceleração da gravidade local	75
6.2	Princípio da Conservação da Energia Mecânica.....	77
6.3	Validação da aplicação produto educacional – Questionário de satisfação ..	78
6.4	Discussões.....	80
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICES	91
	APÊNDICE A - ROTEIRO EXPERIMENTAL.....	92
	APÊNDICE B - DIAGRAMA DE LIGAÇÕES	98
	APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO.....	99

APÊNDICE D - MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (T.C.L.E)	102
APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO	105

1. INTRODUÇÃO

Apesar do grande apelo para a inclusão de novas tecnologias para o ensino de Física, o que encontramos na maioria das escolas públicas e privadas, principalmente nos pequenos centros do país, é o “método tradicional” baseado na transmissão de conteúdo através do livro didático e da aplicação de equações para a resolução de exercícios. Esse ensino é mecânico, limitando ao quadro e giz, condicionando o aluno a memorização de fórmulas para resolução de questões/problemas visando a obtenção de uma nota satisfatória. Embora haja muitas críticas (MOREIRA, 2000), (GATTI, NARDI e SILVA, 2010), (DARROZ, ROSA e GHIGGI, 2015) entende-se que tal método não deve ser completamente descartado, mas sim associado à outras metodologias (SILVA, MORAIS II e FARIAS, 2015), (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003), (ELIAS *et al*, 2009).

O ensino de Física tem enfatizado a expressão do conhecimento aprendido através da resolução de problemas e da linguagem matemática. No entanto, para o desenvolvimento das competências sinalizadas, esses instrumentos seriam insuficientes e limitados, devendo ser buscadas novas e diferentes formas de expressão do saber da Física. (BRASIL, 2002, p. 84).

É sabido que em seu cotidiano profissional, os professores da educação básica encontram diversas dificuldades para realizar seu trabalho de forma satisfatória que possibilite ao aluno o perfeito entendimento dos conteúdos abordados em sala. Alguns problemas interferem diretamente na atividade docente e impendem que o professor ofereça aos alunos o que preconiza a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) para as Ciências da Natureza.

[...] espera-se que os estudantes possam se apropriar de procedimentos e práticas das Ciências da Natureza como o aguçamento da curiosidade sobre o mundo, a construção e avaliação das hipóteses, a investigação de situação-problema, a experimentação com coleta e análise de dados mais aprimorados, como também se tornar mais autônomos no uso da linguagem científica e na comunicação desse conhecimento. Para tanto, é fundamental que possam experimentar diálogos com diversos públicos, em contextos variados, utilizando diferentes mídias, dispositivos e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), e construindo narrativas variadas sobre os processos e fenômenos analisados. (BRASIL, 2018, p. 558).

BARROS e DIAS (2019), afirmam que “vários autores destacam a importância de abordagem prático-experimental no processo de ensino-aprendizagem de Física,

ganhando muitas vezes conotação de imprescindibilidade.” Em meio a essa asserção, a implementação de atividades experimentais tem levado pesquisadores da área de Ensino de Física e Instrumentação para o Ensino de Física a propor alternativas para que os docentes insiram práticas experimentais nas suas aulas. Entre as atividades propostas destacam-se a utilização de experimentos com materiais simples (DIAS e ROCHA, 2014), (LOPES e LABURU, 2001) e *softwares* de modelagem computacional (VEIT e TEODORO, 2002), (ROSA, 2000). É sabido que as escolas públicas brasileiras não dispõem de grandes recursos para modernização dos laboratórios de Ciências e de informática. Estes, quando disponibilizados, são compartilhados entre as disciplinas de Química, Física, Biologia e Matemática. Por este motivo faz-se necessária a introdução de experimentos construídos com materiais baratos e de fácil aquisição no comércio local. Neste contexto (SANTOS, AMORIM e DEREZYNSKI, 2017) e (CAVALCANTE, 2013) apontam o microcontrolador Arduino como saída por este remeter a robótica educacional e apresentar aspectos qualitativos e quantitativos não presentes em outras propostas.

Dentro deste cenário, apresentamos aqui a construção do experimento de queda livre construído com materiais de baixo valor econômico, controlado pelo Arduino, monitorado e comandado de uma interface supervisória desenvolvida utilizando uma aplicação SCADA¹ que se comunica com o microcontrolador através do protocolo MODBUS². O experimento proposto foi escolhido para que o aluno possa encontrar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade ($\vec{g}$) e utilizando o valor encontrado comprovar o princípio da conservação da energia mecânica.

Apresentaremos no capítulo 2 dessa dissertação a importância da experimentação para o ensino de Física, os artigos publicados nos últimos anos que relatam a construção de experimentos didáticos utilizando Arduino, bem como a realidade e dificuldades para implantação de aulas experimentais no curriculum de

¹ Ferramenta voltada para o desenvolvimento de sistemas supervisórios e de controle de processo visando atender as mais diversas necessidades em virtude de disponibilizar vários recursos para o usuário. Permite ao usuário monitorar variáveis em tempo real através de elementos gráficos, bem como realizar acionamentos através de envio de informações aos dispositivos existentes.

² Protocolo de comunicação de dados utilizados em sistemas de automação industrial, é uma estrutura de mensagem aberta utilizada para comunicação entre dispositivos mestre-escravo/cliente-servidor. É um dos protocolos mais utilizados na automação industrial, graças a sua simplicidade e facilidade de implementação, podendo ser utilizado em diversos padrões de meio físico.

Física no ensino médio. Em seguida, faremos uma análise da prática docente a luz da Teoria de Aprendizagem Significativa (capítulo 3). A revisão teórica dos conceitos físicos presentes no experimento assim como a construção do produto educacional, são apresentados no capítulo 4. Logo após, iremos expor a metodologia adotada para aplicação do produto (capítulo 5) e, posteriormente, analisamos e discutimos os resultados obtidos (capítulo 6). Por fim, no capítulo 7, levantaremos pontos que corroboram a viabilidade do produto educacional apresentado como material potencialmente significativo para o ensino de Física.

2. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

O avanço tecnológico e as inúmeras alternativas buscadas por teóricos e especialistas em Ensino de Física e educação não foram capazes de promover mudanças significativas na metodologia adotada por professores das escolas públicas e privadas do país (VALENTE, 2014). Aproximadamente 21 anos depois da promulgação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN), que descreveram o cenário do ensino de Física no Brasil, observamos que o quadro pouco mudou. Essa situação faz a Física figurar entre as disciplinas com maior índice de reprovação e aversão entre os alunos do Ensino Médio (DARROZ, ROSA e GHIGGI, 2015).

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquirida. (BRASIL, p. 22, 1999).

Sobre a prática docente na disciplina de Física no Ensino Médio os PCN afirmam que:

Apresenta o conhecimento como produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo. (BRASIL, p. 22, 1999).

É nítido o desejo de alguns professores em adotar novas posturas que conduzam a uma prática docente diferenciada, retirando o aluno da condição de mero espectador da aula para torná-lo protagonista de sua educação. No caso particular da Física, isso significa conduzir o aprendiz a condição de investigador, capaz de descrever, interpretar e explicar situações expostas em atividades cotidianas. Nessa concepção, trabalhos de conclusão de curso - TCC (GOMES, 2009), (WRONA, 2015), dissertações (FILHO, 2010), (SILVA, 2017) e teses (FILHO,

2000), (PASQUALETTO, 2018) têm criticado aulas de Física puramente tradicionais. Cada vez mais forte figura a corrente que propõe a inclusão da tecnologia como facilitador no processo de ensino-aprendizagem de Física. Os professores que se dispõem a intervir diretamente nesse cenário encontram sérias dificuldades, principalmente a falta de estrutura física e de equipamentos das escolas (BARROS, 2012). Com isso, o único recurso frequentemente utilizado é o *datashow*, que nada mais é que uma aula tradicional, pois simplesmente substitui o quadro e giz por *slides* projetados.

Sobre o *datashow*, há de considerar-se que a quantidade excessiva de material projetado, muito embora possa permitir ganho de tempo, frequentemente leva a uma grande exposição, simular àquela do quadro-negro. Ademais, muitos professores exageram na quantidade de informação a ser utilizada em cada *slide*, sobrecarregando os estudantes e impedindo a absorção efetiva do conhecimento ali apresentado. Além disso, a falta de clareza pode ocasionar a perda de ênfase do dado efetivamente importante, fazendo, assim, com que a aula deixe de cumprir seu papel. (COSTA *et al*, 2011).

LIBÂNEO (1994, p. 46) afirma que o ensino de Ciências (Físicas e Biológicas) compreende o estudo da natureza e do ambiente; as relações do homem com o meio físico e ambiental; a compreensão das propriedades e das relações entre fatos e fenômenos; a apropriação de métodos e hábitos científicos. Dentro dessa perspectiva, enfatizamos que o ensino não deve ser entendido como a transmissão de vários conteúdos para que o aluno consiga notas satisfatórias e aprovação no exame de admissão visando ingressar no ensino superior. A educação básica, entre outras finalidades, deve formar cidadãos críticos, capazes de compreender o mundo que o cerca e acompanhar o crescente avanço tecnológico. Diante disso, cabe ao professor buscar soluções capazes de desenvolver essas habilidades nos estudantes.

O trabalho docente constitui o exercício profissional do professor e este é seu primeiro compromisso com a sociedade. Sua responsabilidade é preparar os alunos para se tornarem cidadãos ativos e participantes na família, no trabalho, nas associações de classe, a vida cultural e política. É uma atividade fundamentalmente social, porque contribui para a formação cultural e científica do povo, tarefa indispensável para as outras conquistas democráticas. (LIBÂNEO, 1994, p.47).

ARAÚJO e ABIB (2003), afirmam que o uso das atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender

e ensinar Física de modo significativo e consistente. Atividades experimentais aproximam os alunos da Física, tornando-a palpável. Nesse contexto analisaremos a seguir alguns pontos sobre a experimentação no ensino de Física.

2.1 Dificuldades para inclusão da prática experimental nas aulas de Física

Observar, assimilar e discutir “eventos” são tarefas essenciais para obter êxito na aprendizagem de Ciências. LEIRIA e MATARUCO (2015) afirmam que a experimentação é imprescindível durante a apresentação dos conteúdos das disciplinas da área de Ciências da Natureza e Matemática. No caso especial da Física, é um recurso utilizado para materializar um conceito, tornando-se um facilitador da abstração.

Apesar de ser considerada precípua para o processo de ensino de Física, as atividades práticas não fazem parte das tarefas regulares das escolas. Essa lacuna tem fundamento em alguns problemas destacados a seguir:

2.1.1 Formação continuada dos professores

A formação continuada surgiu diante da necessidade de ofertar uma formação complementar para os professores, acrescentando ou até proporcionando novos conhecimentos não abordados durante o curso de licenciatura. Com o surgimento de novas tecnologias e experiências pedagógicas, a formação continuada visa socializar materiais e métodos que possibilitem melhorias significativas no aprendizado dos alunos. Ela surgiu em 1996, implementada pela Lei de Diretrizes e Base (LDB), com a proposta de valorizar e orientar o profissional da educação. Segundo SCHNETZLER (1996) *apud* ROSA e SCHNETZLER (2003), a formação continuada pode ser justificada diante de três razões:

- A necessidade de contínuo aprimoramento profissional e de reflexões críticas sobre a própria prática pedagógica, pois a efetiva melhoria do processo ensino-aprendizagem só acontece pela ação do professor;

- A necessidade de se superar o distanciamento entre contribuições da pesquisa educacional e sua utilização para a melhoria da sala de aula, implicando que o professor seja também pesquisador de sua própria prática;
- Em geral, os professores têm uma visão simplista de atividade docente, ao conceberem que para ensinar basta conhecer o conteúdo e utilizar algumas técnicas pedagógicas.

A formação continuada de professores deve ser elaborada de forma a preencher possíveis espaços deixados durante a graduação: saberes referentes a conteúdos e particularidades da disciplina além de novas metodologias que complementem o saber ensinar, entre elas a experimentação e uso das tecnologias.

A falta de apoio material e pedagógico das escolas para o desenvolvimento de metodologias que privilegiem atividades experimentais investigativas, bem como limitações na formação acadêmica do professor em relação ao saber experimental são fatores que contribuem para a ausência ou realização não sistemática de experimentação na realidade escolar de Física nos níveis Fundamental e Médio. A formação continuada tem, assim, um importante papel por possibilitar aos professores o conhecimento de novas metodologias aplicáveis ao ensino experimental de Física. (COELHO, NUNES e WIEHE, 2008).

Os cursos de licenciatura raramente contemplam formação adequada para o uso da tecnologia em sala de aula (FERRACIOLI e SAMPAIO, 2001). Uma forma de superar essa dificuldade é através da inserção do professor em programas de formação continuada, de forma que ele adquira subsídios teóricos e a prática com ferramentas tecnológicas que lhe permitam construir e aplicar atividades experimentais de cunho significativo no processo de ensino-aprendizagem de seus alunos.

Apesar de ter sua importância reconhecida, os programas de formação continuada desenvolvidos apresentam poucos, ou nenhum, impacto na prática docente. Suas ações não ultrapassam as fronteiras do ensino tradicional, limitando-se a simples debates sobre o conteúdo programático do ano letivo, discussão sobre as competências/habilidades elencadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Avaliações sobre as múltiplas e diversas iniciativas de formação continuada e das políticas públicas que as sustentam têm demonstrado que o modelo de formação continuada do professor que mais se expande é o centrado na aquisição de conteúdos

específicos relativos ao ensino, mas ao mesmo tempo distanciando da prática pedagógica e da multiplicidade de aspectos contraditórios que o caracterizam. (MORORÓ, 2017).

A proposta da formação continuada de professores é promover um aperfeiçoamento contínuo dos docentes e não uma simples reunião para tratar de assuntos normativos. Diante desse pressuposto e da realidade levantada, deve-se projetar uma formação para professores que vise além da atualização dos conteúdos a serem ensinados o amplo debate sobre métodos, técnicas e recursos de ensino, sendo este último fruto de inúmeras possibilidades em função das novidades tecnológicas.

2.1.2 A carga horária

A BNCC, os PCN e diversos profissionais envolvidos com educação, mais especificamente ensino de Ciências, sugerem que os professores do ensino básico acrescentem atividades complementares como instrumento facilitador no processo de ensino-aprendizagem. Seguindo essa vertente, muito se fala em um ensino de Física voltando para o cotidiano dos alunos com simulações computacionais, aulas de campo e atividades experimentais. Acreditamos que tais tarefas, de fato, tem poder facilitador para a compreensão dos assuntos abordados em sala. Porém ressaltamos um grande problema para utilizá-las: a carga horária. Nas escolas públicas de ensino regular do Estado de Alagoas, semanalmente, o professor conta com 120 minutos de aula (duas aulas), totalizando ao final do ano letivo 80 horas/aula. Um bimestre letivo é composto por 20 horas/aula e geralmente é dividido conforme a tabela 1.

Tabela 1: Divisão da carga horária bimestral.

Quantidade de aulas	Atividade
8	Atividades avaliativas (trabalhos, prova e recuperação)
12	Conteúdo/Exercícios/Revisão

Fonte: Autor (2020).

Na prática, o professor de Física dispõe de apenas 12 aulas para ministrar o conteúdo do bimestre. MELO (2010) levanta um ponto de extrema relevância que interfere diretamente no ensino de Física:

Muitas vezes os alunos não conseguem compreender de forma mais objetiva os conceitos físicos, por não apresentarem requisitos mínimos de matemática, os quais são obtidos nas séries anteriores. (MELO, 2010).

Ao detectar que os alunos não adquiriram base matemática no ensino fundamental (anos iniciais e anos finais) o professor de Física muitas vezes assume o papel de professor de Matemática para nivelar sua turma, conseqüentemente, diminuindo seu tempo para cumprir o conteúdo programático previsto em seu planejamento anual.

2.1.3 Os laboratórios de Ciências

A inclusão do método experimental nas aulas de Física depende mais do que a predisposição do professor em ensinar e do aluno em aprender. É indispensável estrutura física apropriada, *kits* experimentais e material didático auxiliar. Sobre os laboratórios de Ciências, BORGES (2002) afirma que “várias escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, por várias razões, nunca são utilizados.” Entre essas razões o referido autor menciona a inexistência de atividades/roteiros preparadas para o professor utilizar e faltam recursos para compra de componentes e materiais de reposição, acarretando em laboratórios fechados ou sem manutenção.

Acrescentando as averiguações de BORGES (2002), outros autores aprontam motivos para a não realização das aulas práticas no ensino de Ciências, entre eles destacamos: falta de infraestrutura (MARANDINO *et al*, 2009, p.108 apud ANDRADE, 2014), falta de técnico de laboratório (SILVA, MORAES e CUNHA, 2016) e falta de insumos cotidianos no laboratório (SOUSA e SOUSA, 2016).

Acerca da realidade dos laboratórios de Ciências das escolas da rede estadual de ensino de Alagoas BARROS (2012) relata:

[...] na maioria das escolas por nós visitadas estes espaços, quando existem, estão em mau estado de conservação. Em muitas escolas verificamos a existência de vários *kits* experimentais para estudo e análise de fenômenos físicos sucateados devido a ação do tempo e do desuso. Em outros lugares sequer foram encontrados laboratório. (BARROS, 2012).

[...] Aparelhos amontoados sob pias e mesas, repletos de poeira, até mesmo um microscópio óptico, artigo muito raro nesses laboratórios,

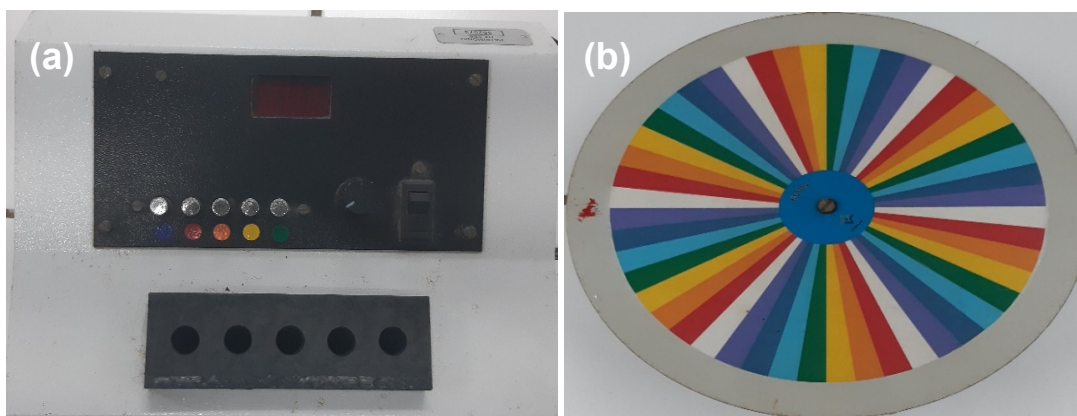
se encontrava sobre uma das mesas repleto de poeira. (BARROS, 2012).

[...] um espaço que outrora fora destinado ao laboratório de Ciências, mas que na data de nossa visita estava sendo utilizado como sala de multimídia. (BARROS, 2012).

Evidenciamos acima inúmeros problemas encontrados na rede pública de ensino, questões que vão de equipamentos sucateados, obsoletos e inutilizados a laboratórios cujo espaço físico está sendo utilizado para outro fim.

Outro fator que influencia diretamente para a inutilização do espaço é a falta de material didático para auxiliar professores e alunos. Além disso, os instrumentos com condições mínimas de uso não possuem manual de instrução e roteiro experimental (BARROS, 2012). Nas figuras 1 e 2 observamos experimentos encontrados em uma escola do interior do Estado que se enquadram nessa realidade.

Figura 1 - Experimentos quebrados (a) Fotocolorímetro e (b) Disco de Newton.



Fonte: Autor (2020).

Figura 2 - Experimentos sem material de apoio (a) Eletromagnetismo e (b) Calorímetro.



Fonte: Autor (2020).

Mesmo de posse de *kits* experimentais que supram as necessidades para realização de aulas práticas em laboratório, o professor se depara com turmas numerosas, falta de auxiliares e carga horária reduzida. Tais fatores exigem que o docente adote um método que possibilite eficiência nas atividades práticas sem comprometer as aulas em sala e não prejudicar as habilidades que os alunos devem adquirir durante o ano letivo. Neste caso, convém adotar um ensino de laboratório composto por roteiros experimentais baseados em instruções simples e curtas.

Um laboratório programado é aquele no qual os guias ou roteiros são baseados nos princípios da instrução programada. Isto é: o procedimento dos roteiros é dividido em passos relativamente pequenos, com participação ativa do estudante em cada passo, verificando de imediato o acerto (ou erro) que fez, trabalhando com ritmo próprio para, ao final, ser testado. (RIBEIRO, FREITAS E MIRANDA, 1997).

Os guias ou roteiros devem ser subdivididos em: introdução, objetivos e procedimentos experimentais (RIBEIRO, FREITAS e MIRANDA, 1997). Uma vez elaborados é possível que o trabalho do professor seja facilitado, além disso, é provável que resultem em materiais instrucionais de melhor qualidade. (MOREIRA e LEVANDOWSKI, 1983).

