

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS**

ALVARO CROVADOR

**O USO DO ARDUINO EM SALA DE AULA NO EXPERIMENTO DO PÊNDULO
SIMPLES DE GALILEU GALILEI**

CURITIBA

2019

ALVARO CROVADOR

**O USO DO ARDUINO EM SALA DE AULA NO EXPERIMENTO DO PÊNDULO
SIMPLES DE GALILEU GALILEI**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias na linha de pesquisa: Formação Docente e Novas Tecnologias da Pró-reitora de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão do Centro Universitário Internacional - UNINTER, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Frontino de Medeiros

CURITIBA

2019

C952u Crovador, Álvaro

O uso do Arduino em sala de aula no experimento
do pêndulo simples de Galileu Galilei / Álvaro

Crovador. - Curitiba, 2019.

82 f. : il. (algumas color.)

Orientador: Prof. Dr. Luciano Frontino de Medeiros
Dissertação (Mestrado Profissional em Educação
e Novas Tecnologias) – Centro Universitário
Internacional UNINTER.

1. Arduino (Controlador programável). 2. Galileu, 1564-
1642. 3. Inteligência computacional. 4. Tecnologia
educacional. 5. Inovações educacionais. I. Título.

CDD 371.334

CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO-PGPE
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIA
Secretaria do Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias

Defesa Nº 003/2019

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM
EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS

No dia 19 de março de 2019, às 10h, sala 53, bloco A, do Campus Divina do Centro Universitário Internacional UNINTER, à Rua do Rosário, 147 em Curitiba-PR, reuniu-se a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias, composta pelos professores doutores: Dr. Luciano Frontino de Medeiros (Presidente-Orientador - PPGENT/ UNINTER), Dr. Alvaro Emílio Leite (Integrante Externo – UTFPR), Dr. Alvino Moser (Integrante Interno Titular-PPGENT/ UNINTER), Dr. Germano Bruno Afonso (Integrante Interno Suplente - PPGENT/ UNINTER), para julgamento da dissertação: “O USO DO ARDUÍNO EM SALA DE AULA NO EXPERIMENTO DO PÊNDULO SIMPLES DE GALILEU GALILEI”, do mestrando Alvaro Crovador. O presidente abriu a sessão apresentando os professores membros da banca, passando a palavra em seguida ao mestrando, lembrando-lhe de que teria até vinte minutos para expor oralmente o seu trabalho. Concluída a exposição, o candidato foi arguido oralmente pelos membros da banca. Concluída a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se e comunicou o Parecer Final de que o mestrando foi:

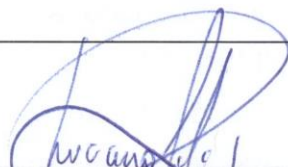
(☒) APROVADO, devendo o candidato entregar a versão final no prazo máximo de 60 dias.

() AROVADO somente após satisfazer as exigências e, ou, recomendações propostas pela banca, no prazo fixado de 60 dias.

() REPROVADO.

O Presidente da Banca Examinadora declarou que a candidata foi aprovada e cumpriu todos os requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Novas Tecnologias, devendo encaminhar à Coordenação, em até 60 dias, a contar desta data, a versão final da dissertação devidamente aprovada pelo professor orientador, no formato impresso e PDF, conforme procedimentos que serão encaminhados pela secretaria do Programa. Encerrada a sessão, lavrou-se a presente ata que vai assinada pela Banca Examinadora.

Recomendações: _____



Dr. Luciano Frontino de Medeiros
Presidente da Banca

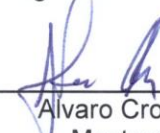


Dr. Alvaro Emilio Leite
Integrante Externo



Dr. Alvino Moser
Integrante Interno Titular

Dr. Germano Bruno Afonso
Integrante Interno Suplente



Alvaro Crovador
Mestrando

Agradecimentos

Meus agradecimentos especiais ao Professor e orientador Luciano Frontino de Medeiros com o qual pude aprender muito no decorrer deste processo. Por suas aulas de Inteligência Artificial; por me apresentar o Arduino, o que tornou possível este trabalho e principalmente por sua enorme paciência com este aluno.

Agradeço ao Professor Alvino Moser, grande Mestre e um verdadeiro poço de conhecimento, que aceitou participar desta banca.

À Professora Ivanilda Higa, minha professora na Graduação em Física, que muito contribuiu para formação pedagógica. A importância de suas aulas que mostraram como é importante fazer aulas motivadoras para os alunos. Aulas que mostrem que a Física é muito mais do que um amontoado de fórmulas, a criar aulas que mostrem a beleza da Física e a sua presença no nosso cotidiano.

Ao professor Alvaro Emilio Leite por aceitar fazer parte da banca nesta fase final.

Agradeço ainda a todos os Professores do Mestrado que sempre contribuíram com seus conhecimentos, fossem nas aulas ou nas conversas de corredor.

A minha esposa Rhavena, por sua paciência durante este período do Mestrado, pois por vezes o tempo era escasso para lhe dar atenção.

Agradeço ainda ao Professor Benhur Etelberto Gaio por sua amizade e incentivo nesta nova área.