Assim como MOREIRA e LEVANDOWSKI (1983) acredito que esse tipo de abordagem pode ser adequado em algumas situações:

[...] “se destina a ilustrar e facilitar a aquisição do conteúdo.” (MOREIRA e LEVANDOWSKI, 1983, pag. 13).

[...] “os alunos podem realizar os experimentos individualmente sem o auxílio do professor ou de monitores (ou pelo menos assistência muito pequena).” (MOREIRA e LEVANDOWSKI, 1983, pag. 14).

Havendo poucos conjuntos de equipamentos (“*kits*”) disponíveis e muitos alunos, tais conjuntos podem ficar à disposição dos alunos fora do horário das aulas, pois os roteiros são auto instrucionais. Além disso, é claro, os guias programados podem também ser usados em aulas de laboratório para grupos[...] (MOREIRA e LEVANDOWSKI, 1983, pag. 14).

Por suas características elencadas, acreditamos que a estrutura de laboratório programado é a que melhor atende as necessidades dos alunos e professores da rede pública de ensino. Deixando claro que os roteiros devem ser elaborados com linguagem acessível a faixa etária dos alunos, levando em consideração que muitos, ou sua totalidade, não tem familiaridade com a tecnologia

empregada e que eles devem ser compreendidos mesmo sem a presença do professor.

2.1.4 Experimentos com materiais de baixo custo e alternativos

Como mencionado anteriormente, uma das alternativas para a inclusão de atividades experimentais no ensino de Física é a construção de experimentos com materiais de baixo custo e alternativos. Mesmo sem dispor de recursos, o professor pode recorrer a materiais simples, montagens improvisadas e substituir o espaço do laboratório de Ciências pela sala de aula. Essa solução tem se mostrando eficaz em muitos casos e proporcionado a estudantes o contato direto com determinados fenômenos, sem necessidade de aparatos engenhosos e extremamente complicados.

Por outro lado, é válido salientar que tal prática não permite a elaboração de aparatos experimentais para demonstração de eventos rápidos e que necessitem de precisão e velocidade na medição das variáveis. Nesses casos é recomendada utilização do microcontrolador Arduino, que além de realizar medidas precisas se enquadra no conceito de material de baixo custo³.

2.2 O microcontrolador Arduino na construção de experimentos para o ensino de Física

A crescente evolução tecnológica tornou possível a reprodução e, por conseguinte, a observação de alguns fenômenos do nosso cotidiano. Nos dias atuais não é raro encontrar pessoas familiarizadas com aparelhos eletrônicos desenvolvendo protótipos capazes de copiar fielmente eventos da natureza e, através destes, confrontar essa representação com a literatura.

[...] o mercado internacional (principalmente o asiático), tem disponibilizado módulos sensores que, se apoiados numa eletrônica adequada, podem medir temperatura, campo magnético, deslocamento, pressão, aceleração, tempo, força, entre outras grandezas físicas. Estes módulos eletrônicos sensores podem ser comandados por dispositivos chamados microcontroladores (também popularizados e vendidos a baixo custo) que podem executar tarefas

³ Material de baixo custo é todo recurso simples, barato e de fácil aquisição.

complexas de processamento de dados matemáticos, fazer conversão entre sinais analógicos e digitais, enviar e receber comandos de um computador através de uma conexão devidamente projetada. (ROCHA, MARRANGHELLO e LUCCHESI, 2014).

Entre os microcontrolados disponíveis no mercado nacional e internacional o Arduino UNO tem sido o modelo mais procurado entre os profissionais e estudantes que desejam trabalhar utilizando sistemas embarcados para construir seus protótipos. MARTIAZZO *et al.* (2014) justificam a aplicabilidade do Arduino ao ensino de Física pois:

[...] é possível ler dados de qualquer fenômeno físico detectável por sensores, ou seja, basicamente é um sistema que ler sinais elétricos em sensores expostos ao ambiente a partir de suas portas digitais e analógicas. (MARTIAZZO *et al.*, 2014)

Outras características favorecem a escolha desse microcontrolador, entre elas destacamos: preço popular da placa UNO, dispositivo *open source*, comunicação com smartphones (via *bluetooth* ou rede *wireless*) e computadores (via porta USB).

2.2.1 O Arduino UNO

Criado em 2005 por um grupo de pesquisadores, o Arduino surgiu com a proposta de ser um dispositivo barato, fácil de programar e funcional. Trouxe para estudantes e projetistas o conceito de *hardware* livre, ou seja, o dispositivo pode ser montado, modificado e personalizado partindo de um componente básico. A placa foi desenvolvida utilizando um microcontrolador, pode ser conectada facilmente a um computador através da porta USB (*Universal Serial Bus*) e programada utilizando uma linguagem de programação baseada em C/C++ via IDE (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado).

A versão UNO do Arduino possui 14 portas digitais que podem ser configurados como entrada/saída (sendo as entradas 0 e 1 disponíveis para comunicação *bluetooth*). Além destes, a plataforma é constituída por 6 pinos analógicos (A0 – A5), cada um destes com 10 *bits* de resolução que permitem 1024 valores diferentes. Por fim, encontramos os pinos de alimentação (*power*) que fornecem tensão de 9 volts, 5 volts, 3,3 volts e GND. Na figura 3 temos o Arduino na versão UNO.

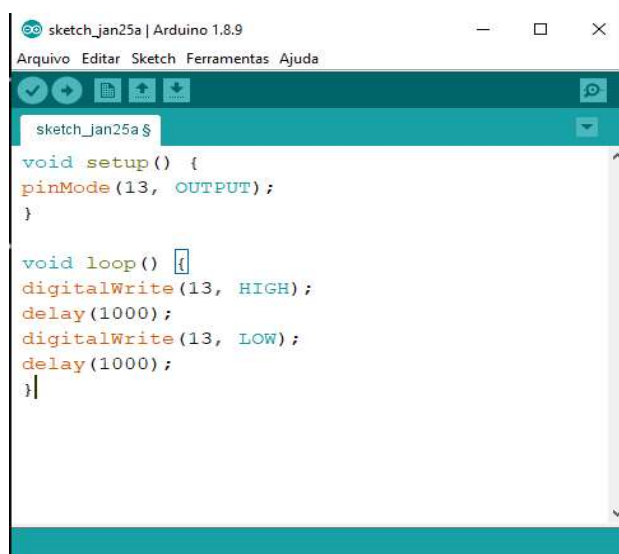
Figura 3 - Microcontrolador Arduino UNO.



Fonte: <https://www.usinainfo.com.br/placas-arduino/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino-3513.html>

O Arduino conta com um ambiente de desenvolvimento integrado (ver figura 4), que dispõe de ferramentas auxiliares para o desenvolvimento do software. Tal ambiente, também conhecido como IDE (do inglês *Integrated Development Environment*) é composto basicamente por duas funções: *void setup* e *void loop*. Na função *void setup* (executada apenas uma vez) o programador define os pinos que serão utilizados e suas respectivas configurações, podendo também ser utilizada para habilitar outras funções e opções. A função *void loop* será executada infinitas vezes e nela são programadas as instruções que o Arduino executará enquanto estiver ligado.

Figura 4 - Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) da plataforma Arduino.

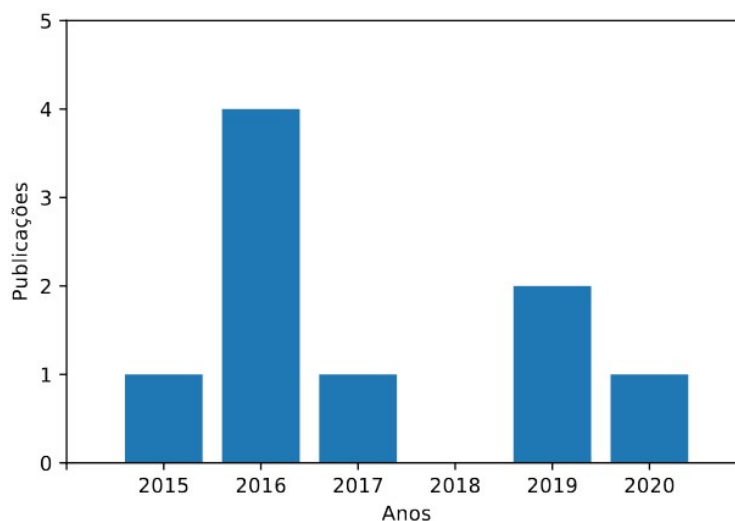


Fonte: Autor (2020).

2.2.2 Contribuições do Arduino para a experimentação no ensino de Física

Desde sua criação, o Arduino ganha usuários e adeptos pelo mundo, na área da educação tal ferramenta vem sendo utilizada com instrumento motivador para os estudantes desde os anos iniciais de sua formação. Utilizando essa placa é possível construir experimentos que possibilitam a prática experimental nas escolas. MOREIRA *et al.* (2018) afirmam que “no meio escolar, esta ferramenta pode ser utilizada na experimentação para construir instrumentos científicos de baixo custo, e para provar princípios físicos por professores e alunos”. Nesse sentido, foi realizada uma pesquisa quantitativa com intuito de levantar e apresentar artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física - RBEF e no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, entre os anos de 2015 – 2020 (janeiro – junho), que utilizaram o microcontrolador Arduino para construção de experimentos didáticos voltados para o ensino de Física no nível médio da educação básica. Na figura 5 apresentamos graficamente a quantidade de trabalhos publicados em cada ano.

Figura 5 - **Artigos publicados relatando a construção de experimentos utilizando Arduino.**



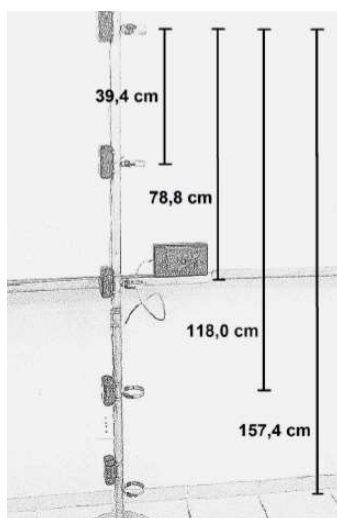
Fonte: Autor (2020).

Nosso levantamento concentrou-se em trabalhos voltados para a instrumentação no ensino de Física com foco na construção de experimentos utilizando o microcontrolador Arduino;

VISCOVINI *et al.* (2015) apresentam uma proposta experimental na forma de maquete que simula uma rede trifásica com frequência variável entre 2 Hz e 20 Hz, permitindo visualizar as inversões na tensão elétrica através de LEDs coloridos.

JUNIOR *et al.* (2016) construíram o experimento de queda livre com o objetivo de encontrar o valor da aceleração da gravidade nas proximidades da Terra. Os autores posicionaram em uma estrutura metálica sensores de detecção por infravermelho, quando a passagem de uma pequena esfera é notada pelo sensor o tempo do *clock* do Arduino é armazenado em uma variável. Conhecendo as distâncias entre os sensores e dos tempos coletados (mostrados em um display LCD 16 x 2) foi possível traçar o gráfico do movimento e encontrar o valor da aceleração da gravidade⁴. Na figura 8 apresentamos a estrutura metálica do experimento.

Figura 8 - **Estrutura do experimento de queda livre.**

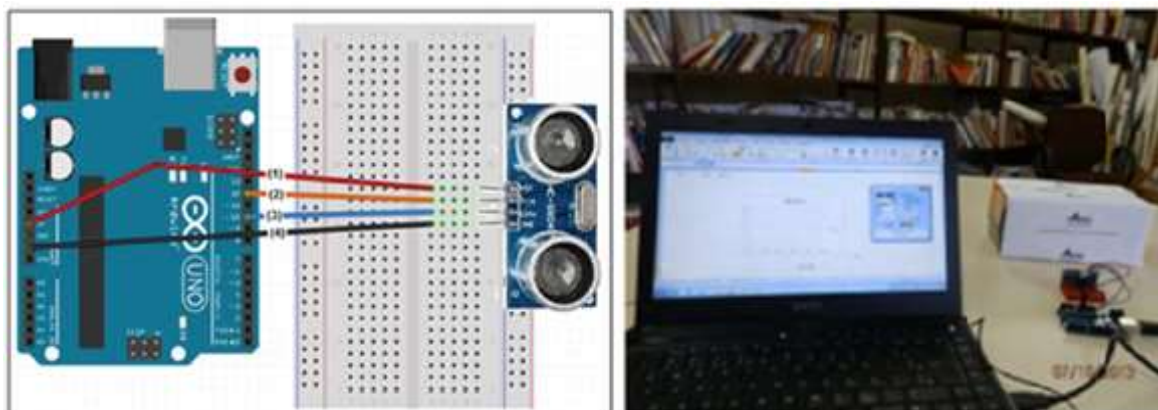


Fonte: Júnior *et al.* (2016).

DWORAKOWSKI *et al.* (2016) utilizaram o microcontrolador Arduino UNO, um sensor ultrassônico HC-SR04 (figura 9a) e um *software* PLX-DAQ para ensinar alunos a construir e interpretar os gráficos da cinemática. Os alunos movimentaram um anteparo, aproximando-o ou afastando-o do aparato experimental (figura 9b) e a cada 60 ms o Arduino determina a distância entre o objeto e o sensor, enviando essa informação para uma planilha eletrônica (através do programa PLX-DAQ). De posse de medidas de tempo e espaço o programa constrói o gráfico do movimento que será analisado e interpretado pelos alunos.

⁴O valor da aceleração da gravidade no experimento foi obtido multiplicando por 2 o coeficiente angular da reta obtida.

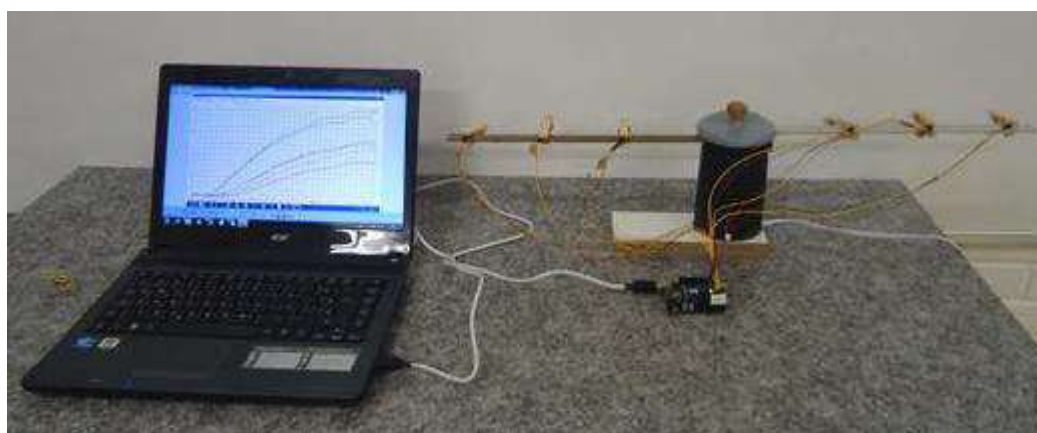
Figura 9 - **Aparato experimental para construção de gráficos (a) ligação Arduino – HC-SR04 e (b) protótipo conectado ao computador.**



Fonte: Dowrakowski *et. al.* (2016).

ROSA *et al.* (2016) relatam a construção de um experimento de condução térmica construído com Arduino e sensor LM35 (figura 10). Através dos valores de temperatura medidos pelo sensor e de um programa foi possível observar a condução térmica em duas barras metálicas: cobre e alumínio.

Figura 10 - **Experimento de condução térmica com Arduino.**



Fonte: Rosa *et. al.* (2016).

SILVEIRA e GIRARDI (2017) descreveram a construção e o funcionamento de um *kit* experimental de baixo custo para demonstrar o efeito fotoelétrico. O experimento denominado FOTODUINO (mostrado na figura 11) é um conjunto de lâmpadas, grade, placa (de ferro zincado ou zinco) e um dispositivo eletrônico de comunicação e controle. O aparato foi desenvolvido com base na plataforma de desenvolvimento Arduino, utilizado para demonstrar qualitativamente o efeito fotoelétrico.

Figura 11 - **Fotoduino.**

Fonte: Silveira e Girardi (2017).

CARDOSO e ZANNIN (2019) relatam a construção de um produto educacional de baixo custo que utiliza a plataforma Arduino para demonstrar a relação entre as variáveis de estado (pressão, volume e temperatura) de um gás ideal nas aulas de Física. Na figura 12 temos o produto educacional elaborado pelos autores.

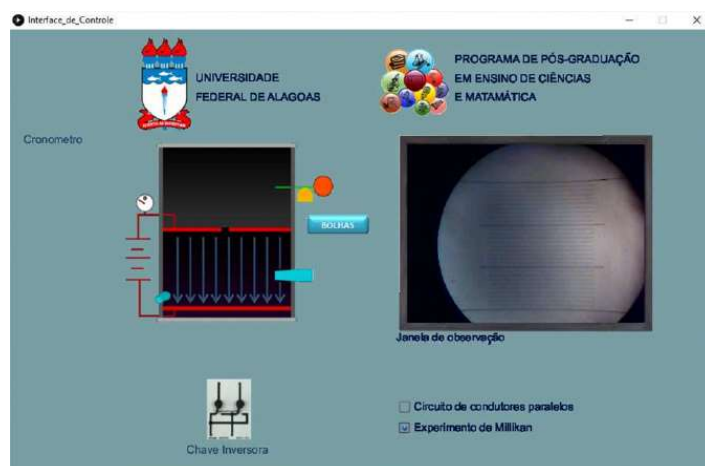
Figura 12 - **Produto educacional para análise de variáveis de estado dos gases.**

Fonte: Cardoso e Zannin (2019).

BARROS e DIAS (2019) descrevem a elaboração e aplicação do experimento de Millikan para determinação da carga elementar. O referido experimento é composto por protótipo e interface de controle, pode ser operado local ou remotamente. Sua aplicação obteve excelentes resultados quantitativos e qualitativos, sendo fortemente elogiado por alunos do ensino médio da rede pública

do Estado de Alagoas. Na figura 13 é apresentada a interface de operação do experimento de Millikan.

Figura 13 - Interface gráfica para realização do experimento de Millikan.



Fonte: Barros e Dias (2019).

OLIVEIRA *et al.* (2020), apresentaram um modelo experimental para determinação da constante de Planck a partir do estudo das propriedades quânticas e ondulatórias do Diodo Emissor de Luz, o LED. Utilizando o aparato apresentado na figura 14 e LEDs de cores diferentes (vermelho, verde e azul) os autores obtiveram resultados satisfatórios.

Figura 14 - Aparato experimental para determinação da constante de Planck.



Fonte: OLIVEIRA *et al.* (2020).

Em face aos experimentos descritos nesta seção é válido destacar alguns comentários dos autores:

O equipamento pode ser construído com facilidade mesmo sem experiência em eletrônica e apresenta baixíssimo custo, o que viabiliza sua utilização em laboratórios didáticos de escolas públicas. A interface gráfica, disponível tanto para *desktop* quanto para dispositivos móveis, é de fácil utilização e se mostra atrativa para os jovens estudantes do ensino médio. (SILVEIRA E GIRARDI, 2016).

[...]a inserção dos sensores e da placa Arduino assistida pelo PC pode se mostrar como um atrativo para a realização da atividade, assim como desenvolver a curiosidade dos estudantes no que diz respeito ao funcionamento dessas tecnologias. Em termos da proposta de que o experimento seja desenvolvido de maneira demonstrativa, observa-se que ele pode atuar como um instigador da curiosidade dos alunos e servir como fomento à busca por pesquisar e discutir ciência. (ROSA *et al.*, 2016).

Sobre a utilização do microcontrolador Arduino na instrumentação para o ensino de Física os autores destacam alguns pontos:

“O Arduino destaca-se pela capacidade de demonstrações qualitativas de fenômenos físicos, mas, especialmente, pela coleta de dados quantitativos”. (CARDOSO E ZANNIN, 2019).

A utilização da plataforma Arduino abre ainda a possibilidade de tornar o equipamento acessível remotamente, oportunizando ao aluno realizar o experimento mesmo fora do ambiente escolar, bastando para isso acesso à internet. (SILVEIRA E GIRARDI, 2016).

Os trabalhos apresentados nesta seção mostram a viabilidade do Arduino na construção de *kits* experimentais para o ensino de Física na educação básica. Os protótipos abordaram temas relacionados aos três anos desta etapa da vida escolar dos alunos, mostrando-se eficazes na obtenção de dados como tempo, temperatura, distância, volume e pressão. Além disso, este recurso permite comunicação com computadores para que os dados sejam exibidos através do monitor serial disponível na IDE do Arduino ou até mesmo em interfaces desenvolvidas em outras linguagens de programação.

Dentro desse contexto, decidimos investigar a construção e aplicabilidade de um experimento de Física apto para obtenção do valor da aceleração da gravidade local a partir do movimento de queda livre de um corpo. Além do caráter tecnológico descrito anteriormente, há também o aspecto histórico, pois pode-se montar um paralelo entre o experimento e o relato histórico de Galileu na torre de Pisa.

O produto educacional que será apresentado ao longo desse trabalho tem como objetivo possibilitar ao docente a inclusão de atividade experimental construída com materiais de baixo valor comercial, visando melhorar o ensino de Física. Tais atividades devem proporcionar aos alunos relacionar os assuntos

abordados em sala com eventos do seu cotidiano, tornando o aprender algo prazeroso e significativo para sua vida. No próximo capítulo discorreremos sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Paul Ausubel.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo vamos abordar a fundamentação teórica que embasa a construção do produto educacional descrito no capítulo 4 deste trabalho.

3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

David Paul Ausubel nasceu no dia 25 de outubro de 1918, na cidade de Nova Iorque nos Estados Unidos. Doutor em Psicologia do Desenvolvimento pela Universidade de Columbia, teve notório destaque nas áreas de psicologia do desenvolvimento, psicologia educacional e desenvolvimento do ego. O principal conceito na teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa. Para LEIRIA e MATARUCO (2015) a teoria apresenta um enfoque cognitivista porque se embasa em princípios organizacionais da cognição, buscando valorizar o conhecimento e o entendimento das informações, para que elas não sejam apenas memorizadas. Segundo GUIMARÃES (2017), na teoria de Ausubel para que o conhecimento não ocorra de maneira não arbitrária, deve estar associado ao que o aluno já conhece sobre determinado conteúdo e deve ampliar os conhecimentos já existente na estrutura cognitiva⁵. Para Ausubel os conhecimentos existentes são denominados “subsunçores⁶”.

De acordo com MOREIRA (2011), na teoria de Ausubel, uma aprendizagem significativa:

É um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, existente na estrutura cognitiva do aluno [...] Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual [...] este processo de “ancoragem” da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. (MOREIRA, 2011, p. 161).

MOREIRA e MASINI (1982, p.8) exemplificam na Física como conhecimentos prévios servirão de subsunçores:

⁵ É o conteúdo total e organizado de ideias de um dado indivíduo.

⁶ Subsunçor é uma estrutura em que o novo conhecimento poderá ser integrado à estrutura cognitiva, como “âncora” para novos conhecimentos. É através dele que os novos conceitos terão a base para buscar seu significado para aquele que aprende. (GUIMARÃES, 2017).

Em Física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já estiverem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo como, por exemplo, a força e o campo magnético.

Ensinar Ciências de forma significativa, em especial ensinar Física, é ajudar o aluno a depreender o mundo e não simplesmente decorar e aplicar fórmulas. Para isso faz-se necessária uma mudança no ambiente de aprendizado, tornando-o um facilitador na construção do conhecimento. SANTOS (2013) afirma que a repetição clássica deve ser deixada de fora; uma vez que se deseja que a aprendizagem seja funcional, devendo se assegurar a auto estruturação significativa. Neste sentido, sugere-se que os alunos “realizem aprendizagens significativas por si próprios”, o que é o mesmo de aprendam a aprender.

A aprendizagem significativa segue o sentido inverso da aprendizagem mecânica⁷, pois nela não existe um significado para o aprendizado. O novo conceito adquirido não tem interação com conceitos da estrutura cognitiva. Segundo MOREIRA (1999) *apud* GUIMARÃES (2017), a aprendizagem significativa pode ser caracterizada por diferentes tipos:

- A aprendizagem representacional redimida por atividade que utiliza símbolos visuais (palavras);
- A aprendizagem conceitual é uma expressão de aprendizagem representacional, pois os conceitos também são representados por símbolos, onde são representações abstratas ou categóricas;
- Na aprendizagem significativa subordinada, um conhecimento é relacionado e aprendido, mas passa a ser subordinado a um conceito já existente de maneira mais abstrata. Isso ocorre quando na mesma estrutura cognitiva um antigo e um novo conceito coexistem não havendo mudança no subsunçor. Na aprendizagem significativa o novo conceito significado a ser incorporado é uma modificação como extensão de um subsunçor pré-existente, enriquecido em termos de significado, isso ocorre quando o conhecimento significativo adquirido é mais amplo e abrangente que o subsunçor;

⁷ Aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. (MOREIRA e MANSINI, 1982, p. 9)

- Na aprendizagem significativa combinatória o novo conhecimento deve combinar com o já existente de maneira que um lembre o outro, completando-se.

O professor deve tomar cuidado para não sobrecarregar seus alunos de conceitos desnecessários, pois esse exagero dificultará a aprendizagem e a aquisição de novos conceitos. Deve-se seguir uma linha que torne os conteúdos significativos na estrutura cognitiva.

Segundo MOREIRA (1999, p. 162) *apud* GUIMARÃES (2017), o professor possui papel importante em facilitar a aprendizagem significativa e isso envolve quatro tarefas fundamentais:

1. Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras;
2. Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, ideias claras, precisas e estáveis) relevantes a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo;
3. Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar dentre os subsunçores especificadamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais o que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno;
4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimento, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis.

Para que um ambiente de aprendizagem proporcione a aprendizagem significativa de conceitos é necessária à organização de uma metodologia adequada. Assim, o professor deve descobrir quais os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema que irá abordar. Além disso, deve priorizar os conceitos mais gerais e inclusivos para que a partir deles possam chegar aos mais específicos através do uso de recursos que facilitem a aquisição do conhecimento. (GUIMARÃES, 2017)

Duas condições são necessárias para ocorrer a aprendizagem significativa: o aluno estar envolvido no processo de ensino e apresentar disposição para aprender. Sobre a disposição para aprender Moreira (2010) complementa:

[...]a segunda condição é talvez mais difícil de ser satisfeita [...] o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não arbitrária e não literal, e seus conhecimentos prévios. É isso que significa predisposição para aprender. (MOREIRA, 2010, p. 8)

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel está diretamente ligada aos conhecimentos prévios dos alunos, o papel do educador é aproveitá-los objetivando uma ligação entre eles e o conteúdo abordado. A aprendizagem significativa pressupõe que:

- O material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, relacionável a sua estrutura cognitiva de conhecimento;
- O aprendiz manifeste disposição de relacionar o novo material a sua estrutura cognitiva.

Segundo MOREIRA e MANSINI (1982, p. 9), Ausubel propõe que ao se procurar evidências de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a “simulação da aprendizagem significativa” é utilizar questões e problemas que sejam novos, não familiares e que requeiram máxima transformação do conhecimento existente. A solução de problemas pode evidenciar, de forma prática, a aprendizagem significativa. Porém esse método requer uma observação:

[...]se o aprendiz não é capaz de resolver um problema, isso não significa, necessariamente, que ele tenha somente memorizado os princípios e conceitos relevantes a solução do problema, pois esta implica, também, certas habilidades além da compreensão. (MOREIRA e MANSINI, 1982, p. 15).

Um método capaz de verificar se houve aprendizagem significativa é direcionar o aprendiz a uma tarefa de aprendizagem que sua solução seja dependente de outra. A atividade proposta não poderá ser completamente solucionada se o praticante não dominar a atividade preliminar.

3.2 A Teoria da Aprendizagem Significativa e a experimentação no ensino de Física

Ancorados na teoria de Ausubel, podemos afirmar que a experimentação pode ser utilizada como método para trazer à tona os conhecimentos prévios dos aprendizes, tornando o ensino significativo. Para Ausubel, quando os conceitos relevantes não existem na estrutura cognitiva dos alunos, as informações transmitidas serão aprendidas mecanicamente e após algum tempo esquecidas.

Apesar disso, a simples presença de um laboratório não garante que as atividades sejam significativas. Neste sentido, GIANI (2010) adverte que a existência de um laboratório bem equipado para atender as formalidades curriculares ou impressionar pais e alunos não garante que as atividades práticas sejam realmente significativas no ensino. O experimento com potencial significativo deve valorizar os conhecimentos prévios que os alunos detêm (mesmo que incompleto), e levá-lo ao confronto entre o conhecimento senso comum e o conhecimento científico, sempre relacionado com o contexto em que os estudantes estão inseridos (GIANI, 2010).

Baseados na aprendizagem significativa através da experimentação alguns trabalhos apresentam produtos educacionais potencialmente significativos que obtiveram resultados satisfatórios em suas aplicações.

BRAZ (2019) sugere a construção de carrinhos robóticos com materiais alternativos como ferramenta didática no ensino de cinemática.

[...] proposta foi adequada e atingiu o resultado esperado na pesquisa no momento, pois os alunos apresentaram uma aprendizagem satisfatória perante o conteúdo, contudo se espera que essa aprendizagem seja contínua após a aplicação da metodologia, tornando-a importante construção de uma aprendizagem com significado. (BRAZ, 2019).

BRAGA (2020), utilizou materiais de baixo custo (LED, lâmpadas, resistores e baterias) para reproduzir circuitos elétricos no laboratório de Ciências para ensinar eletrodinâmica. Sobre a experiência didática o autor relata que:

[...] a estratégia didática que utiliza atividades experimentais tende a influenciar de maneira significativa a aprendizagem dos alunos. Portanto, fica o indicativo para que o professor de Física possa destacar em seu planejamento o uso de atividades experimentais potencialmente significativas organizadas a partir do conhecimento prévio do aluno. (BRAGA, 2020).

FILHO (2020) propôs ensinar eletrostática através de atividades práticas utilizando eletroscópio, eletróforo, capacitor e gerador de Van de Graaff. Segundo o autor as atividades experimentais nas aulas de Física despertam a atenção dos alunos, desenvolvem a capacidade de trabalhar em grupo, estimulam a criatividade, propiciam a análise de dados, a observação dos fenômenos e auxiliam no aprendizado dos conceitos físicos.

Neste sentido, apresentaremos na próxima seção o produto educacional proposto, os tópicos de Física que envolvem o experimento e suas possibilidades de aplicação.

4. O PRODUTO EDUCACIONAL

O objetivo do Mestrado Nacional em Ensino de Física é capacitar professores que atuam na educação básica quanto ao domínio de conteúdos de Física como em técnicas de ensino para atuação em sala, entre elas figuram a utilização de ferramentas tecnológicas e computacionais para experimentação e demonstração de fenômenos. Ao final do curso o aluno deve submeter um trabalho de pesquisa profissional (denominado produto educacional), aplicado na educação básica:

[...] descrevendo o desenvolvimento de processos ou produtos de natureza educacional, visando a melhoria do ensino na área específica, sugerindo-se fortemente que, em forma e conteúdo, este trabalho se constitua em material que possa ser utilizado por outros profissionais. (MOREIRA, 2004)

No atual contexto da educação básica no Brasil entendemos que um produto educacional, independentemente do tipo, deve ser algo que possa ser reproduzido sem grande investimento e sua aplicação possibilite a aprendizagem de conteúdos disciplinares, além do desenvolvimento de capacidades específicas. Nesta sessão será apresentado de forma simplificada o produto educacional proposto nesse trabalho.

4.1 Finalidade e motivação

A atividade experimental que será apresentada ao longo desse trabalho tem como objetivo possibilitar que o aluno experiencie uma atividade prática fora da sala de aula e através dela comprove o que estudou teoricamente. Neste sentido, construímos um produto educacional (experimento + roteiro) que dará subsídios para que eles, juntos com o professor, discutam os resultados encontrados e os confrontem com os conceitos abordados pelo livro didático. Desta forma, acreditamos que essa ferramenta será uma aliada do professor, pois permitirá que os educandos se familiarizem com os cálculos exigidos pela Física e tornará o ensino um ato investigativo.

Outro fator que influenciou para a construção desse produto é o alto valor dos experimentos de queda livre disponíveis no mercado. Ao pesquisarmos algumas empresas que comercializam *kits* experimentais de queda livre, nos deparamos com a seguinte realidade: um *site* nacional especializado em produtos educacionais

oferece um experimento de queda livre por R\$ 3.642,30 (a vista). Como vemos na figura 15, este *kit* possui uma torre e nela estão fixados cinco sensores. Ao cair uma esfera o sensor detecta sua passagem e o tempo é medido através de um cronômetro.

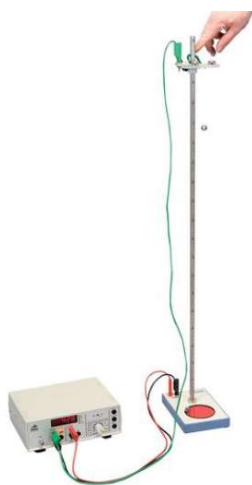
Figura 15 - **Kit experimental queda livre - 5 sensores** (*print do site*).



Fonte: <https://www.planetapedagogico.com.br/kit-de-fisica-queda-livre>

Uma empresa internacional especializada na produção e comercialização de materiais didáticos para ciências naturais e formação médica oferece o aparelho de queda livre por R\$ 5.742,00. O experimento é composto por uma haste, um micro-imã e um cronômetro (figura 16). O aparato determina o tempo que a esfera levou para atingir a base e através deste é possível determinar o valor da aceleração da gravidade.

Figura 16 - **Aparelho queda livre** (*print do site*).



Fonte: https://www.3bscientific.com.br/aparelho-de-queda-livre-1000738-u8400830-3b-scientific,p_573_14285.html

Em face aos valores de comércio dos experimentos mostrados nas figuras 15 e 16, apresentaremos a seguir uma proposta de construção do experimento de queda livre com valor acessível que utiliza componentes eletrônicos disponíveis no mercado nacional.

4.2 Descrição e funcionamento do experimento

O produto educacional descrito em seguida é composto por quatro sensores de obstáculo fixados em uma haste metálica, semelhante ao experimento mostrado na figura 15. Inicialmente uma pequena esfera será presa a solenoide no topo de uma haste metálica, o usuário dará um comando desligando a solenoide, consequentemente liberando a esfera e fazendo-a entrar em movimento de queda livre. À medida que a esfera cai, ela passará por sensores de obstáculo presos em locais predefinidos, ao detectar a passagem da esfera o sensor enviará um pulso elétrico para o microcontrolador Arduino que registrará o tempo de detecção em uma variável. Ao final do evento os tempos armazenados serão mostrados ao usuário através de uma interface, essa aplicação é responsável por “informar” todo funcionamento do protótipo desenvolvido, inclusive apontando eventuais erros e falhas.

O microcontrolador Arduino (apresentado na seção 2.2.1) é o principal componente desse projeto: responsável por ligar/desligar a solenoide, receber os sinais oriundos dos sensores de obstáculo, informar os respectivos tempos de passagem da esfera por cada sensor, gravar os tempos no cartão micro SD, bem como realizar a comunicação entre a interface e o experimento. Alguns fatores levaram a escolha da versão UNO da família desse microcontrolador, entre eles destacamos:

- Menor valor comercial;
- Versão mais utilizada entre estudantes e profissionais;
- Ideal para pequenos projetos;
- Placa frequentemente encontrada nas escolas que possuem a disciplina eletiva de robótica e utilizam esse microcontrolador.

Nessa aplicação necessitamos basicamente de 5 portas digitais⁸, na tabela 2 apresentamos essas portas e suas respectivas funções no protótipo.

Tabela 2: Portas digitais do Arduino utilizadas no experimento.

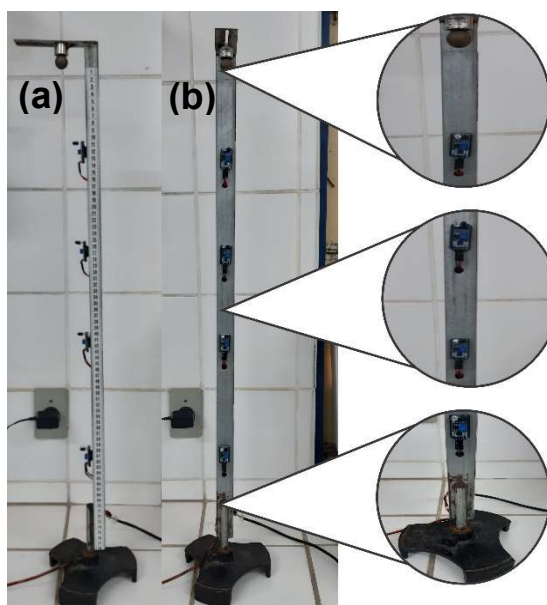
PORTA DO ARDUINO	FUNÇÃO
7	Liga/desliga o eletroímã
3	Receber o sinal elétrico do sensor 4
4	Receber o sinal elétrico do sensor 3
6	Receber o sinal elétrico do sensor 2
5	Receber o sinal elétrico do sensor 1

Fonte: Autor (2020)

4.3 Haste metálica

A parte estrutural do experimento é composta por um tripé de ferro com furo central para encaixe de varão de $\frac{1}{2}$ ", um varão de aço de $\frac{1}{2}$ " com 13 cm de comprimento, um tubo retangular de metalon (82 cm x 3 cm x 2 cm) e um barra chata de metalon (3 cm x 12 cm). Nessa estrutura são fixados 4 módulos sensor de obstáculo infravermelho IR, um eletroímã e uma trena. Na figura 17a e 17b temos as vistas lateral e frontal do experimento com a disposição dos componentes utilizados.

Figura 17 - Vistas do experimento (a) lateral e (b) frontal.



Fonte: Autor (2020).

⁸ Portas que só podem assumir dois estados: HIGH e LOW, ou seja, ligada (5 volts) e desligada (0 volts).

O tubo de metalon foi escolhido pois é facilmente encontrado em serralharias, é leve, maleável e por ser oco pode ser utilizado para “acomodar” os fios que energizam e levam o sinal dos sensores para o microcontrolador. O tripé foi encontrado no almoxarifado da escola, o varão e o tubo de metalon foram adquiridos em uma serralharia que também executou o serviço de solda.

4.4 Componentes eletrônicos específicos

A coleta dos dados experimentais será possível mediante a utilização de alguns componentes eletrônicos: módulo cartão micro SD, módulo sensor infravermelho de obstáculo reflexivo - sensor IR, eletroímã e módulo relé 5V 1 canal. Nas subseções a seguir abordaremos esses itens relatando o princípio de funcionamento e sua função no protótipo.

4.4.1 Módulo cartão micro SD

O módulo SD *card* Arduino, ver figura 18, é um módulo que possui um dispositivo para conexão de cartões de memória do tipo micro SD. Esse módulo se comunica com o Arduino utilizando a interface SPI (*Serial Peripheral Interface*) e através dele o microcontrolador é capaz de realizar a leitura e escrita de arquivos em formato FAT32.

Figura 18 - **Módulo cartão micro SD.**



Fonte: Autor (2020).

Apesar da comunicação entre módulo e interface acontecer com nível de tensão de 3,3 V o módulo possui um regulador de tensão que permite a ligação direta com as portas digitais do Arduino que trabalham com tensão de 5 V. O dispositivo possui 6 pinos: sendo 2 de alimentação (GND e VCC) e 4 de comunicação entre o mestre (Arduino) e o escravo (cartão): MISO, MOSI, SCK e CS.

- GND e VCC – Alimentação do módulo;
- CS (*Chip Select*) – Seleciona qual escravo receberá os dados;
- SCK (*Serial Clock*) – *Clock* de sincronização para transmissão de dados entre mestre e escravo;
- MISO (*Master IN Slave OUT*) – Dados do escravo para o mestre;
- MOSI (*Master OUT Slave IN*) – Dados do mestre para o escravo.

A programação do microcontrolador Arduino para essa integração é possível utilizando a biblioteca SD, previamente instalada na IDE. Na tabela 3 são apresentadas as conexões entre o microcontrolador Arduino e módulo cartão micro SD.

Tabela 3: Esquema de ligação dos pinos do módulo cartão micro SD.

PINO NO MÓDULO CARTÃO	PINO DO ARDUINO
GND	GND
VCC	5 V
MISO	12
MOSI	11
SCK	13
SS ou CS	10

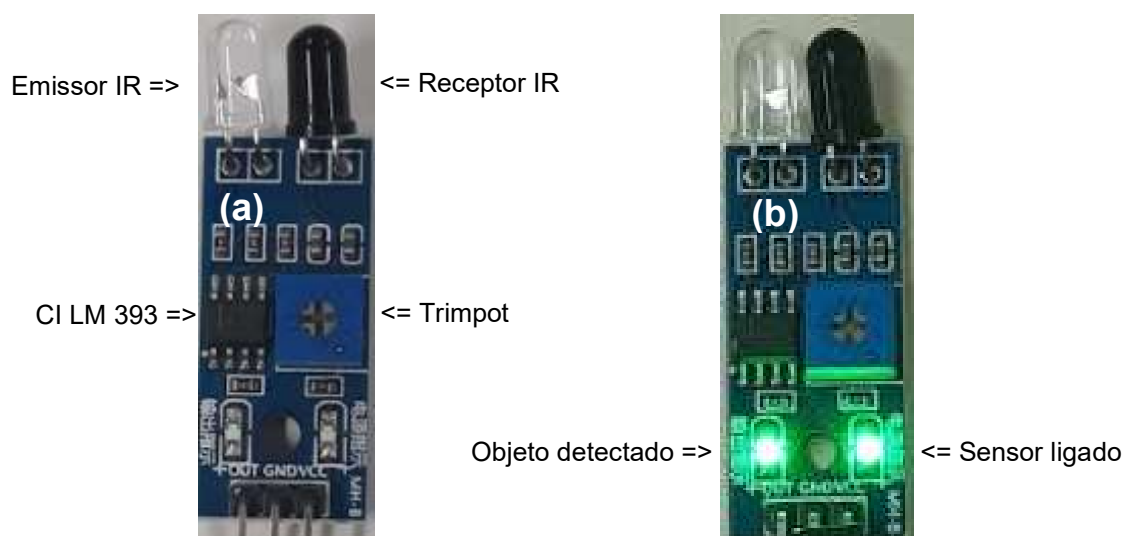
Fonte: Autor (2020)

Em nosso produto educacional o módulo cartão micro SD será utilizado para gravar, em um arquivo de extensão “.txt”, os tempos de queda da esfera, possibilitando que esses dados sejam trabalhados pelos alunos em outro momento. Dessa forma será possível reduzir o tempo de utilização do experimento e consequentemente atender um público maior no período de uma aula.