“Epur si Muove!”
Galileu Galilei

RESUMO

Esta dissertação traz como objetivo principal mostrar a elaboração de um experimento com o uso do Arduino e materiais recicláveis para o ensino de conteúdos de Física no Ensino Superior e o engajamento dos alunos em um experimento para análise do movimento do pêndulo simples utilizando a plataforma Arduino. Tem como objeto de pesquisa duas turmas de uma Instituição de Ensino Superior, localizada em Curitiba, do Curso de Engenharia Civil. O trabalho foi desenvolvido com o intuito de gerar produtos para experimentação de baixo custo, estimular o pensamento computacional dos alunos e principalmente observar o interesse dos alunos nas aulas de laboratório com este formato, bem como mensurar se o uso do Arduino contribuiu para o aprendizado. A fundamentação teórica mostra a evolução do pensamento desde os primórdios até Galileu Galilei. A metodologia levou em consideração as aulas teóricas sobre o MHS do Pêndulo Simples, e após pelas atividades de laboratório. Inicialmente foi feito o experimento do pêndulo simples no laboratório da IES e posteriormente os alunos puderam fazer o mesmo experimento num pêndulo construído pelo professor, com materiais reciclados e com o uso da plataforma Arduino. A avaliação dos resultados foi feita a partir de um questionário entregue aos alunos contendo questões abertas e fechadas. Os resultados mostraram que o uso do Arduino no experimento foi bem recebido pelos alunos pela praticidade e pelas possibilidades de aprendizado e uso no perfil profissional dos alunos como futuro engenheiros. Foi percebido ainda a necessidade de se trabalhar o pensamento computacional com os alunos a fim de compreenderem melhor a programação envolvida no experimento.

Palavras-chave: Arduino. Pêndulo Simples. Experimentos de baixo custo. Pensamento Computacional. Galileu Galilei. Educação e tecnologias.

ABSTRACT

This dissertation has as main objective to show the elaboration of an experiment with the use of Arduino and recyclable materials for the teaching of Physics contents in Higher Education and the engagement of the students in an experiment to analyze the movement of the simple pendulum using the Arduino platform. It has as object of research two classes of an Institution of Higher Education, located in Curitiba, of the Course of Civil Engineering. The work was developed with the purpose of generating products for low cost experimentation, stimulating students 'computational thinking and especially observing students' interest in the laboratory classes with this format, as well as measuring if the use of Arduino contributed to learning. The theoretical foundation shows the evolution of thought from the earliest times to Galileo Galilei. The methodology took into account the theoretical classes on MHS of the Simple Pendulum, and after the laboratory activities. Initially the simple pendulum experiment was carried out in the IES laboratory and later the students could do the same experiment on a pendulum constructed by the teacher, using recycled materials and using the Arduino platform. The evaluation of the results was made from a questionnaire delivered to students containing open and closed questions. The results showed that the use of Arduino in the experiment was well received by the students for the practicality and the possibilities of learning and use in the professional profile of the students as future engineers. It was also noticed the need to work with computational thinking with the students in order to better understand the programming involved in the experiment.

Keywords: Arduino. Simple Pendulum. Low Cost Experiences. Computational Thinking. Galileu Galilei. Education and technologies.

LISTA DE GRÁFICO, QUADROS E TABELA

Quadro 01 – Alguns modelos de Arduino comercializáveis.....	34
Quadro 02 – Ementa da disciplina de Física do primeiro período.....	50
Quadro 03 – Ementa da disciplina de Física do quarto período.....	50
Quadro 04 – Ementa da disciplina de Tópicos de Informática do primeiro período...	51
Quadro 05 – Ementa da disciplina Programação de Computadores	52
Quadro 06 – Tabulação do Questionário primeiro período.....	59
Quadro 07 – Percepção qualitativa dos alunos do primeiro período.....	61
Quadro 08 – Tabulação do Questionário do quarto período.....	62
Quadro 09 – Percepção qualitativa dos alunos do quarto período.....	63
Quadro 10 – Notas dos alunos da disciplina Tópicos de Física Geral e Experimental.....	66
Quadro 11 – Análise de distribuição t de Tópicos de Física Geral e Experimental...	67
Quadro 12 – Notas dos alunos da disciplina Complementos de Física.....	68
Quadro 13 – Análise de distribuição t da disciplina Complementos de Física.....	69
Gráfico 1 – Evolução da publicação de trabalhos de Ensino de Física com o uso do Arduino.....	41
Gráfico 2 – Curva de Gauss para análise das notas de Tópicos de Física.....	68
Gráfico 3 – Curva de Gauss para análise das notas de Complementos de Física.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
d.C.	Depois de Cristo
CC	Corrente contínua
LED	Diodo emissor de luz
EPROM	Erasable Programmable
GLP	Gás liquefeito de petróleo
GND	Terra
IAARC	Associação Internacional de Automação e Robótica na Construção
ICSP	In-Circuit Serial Programming
IES	Instituição de Ensino Superior
IR	Infra Red
MHS	Movimento Harmônico Simples
MRU	Movimento Retilíneo Uniforme
Ppm	Parte por milhão
RAM	Random Access Memory
RC	Resistivo Capacitivo
RL	Resistivo Indutivo
RLC	Resistivo Indutivo Capacitivo
SI	Sistema internacional de Unidades
TCS	Teoria da Cognição Situada
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
USB	Universal Serial Bus
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
VCC	Voltagem em corrente contínua

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA	14
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	OBJETIVO GERAL	16
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.2.2.1	JUSTIFICATIVA	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO	18
2.2	GALILEU GALILEI.....	23
2.2.1	TEORIA DO PÊNDULO	26
2.3	O ARDUINO	31
2.3.1	COMPONENTES DE UMA PLACA ARDUINO	32
2.3.2	FAMÍLIA ARDUINO	33
2.3.3	SENSORES.....	34
2.4	PENSAMENTO COMPUTACIONAL.....	36
2.5	REVISÃO DE LITERATURA.....	40
3	METODOLOGIA.....	45
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	45
3.2	DESCRIÇÃO DA PESQUISA	46
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....	58
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
6	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICE 1 – FORMULÁRIO DE PESQUISA	80
	APÊNDICE 2 – FICHA DO EXPERIMENTO.....	81
	ANEXO I – CUSTO DO EXPERIMENTO.....	84

1 INTRODUÇÃO

A falta de interesse dos alunos por disciplinas exatas como a Física não é novidade. Muitos não veem nesta disciplina a capacidade de explicar fatos relacionados ao nosso dia a dia (PIETROCOLA, 2002).