4.4.2 Módulo sensor infravermelho de obstáculo reflexivo – sensor IR

O sensor de obstáculo, mostrado na figura 19a e 19b, é composto por um emissor IR, um receptor IR, um potenciômetro e o CI comparador LM 393 para facilitar a conexão com o Arduino.

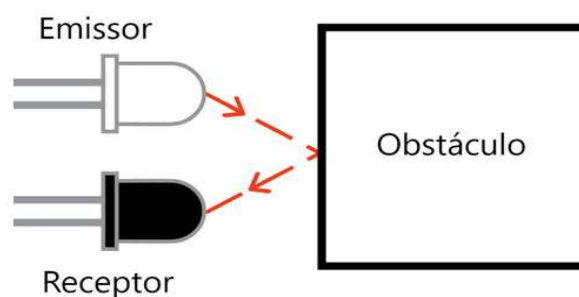
Figura 19 - **Sensor de obstáculo infravermelho IR (a) desligado e (b) detectando um objeto.**



Fonte: Autor (2020).

O princípio de funcionamento do sensor de obstáculo IR (ver figura 20) é simples: quando um obstáculo passa pelo sensor o sinal infravermelho emitido é refletido para o receptor. Quando isso acontece, o pino de saída *OUT* é colocado em nível baixo (0) e um LED do módulo é aceso indicando que um objeto foi detectado.

Figura 20 - **Funcionamento do sensor de obstáculo IR.**



Fonte: Autor (2020).

O sensor de obstáculo infravermelho foi escolhido por possuir alcance de até 80 cm com sensibilidade ajustada girando o *trimpot*. Além disso, possui baixo valor para aquisição se comparado com sensor indutivo (detector de metais).

4.4.3 Eletroímã

Eletroímã é um componente eletrônico com funcionalidade semelhante à de um ímã, porém sua ação magnética pode ser controlada (ligada ou desligada). A escolha do componente mostrado a seguir se deu diante de suas especificações:

- Eletroímã/solenoide 20 mm;
- Tensão de entrada: 9 – 12 VDC;
- Corrente: 0,25 A;
- Capacidade: 2,5 kg;
- Peso 24 g.

Na figura 21 apresentamos o eletroímã que compõe o projeto cuja características e especificações foram especificadas acima.

Figura 21 - **Solenoide.**



Fonte: Autor (2020).

4.4.4 Módulo relé 5V 1 canal

De acordo com as especificações técnicas do eletroímã ele necessita de tensão de alimentação entre 9 – 12 VDC para funcionar, porém o Arduino fornece tensão máxima na saída de 5 VDC. Dessa forma, faz-se necessária a utilização de um dispositivo eletrônico que atue fornecendo tensões maiores que a tensão fornecida por este microcontrolador, mas que possa ser controlado por uma de suas portas digitais. Diante disso, a solução encontrada foi a utilização de um módulo relé 5V 1 canal, ver figura 22, tal dispositivo é capaz de alimentar cargas com tensão de 30 VDC mas é controlado por sinais de 5 VDC.

Figura 22 - **Módulo relé 5 V – 1 canal.**



Fonte: Autor (2020).

O módulo mostrado acima possui três pinos, sendo dois para alimentação (VCC e GND) e um para controle (IN). Seu funcionamento é condicionado ao sinal injetado no pino IN:

- Se esse pino receber um sinal de nível alto (5 V) a bobina do relé não será energizada, o terminal comum (COM) do relé permanecerá em curto com a saída Normalmente Fechada (NC);
- Caso o pino IN receba um sinal de nível baixo (0 V) a bobina do relé será alimentada e a tensão no terminal Normalmente Aberto (NO) será a mesma do terminal comum.

Dessa forma, a liberação da esfera presa a solenoide poderá ser controlada através de uma das portas digitais do Arduino, mesmo ela fornecendo tensão de 5V em sua saída.

4.5 Interface gráfica

Interface gráfica é a demonstração virtual de um projeto. Através dela informações oriundas de sensores, variáveis e atuadores são exibidas na tela do computador, adequando-se as necessidades do usuário. Assim como KRUG (2000) *apud* LIMA, MATOS e MATOS (2010), concordamos que em uma interface não deve haver dúvidas ao executar as tarefas. As áreas de uma interface devem estar bem definidas para que possa haver uma boa interação humano-computador. A aplicação não pode gerar questionamentos ao usuário, pois quando acumuladas podem confundi-lo. Toda a solução visual deve estar bem definida para a percepção do

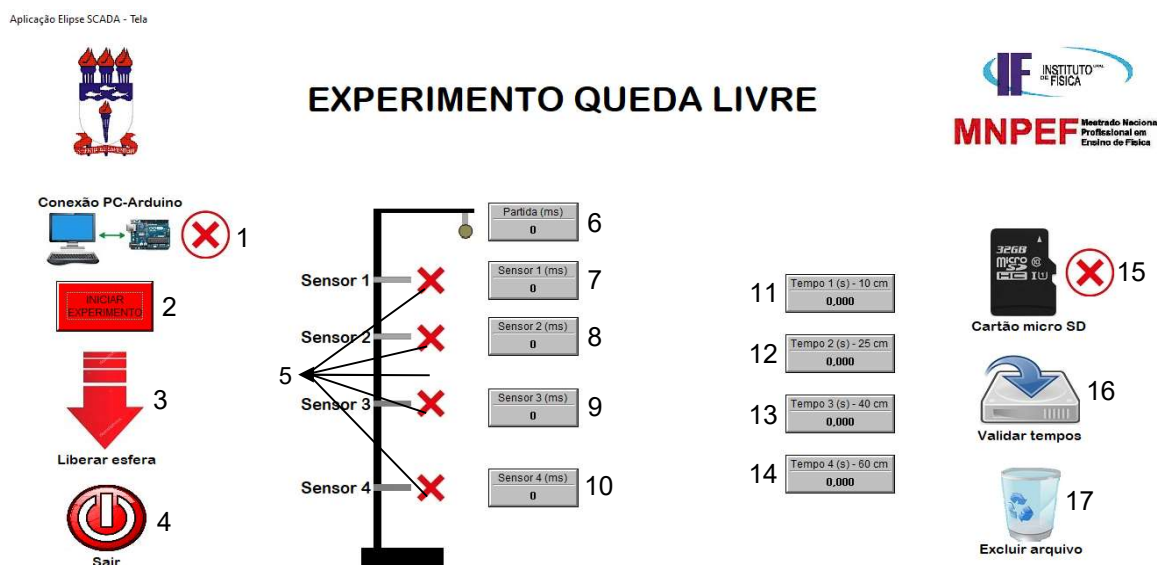
usuário, podendo assim acelerar o processo de navegação, tornando o sistema bem mais funcional e intuitivo.

Inúmeras ferramentas e linguagens de programação possibilitam a construção de aplicações supervisórias, entre elas optamos pelo *software* Elipse SCADA. Frequentemente utilizando no campo da engenharia de automação e controle esse programa é utilizado no desenvolvimento de sistemas de monitoramento de plantas industriais, entre suas principais vantagens destacamos:

- Plataforma gratuita;
- Não utiliza linguagem de programação específica;
- Possibilita animação;
- Comunica-se com o Arduino através do protocolo MODBUS (que possui biblioteca disponível).

Seguindo os pressupostos acima elencados, foi desenvolvida uma interface para que os alunos acompanhem pelo computador todo funcionamento do experimento, identificando possíveis falhas e realizando a atividade prática através dos botões virtuais. Na figura 23 é apresentada a interface de supervisão desenvolvida utilizando o *software Elipse SCADA* bem como a descrição dos itens presentes nela.

Figura 23 - Tela da interface com numeração dos botões e *displays*.



Fonte: Autor (2020).

Na tabela 4 apresentamos a legenda das funções numeradas na figura 23.

Tabela 4: Legenda das funções enumeradas na figura 23 (interface).

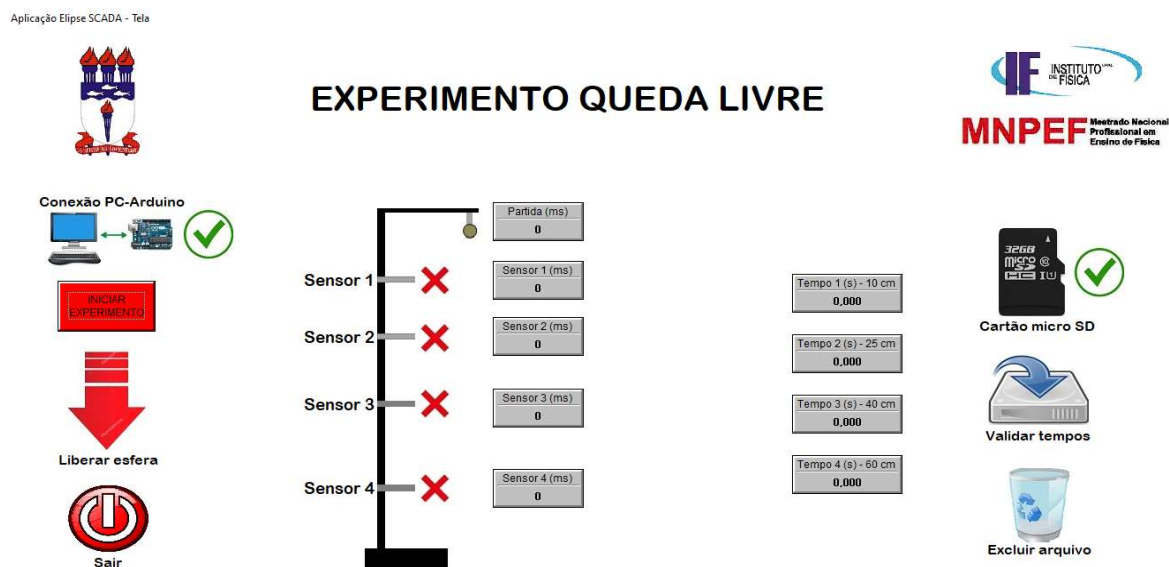
NÚMERO	NOME	FUNÇÃO
1	Conexão Interface - Arduino	Verifica se a conexão interface – Arduino foi estabelecida
2	Iniciar experimento	Zera os tempos e energiza o eletroímã
3	Liberar esfera	Desliga o eletroímã, liberando a esfera
4	Sair	Sai da aplicação
5	Indicadores dos sensores	Indica se os sensores detectaram a passagem da esfera
6	Tempo (em ms) que a esfera foi liberado solenoide.	Exibe o tempo que a esfera foi liberada do eletroímã
7	Tempo (em ms) que a esfera foi detectada pelo sensor 1	Exibe o tempo que a esfera foi detectada pelo sensor 1
8	Tempo (em ms) que a esfera foi detectada pelo sensor 2	Exibe o tempo que a esfera foi detectada pelo sensor 2
9	Tempo (em ms) que a esfera foi detectada pelo sensor 3	Exibe o tempo que a esfera foi detectada pelo sensor 3
10	Tempo (em ms) que a esfera foi detectada pelo sensor 4	Exibe o tempo que a esfera foi detectada pelo sensor 4
11	Tempo 1 – 10 cm	Tempo da partida até o sensor 1 (em segundos)
12	Tempo 2 – 25 cm	Tempo da partida até o sensor 2 (em segundos)
13	Tempo 3 – 40 cm	Tempo da partida até o sensor 3 (em segundos)
14	Tempo 4 – 60 cm	Tempo da partida até o sensor 4 (em segundos)
15	Verifica cartão micro SD	Verifica se o cartão micro SD foi iniciado
16	Valida tempos	Exporta os tempos para o arquivo criado no cartão micro SD
17	Exclui arquivo	Exclui o arquivo do cartão SD

Fonte: Autor (2020).

4.5.1 Funcionamento

Ao iniciar o programa o usuário observará a janela mostrada na figura 24.

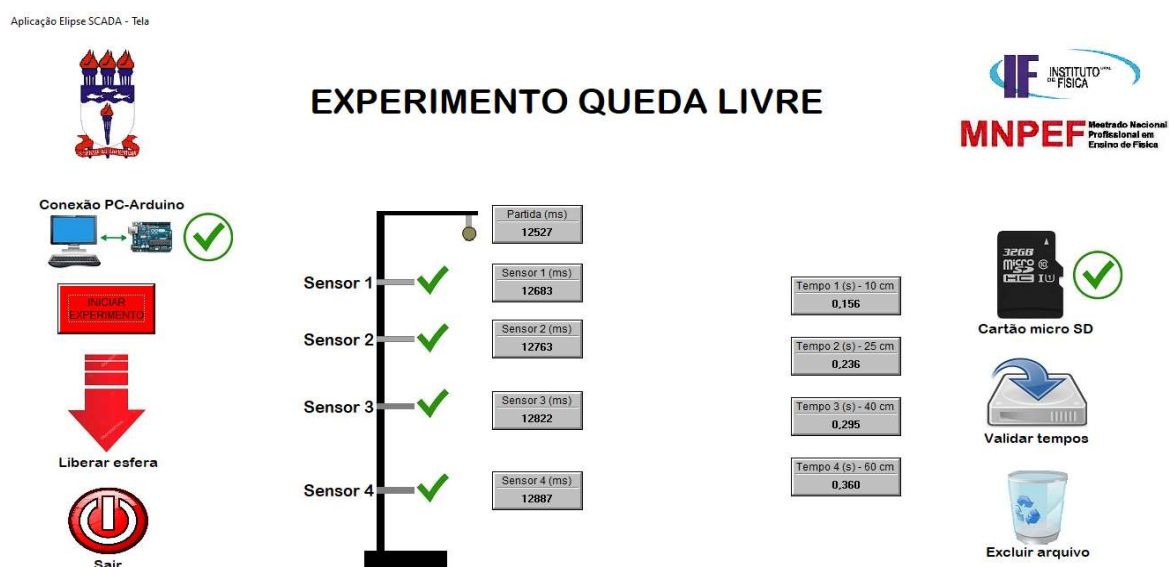
Figura 24 - Tela da interface ao iniciar a aplicação.



Fonte: Autor (2020).

A figura 24 indica que a conexão entre o Arduino e a interface foi estabelecida e o cartão micro SD foi reconhecido. Após essa verificação o usuário pode posicionar a esfera de metal no centro do eletroímã e realizar o experimento clicando no botão liberar esfera. Para que um evento seja considerado válido, os sensores 1, 2, 3 e 4 devem detectar a passagem da esfera, ver figura 25.

Figura 25 - Interface indicando a realização de um evento.



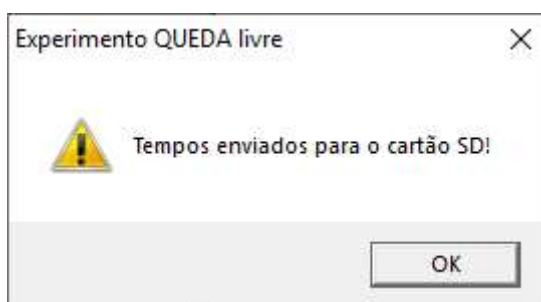
Fonte: Autor (2020).

Note na figura 25 que a esfera foi detectada pelos sensores e os respectivos tempos indicados nos *displays* ao lado de cada sensor. Além disso, os displays tempo 1, tempo 2, tempo 3 e tempo 4 indicam o tempo que a esfera levou para percorrer as respectivas distâncias, onde:

- ✓ Tempo 1 = tempo_{sensor 1} – tempo_{partida}
- ✓ Tempo 2 = tempo_{sensor 2} – tempo_{partida}
- ✓ Tempo 3 = tempo_{sensor 3} – tempo_{partida}
- ✓ Tempo 4 = tempo_{sensor 4} – tempo_{partida}

Ao concluir um lançamento, o aluno pode validar os tempos obtidos clicando no botão validar tempos. Realizando essa ação os tempos obtidos serão gravados no cartão micro SD e uma janela de confirmação será exibida, conforme figura 26.

Figura 26 - Janela informando que os tempos foram enviados para o cartão micro SD.

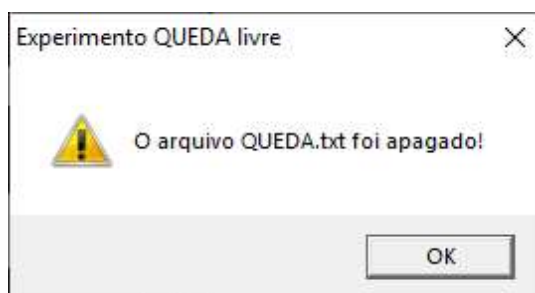


Fonte: Autor (2020).

Ao receber a confirmação que os tempos foram validados o usuário deverá clicar no botão iniciar experimento, aguardar que seja mostrada a janela da figura 24 e realizar um novo lançamento. Ao concluir a quantidade de lançamentos desejados o cartão de memória deverá ser retirado do módulo e inserido em um computador. Nele será encontrado o arquivo “QUEDA.txt” com os tempos de todos os lançamentos validados.

Se o experimento não dispuser de um cartão de memória ou o cartão inserido estiver danificado a atividade poderá ser realizada, mas os tempos de cada evento deverão ser anotados. Antes de iniciar o primeiro lançamento do experimento o aluno deverá certificar-se que não existe o arquivo QUEDA.txt no cartão de memória. Para isso ele deve clicar no ícone excluir arquivo e aguardar a janela de confirmação (figura 27).

Figura 27 - Janela de confirmação que o arquivo foi apagado.



Fonte: Autor (2020).

Além de disponibilizar os tempos obtidos pelo Arduino a interface foi desenvolvida para alertar eventuais problemas. Dessa forma, isso foi possível reduzir a quantidade de fios e o custo do protótipo, pois não houve necessidade de utilizar *LEDs* e/ou *buzzers* para emissão de alertas/avisos.

4.6 Custo do projeto

Nesta subseção serão mostrados os custos para construção do experimento de queda livre apresentado nesse trabalho. Os preços indicados correspondem a uma pesquisa realizada em *sites* especializados na venda de equipamentos eletrônicos no mercado nacional. Na tabela 5 são discriminados os itens e seus respectivos valores.

Tabela 5: Orçamento para construção do experimento.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
1	Estrutura metálica	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
2	Arduino UNO R3 + cabo USB	1	R\$ 34,90	R\$ 34,90
3	Eletroímã (solenóide) ⁹	1	R\$ 54,89	R\$ 54,89
4	Sensor de obstáculo reflexivo IR	4	R\$ 9,90	R\$ 39,60
5	Módulo cartão micro SD	1	R\$ 9,99	R\$ 9,99
6	Módulo relé 5 V – 1 canal	1	R\$ 9,90	R\$ 9,90
TOTAL				R\$ 159,28

Fonte: Autor (2020)

⁹ Não disponível no mercado local (Alagoas). Frete com valor aproximado de R\$ 50,00.

4.7 Concepções histórico-teóricas acerca da Queda Livre dos Corpos

Nesta seção pretendemos situar historicamente sobre as discussões de Galileu acerca da queda livre dos corpos além demonstramos analiticamente as equações de movimento que possibilitam determinar o valor da aceleração da gravidade. Por fim, discutiremos a energia associada ao movimento (energia cinética), a energia associada a um sistema partícula-Terra (energia potencial gravitacional) e o princípio da conservação da energia mecânica.

4.7.1 Galileu e a queda dos corpos

Objetos em queda é um evento comum visto praticamente todos os dias. Quando descrevemos esse tipo de movimento e o consideramos nas proximidades da superfície da Terra, a resistência do ar pode ser desprezada. Desse modo, é válida a suposição que a aceleração do objeto seja causada exclusivamente pela ação da gravidade. Nessas condições, o movimento é denominado **movimento de queda livre**.

Para Aristóteles (século IV a.C.), quanto mais pesado um corpo mais depressa ele cai: uma pedra cai bem mais depressa que uma gota de chuva. Tal afirmação estava alicerçada em observações qualitativas e tornou-se regra durante vinte séculos.

Galileu Galilei (1564 – 1642) verificou experimentalmente, de forma quantitativa, se as ideias de Aristóteles eram válidas.