Além da falta de interesse dos alunos pela Física, outro fator relevante é a deficiência dos alunos em matemática básica, também oriunda da falta de compreensão do assunto. De acordo com Pietrocola (2002), uma boa base matemática garante um sucesso na aprendizagem de Física.

Os desafios em sala de aula são inúmeros, sobretudo para professores de ciências exatas, tanto no Ensino Médio quanto em Graduação. Assim sendo um dos problemas a ser tratado é criar ferramentas para que os professores realizem uma aula motivadora para os alunos e que amplie a compreensão.

O objetivo deste projeto é elaborar um experimento com o uso do Arduino para ensinar conteúdos de Física que possam ser desenvolvidos em sala de aula. Com o uso de experimentos simples poderemos, além de demonstrar o fenômeno físico, coletar dados automaticamente. O Arduino, por ser um *hardware open source*, teve uma rápida aceitação no mercado e com preços acessíveis. Esta interface, por possuir portas analógicas e digitais, propicia uma variada gama de possibilidades em programação. Além de possuir baixo custo, permite a construção de plataformas versáteis e de fácil manuseio. Tais plataformas visam também facilitar o trabalho dos professores, tendo em vista que encontrarmos nas escolas profissionais que tem grandes dificuldades em ministrar aulas nos laboratórios de física (ARAUJO e ABIB, 2003; ALVES e STACHAKA, 2005).

A utilização de recursos de ensino variados como vídeos didáticos e experimentos de laboratório é muito bem aceita pelos estudantes (BUCHWEITZ, 1997) e o ato de experimentar, no ensino de Física, é de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem dessa disciplina e tem sido enfatizado por muitos autores (ARAUJO e ABIB, 2003; ALVES e STACHAKA, 2005).

Segundo Haag, Araújo e Veit (2005) há vários motivos que favorecem o uso da aquisição automática de dados tais como “enriquecer as experiências de aprendizagem” ou “permitir a realização de experimentos que envolvam medições de tempo em frações de segundos onde a coleta manual é impossível”, entre outros.

Isto posto, a utilização do Arduino proporciona uma série de benefícios práticos para o Ensino da Física, os quais serão abordados ao longo deste estudo.

Esta dissertação está dividida em sete capítulos. Neste capítulo tem-se a apresentação do problema, os objetivos geral e específico, e a justificativa. No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica onde apresenta-se a evolução do pensamento científico até Galileu Galilei, a teoria do Pêndulo Simples, o Arduino, sua família de processadores e sensores, uma apresentação sobre o pensamento computacional e por fim o estado da arte. No capítulo 3 fala-se sobre a metodologia aplicada e detalhes de como a pesquisa foi efetuada. Já no capítulo 4 é apresentada a análise e discussão dos resultados com análise das respostas dos alunos quanto à praticidade e utilidade do experimento, e por fim no capítulo 5 as considerações finais.

1.1 PROBLEMA

Durante as aulas de Física é comum encontrar uma grande dificuldade dos alunos em compreender os conteúdos apresentados nas aulas teóricas. Ao apresentar as equações e conceitos nem sempre eles conseguem visualizar o seu emprego no dia a dia, tampouco o raciocínio de como se deduziram as equações.

É de grande importância utilizar meios para tornar estes conceitos mais concretos e menos abstratos. Uma forma de fazer isto, é por meio de experimentos relacionados ao conteúdo ministrado nas aulas teóricas. Estes experimentos normalmente são realizados nos laboratórios das Escolas.

Alguns autores como Ferreira (1978), mostram que estes laboratórios normalmente têm um alto custo para as instituições de Ensino, e que o uso de equipamentos alternativos, de baixo custo em laboratórios, possibilita um maior uso de experimentos.

Abre-se assim a possibilidade de desenvolver soluções de experimentos que sejam flexíveis, de baixo custo e que possam ser utilizados na própria sala de aula, permitindo uma maior mobilidade para o professor, independente de turma ou Instituição de Ensino.

A ideia é então desenvolver um experimento utilizando uma plataforma flexível a fim de que possa ser replicado sem grandes dificuldades em outros experimentos de forma a minimizar os custos de um possível laboratório de Física.

A proposta, ainda, deste projeto é fazer uso do Arduino que está ocupando cada vez mais espaço em sala de aula devido a sua grande versatilidade, estimulando os alunos para a aprendizagem da Física.

Como o Arduino é uma plataforma de baixo custo, versátil e de fácil programação, optou-se por este *hardware* para a elaboração do experimento. Desta forma pode-se desenvolver um protótipo que permite fazer pesquisa experimental em sala de aula, sem a necessidade de laboratórios dispendiosos, tornando os problemas menos abstratos e ainda com uma precisão aceitável nas medidas.

Estudos recentes demonstram a boa aceitação dos alunos e a viabilidade para a realização de experimentos de que não oneram a Instituição de Ensino e que sejam de fácil manipulação. Assim nos resta questionar: **a plataforma Arduino pode ser utilizada para melhorar o entendimento dos alunos em relação aos conteúdos de Física?**

Conforme dito anteriormente, há uma grande animosidade dos alunos com disciplinas de exatas, principalmente no que tange a Física. Assim, lançando mão de tecnologias mais atuais e fazendo destas uma mediadora para o processo ensino-aprendizagem, tem por objetivo atrair os alunos para uma aula mais dinâmica e prazerosa.

A proposta deste projeto é fazer uso do Arduino uma vez que está ocupando mais espaço em sala de aula devido a seu fácil manuseio, estimulando os alunos para a aprendizagem da Física.

Mediante da realização do experimento do pêndulo simples, objetivamos observar e mensurar o envolvimento dos alunos dos primeiro e quarto períodos do curso de Graduação em Engenharia Civil de uma instituição de ensino superior localizada em Curitiba, Paraná.

Em vista disto partimos do problema: **como desenvolver um dispositivo, utilizando a plataforma arduino, que permita realizar o experimento do pêndulo simples?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Procurar soluções para elaborar um dispositivo que seja de baixo custo, com base na plataforma Arduino, para a realização do experimento do Pêndulo Simples.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Pesquisar soluções de hardware e software para realizar o experimento do Pêndulo Simples;
- b) Modelar uma solução utilizando uma plataforma de baixo custo para o Pêndulo Simples;
- c) Validar o experimento por meio das aulas com os alunos.

1.2.2.1 Justificativa

Na educação, de forma geral, a informática é utilizada para ensinar todo tipo de conteúdo, além da própria computação (VALENTE, 1993), assim pretendemos nos valer de uns poucos recursos de informática, como pequenos programas, para o nosso objetivo.

Segundo Figueira (2005), as simulações ou modelagens computacionais são importantes recursos no ensino de Física, de modo que se torna interessante migrar de um modelo analógico utilizado nas escolas e Instituições de Ensino Superior (IES) para um em que se possa utilizar processos computacionais que, a princípio, deverão estimular o pensamento computacional do aluno e facilitar as medições. Estes processos serão detalhados e analisados mais à frente.

De acordo com Dorneles (2010), a inserção de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no ensino experimental pode auxiliar os estudantes a interagirem de forma consciente com os experimentos, propiciando melhores condições para a análise do que ocorre no mundo prático.

Da mesma forma, o raciocínio lógico está intrinsicamente ligado à execução de um programa, e o pensamento lógico (ou pensamento computacional) pode auxiliar o ser humano a resolver problemas das mais diferentes áreas do conhecimento. Segundo Nunes (2011), a introdução do pensamento computacional na educação

provê os recursos cognitivos necessários à resolução de problemas, transversal a todas as áreas do conhecimento. Logo, disciplinas como Ciência da Computação, ou afins, deveriam fazer parte de todos os cursos de graduação.

É importante lembrar que Seymour Papert já defendia, na década de 1960, uma didática em que o aluno usasse a tecnologia para construir o conhecimento. Ele inventou a linguagem Logo, a primeira linguagem de programação para crianças, que era utilizada por elas para programar os movimentos de uma "tartaruga" (um pequeno robô mecânico ou de um objeto gráfico na tela do computador). Em seu livro *Mindstorms* de 1980 ele detalha o processo em que elas utilizavam o computador e os resultados de sua linguagem Logo. E, sem ir tão longe, o próprio Paulo Freire era adepto de que o professor transformasse a sala de aula num ambiente interativo, usando recursos como vídeos e televisão.

Na Teoria do Construcionismo de Papert, o aluno é tido como protagonista e constrói os objetos de seu interesse. A aprendizagem se faz por projetos em que o nosso protagonista atua como tal. Este método favorece a produção de significados ao seu conhecimento, possibilitando que utilize os conhecimentos de forma interdisciplinar, tornando alunos consumidores de tecnologia em alunos produtores de tecnologia.

À medida que os alunos ficam mais confortáveis com a utilização do Arduino nos experimentos, vão ficando aptos a construir ou criar programas para a execução das tarefas, ou seja, aprimoram o Pensamento Computacional.

Tudo isto é reafirmado por Blikstein (2008):

Deixe-me começar dizendo o que pensamento computacional não é. Não se trata, por exemplo, de saber navegar na internet, enviar e-mail, publicar um blog, ou operar um processador de texto. Pensamento computacional é saber usar o computador como um instrumento de aumento do poder cognitivo e operacional humano (BLIKSTEIN, 2008, p. 1).

Assim sendo, o pensamento computacional permite que os alunos sejam mais criativos, produtivos, ao mesmo tempo em que desenvolvem o pensamento crítico e otimizam o tempo com melhor capacidade de resolução de problemas.

Além da possibilidade de desenvolver o pensamento computacional, a utilização do Arduino como ferramenta para ensino da Física, abarca outros benefícios. Entre diversos, destaca-se a produção de equipamentos de baixo custo para os laboratórios de Física. Ao longo da construção do experimento, que será

detalhadamente descrito mais adiante, observou-se que o investimento necessário para a aquisição de equipamento tradicional para realizar o experimento do pêndulo simples é três vezes mais caro que o experimento confeccionado com o Arduino.

Potencialmente, o benefício principal está em estimular os alunos ao aprendizado da Física, trazendo uma inovação tecnológica e realizando uma aula interativa e lúdica.

Além disso, o trabalho em grupo favorece as relações pessoais. Este formato de grupos para desenvolvimento de trabalhos deve fazer parte do cotidiano dos alunos e de seu futuro profissional, lembrado a aprendizagem situada tem relação com o processo cognitivo e, por conseguinte, a aprendizagem e as práticas sociais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Quando surgiram os primeiros pensadores que se tem registro, suas ferramentas eram poucas e precárias, mas isto não os impediu de promover o progresso das Ciências, pois com estas ferramentas construíram instrumentos elaborados. São inúmeros os exemplos de descobertas e cálculos científicos feitos desta forma. Porém, tais ferramentas evoluíram muito desde então, tanto na esfera da pesquisa científica, quanto no ensino.