“Aristóteles diz que “uma bola de ferro de cem libras, caindo de cem cúbitos¹⁰ de altura, atinge o solo antes que uma bala de uma libra caído de um só cúbito”. Eu digo que chegam ao mesmo tempo. Fazendo a experiência, você verifica que a maior precede a menor por dois dedos, ou seja, quando a maior chegar ao solo, a outra está a dois dedos de altura; você não pode querer esconder nesses dois dedos os noventa e nove cúbitos de Aristóteles...”. (NUSSENZVEIG, p. 56, 2017).

Galileu define o movimento uniformemente acelerado como aquele em que ocorrem incrementos iguais de velocidade em tempos iguais. Para resolver dificuldades na construção de um experimento direto de queda livre Galileu construiu

¹⁰ 1 cúbito equivalia a cerca de 45 a 50 cm.

um aparato experimental utilizando um plano inclinado. Substituindo medidas da velocidade em função do tempo ele mostrou que a distância percorrida pelo objeto cresce com o quadrado do tempo. Em um dos seus livros, Galileu (representado por Salviati) descreve essa experiência:

“Foi tomada uma prancha de madeira, de cerca de 12 cúbitos de comprimento, meio cúbito de largura e três dedos de espessura; na beira dela, foi escavada uma canaleta de pouco mais de um dedo de largura; tendo feito uma canaleta bem reta, lisa e polida, e tendo-a forrado com pergaminho, também tão liso e polido como possível, fizemos rolar ao longo dela uma bola de bronze dura, lisa e bem redonda. Tendo colocado a prancha numa posição inclinada, elevando uma extremidade um ou dois cúbitos acima da outra, rolando a bola, como estava dizendo, ao longo da canaleta, anotando, da forma que vamos descrever, o tempo necessário para a descida. [...]”. “Tendo executado esta operação e tendo-nos assegurado de que resultado merecia confiança, fizemos rolar a bola de apenas 1/4 do comprimento da canaleta; e tendo medido o tempo de descida, encontramos precisamente a metade do tempo anterior. Tentamos a seguir outras distâncias, comparando o tempo para o comprimento total com aquele para a metade, ou 2/3, ou 3/4, ou qualquer outra fração; em tais experiências, repetidas cem vezes, sempre encontramos que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos, e que isto valia para qualquer inclinação do plano, ou seja, da canaleta, ao longo do qual fazíamos rolar a bola... [...]”. (NUSENZVEIG, p. 57, 2017).

O movimento de queda livre de um corpo solto ocorre quando a resistência do ar é desprezada. A aceleração desse movimento é a mesma para qualquer corpo, definida como aceleração da gravidade ($\vec{g}$) e seu valor na Terra é aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$.

4.7.2 Equações de movimento de um corpo em queda livre

Um movimento retilíneo chama-se uniformemente acelerado quando a aceleração instantânea é constante em todo o intervalo de tempo avaliado. Assim:

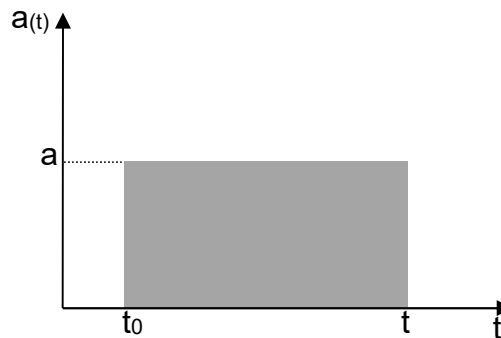
$$\frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = a = \text{constante} \quad (1)$$

Se considerarmos o movimento durante um intervalo de tempo $[t_0, t]$, onde t_0 é o tempo inicial, obtemos:

$$v(t) - v(t_0) = \int_{t_0}^t a \, dt = a(t - t_0) \quad (2)$$

A equação 2 é a área do retângulo sombreado, mostrado na figura 28.

Figura 28 - **Variação da velocidade como área.**



Fonte: Autor (2020).

Iremos definir $v_{(t_0)} = v_{(0)}$ e chamaremos de velocidade inicial. Da equação (2) obtemos a equação (3) mostrando que a velocidade é função linear do tempo no movimento uniformemente acelerado.

$$v_t = v_0 + a(t - t_0) \quad (3)$$

Assim seguir demonstraremos as demais equações do movimento uniformemente acelerado. Utilizando a regra da cadeia na equação (1) obtemos a equação (4):

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

A velocidade em um instante de tempo é dada a partir da velocidade média fazendo o intervalo de tempo Δt tender a 0.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (5)$$

Substituindo a equação 5 na equação 4 obteremos:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} v \quad (6)$$

A equação 6 pode ser escrita da seguinte forma:

$$a dx = v dv \quad (7)$$

Integrando a equação 7 entre os limites x_0 e x e v_0 e v :

$$\int_{x_0}^x a dx = \int_{v_0}^v v dv \quad (8)$$

Como a aceleração é constante, o termo a sai da integral. A equação 8 fica:

$$a \int_{x_0}^x dx = \int_{v_0}^v v dv \quad (9)$$

Resolvendo as integrais da equação 9 obteremos a equação da velocidade no movimento uniformemente acelerado em função da posição (equação 12).

$$a(x - x_0) = \frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} = \frac{1}{2}(v^2 - v_0^2) \quad (10)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \quad (11)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (12)$$

Elevando a equação 3 ao quadrado temos:

$$[v_t = v_0 + a(t - t_0)]^2 \quad (13)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2v_0a(t - t_0) + a^2(t - t_0)^2 \quad (14)$$

Substituindo a equação 14 na equação 12 encontramos a lei horária do movimento retilíneo uniformemente acelerado (equação 18).

$$v_0^2 + 2v_0a(t - t_0) + a^2(t - t_0)^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (15)$$

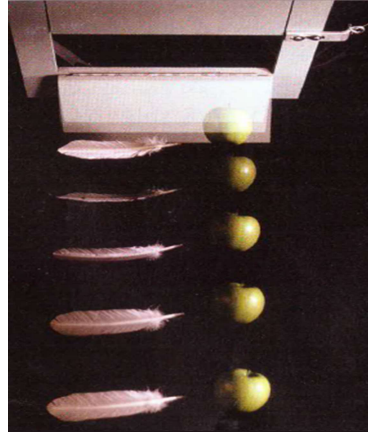
$$v_0(t - t_0) + \frac{a(t - t_0)^2}{2} = (x - x_0) \quad (16)$$

$$x - x_0 = v_0(t - t_0) + \frac{a}{2}(t - t_0)^2 \quad (17)$$

$$x_{(t)} = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 \quad (18)$$

A queda livre dos corpos nas proximidades da superfície da Terra é caracterizada por um movimento com aceleração constante. Dessa forma, as equações apresentadas anteriormente podem ser aplicadas a esse tipo de evento, mas vale ressaltar que na queda livre os corpos descrevem trajetória exclusivamente vertical e os efeitos da resistência do ar são desprezados. A figura 29 mostra um exemplo clássico de aceleração com queda livre através de uma série de fotos estroboscópicas de uma pena e uma maçã.

Figura 29 - Ilustração da queda livre de objetos com massas diferentes.



Fonte: Halliday *et. al.* (2008).

Em queda livre, geralmente, escolhemos o eixo y (coordenadas cartesianas) como o eixo do movimento. Seu vetor unitário $\hat{j}$ apontando para cima. Assim:

$$\vec{a} = -g\hat{j} \quad (19)$$

Como na queda livre o movimento se dá com aceleração constante, podemos reescrever as equações 3, 12 e 18 substituindo $a = -g$ e mudando a coordenada x para y :

$$v_{(t)} = v_0 - gt \quad (20)$$

$$v^2 = v_0^2 - 2g(y - y_0) \quad (21)$$

$$y_{(t)} = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (22)$$

4.7.3 Teorema do Trabalho-Energia Cinética

Considere uma partícula de massa m que se move ao longo do eixo x quando sujeita a uma força $F(x)$ paralela ao eixo x . O trabalho realizado por essa força para um deslocamento no eixo x de x_i à x_f é dado por:

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx = \int_{x_i}^{x_f} ma dx \quad (23)$$

$$ma dx = m \frac{dv}{dt} dx \quad (24)$$

Aplicando a regra da cadeia no termo $\frac{dv}{dt}$ da equação 24 e substituindo o resultado na equação 23 obtemos:

$$W = \int_{v_i}^{v_f} mv \, dv = m \int_{v_i}^{v_f} v \, dv = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (25)$$

Como a energia cinética K é dada por $\frac{1}{2}mv^2$ a equação 25 é reescrita como:

$$W = K_f - K_i = \Delta K \quad (26)$$

4.7.4 Energia Potencial Gravitacional

Considere um corpo de massa m se movimentando próximo a superfície da Terra. Adotando o sistema de coordenadas cartesianas com o eixo y orientado para cima temos:

$$F_y = -mg; F_z = F_x = 0$$

A equação 23, considerando agora um deslocamento ao longo do eixo y , fica:

$$W = \int_i^f F(y) \, dy = \int_i^f -mg \, dy \quad (27)$$

Resolvendo a integral da equação 27 obtemos:

$$W = -mg \int_i^f dy = -mg(y_f - y_i) \quad (28)$$

Quando uma força conservativa realiza trabalho W sobre uma partícula, a variação da energia potencial associada ao sistema é o negativo do trabalho realizado.

$$\Delta U = -W \quad (29)$$

Substituindo a equação 29 na equação 26, encontramos a variação da energia potencial nesse sistema:

$$\Delta U = -[-mg(y_f - y_i)] = mg(y_f - y_i) = mg\Delta y \quad (30)$$

A equação 30 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$U - U_i = mg(y - y_i) \quad (31)$$

Consideramos U_i como a energia potencial gravitacional quando a partícula se encontra no ponto de referência do sistema, nesse caso particular no ponto y_i . No ponto de referência definimos $U_i = 0$ e $y_i = 0$, tornando a equação 31 em:

$$U(y) = mgy \quad (32)$$

A equação 32 nos diz que a energia potencial gravitacional em sistema partícula-Terra depende da posição vertical da partícula (nesse caso chamada de y) em relação a sua posição de referência, ou seja, quando $y = 0$.

4.7.5 Princípio da Conservação de Energia Mecânica

A energia mecânica E_m de um sistema é a soma da energia cinética K dos objetos com a energia potencial U , assim:

$$E_m = K + U \quad (33)$$

Combinando as equações 26 e 29 temos:

$$\Delta K = -\Delta U \quad (34)$$

A equação 34 pode ser rescrita da seguinte forma:

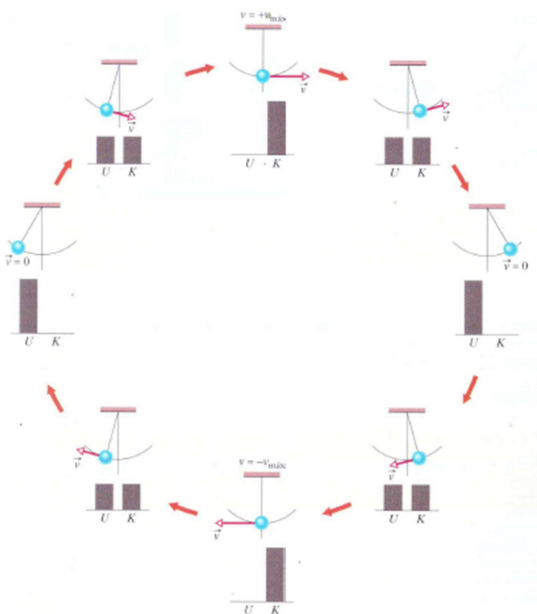
$$K_f - K_i = -(U_f - U_i) \quad (35)$$

Dessa forma obtemos a expressão que traduz matematicamente o Princípio da Conservação da Energia Mecânica:

$$K_f + U_f = K_i + U_i \quad (36)$$

A equação 36 nos diz que a soma de K e U para um estado do sistema é igual a soma de K e U para outro estado do sistema. Em um sistema que apenas atuam forças conservativas a energia cinética e a energia potencial podem variar, mas a energia mecânica do sistema permanece a mesma. A figura 30 apresenta as variações da energia cinética (K) e da energia potencial gravitacional (U) no movimento de um pêndulo.

Figura 30 - Variações das energias no movimento de um pêndulo.



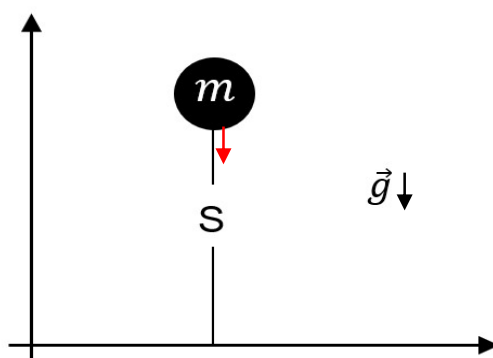
Fonte: Halliday *et. al.* (2008).

Quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos relacionar a soma da energia cinética com a energia potencial em um instante à soma em outro instante sem levar em conta o movimento intermediário e sem calcular o trabalho realizado pelas forças envolvidas. (HALLIDAY *et. al.* pag. 188, 2008).

4.8 Aplicando a Física no experimento de queda livre – Calculando o valor da gravidade.

Na figura 31 representamos um pequeno corpo de massa m , inicialmente em repouso, localizado a uma altura S (com $S \ll \text{raio da Terra}$) em relação ao solo.

Figura 31 - Representação do movimento de queda livre.



Fonte: Autor (2020).

Aplicando a equação 22 no sistema apresentado na figura 31, com eixo vertical orientado para cima, obtemos:

$$-S = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (37)$$

Inicialmente o corpo encontra-se em repouso ($v_0 = 0$), tornando a equação 37 em:

$$S = \frac{1}{2} g t^2 \quad (38)$$

Finalmente, isolando a aceleração da gravidade g na equação 38, encontramos a seguinte equação:

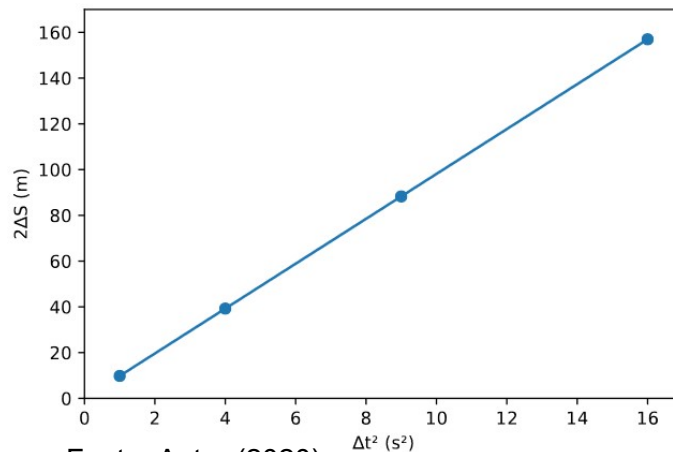
$$g = \frac{2S}{t^2} \quad (39)$$

Fracionando a distância S em intervalos ΔS que serão percorridos por intervalos de tempo Δt :

$$g = \frac{2\Delta S}{\Delta t^2} \quad (40)$$

Analisando o movimento repetidas vezes, sempre partindo do ponto inicial (objeto em repouso) conseguimos determinar o valor da aceleração da gravidade a partir da equação 40, medindo intervalos de tempos que o móvel leva para percorrer as distâncias ΔS . Construindo o gráfico $2\Delta S$ em função de Δt^2 obtém-se uma reta (ver figura 32) cujo coeficiente angular é igual ao valor da aceleração da gravidade local (conforme equação 40).

Figura 32 - **Gráfico $2\Delta S \times \Delta t^2$ ideal da queda livre de um objeto.**

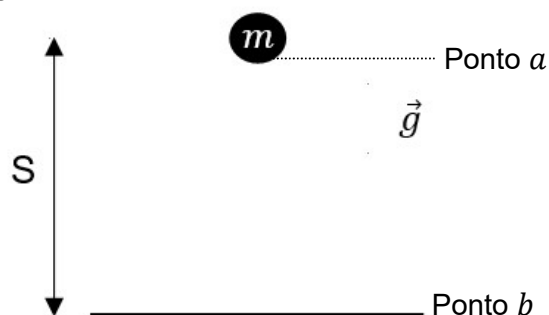


Fonte: Autor (2020).

4.9 Aplicando a Física no experimento de queda livre – Comprovando o princípio da Conservação da Energia Mecânica

Considere um corpo abandonado do repouso de uma altura S em relação ao solo (figura 33). Nesse caso a única força que realiza trabalho sobre o corpo é a força gravitacional, que por ser uma força conservativa podemos considerar o sistema corpo-Terra como sistema isolado. Assim, temos uma força conservativa realizando trabalho em um sistema isolado, isso nos permite aplicar o princípio da conservação da energia mecânica. Por conveniência iremos adotar como ponto a o local que o corpo é abandonado (altura máxima) e ponto b o nível do solo.

Figura 33 - Sistema isolado corpo-Terra.



Fonte: Autor (2020).

Dessa forma podemos definir E_{Ma} como a energia mecânica quando o objeto encontra-se em repouso e E_{Mb} a energia mecânica quando o corpo atinge o solo. Aplicando a nova nomenclatura na equação 36 temos:

$$K_b + U_b = K_a + U_a \quad (41)$$

No ponto a o corpo está em repouso, como sua velocidade é nula não existe energia cinética nesse ponto. Ao atingir o solo (ponto b) toda energia será cinética, pois a altura será 0. Assim temos:

$$K_b = U_a \quad (42)$$

A abordagem matemática percorrida nesse capítulo será aplicada a ferramenta educacional sugerida nesse trabalho. No próximo capítulo apresentaremos o lócus da pesquisa, os sujeitos envolvidos e os procedimentos metodológicos utilizados na aplicação do produto educacional.

5. METODOLOGIA

Neste capítulo apresentaremos a metodologia utilizada na aplicação e verificação da viabilidade desse produto educacional. A proposta metodológica foi aplicada em dois momentos a um grupo de alunos da rede pública de ensino do Estado de Alagoas.

5.1 O lócus da pesquisa

A aplicação e validação do experimento didático que originou este trabalho aconteceu na Escola Estadual Ana Lins, apresentada na figura 34. A escola (INEP 27043622) foi constituída pelo ex governador Muniz Falcão em 02 de maio de 1970 e está localizada na rua Senador Máximo – 130, centro da cidade de São Miguel dos Campos/AL.

A Escola Estadual Ana Lins possui área total de 5500 m² dividida em quatorze salas de aula, sala da direção, secretaria, biblioteca, sala dos professores, sala de vídeo, laboratório de informática, auditório, laboratório de robótica, sala da articulação pedagógica, cantina, sala do grêmio, laboratório de Ciências e quadra de esportes.

Figura 34 - **Escola Estadual Ana Lins.**



Fonte: Autor (2020).

No corrente ano, a escola oferece a comunidade local o ensino médio nas modalidades regular (matutino e vespertino) e EJA (noturno), totalizando 1047 alunos matriculados. Na tabela 6 observamos o quantitativo de alunos matriculados

por série e por turno no ensino médio regular, enquanto na tabela 7 são apresentados os matriculados por período na EJA.

Tabela 6: Alunos matriculados no ensino médio regular em 2020.

		TURMA "A"	TURMA "B"	TURMA "C"	TURMA "D"	TURMA "E"
1º ANO	Matutino	39	37	39	38	37
	Vespertino	34	33	35	33	-
2º ANO	Matutino	42	42	41	40	-
	Vespertino	36	32	38	-	-
3º ANO	Matutino	35	35	35	35	-
	Vespertino	47	-	-	-	-

Fonte: Autor (2020).

Tabela 7: Alunos matriculados EJA em 2020.

	TURMA "A"	TURMA "B"	TURMA "C"
1ºPERÍODO	40	42	-
2ºPERÍODO	43	-	-
3ºPERÍODO	38	32	35
4ºPERÍODO	34	-	-

Fonte: Autor (2020).

A escolha desta instituição se deu diante de alguns fatores, entre eles podemos destacar:

- ✓ A escola possui laboratório de informática com 15 computadores novos;
- ✓ Possui laboratório de robótica e recentemente adquiriu *kits* Arduino;
- ✓ Existe um programa de monitoria que os alunos monitores auxiliam os professores em atividades no laboratório de Ciências.

Assim sendo, a estrutura física, a organização e o ambiente escolar tornaram a Escola Estadual Ana Lins um ambiente propício para aplicação e validação deste projeto.

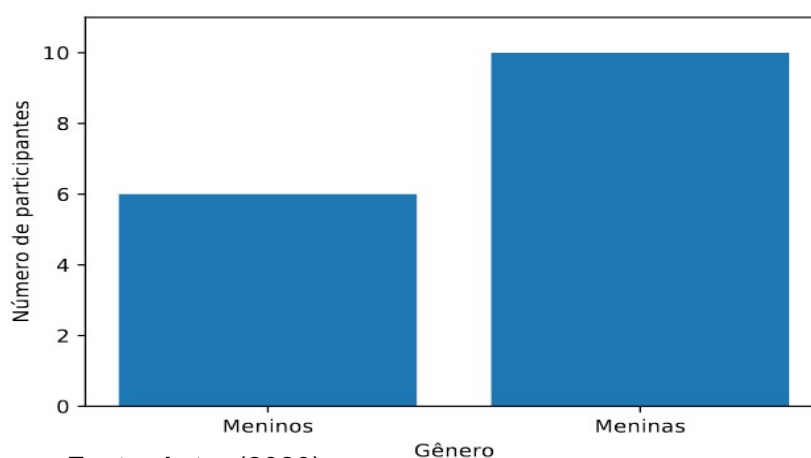
5.2 Os alunos participantes

Participaram da prática experimental 16 alunos (ver figura 35), matriculados nas 2ª e 3ª séries do Ensino Médio Regular, com idade média de aproximadamente

16 anos. O convite levou em consideração algumas características observadas nos alunos durante o ano letivo de 2019, entre elas evidenciamos:

- ✓ Responsabilidade e compromisso com atividades extraclasse;
- ✓ Senso crítico;
- ✓ Capacidade de realizar tarefas em grupo;
- ✓ Pontualidade;
- ✓ Assiduidade.

Figura 35 - **Participantes na aplicação do produto (gênero).**



Fonte: Autor (2020).

O número reduzido de alunos nesta etapa foi devido a disponibilidade de apenas um *kit* experimental. Além disso, a escola não possui técnicos de laboratório e durante a execução do trabalho os alunos monitores de Física não auxiliaram na prática experimental e análise dos dados obtidos, ficando tal tarefa na responsabilidade do autor deste trabalho.

5.3 Aplicação do produto educacional

A proposta de aplicação foi desenvolvida durante uma tarde, porém em dois momentos: o primeiro momento, com duração de 120 minutos, foi realizado na sala de vídeo. Já o segundo momento, com duração total de 180 minutos, foi executado na sala de informática.

5.3.1 1º momento da aplicação: atividades pré-experimentação

Antes de proceder com a realização da atividade experimental foram necessárias duas aulas para que os alunos fossem inseridos no contexto do experimento de queda livre e apresentados as ferramentas necessárias para execução da proposta idealizada. Na tabela 8 apresentamos cada etapa deste momento.

Tabela 8: Atividades pré-experimentação.

ATIVIDADE	OBJETIVOS	DURAÇÃO
Contextualização	- Contexto histórico do experimento; - Ilustração da queda livre (vídeos); - Revisão matemática: média e gráficos; - Equações de movimento.	60 min
Utilização do Microsoft Excel®	- Ensinar a obter a média aritmética; - Calcular a inclinação de uma reta; - Construção de gráficos.	20 min
Apresentação do experimento: interface + protótipo	- Mostrar a construção do experimento; - Manipulação da interface; - Obtenção dos dados.	20 min
Dúvidas	Responder as dúvidas.	20 min

Fonte: Autor (2020)

A aplicação teve início com a apresentação de um texto motivador que relata o contexto histórico do experimento de queda livre seguida de dois vídeos que mostram a queda dos corpos em ambientes que não possuem a resistência do ar (câmara de vácuo e Lua-Missão Apollo XV).

Para execução da atividade proposta pelo roteiro experimental (apêndice A) foram revisados alguns tópicos de matemática básica: média aritmética, construção de gráficos e introduzida a ideia de inclinação da reta.

No tratamento e manipulação dos dados optamos por um *software* amplamente difundido e de fácil operação, então elegemos o *Microsoft Excel®* como ferramenta facilitadora para cálculos e análises. Na figura 36 ilustramos o momento que os alunos conhecimentos básicos dessa planilha eletrônica.

Figura 36 - **Apresentação das funções básicas do *Microsoft Excel®*.**



Fonte: Autor (2020).

Após a apresentação teórica do experimento e da solução computacional facilitadora para realização dos cálculos os discentes conheceram o aparato experimental desenvolvido e acompanharam uma simples demonstração do funcionamento da interface de controle e obtenção dos dados, ver figura 37.

Figura 37 - **Apresentação da interface do usuário.**



Fonte: Autor (2020).

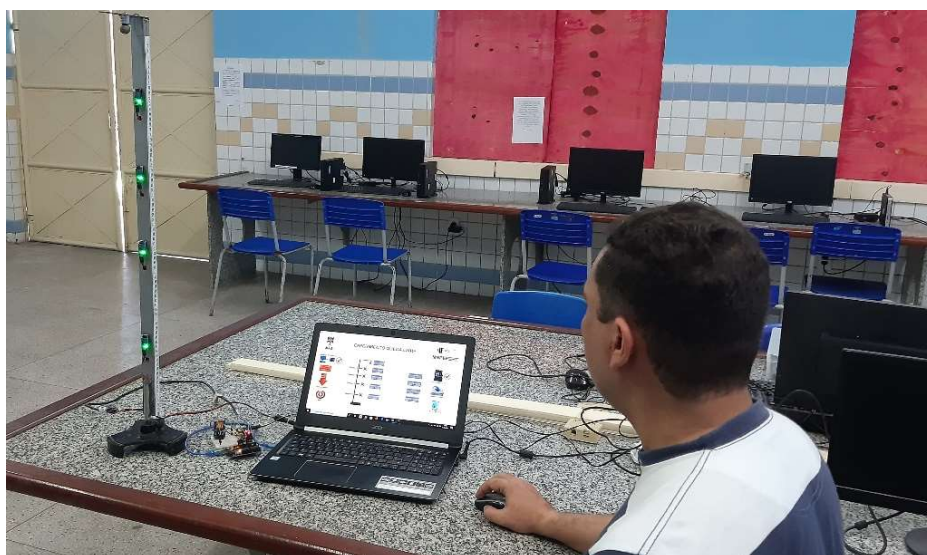
Concluídas as exposições, os participantes puderam expor suas dúvidas acerca das equações de movimento, operações matemáticas básicas, comandos do *Microsoft Excel®* e da manipulação do experimento. Por fim, os alunos foram divididos em 8 duplas (definidas nesse trabalho como D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 e

D8) e levados à sala de informática para o segundo momento da proposta de aplicação.

5.3.2 2º momento da aplicação: atividade prática de experimentação

O segundo momento foi iniciado com a demonstração de um evento utilizando a estrutura completa do produto educacional (parte física + interface), obedecendo as instruções do roteiro experimental, ver figura 38.

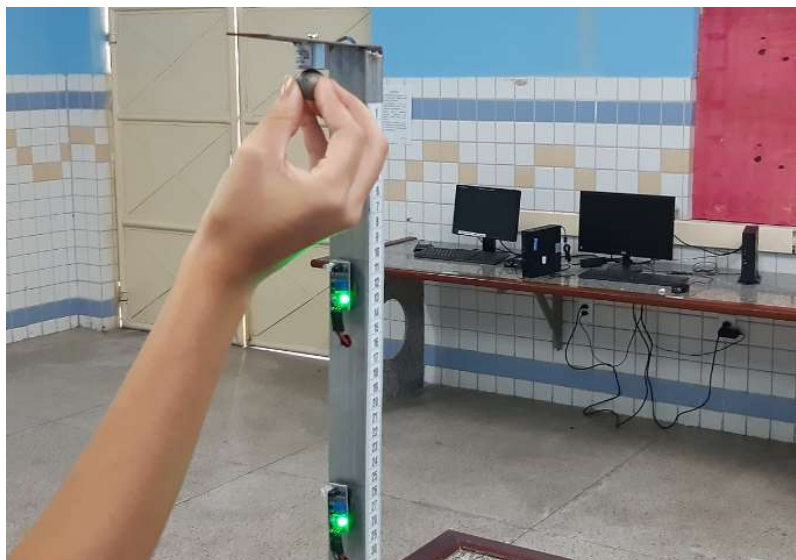
Figura 38 - **Experimento pronto para realizar a queda da esfera.**



Fonte: Autor (2020).

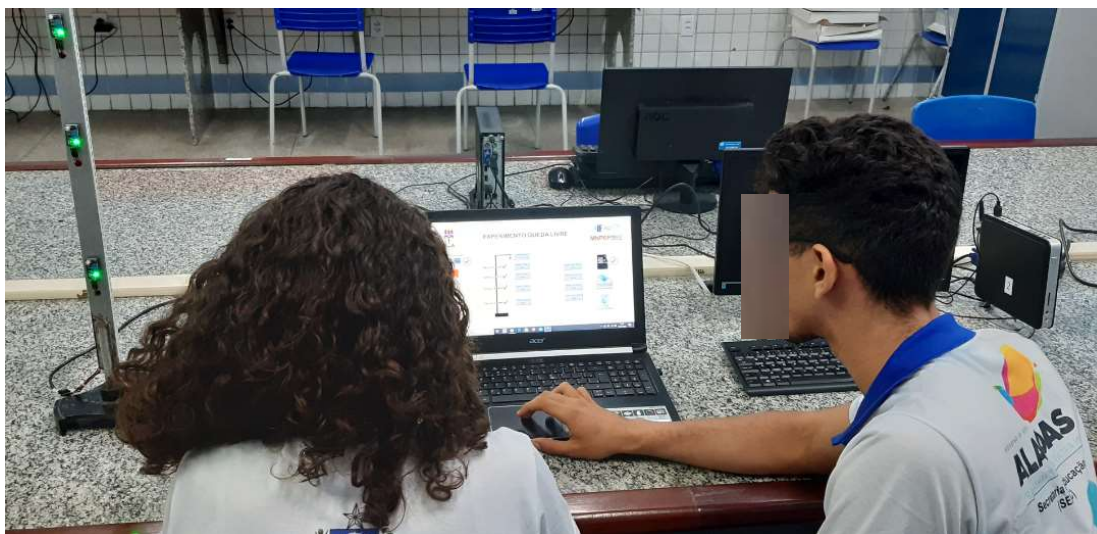
Em seguida, cada dupla realizou a atividade experimental seguindo a sequência estabelecida pelo roteiro de procedimentos: um aluno(a) ficou responsável pelo alinhamento da haste metálica e posicionamento da esfera para novos lançamentos (ver figura 39). Enquanto isso, seu companheiro(a) manipulava a interface gráfica e coletava os tempos obtidos (ver figura 40). O par de alunos realizou 10 lançamentos, em cada lançamento são obtidos quatro tempos, totalizando 40 tempos apurados.

Figura 39 - **Posicionamento da esfera.**



Fonte: Autor (2020).

Figura 40 - **Alunos manipulando a interface e analisando os tempos obtidos.**



Fonte: Autor (2020).

Ao concluir os lançamentos os alunos utilizaram os computadores do laboratório de informática para manipulação dos dados no intuito de encontrar o valor experimental da aceleração da gravidade local e, em seguida, comprovar a veracidade do Princípio da Conservação da Energia Mecânica.

No próximo capítulo iremos apresentar os resultados obtidos pelos alunos, suas opiniões acerca da atividade experimental e discutir a proposta apresentada ao longo desse trabalho.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo descrevemos, através de tabelas e gráficos, os resultados experimentais obtidos pelos alunos após a coleta e manipulação dos dados. Em seguida, apresentaremos os relatos dos estudantes, coletados através da aplicação de um questionário de satisfação que foi respondido após a conclusão da atividade. As questões encaminham os entrevistados a uma reflexão sobre a inserção de atividades práticas experimentais na educação básica e da vivência por hora apreciada.

6.1 Valor experimental da aceleração da gravidade local

A execução do experimento possibilitou a coleta dos tempos que a esfera demorou para percorrer a distância da origem até cada sensor. Concluídos 10 lançamentos bem sucedidos as duplas calcularam o tempo médio para cada intervalo, os valores encontrados são mostrados na tabela 9.

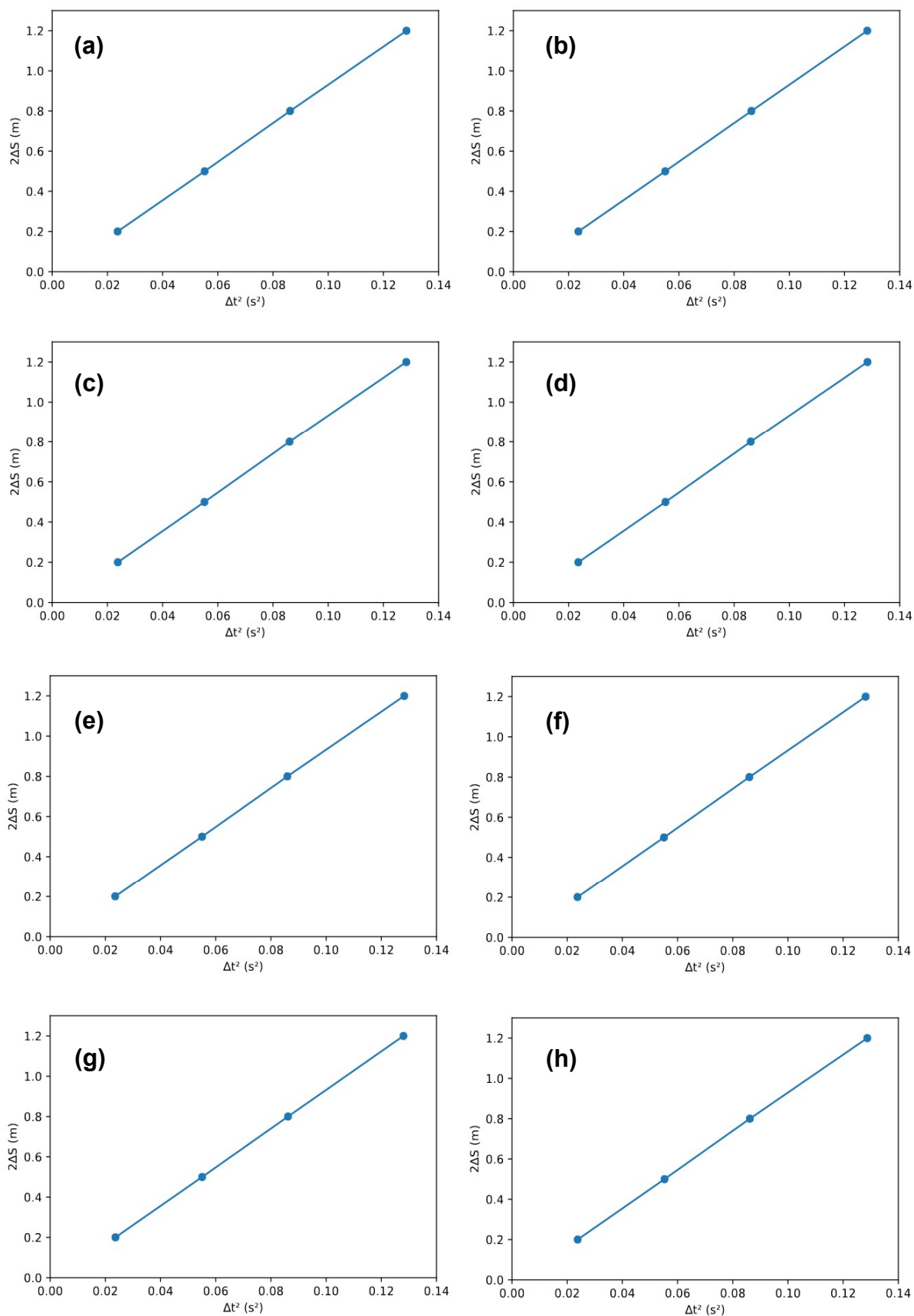
Tabela 9: Média dos tempos encontrados por cada dupla após os 10 lançamentos.

DUPLAS	Tempo 1 (s) $\Delta S = 10 \text{ cm}$	Tempo 2 (s) $\Delta S = 25 \text{ cm}$	Tempo 3 (s) $\Delta S = 40 \text{ cm}$	Tempo 4 (s) $\Delta S = 60 \text{ cm}$
D1	0,1539	0,2350	0,2936	0,3583
D2	0,1535	0,2346	0,2937	0,3581
D3	0,1542	0,2349	0,2933	0,3582
D4	0,1534	0,2348	0,2933	0,3581
D5	0,1535	0,2346	0,2932	0,3582
D6	0,1541	0,2347	0,2933	0,3580
D7	0,1538	0,2347	0,2936	0,3578
D8	0,1543	0,2351	0,2936	0,3588

Fonte: Autor (2020)

Conhecendo as distâncias solenoide-sensores (ΔS) e os tempos que a esfera levou para percorrer esses intervalos (Δt), apresentados na tabela 9, as duplas construíram o gráfico $2\Delta S \times \Delta t^2$ cujo coeficiente angular da reta corresponde ao valor da aceleração da gravidade local (ver equação 40). Os gráficos elaborados pelos alunos são reproduzidos na figura 41a – 41h.

Figura 41 - Reprodução dos gráficos construídos pelas duplas (a) D1, (b) D2, (c) D3, (d) D4, (e) D5, (f) D6, (g) D7 e (h) D8.



Fonte: Autor (2020).

O coeficiente angular da reta foi encontrado utilizando a função INCLINAÇÃO do *Microsoft Excel*®, determinando o valor experimental da aceleração da gravidade local. Na tabela 10 são apresentados os valores da aceleração da gravidade encontrados experimentalmente e sua respectiva incerteza experimental, tomando como valor de referência $g \approx 9,80665 \text{ m/s}^2$ (NUSSENZVEIG, p. 58, 2017), (HALLIDAY *et. al.* p. 27, 2008) e (TIPLER e MOSCA. p. 43, 2011).

Tabela 10: Valores experimentais da gravidade encontrados pelas duplas.

DUPLA	Valor de g experimental (m/s^2)	Incerteza experimental (%)
D1	9,56	2,44
D2	9,56	2,45
D3	9,58	2,24
D4	9,56	2,45
D5	9,56	2,45
D6	9,58	2,24
D7	9,59	2,14
D8	9,54	2,65

Fonte: Autor (2020)

6.2 Princípio da Conservação da Energia Mecânica

Utilizando o valor experimental da aceleração da gravidade apresentado no item anterior deste capítulo, a equação de Torricelli (equação 21), a massa da esfera utilizada no experimento (28 g) e a distância esfera-sensor 4 foi possível comprovar a autenticidade do Princípio da Conservação da Energia Mecânica.

Os alunos tomaram a representação da figura 33 como um sistema isolado onde a força gravitacional é a única que realiza trabalho na queda da esfera. Inicialmente foi determinado o valor da energia no ponto *a* (esfera em repouso). Em seguida, utilizando o valor da aceleração da gravidade local encontrado experimentalmente, os alunos calcularam o quadrado da velocidade e através da equação da energia cinética foi descoberto o valor da energia mecânica no ponto *b* (nível do solo). Na tabela 11 apresentamos os valores obtidos nessa etapa com as respectivas incertezas experimentais.

Tabela 11: Valores das energias encontrados pelas duplas nos pontos *a* e *b*.

DUPLA	$E_{Ma} = mgH$	$E_{Mb} = \frac{mv^2}{2}$	Incerteza experimental (%)
D1	0,165 J	0,161 J	2,42
D2		0,161 J	2,42
D3		0,161 J	2,42
D4		0,161 J	2,42
D5		0,161 J	2,42
D6		0,161 J	2,42
D7		0,161 J	2,42
D8		0,160 J	3,03

Fonte: Autor (2020).

6.3 Validação da aplicação produto educacional – Questionário de satisfação

Com a conclusão da atividade experimental os alunos responderam um questionário onde puderam expor suas observações em relação as aulas de Física e a proposta de atividade prática. Os questionários completos encontram-se no apêndice D deste trabalho e a seguir destacamos pontos relevantes levantados através das respostas.

Iniciamos nossa análise observando que os entrevistados afirmam que não participaram de atividades experimentais enquanto alunos do Ensino Médio (até o momento dessa atividade), porém relatam que tais propostas pedagógicas podem contribuir para melhorar o rendimento na disciplina de Física.

“[...] através de aulas como essas pode ajudar no desenvolvimento do aluno, assim ele saberá como realmente ocorre ao invés de apenas estudarem na sala de aula. Experimento faz com que aumente a curiosidade, o desejo de saber a solução do problema, atuando de forma complexa no desenvolvimento do aluno.” (ALUNO A)

“[...] várias dessas atividades trabalham fórmulas utilizadas durante as atividades na sala de aula.” (ALUNO B)

“[...] isso nos deixa curiosos e motivados a pesquisar mais sobre e consequentemente aumentando nosso interesse na disciplina.” (ALUNO G)

“[...] atividades como essa que faz o interesse na Física surgir na mente dos alunos, sob esse viés, é notório afirmar que de fato os alunos aprendem com mais facilidade nas aulas práticas do que na teórica.” (ALUNO H)

Questionados acerca das diferenças entre as aulas de Física e a atividade prática os alunos enumeraram como pontos negativos nas aulas cotidianas: salas lotadas, simples aplicação de equações e aulas pouco dinâmica.

“Na sala de aula temos certos problemas como por exemplo a superlotação que de certa forma prejudica.” (ALUNO G)

“As aulas de Física não explicam principalmente de onde vem as fórmulas e valores que utilizamos em nossos cálculos.” (ALUNO P)

Sobre a atividade prática os entrevistados ressaltaram que o dinamismo, a aplicação da teoria abordada em sala e a menor quantidade de alunos ajudaram na compreensão do assunto.