A seguir, um breve relato da evolução do pensamento científico e da experimentação, baseados principalmente na cronologia apresentada por Rocha *et al.* (2002) e Pires (2011). O texto abaixo também fez parte das aulas para os alunos do primeiro período do curso de Engenharia Civil na disciplina de Tópicos de Física Geral e Experimental ministrado no ano de 2018, e seu objetivo, além de contextualizar a história é mostrar como é possível fazer Ciência mesmo com instrumentos simples, e também um pouco da evolução dos meios de pesquisa. Isto porque as aulas com os alunos irão contemplar o experimento com medidas manuais e automatizadas.

2.1 EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO

A ciência tem se desenvolvido desde a mais tenra idade da Humanidade. Os mais primitivos, ainda nas cavernas, buscavam entender o que se passava ao seu redor. Muito provavelmente, assim, nasceram as religiões como culto ao desconhecido.

A ciência foi gestada no ventre das grandes tradições espirituais. Fechando os olhos, os xamãs ancestrais contemplavam os misteriosos cenários de seu mundo interior. Mantendo-os bem abertos, olhavam as exuberantes paisagens do mundo exterior que os cercavam. E, durante milhares de anos, para os numerosos homens e mulheres de conhecimento que os seguiram, apenas uma mudança no sentido do olhar distinguia a observação acurada da realidade interna, que tem seu ápice na experiência mística, da observação acurada da realidade externa, que os conduziria, no limite, ao experimento científico (ARANTES, 2005, p. 9).

O pensamento acima demonstra que as primeiras ideias sobre a criação do Universo e as leis que o regiam eram unicamente atribuídas às divindades, e cada povo à maneira dos seus próprios deuses. A isso, denomina-se “mitologia”. Segundo Rocha *et al.* (2002, pg. 37), “os mitos têm uma linguagem predominantemente metafórica e alegórica, sendo importante analisá-los de acordo com o contexto social, religioso e linguístico”. Augusto Comte, com a sua corrente Filosófica do Positivismo, admite que a Filosofia antiga da natureza foi útil para desenvolvimento inicial das ciências e da sociedade, porém, na sua visão a explicação teológica para fenômenos naturais estava errada e deveríamos nos basear no método científico.

Na Mesopotâmia, berço da civilização, surgiram povos como sumérios, hebreus, babilônios, e outros, que sucederam o poder entre os anos 2000 e 500 a.C. Cada um destes povos tinha seu mito sobre a criação do Universo. Por exemplo, os hebreus, em seu livro do Gênesis, descrevem a criação do mundo a partir de um deus único, em apenas sete dias. Os babilônios, no seu livro *Enuma Elis*, de 2000 a.C., aproximadamente, descrevem o surgimento do Universo a partir do caos, onde seus vários deuses o organizam.

Já os deuses dos egípcios, eram vinculados aos astros como o Sol e as constelações.

Enquanto alguns buscavam explicações no sobrenatural para eventos desconhecidos, também havia aqueles que dedicavam seu tempo e intelecto para explicar, de forma racional, os eventos que aconteciam ao seu redor. Assim surgem as ciências: o uso do pensamento racional para explicar eventos, acontecimentos e até mesmo prever situações futuras.

De acordo com Pires (2011), foi no início do século VI a.C., na Grécia, que surgiram novos modelos de pensamento, pois os filósofos perceberam que haviam regularidades na Natureza, ciclos, padrões, - tais como marés, eclipses, tempestades - com os quais era possível desvendar seus segredos, deixando de lado os deuses e, enfim, obtendo explicações naturais.

As explicações apresentadas pelos filósofos do século VI a.C. até período do renascimento podem nos parecer absurdas atualmente, mas foram importantes contribuições para suas épocas na quebra de paradigmas destituindo o poder dos deuses sobre os fenômenos.

A Grécia Antiga é o berço dos chamados "filósofos naturais", pensadores que registram os primeiros estudos "científicos" sobre os fenômenos da Natureza, apartando suas causas das divindades, buscando explicações racionais para os fenômenos.

O primeiro destes filósofos foi Tales de Mileto (623 a.C. - 546 a.C.), geômetra, astrônomo e engenheiro, afirmava que tudo era originário da água.

Anaximandro (610 a.C.- 546 a.C.), defendia que o princípio de tudo era o ápeiron, uma matéria infinita da qual todas as outras se originam. Consta que Anaximandro determinou com precisão a duração do ano e suas estações.

Primeiro filósofo a afirmar que a luz da Lua é proveniente do Sol, Anaxímenes (588 a.C.-524 a.C.) afirmava ser o ar a sua substância primária, a partir da qual todas as outras coisas eram feitas. Por exemplo, a água era o ar condensado, a terra era a água comprimida e o fogo era o ar rarefeito. Identificou que o arco íris é o efeito dos raios solares passando através do ar condensado.

Tales, Anaximandro e Anaxímenes tinham semelhante raciocínio sobre a criação ser originada por uma substância única.

Precursor do pensamento do estudo dos fósseis, Xenófanes (570 a. C. – 475 a.C.) realizava investigações para calcular a idade da Terra.