“[...] neste experimento, fomos além, aplicando as ideias da sala de uma forma diferente e mais prática.” (ALUNO E)

“Na atividade praticada foi mais fácil absorver o conteúdo, pois foi uma aula mais dinâmica, onde despertou mais interesse sobre o assunto.” (ALUNO F)

“A diferença foi a quantidade de alunos, pois tenho facilidade em aprender com poucas pessoas.” (ALUNO I)

“Durante a atividade experimental o clima fica mais dinâmico e a forma de aprender na prática é mais legal e ajuda a compreender melhor o assunto.” (ALUNO A)

No tocante ao material de apoio, os participantes salientaram que ele ajudou na realização da atividade. Além disso, a interface gráfica do experimento é de simples manuseio. Ainda, segundo eles, práticas experimentais devem ser incluídas no cronograma da disciplina, pois estas levam os alunos ao entendimento do assunto visto em sala. Sobre essa vivência é válido destacar algumas falas:

“Foi muito interessante, pois nunca participei de uma aula prática de Física como essa, além de aprender a comprovar a gravidade, adquirir novos conhecimentos.” (ALUNO D)

“Foi uma experiência muito legal, provar algo que só tínhamos visto na teoria e de ver como chegamos no resultado.” (ALUNO L)

“Foi uma experiência bem curiosa, porque em nossos estudos em sala de aula recebemos os valores aproximados, como a gravidade que utilizamos o 10 m/s^2 , porém não pensamos de onde vem esses valores. Por tal motivo essa experiência foi curiosa.” (ALUNO P)

“Foi muito empolgante, muito interessante comprovar que a teoria estudada em sala de fato é verdadeira.” (ALUNO H)

6.4 Discussões

No tocante a proposta de experimento idealizada nesse trabalho é válido enfatizar que sua construção não necessita de alto conhecimento em linguagem de programação para Arduino nem grande investimento financeiro. Os comandos utilizados são básicos, as bibliotecas são disponibilizadas na Internet, a montagem do experimento dispensa circuitos auxiliares com utilização de componentes eletrônicos, não é necessário confeccionar placa de circuito impresso e os módulos utilizados são facilmente encontrados no mercado.

Referente a aplicação, cada dupla realizou os 10 lançamentos em um tempo não superior a 10 minutos. Dessa forma é possível que uma turma composta por 40 alunos conclua a coleta dos dados em pouco mais de três horas, seguindo o manual proposto. Contudo, a análise e tratamento dos dados não é simples, pois alguns alunos apresentaram deficiências em tópicos de matemática elementar, dentre os quais enfatizamos a construção e interpretação de gráficos. Portanto, faz-se necessário um trabalho em conjunto com os professores de matemática e a necessidade de alunos monitores para auxiliar o professor.

O roteiro experimental seguiu da proposta de laboratório estruturado, guiando as duplas a obter os tempos de queda e assim encontrar o valor da aceleração da gravidade local e comprovar o Princípio da Conservação da Energia Mecânica. O material norteador, elaborado com linguagem simples e acessível, mostrou-se eficaz na condução dos alunos em todas as etapas. Os resultados alcançados estão bem próximos do valor encontrado na literatura (com erro percentual devido a resistência do ar), com pequenas variações entre as duplas. Entendemos que o experimento construído é confiável e reproduz fielmente o evento de queda livre. Em aplicações futuras é válido alterar a posição dos sensores para que se obtenha tempos diferentes e consequentemente gráficos com pontos diferentes, mas que devem convergir para resultados próximos aos apresentados nesse trabalho.

A adição de atividades experimentais nas aulas de Física possibilita ao professor a transmissão do conhecimento com fuga das aulas limitadas em

abstrações matemáticas, memorização de fórmulas e solução de questões. Tal ferramenta não afasta o aluno da linguagem matemática e conceitual da Física, mas permite que o conhecimento seja adquirido utilizando um processo ativo de aprendizagem, tornando o aprendiz um investigador do tema abordado. Nesse contexto, avaliamos de forma positiva a proposta apresentada pois ela oferta ao estudante do ensino básico uma proposta vivenciada apenas nos cursos de ciências exatas no ensino superior.

Por fim, ressaltamos a satisfação dos alunos ao longo da aplicação do produto. Diferente das atividades cotidianas, os pesquisados demonstravam interesse em realizar os procedimentos seguindo rigorosamente o manual de utilização e obter sucesso na investigação. Esse conjunto proporcionou o resultado satisfatório para os alunos envolvidos e, conseqüentemente, para o aplicador.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É fato que o ensinar e o aprender Física sofreram modificações drásticas ao longo dos anos e os métodos de ensino utilizados no passado necessitam de atividades complementares pois o aluno busca relacionar o assunto abordado em sala com eventos do seu cotidiano. Diante disso, cabe ao professor buscar alternativas que aliadas ao livro didático despertem no aluno o desejo de aprender o assunto que está sendo transferido na aula. Entre os meios possíveis, esse trabalho optou pela vivência prática pois entendemos que ela aproxima o aluno da Ciência e oferece meios capazes de potencializar o processo de ensino e aprendizagem.

A atividade experimental proposta por esse trabalho seguiu do conceito de laboratório estruturado, onde os alunos realizam o experimento seguindo as orientações do roteiro experimental. Essa proposta de trabalho foi extremamente positiva pois deu independência aos alunos durante a atividade prática, tornando-os agentes ativos na obtenção de dados.

Com base nos resultados obtidos e nas observações realizadas em todo o processo de aplicação ficou claramente evidenciado que essa proposta apresenta elevado potencial para melhorar o processo de ensino-aprendizagem de Física. Durante a realização da atividade prática foi nítido o envolvimento de todos os alunos presentes: operando o experimento, questionando dados e discutindo os resultados obtidos. Fatos dessa natureza contrastam com a realidade vivenciada no dia a dia das escolas, onde a maioria dos alunos estão à margem do conteúdo abordado, limitando-se a observar e memorizar conceitos e equações. Com isso, espera-se que essa fuga do conhecimento genuinamente tradicional tenha proporcionado uma aprendizagem dinâmica, prazerosa e, principalmente, significativa. Diante do exposto, acreditamos que a proposta apresentada ao longo desse trabalho é uma atividade complementar com potencial significativo para a consolidação dos objetos de aprendizagem, habilidades e competências trabalhadas em sala.

Por fim, salientamos que soluções automatizadas e extremamente precisas tornam acessível a professores e alunos a realização de um evento bastante rápido e praticamente impossível de obter dados seguros se empreendido de forma completamente manual. Tais aparatos proporcionam um escape das aulas

convencionais, permitindo que o docente materialize fenômenos que antes eram apenas ilustrados ou imaginados em sala, obrigando o aluno a aceitar o simples desenho como verdade absoluta e inquestionável.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. Y. I. **O laboratório de Ciências e a realidade dos docentes das escolas estaduais de São Carlos - SP**. Monografia de Especialização (Especialização em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Medianeira, 2014.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, junho, 2003.

BARROS, T. R. **Ensino de Física em Alagoas: cenário atual do quadro de professores de Física na rede estadual de ensino**. Universidade Federal de Alagoas. TCC – Instituto de Física, Maceió, 2012.

BARROS, T. R.; DIAS, W. S. Práticas experimentais de Física a distância: Desenvolvimento de uma aplicação com Arduino para realização do Experimento de Millikan remotamente. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRAGA, D. D. A. **Unidade de ensino potencialmente significativa para o estudo de eletrodinâmica em uma turma do ensino médio que integra o uso de simulador de circuitos elétricos e um kit experimental**. Dissertação (mestrado) – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Universidade Federal do Pará. Belém, 2020.

BRAZ, R. N. **A construção de carrinhos robóticos com materiais alternativos como ferramenta didática no ensino de cinemática**. Dissertação (mestrado) – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Universidade Regional do Cariri. Juazeiro do Norte, 2019.

BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)(PCENM)**: Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2000). Disponível em:

< <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em 15 dez. de 2019.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf> Acesso em 15 dez. 2019.

BRASIL. PCN+: **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

CARDOSO, J. M.; ZANNIN, M. Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, 2019.

CAVALCANTE, M. A. Novas tecnologias no estudo de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 579-613, dezembro, 2013.

COELHO, S. M.; NUNES, A. D.; WIEHE, L. C. N. Formação continuada de professores numa visão construtivista: contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 7-34, abril, 2008.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, 2016.

COSTA, A. B. A.; VENTURA, D. R.; GUIMARÃES, A. C. F. G.; COSTA, L. M. Uso de recursos tecnológicos em sala de aula e aulas de laboratório: uma percepção dos estudantes do ensino médio. **Revista Ponto de Vista**, v. 7, n. 1, p. 67-77, 2011.

DARROZ, L. M.; ROSA, C. W.; GHIGGI, C. M. Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de Física. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v5(1), p. 70-85, 2015.

DWORAKOWSKI, L. A.; HARTMANN, A. M.; KAKUNO, E. M.; DORNELES, P. F. T. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, 2016.

ELIAS, D. C. N.; AMARAL, L. H.; ARAÚJO, M. S. T.; JÚNIOR, C. F. A. Características e tendências das propostas de utilização das ferramentas computacionais no ensino de Física. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – XVIII SNEF**, Vitória – ES, 2009.

FERRACIOLI, L.; SAMPAIO, F. F. Informação, Ciência, Tecnologia e Inovação Curricular em Cursos de Licenciatura. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, n. 8, 2001.

FILHO, G. F. S. **Simuladores computacionais para ensino de Física básica: uma discussão sobre produção e uso**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

FILHO, J. M. A. N. **O ensino de eletrostática por meio de atividades experimentais com uso da aprendizagem significativa**. Dissertação (mestrado) – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2020.

FILHO, J. P. A. **Atividades experimentais: do método a prática construtivista**. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FIOLHAIS, T.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, setembro, 2003.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. História da Ciência no ensino de Física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v15(1), p. 7-59, 2010.

GIANI, K. **A experimentação no Ensino de Ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

GUIMARÃES, E. V. **O papel da experimentação no ensino de Ciências e sua contribuição para a aprendizagem significativa**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2017.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. v. 1, 8ª ed, tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi, Rio de Janeiro: LTC, 2008.

JÚNIOR, J. T. G.; RAMOS, G. S.; SILVA, S. L.; GAMA, A. C. Avaliação do módulo da aceleração da gravidade com Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 619-640, agosto, 2016.

KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOLE, M. J. **Física**. v. 1, tradução Alfredo Alves de Farias; revisão técnica Geraldo Alexandre Barbosa, São Paulo: Makron Books, 1997.

LEIRIA, T. F.; MATARUCO, S. M. C. O papel das atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem de Física. **XXII Congresso Nacional de Educação**. Curitiba, outubro, 2015.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

LIMA, M. A. S.; MATOS, E. C. A.; MATOS, G. M. A. A importância da interface gráfica para o sistema de ensino a distância: estudo de caso com o sistema UNIT virtual. **I Simpósio Regional de Educação/Comunicação**. Aracaju, dezembro, 2010.

LOPES, E. M.; LABURU, C. E. Diâmetro de um fio de cabelo por difração (um experimento simples). **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, agosto, 2001.

MARTINAZZO, C. A.; TRENTIN, D. S.; FERRARI, D.; PIAIA, M. M. Arduino: uma tecnologia no ensino de Física. **Perspectiva, Erechim**. v. 38, n. 123, p. 21-30, setembro, 2014.

MELO, R. B. F. A utilização das TIC's no processo de ensino e aprendizagem da Física. **3º Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação**. Recife, dezembro, 2010.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectiva. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, março, 2000.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª ed. São Paulo: Edu, 2011.

MOREIRA, M. A. O mestrado (profissional) em ensino. **Revista Brasileira de pós-graduação**. n. 1, p. 131-142, Brasília: julho, 2014.

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A.; MANSINI, E. F. **Aprendizagem significativa: a teoria de Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1983.

MOREIRA, M. M. P. C.; ROMEU, M. C.; ALVES, F. R. V.; SILVA, F. R. O. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 35, n. 3, p. 721-745, dezembro, 2018.

MORORÓ, L. P. A influência da formação continuada na prática docente. **Educação & Formação**. v. 2, n. 4, p. 36-51, jan./abr. 2017.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**. v. 1, 5ª ed, São Paulo: Blucher, 2013.

O que é afinal aprendizagem significativa? [Recurso Eletrônico] Porto Alegre: UFRGS – Instituto de Física, 2010.

OLIVEIRA, I. N.; RAMOS, J. A. P.; SILVA, W. L.; CHAVES, V. D.; MELO, C. A. O. Estudos das propriedades do Diodo Emissor de Luz (LED) para a determinação da constante de Planck numa maquete automatizada com auxílio da plataforma Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 42, 2020.

PASQUALETTO, T. I. **O ensino de Física via aprendizagem baseada em projetos: um estudo à luz da teoria antropológica do didático**. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

RIBEIRO, M. S.; FREITAS, D. S.; MIRANDA, D. E. O ensino de laboratório de Física na UEFS: considerações teórico-pedagógicas. **Sitientibus**, n. 16, p. 123-130, jan./jul.1997.

ROCHA, D.; DIAS, W. S. O barato da Física: Foguetes de garrafa PET. **Revista Alagoana de Ensino de Ciências**, v. 3, n. 2, p. 33-35, dezembro, 2014.

ROCHA, F. S.; MARRANGHELLO, G. F.; LUCCHESI, M. M. Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para o ensino de Física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 98-123, abril, 2014.

ROSA, C. T. W.; TRENTIN, M. A.; ROSA, A. B.; GIACOMELLI, A. C. Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 292-305, abril, 2016.

ROSA, M. I. F. P.; SCHNETZLER, R. P. A investigação-ação na formação continuada de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 27-37, 2003.

ROSA, P. R. S. O uso de recursos audiovisuais no ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 1, p. 33-49, abril, 2000.

SANTOS, A. A. M.; AMORIM, H. S.; DEREZYNSKI, C. P. Investigação do fenômeno ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduino e de um sítio oficial de meteorologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, 2017.

SANTOS, J. C. F. **Aprendizagem significativa: modalidades de aprendizagem e do papel do professor**. 5ª ed. Porto Alegre: Mediação, 2013.

SILVA, I. J. S.; **Limites e possibilidades das atividades experimentais por investigação no ensino de Física através da perspectiva do ciclo da experiência de Kelly**. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, I. K. O.; MORAIS II, M. J. O.; FARIA, D. S. A. O ensino de Física e sua instrumentação por meio de computadores: historicidade e perspectivas futuras. **Holos**, v. 1, p. 244-252, 2015.

SILVA, N. O. **O uso de software no ensino de Física e Matemática**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física Ambiental) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2009.

SILVEIRA, S.; GIRARDI, M. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, 2017.

SOUSA, N. R. B.; SOUSA, C. E. B. Concepções de professores a respeito do processo de ensino-aprendizagem de Biologia em uma escola pública de São Luís – MA. **Acta Tecnológica**, v. 11, n. 2, 2016.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. v. 1, 6ª ed, tradução e revisão técnica Paulo Machado Mors, Rio de Janeiro: LTC, 2011.

VALENTE, J. A. A comunicação e a educação baseada no uso de tecnologias digitais de informação e comunicação. **UNIFESO-Humanas e Sociais**, v. 1, n. 01, p. 141-166, 2014.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, junho, 2002.

VISCOVINI, R.; SILVA, D.; ÁVILA, E.; MARTON, I.; SANTOS, M.; BALISCEI, M.; OLIVEIRA, M.; SANTOS, R.; SABINO, A.; GOMES, E.; PASSOS, M.; ARRUDA, S. Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 856-869, dezembro, 2015.

W, L. **Atividades práticas no ensino médio segundo a visão dos professores de Física**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

APÊNDICES

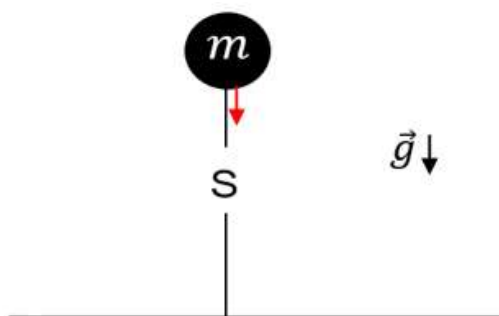
APÊNDICE A - ROTEIRO EXPERIMENTAL

		
---	---	---

1 – INTRODUÇÃO

Quando os efeitos da resistência do ar são desprezados, todos os corpos caem com a mesma aceleração, independente do seu peso. Essa condição é válida quando a distância percorrida pelo corpo é muito pequena (S) se comparada ao raio da Terra (figura 1), então consideramos essa aceleração constante e definimos esse tipo de movimento como **queda livre**.

Figura 1: Ilustração de um corpo de massa m em queda livre.



O valor da aceleração da gravidade, nas proximidades da Terra e ao nível do mar é chamado aceleração normal da gravidade e vale $g \approx 9,80 \frac{m}{s^2}$. (NICOLAU, RAMALHO e TOLEDO, 1999, pag. 71.) e (CALÇADA e SAMPAIO, 1985, pag. 18.) e

O movimento de queda livre acontece ao longo de eixo y , assumindo a orientação do eixo de cima para baixo (mesma orientação de g) e fazendo $a = g$, podemos reescrever as equações horárias do movimento retilíneo uniformemente variado como:

$$v = v_0 + gt \quad (1)$$

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

Se o corpo é abandonado da origem $S_0 = 0$ com velocidade inicial nula ($v_0 = 0$) a equação 2 pode ser reescrita como:

$$g = \frac{2S}{t^2} \quad (3)$$

Um corpo em queda livre (figura 1) está sujeito apenas a ação de uma força conservativa (força gravitacional). Aplicando o teorema da energia cinética entre duas posições, A e B, temos:

$$\tau_{AB} = E_{cB} - E_{cA} \quad (4)$$

Como as forças que realizam trabalho são conservativas, o trabalho entre as posições A e B também é dado por:

$$\tau_{AB} = E_{pA} - E_{pB} \quad (5)$$

Substituindo a equação 4 na equação 5 obtemos:

$$E_{cB} - E_{cA} = E_{pA} - E_{pB} \text{ ou } E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB} \quad (6)$$

Como $E_M = E_c + E_p$, a equação 6 pode ser reescrita como:

$$E_{MA} = E_{MB} \quad (7)$$

Da equação 7 concluímos que a energia mecânica permanece constante na ausência de forças dissipativas, transformando-se em suas formas cinética e potencial.

2 – OBJETIVOS

- Obter o valor da aceleração da gravidade local;
- Comprovar o Princípio da Conservação da Energia Mecânica.

3 – MATERIAIS UTILIZADOS

- Uma esfera metálica de massa conhecida (28 g);
- Um computador;
- Um experimento de queda livre composto por: haste metálica, sensor detector de obstáculos, módulo relé 1 canal, solenoide, Arduino UNO, módulo cartão micro SD e cartão de memória micro SD.

4 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- Posicione a esfera na solenoide;
- Libere a esfera, iniciando a queda livre (clicar no botão **LIBERAR ESFERA**);
- Verifique na interface a leitura de partida da esfera e se os sensores detectaram sua passagem;
- Anote os tempos de queda na tabela 1 ou valide-os para o cartão micro SD;
- Zere os tempos (clicar no botão **INICIAR EXPERIMENTO**);
- Repita o procedimento 10 vezes.

5 – ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com os tempos obtidos no procedimento experimental preencha a tabela abaixo e ao final encontre a média de cada tempo.

Tabela 1: Tempos obtidos nos lançamentos

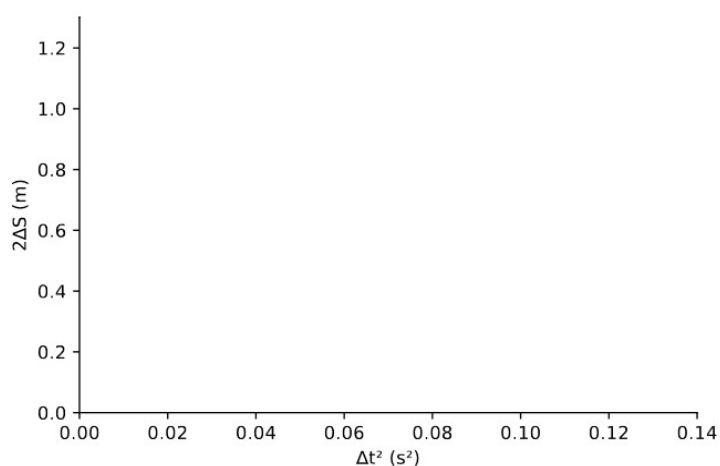
Lançamento	Partida → sensor 1 (tempo 1)	Partida → sensor 2 (tempo 2)	Partida → sensor 3 (tempo 3)	Partida → sensor 4 (tempo 4)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
MÉDIA				

Utilizando os tempos médios obtidos na tabela 1 preencha a tabela 2.