Pitágoras (570 a.C. - 495 a.C.) acreditava que o cosmo é regido por relações matemáticas. A essência, que é o princípio fundamental que forma todas as coisas, é o número. De acordo com Pires (2011), Pitágoras, usando um monocórdio - instrumento musical composto por uma corda -, descobriu que cordas em vibração emitiam sons que dependiam de seus comprimentos. Daí surgiu a descoberta dos intervalos harmônicos. Esta foi, provavelmente, a primeira formulação de uma lei da Física.

Para Heráclito (535 a.C. – 475 a.C.), havia um fluxo contínuo de transformação da matéria e não uma única substância da qual todas as outras eram formadas. Daí sua célebre frase: "É impossível entrarmos duas vezes no mesmo rio, pois quando entramos pela segunda vez, o rio já não é mais o mesmo. "

Outro filósofo grego, Parmênides (530 a.C. – 460 a.C.), dizia que: “Nada nasce do nada, e nada do que existe se transforma em nada” e que “tudo o que existe sempre existiu”.

Anaxágoras de Clazomena (500 a. C. - 428 a.C.), dizia que a Natureza é composta de partículas minúsculas denominadas sementes. Para ele, o Sol e as estrelas eram corpos sólidos, contradizendo a mitologia religiosa de que os corpos celestes eram divindades.

De acordo com Rocha et al. (2002, p. 57), Empédocles (490 a.C. – 430 a. C.) acreditava que a Natureza consistia em quatro elementos básicos, sendo: terra, ar, fogo e a água e se combinavam sob a ação de duas forças básicas, que ele denominou de “amor” e “ódio”. Ainda, foi o primeiro a elucubrar que a luz leva tempo para viajar pelo espaço. Também, que os objetos emitem algo e por isso podem ser vistos – ao contrário do que pensavam os pitagóricos que acreditam que eram os olhos que emitiam algo em relação aos objetos para vê-los.

Fundadores da teoria filosófica do Atomismo, Leucipo (490 a. C - 420 a.C.) e seu discípulo Demócrito (460 a.C. – 370 a. C.), postularam que toda matéria é composta de partículas indivisíveis a olho nu, os átomos, que se moviam aleatoriamente. Os átomos possuíam ganchos ou engates possibilitando a formação das diversas substâncias existentes. Acreditavam que as mudanças que ocorriam no Universo eram causadas pelo movimento destes átomos e não por vontade dos seres divinos.

Com Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), o pensamento grego vive seu apogeu. Criou a ciência da Lógica. Estabeleceu a filosofia natural nos tratados “Física, Do Céu, Meteorologia e Metafísica”, definindo Física como o estudo dos objetos naturais.

Aristarco de Samos (310 a.C. – 230 a.C.), astrônomo e matemático grego, numa época em que o geocentrismo era dominante, foi o primeiro cientista a propor que a Terra orbita em torno do Sol, sendo o proponente do chamado sistema heliocêntrico. Também, alegou que a Terra possui movimento de rotação. Brilhantemente foi a primeira pessoa a medir distância entre Terra-Lua e Terra-Sol.

Euclides de Alexandria, considerado o Pai da Geometria, por volta de 300 a.C., desenvolveu o modelo de geometria que perdurou até a modernidade. Ironicamente, o novo modelo foi denominado de não-euclidiano. Contribuiu para a Física com estudos sobre a óptica geométrica.

“Dê-me uma alavanca e moverei o mundo” é uma célebre frase atribuída a Arquimedes (287 a.C. - 212 a.C.), devido a sua descoberta de que era possível mover grandes massas com pouca força utilizando uma alavanca. É considerado o maior matemático da antiguidade. Entre suas contribuições à Física, estão as fundações da hidrostática e da estática. Ao descobrir a lei do empuxo, bradou “Eureka! ”. Também foi o inventor de diversas máquinas de guerra para defesa de sua cidade, Siracusa.

Como uma precisão bastante razoável, até mesmo para os dias atuais, Erastóstenes (276 a.C. - 194 a.C.), calculou a circunferência da Terra utilizando relações trigonométricas. Mediu o ângulo que o Sol produzia em uma vara fincada ao chão, na cidade de Alexandria e, sabendo que na cidade de Siena, o Sol incidia perpendicularmente num poço, associando com a distância entre as duas cidades.

Considerado o fundador da astronomia científica, Hiparco (190 a.C. - 120 a.C.) calculou a distância da Terra à Lua, utilizando relações trigonométricas, também. Inventou o Astrolábio – antigo instrumento naval utilizado para medir a altura dos astros em relação ao horizonte. Descobriu a precessão dos Equinócios e confeccionou um catálogo estelar, onde apresentou a posição de 850 estrelas, com latitude, longitude e magnitude.

Ptolomeu (110 d. C. – 170 d. C.), defensor do sistema geocêntrico, desenvolveu a teoria dos epiciclos para explicar o (aparente) movimento retrógrado dos planetas no firmamento.

Primeira mulher documentada como sendo matemática, Hipácia (351 d. C. – 415 d. C.) foi a última diretora da Biblioteca de Alexandria, também era astrônoma. Foi morta e o que restou da Biblioteca foi destruindo, iniciando um período de trevas sobre a ciência na civilização greco-romana.

Porém, nos países árabes, o pensamento científico manteve-se aceso. Por exemplo, o árabe Alhazen (965-1039), estudou fenômenos ópticos e propôs o modelo atual do funcionamento da visão em que os olhos humanos captam a luz refletida por objetos iluminados. Criou o termo “raio de luz”. Escreveu diversas obras sobre fenômenos luminosos como a refração.

Ao longo dos séculos seguintes, predominou o pensamento de Aristóteles de que a Terra era plana, estacionária e era o centro do Universo. Apesar de haver indícios contrários, como a teoria de Aristarco.

O pensamento aristotélico é de grande importância para a Lógica, porém, para a Física, provocou certa estagnação.

O modelo ptolomaico da constituição do Universo só perdeu relevância a partir dos anos 1500, principalmente com os pensadores Nicolau Copérnico, Giordano Bruno e Galileu Galilei.

Nicolau Copérnico foi o proponente do modelo heliocêntrico, retirando a Terra do centro do Universo, por volta de 1530, quando publicou o *Commentariolus*, contrário ao pensamento vigente, pregado e defendido pela Igreja. Esta obra foi escrita em linguagem muito técnica e praticamente ilegível, exceto por astrônomos, de modo que não chamou a atenção dos eclesiastas. E também com apoio de Andreas Osiander que escreveu o prefácio da obra de Copérnico e que em uma carta escrita a 20 de abril de 1541, sugere que ele aborde na introdução que tanto o modelo de Ptolomeu quanto o seu poderiam explicar o fenômeno do movimento dos astros, a fim de apaziguar os ânimos dos teólogos. Ainda que o modelo proposto também facilitava os cálculos. Nesta mesma época Giordano Bruno, filósofo e membro da Ordem Dominicana, defensor das ideias de Copérnico, foi condenado a morte pela inquisição. Ele pensava ser o Universo infinito pois se Deus era infinito porque criaria algo finito? Expulso da ordem Dominicana e devido a afirmações como a anterior, e ao defender as ideias de Copérnico e decodificá-las em linguagem mais popular, Giordano Bruno, foi perseguido e executado pela Igreja anos depois acabando morto na fogueira no ano de 1600.

Grandes astrônomos, inspirados pela Teoria Heliocêntrica de Copérnico seguiram desenvolvendo observações e enriquecendo esta ciência. Os principais nomes são Tycho Brahe, Johannes Kepler e Galileu.

Paramos a história aqui ressaltando que esta contextualização histórica é para incentivar os alunos a fazerem pesquisa experimental.

2.2 GALILEU GALILEI

Antes de Galileu Galilei (1564-1642), todos os pensamentos científicos baseavam-se em ideias provenientes do simples exercício do pensamento humano aplicado às observações dos fenômenos naturais. Galileu inaugura a fase da ciência pautada em experimentos. Foi um astrônomo italiano que viveu 78 anos entre os anos de 1564 e 1642.

Ele é considerado por muitos o pai da Ciência Moderna, pois foi o primeiro pensador a descrever os fenômenos naturais utilizando-se da observação e quantificação do movimento, traduzindo-as em equações matemáticas.

É verdade que Aristóteles havia feito observações, mas a observação não é equivalente à experimentação. A observação é passiva, a experimentação faz perguntas à Natureza. Para os aristotélicos, experiência era o testemunho dos sentidos, para Galileu a interpretação racionalmente controlada. Galileu deu uma nova vida ao estudo da Natureza, que passou a ser examinada de uma maneira ativa, em vez de passiva (PIRES, 2011, p. 168).

A preocupação com um método científico também fez parte da vida do filósofo britânico Francis Bacon (1561-1626) e mais tarde do francês René Descartes. Francis Bacon também acreditava que a lógica aristotélica não era adequada para os estudos da filosofia natural e enfatizou o método indutivo, e procurou reduzi-lo a um conjunto de regras.

Bacon criticou Aristóteles, que dizia que todo conhecimento tem origem nas experiências, pois segundo Bacon, Aristóteles não fez realmente experiências, mas sua filosofia era somente de lógica e sutileza verbal. Podemos citar a forma com que Aristóteles explicava o movimento classificando-o em dois tipos: os naturais, como a queda dos corpos e os violentos ou forçados, tais como o lançamento de projéteis para o alto. Também não concordava com a posterior teoria do *impetus*¹ para explicar os movimentos e nas teorias de Galileu não era favorável ao formato com que Galileu tratava o problema do movimento dos corpos retirando a resistência do ar.

Votando a Galileu ele ainda inventou o compasso, o termoscópio (futuro termômetro) e aperfeiçoou o telescópio com o qual observou as mudanças dos astros celestes.

Talvez a maior de suas contribuições tenha sido utilizar o telescópio para observação do espaço. Com ele, Galileu observou que os planetas Vênus e Marte possuíam fases como a lua. Foi capaz de observar satélites orbitando o planeta Júpiter e ainda os anéis de Saturno. Na lua, pode observar as sombras produzidas por suas montanhas, além das movimentações das manchas solares no sol. Ou seja, mostrou

¹ Teoria proposta por Philoponus no séc. VI e mãos tarde desenvolvida pelo filósofo francês Buridan diz que quando um agente externo atua sobre um corpo colocando-o em movimento, ele imprime ao corpo um certo *impetus* que é uma força que permite ao corpo se mover na direção que o agente externo o submeteu inicialmente.

que o céu não era imutável confrontando o pensamento aristotélico e corroborando com as ideias de Copérnico que a Terra não era o centro do Universo.

Estudou o movimento de corpos em queda livre, desenvolvendo as equações do movimento inspirado pelo experimento da Torre de Pisa. Em seu livro “O Ensaaiador”, ele descreve o fundamento de um método científico que iniciaria com a descrição de um problema; a teoria para verificar os fatos e hipóteses; variação gradual e ampla dos parâmetros da experiência para a verificação da lei Física; e finalmente o teste da teoria formulada (ROCHA *et al.*, 2002).

Conta-se que Galileu, ao observar o movimento pendular de um candelabro em uma igreja, constatou que período de oscilação do candelabro independia da amplitude de oscilação, usando a sua própria pulsação para medir o tempo.