Tabela 2: Valores de $2\Delta S$ e Δt^2

Distância ΔS (m)	$2\Delta S$ (m)	Δt^2 (s ²)
Partida da esfera → sensor 1 ($\Delta S = 0,10$ m)		
Partida da esfera → sensor 2 ($\Delta S = 0,25$ m)		
Partida da esfera → sensor 3 ($\Delta S = 0,40$ m)		
Partida da esfera → sensor 4 ($\Delta S = 0,60$ m)		

Utilize os valores da tabela 2 para construir o gráfico $2\Delta S \times \Delta t^2$, cujo coeficiente angular da reta corresponde ao valor experimental da gravidade.



Utilize a função `=INCLINAÇÃO(a1:a4;b1:b4)` do *Microsoft Excel*® para encontrar o valor do coeficiente angular da reta.

	A	B	C	D
1	1	4		
2	2	7		
3	3	11		
4	4	16		
5				
6				
7		<code>=inclinação(a1:a4;b1:b4)</code>		

onde: a1:a4 é o intervalo de células que possuem os valores de $2\Delta S$;

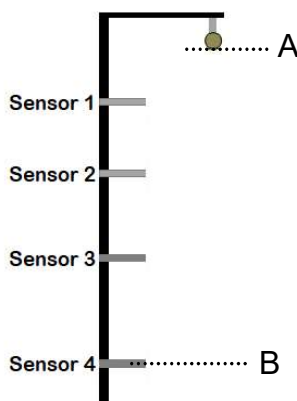
b1:b4 é o intervalo de células que possuem os valores de Δt^2 .

Conhecendo o coeficiente angular da reta, qual o valor da aceleração da gravidade encontrado experimentalmente $g_{(exp)}$?

Determine o erro percentual através da equação: $\text{Erro}(\%) = \frac{|g_{(exp)} - 9,8|}{9,8} \times 100$

Considerando que o resultado é satisfatório quando seu erro percentual é menor que 5% analise sua prática.

A figura abaixo representa o experimento de queda livre utilizado destacando dois pontos: A e B. O ponto A está fixado na posição que a esfera está presa a solenoide, o ponto B está localizado no local de detecção do último sensor.



Sabendo que no ponto A encontramos a esfera em repouso, consideramos o ponto B com altura = 0 e a massa da esfera é de 28 g responda:

- a) Quais os valores das energias cinética e gravitacional no ponto A (adote $g = 9,8 \text{ m/s}^2$)?

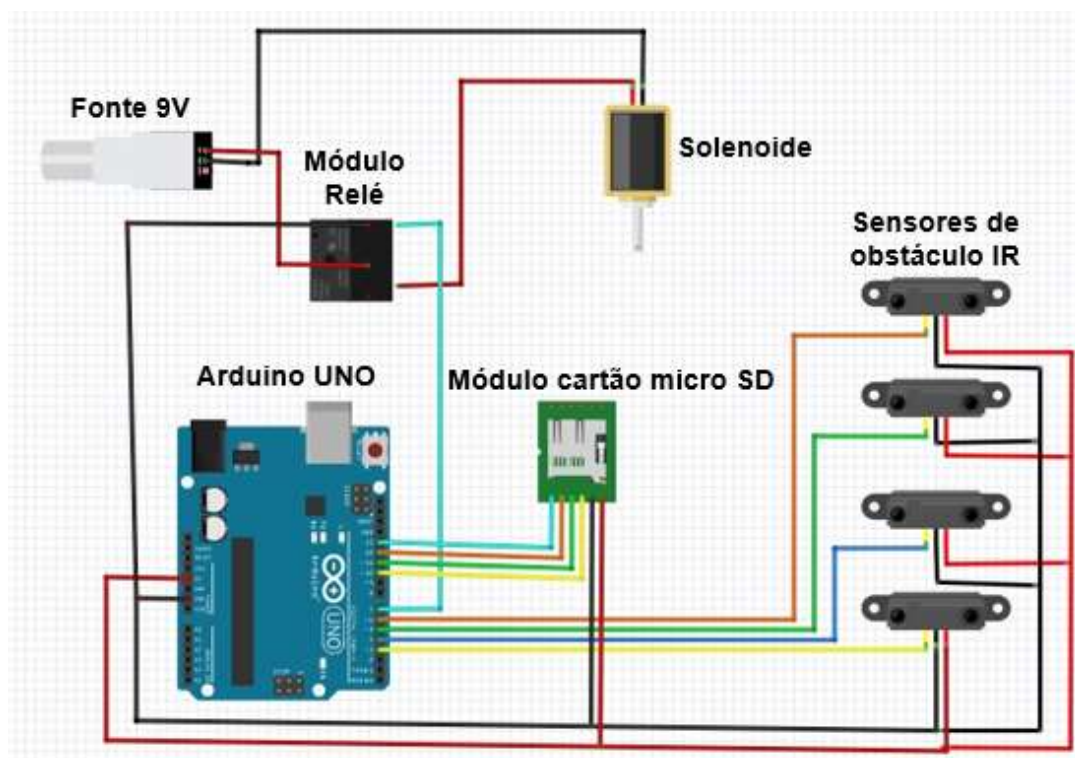
- b) Utilize a equação de Torricelli e determine o quadrado da velocidade no ponto B.
- c) Quais os valores das energias cinética e gravitacional no ponto B?
- d) A energia no ponto A é equivalente a energia no ponto B? Discuta em termos do erro percentual.
- e) A energia mecânica foi conservada? Justifique!

REFERÊNCIAS

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica: dinâmica, estática e hidrostática**. v. 2, São Paulo: Atual, 1985.

JÚNIOR, F. R.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os Fundamentos da Física**. v. 1, 7ª ed, São Paulo: Moderna, 1999.

APÊNDICE B - DIAGRAMA DE LIGAÇÕES



ARDUINO	DESTINO
Power pin 5 V	Alimentação dos módulos e sensores – VCC
Power pin GND	Alimentação módulos e sensores – GND
Porta digital 3	Pino OUT – sensor 4
Porta digital 4	Pino OUT – sensor 3
Porta digital 5	Pino OUT – sensor 1
Porta digital 6	Pino OUT – sensor 3
Porta digital 7	Pino IN – módulo relé
Porta digital 10	Pino SS ou CS – módulo cartão micro SD
Porta digital 11	Pino MOSI – módulo cartão micro SD
Porta digital 12	Pino MISO – módulo cartão micro SD
Porta digital 13	Pino SCK – módulo cartão micro SD
FONTE 9 V	DESTINO
Negativo	Solenoide
Positivo	Pino comum (COM) – módulo relé
Módulo relé	DESTINO
Pino normalmente fechado (NC)	Solenoide

APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

```

#include <Modbusino.h>
ModbusinoSlave modbusino_slave(1);
uint16_t tag[50];
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
File arquivo;
const int sensor1 = 5;
const int sensor2 = 6;
const int sensor3 = 4;
const int sensor4 = 3;
const int solenoide = 7;
int cont;
float partida, tempo_sensor1, tempo_sensor2, tempo_sensor3, tempo_sensor4;
void (*Reset)() = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  modbusino_slave.setup(9600);
  tag[13] = 1;
  tag[14] = 1;
  cont = 0;
  pinMode(sensor1, INPUT);
  pinMode(sensor2, INPUT);
  pinMode(sensor3, INPUT);
  pinMode(sensor4, INPUT);
  pinMode(solenoide, OUTPUT);
  digitalWrite(solenoide, HIGH);
  if (!SD.begin(10)){
    tag[13]=0;
  }
}
void loop() {
  if(tag[0]==1)Reset();
  if(tag[2]==1 && cont == 0){
    digitalWrite(solenoide,LOW);
    partida = millis();
  }
}

```

```

    cont = 1;
    delay(5);
}
if(digitalRead(sensor1) == LOW && cont == 1){
    tempo_sensor1 = millis();
    cont = 2;
    delay(5);
}
if(digitalRead(sensor2) == LOW && cont == 2){
    tempo_sensor2 = millis();
    cont = 3;
    delay(5);
}
if(digitalRead(sensor3) == LOW && cont == 3){
    tempo_sensor3 = millis();
    cont = 4;
    delay(5);
}
if(digitalRead(sensor4) == LOW && cont == 4){
    tempo_sensor4 = millis();
    cont = 5;
    delay(5);
}
tag[6] = partida;
tag[7] = tempo_sensor1;
tag[8] = tempo_sensor2;
tag[9] = tempo_sensor3;
tag[10] = tempo_sensor4;
if (tag[11]==1){
    arquivo = SD.open("queda.txt", FILE_WRITE);
    if(arquivo){
        arquivo.println("***TEMPOS DO LANÇAMENTO***");
        arquivo.print("O tempo entre a partida e o sensor 1 foi: ");
        arquivo.print((((tempo_sensor1-partida)/1000));
        arquivo.println(" segundos");
        arquivo.print("O tempo entre a partida e o sensor 2 foi: ");
        arquivo.print((((tempo_sensor2-partida)/1000));

```

```
arquivo.println(" segundos");
arquivo.print("O tempo entre a partida e o sensor 3 foi: ");
arquivo.print((((tempo_sensor3-partida)/1000));
arquivo.println(" segundos");
arquivo.print("O tempo entre a partida e o sensor 4 foi: ");
arquivo.print((((tempo_sensor4-partida)/1000));
arquivo.println(" segundos");
arquivo.println("");
arquivo.close();
}
delay(1000);
tag[11]=0;
}
if (tag[12]==1){
    SD.remove("queda.txt");
    delay(1000);
    tag[12]=0;
}
modbusino_slave.loop(tag, 50);
}
```

APÊNDICE D - MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (T.C.L.E)

Você, pai/responsável pelo menor, está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa.....(*título da pesquisa*)....., dos pesquisadores*citar o(s) nome(s) do(s)(as) pesquisador(es)(as) envolvido(s)(as)*..... A seguir, as informações do projeto de pesquisa com relação a sua participação neste projeto:

1. O estudo se destina a
2. A importância deste estudo é a de
3. Os resultados que se desejam alcançar são os seguintes:
4. A coleta de dados começará em _____ e terminará em _____
5. O estudo será feito da seguinte maneira:
6. A sua participação será nas seguintes etapas: autorizando a participação do menor sob sua responsabilidade na pesquisa
7. Os incômodos e possíveis riscos à saúde física e/ou mental do menor sob sua responsabilidade na pesquisa são:
8. Os benefícios esperados com a participação do menor sob sua responsabilidade no projeto de pesquisa, mesmo que não diretamente são:
9. O menor sob sua responsabilidade poderá contar com a seguinte assistência:, sendo responsável(is) por ela :
10. Você será informado(a) do resultado final do projeto e sempre que desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.
11. A qualquer momento, você poderá recusar a continuar participando do estudo e, também, que poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo.

12. As informações conseguidas através da participação do menor sob sua responsabilidade na pesquisa não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto para a equipe de pesquisa, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto após a sua autorização.

13. **FAZER A OPÇÃO SE HAVERÁ OU NÃO DESPESAS E RESSARCIMENTO:** Você deverá ser ressarcido(a) por todas as despesas que venha a ter com a participação do menor sob sua responsabilidade nesse estudo, sendo garantida a existência de recursos **OU** O estudo não acarretará nenhuma despesa para você.

14. Você será indenizado(a) por qualquer dano que o menor sob sua responsabilidade venha a sofrer com a sua participação na pesquisa (nexo causal).

15. Você receberá uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por todos.

Eu, responsável pelo menor que foi convidado a participar da pesquisa, tendo compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a participação no mencionado estudo e estando consciente dos direitos, das responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a participação implicam, concordo em autorizar a participação do menor e para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

Endereço da equipe de pesquisa (OBRIGATÓRIO):

Instituição:

Endereço:

Complemento:

Cidade/CEP:

Telefone:

Ponto de referência:

Contato de urgência: Sr(a).

Endereço:

Complemento:

Cidade/CEP:

Telefone:

Ponto de referência:

ATENÇÃO: O Comitê de Ética da UFAL analisou e aprovou este projeto de pesquisa. Para obter mais informações a respeito deste projeto de pesquisa, informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas

Prédio do Centro de Interesse Comunitário (CIC), Térreo, Campus A. C. Simões, Cidade Universitária

Telefone: 3214-1041 – Horário de Atendimento: das 8:00 as 12:00hs.

E-mail: comitedeeticaufal@gmail.com

Maceió, de de .

Assinatura ou impressão datiloscópica d(o,a) voluntári(o,a) ou responsável legal e rubricar as demais folhas	Nome e Assinatura do Pesquisador pelo estudo (Rubricar as demais páginas)

APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO ENTREVISTA

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não.

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois através de aulas como essas pode ajudar no desenvolvimento do aluno, através do trabalho como realmente ocorre no mundo de apenas trabalhar em sala de aula. Experimentar tem por que aumenta a curiosidade, o desejo de saber a resolução do problema, tornando de forma simples no desenvolvimento do aluno.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Existem diferenças, em sala de aula o professor apenas explica, resolve exercícios. Durante a atividade experimental o aluno fica mais dinâmico e a forma de aprender na prática é muito mais legal e ajuda a compreender melhor o assunto.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Sim, em relação ao gráfico. Foi um pouco difícil uma vez que muito complicado, inicialmente sem o auxílio do computador desenhar o gráfico, que foi a parte mais complicada da tarefa, para desenhar a mão.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Muito, deu um jeito de forma mais simples e prática.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não, o programa foi muito bom e de forma simples que ajudou na compreensão.

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, pois os alunos entendem melhor na prática.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Muito interessante, pois compreender algo através da prática realmente é muito gratificante.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois várias dessas atividades trabalham fórmulas utilizadas durante as atividades no sala de aula.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

A atividade utilizou alguns artifícios para colocar o cálculo como o programa.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Ajudou, pois revisou os conhecimentos utilizados na atividade.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Deveriam, pois muitas das ensinamentos mostrados na aula Teórica poderiam ser fixados na prática.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi muito bom, pois deu para ver como funciona a teoria sendo realizada.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, porque com as aulas práticas o entendimento dos assuntos é maior.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Nas aulas são apresentadas mais ~~teoria~~ teoria, já nas aulas práticas, temos um entendimento maior do que está sendo passado, além disso aprendemos mais sobre experimentos, entre várias outras vantagens que as aulas práticas possuem.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, porque facilita a aprendizagem dos alunos.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi algo satisfatório, porque tive a prova que realmente é verdade.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não.

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois nas atividades práticas os alunos compreendem melhor, logo, terão um melhor rendimento.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

A diferença foi comprovar algo na prática, ~~ver~~ que se só se vê na teoria por 2 anos.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim, pois ele nos guiou no passo a passo que deveríamos fazer.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não.

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, pois deixam as aulas mais dinâmicas e atrativas.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi muito interessante, pois nunca participei de uma aula prática de física como essa, além de aprender a comprovar a gravidade, adquiri novos conhecimentos.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois fará o aluno a aplicar o que viu na Teoria

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Nas aulas, apenas foi apresentado a Teoria e exercícios, já neste experimento, fomos além, aplicando as ideias da sala de uma forma diferente e mais prática.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Fu com experiência muito boa

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois é mais fácil aprender na prática do que na teoria

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Na atividade praticada foi mais fácil observar o conteúdo, pois foi uma aula mais dinâmica, onde me despertou mais interesse sobre o assunto, enquanto nas aulas tudo é muito monótono e acaba de ter - nando chato.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, acredito que atividades práticas ajudam no entendimento de determinado assunto.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

A experiência foi muito boa, pois era um assunto no qual eu considerava chato e a partir da prática eu senti curiosidade e interesse em saber mais sobre o assunto

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois isso nos deixa curiosos e motivados a pesquisar mais sobre e consequentemente aumentando nosso interesse na disciplina.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Na sala de aula temos certos problemas como por exemplo a super lotação que de certa forma prejudica, conversas e etc. Mas quando passamos para uma aula prática como por isso fica mais legal e fácil de compreender.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim, pois foi usado de guia.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, Esse método de estudo é atual mais leve e mais tendencioso para o entendimento. Sair da sala de aula em certos momentos é essencial e produtivo.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Muito boa, pois completou de forma concreta o que estudamos em sala de aula.

Nos mostrando que toda teoria foram verdadeira.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não.

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim. Os alunos tem muita dificuldade com física e essas atividades como essa que faz o interesse na física surgir na mente dos alunos, sob esse viés, é notório afirmar que de fato os alunos aprendem com mais facilidade nas aulas práticas do que na teórica.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Na atividade os alunos presentes estavam concentrados em aprender e buscar para o resultado final, já nas aulas de Física (teórica) alguns alunos ficam dispersos. Alguns também que física é legal, compreendem que é legal. Nas aulas teóricas a física aparece com dificuldade, pois o aluno aprende quando ele prova que é verdade.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Ajudou para a melhor compreensão dos participantes.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não.

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim. Ajudaria no desenvolvimento acadêmico dos alunos.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi muito empolgante, muito interessante comprovar que a teoria estudada em sala de fato é verdadeira.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

NÃO

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois ajuda no desenvolvimento do assunto e acaba fixando no memória as coisas da aula.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

A diferença foi a quantidade de alunos, pois tenho mais facilidade em aprender com poucas pessoas.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

NÃO.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Ajudou bastante.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

NÃO

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, pois ajuda no melhoramento do assunto.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi ~~bastante~~ interessante.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não.

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois essa matéria é de difícil compreensão e os alunos sempre sentem dificuldades.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

As aulas de física são muito técnicas, envolve só cálculos, já essa atividade é muito prática e envolve poucos cálculos.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não com o programa, mas, os cálculos senti um pouco de dificuldade.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim ajudou muito.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não.

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, esse tipo de atividade traz curiosidade ao aluno fazendo com que ele tenha mais interesse na matéria estudada.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Muito bom. Assuntos que eu não gostava de estudar toda a parte técnica, agora traz curiosidade de estudar, de saber como ele se aplica na prática.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

não

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois na teoria as vezes fica mais difícil de entender do que na prática.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

na atividade como tem poucas pessoas deu para aprender mais, já na sala de aula é um pouco mais complicado pois tem muitas pessoas que têm a concentração.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

não

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

não

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, pois ajuda a entender melhor o assunto.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Eu achei legal, pois na prática tudo fica mais fácil e complexo. Além de que a prática mostra que a teoria é realmente verdadeira.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não.

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim. Pois com uma aula prática os alunos prestam mais atenção do que em uma aula tradicional.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

No aula normal tem mais alunos, fazendo assim o aula mais difícil de raciocinar em geral.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não.

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim ajuda no aprendizado.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi uma experiência muito legal, provar algo que só tínhamos visto na teoria, e de ver como chegamos no resultado.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não.

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, os alunos costumam se esforçar mais durante atividades práticas, assim acabam aprendendo mais.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Nas aulas de física vemos muito da teoria, já na atividade nós vimos a base teórica e como ela funciona na prática.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim, me deu uma base do que fazer durante a atividade.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não.

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, deixaria as aulas mais dinâmicas e aumentaria o nível de aprendizado dos alunos.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi muito satisfatória e enriquecedora. Poder comprovar foi incrível.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não.

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, desenvolvendo experimentos fica mais fácil de compreender o assunto.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Na prática você aprende se divertindo e não fica uma coisa monótona.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não.

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, pois ajuda a entender melhor.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi bastante legal.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não.

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois fica algo interessante de se aprender e ~~(física)~~ de se compreender.

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

Na prática ajuda a demonstrar tudo aquilo que ~~(aprende)~~ aprendemos na teoria. A Teoria é um manual para a prática.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não.

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, pois ajuda no desempenho dos alunos.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi muito legal ter visto na prática.

1 – No ensino médio, você participou de alguma atividade experimental na disciplina de Física que utilizou o laboratório de Ciências ou o de Informática? Qual(is)?

Não

2 – Atividades como essa podem contribuir para melhorar o rendimento dos alunos na disciplina de Física? Justifique sua resposta!

Sim, pois é possível compreender melhor o assunto

3 – Qual(is) a(s) diferença(s) entre a atividade que você participou e as aulas de Física?

As aulas de física não exploram principalmente de onde vem as fórmulas e valores que utilizamos em nossos cálculos.

4 – Você sentiu alguma dificuldade para realizar o experimento? Qual(is)?

Não

5 – O material de apoio ajudou na realização da atividade?

Sim, porque esse material ajudou a recordar princípios de que eu não lembrava.

6 – Você teve dificuldade para utilizar a interface (programa)? Qual(is)?

Não, o sistema é facilmente utilizável.

7 – Na sua opinião, os professores deveriam incluir atividades práticas as aulas?

Sim, mas os professores deveriam "exercitar" os assuntos dados em sala, por meio da aula prática.

8 – Como foi a experiência de comprovar na prática algo só visto na teoria?

Foi uma experiência bem curiosa, porque em nossos estudos em sala de aula, recebemos os valores aproximados, como a gravidade que utilizamos o 10 m/s^2 , porém não pensamos de onde vem esses valores. Por tal motivo essa experiência foi curiosa.