Conforme explanado anteriormente, Galileu Galilei identificou que o tempo de oscilação de um pêndulo independe da amplitude de oscilação e é a partir desta ideia que se propõe o experimento em sala de aula. Nas aulas teóricas foi demonstrada aos alunos a teoria matemática que rege a equação do pêndulo simples. Com base nesta teoria, realizaram-se os experimentos a fim de determinar a gravidade local, que foi o objetivo final do experimento.

Este pequeno resumo sobre a vida de Galileu demonstra algumas de suas contribuições para a ciência. Galileu, assim como outros pensadores na história, cometeu equívocos em sua trajetória em busca de respostas. Estes erros em experimentações científicas fazem parte do processo e por vezes são instrutivos conforme cita Koiré:

Todo historiador, sobretudo os biógrafos, são um pouco hagiógrafos. É por isso que eles frequentemente passam por cima dos erros cometido e os fracassos sofridos por seus heróis; eles apenas mencionam-nos para desculpa-los. Além disso, para que deter-se aos erros? Não é o sucesso final, a descoberta, o mais importante, e não os caminhos tortuosos que foram seguidos e nos quais se equivocou? O historiador/hagiógrafo está, sem dúvida, correto. Certamente, o que importa para a posteridade é a vitória, o descobrimento, a invenção. No entanto, para o historiador do pensamento científico, pelo menos para um historiador filósofo, os fracassos e, especialmente, o erro de um Galileu, de um Descartes, às vezes são tão preciosos quanto seus sucessos. E talvez até mais. Com efeito, eles são muito instrutivos. Às vezes, eles nos permitem apreciar e entender a marcha secreta de seu pensamento (KOIRÉ, 1980, p. 74).

Estas formas simples e ao mesmo tempo inovadoras de observar a natureza e identificar como as coisas funcionam serviram de inspiração para este trabalho e que,

a partir da forma de pensar de Galileu, é possível demonstrar a ciência com a utilização de experimentos².

2.2.1 Teoria do Pêndulo

O pêndulo é composto de uma haste cuja parte superior está fixada num eixo que permite sua movimentação livremente e na extremidade inferior há uma massa. Uma vez que retiramos esta massa do seu ponto de equilíbrio, surgirá uma força restauradora (devido a força da gravidade) que promoverá a oscilação do nosso pêndulo. A partir disto pêndulo entra num movimento periódico também conhecido como Movimento Harmônico Simples (MHS)³.

Para deduzir as equações do MHS podemos partir de um sistema massa mola que também é um MHS e tem suas forças regidas pela Lei de Newton. Para uma mola inicialmente em repouso, de constante k , penduramos um peso de massa m produzindo um alongamento na mola que denominaremos x_0 , assim a força elástica será:

$$F = mg \quad (1)$$

Como na força elástica temos:

$$F = -kx \quad (2)$$

Igualando as duas chegamos a:

$$-Kx_0 = mg \quad (3)$$

Partindo da Segunda Lei de Newton:

$$F = m a \quad (4)$$

$$-Kx + mg = ma \quad (5)$$

$$-k(x - x_0) + mg = ma \quad (6)$$

$$-kx - kx_0 + mg = ma \quad (7)$$

Simplificando a equação (7) a partir da equação (3):

² Cabe ressaltar que Galileu inspirou este pesquisador a ser um estudante da Física desde sua mais tenra idade, quando foi presenteado com o livro "A vida de galileu Galilei, o devassador do Infinito" de Hermani Donato, da Coleção Calouro pela Edições de Ouro, em 1980, professor de ciências Alvaro Kovalski. Presente este pelo reconhecimento no desempenho em sua disciplina, o que foi um grande estímulo para continuar a buscar as respostas com base na ciência.

³ Movimento Harmônico Simples é um fenômeno periódico, ou seja, se repete, e de forma idêntica, em intervalos de tempo iguais.

$$-kx - mg + mg = ma \quad (8)$$

$$-kx = ma \quad (9)$$

$$ma + kx = 0 \quad (10)$$

Substituindo a :

$$-kx = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (11)$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = 0 \quad (12)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0 \quad (13)$$

Sendo esta última a equação diferencial do MHS. A solução nos sugere que a devemos buscar uma função que somada com a sua derivada segunda resulte em zero. Nossa solução então pode ser função $\cos$, ficando assim:

$$\frac{d^2 \cos(t)}{dt^2} + \frac{k}{m} \cos(t) = -\cos(t) + \frac{k}{m} \cos(t) = \cos(t) \left(\frac{k}{m} - 1 \right) \quad (14)$$

A solução final será:

$$y = A \cos(\omega_0 t + \varphi) \quad (15)$$

Onde:

y -> alongamento da mola

A -> amplitude (máximo afastamento da mola da posição de repouso)

ω_0 -> argumento de fase (indica em que posição dentre os extremos a massa estará ocupando)

Φ -> defasagem (posição inicial do movimento)

A partir da equação da posição podemos deduzir a equação da velocidade:

$$v = \frac{dy}{dt} = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \quad (16)$$

E também a aceleração:

$$a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) \quad (17)$$

Resumindo chegamos na equação 18:

$$a = -\omega^2 x \quad (18)$$

Tomando o sistema massa mola, cuja força resultante é a força elástica que na Física a força elástica é definida como:

$$F = -kx \quad (19)$$

Onde k é a constante elástica e x é a deformação da mola e o sinal de menos indica que a força é restauradora, substituímos utilizando a Segunda Lei de Newton e depois aplicamos ainda a equação 18:

$$m a = -k x \quad (20)$$

$$-m \omega^2 x = -k x \quad (21)$$

$$m \omega^2 = k \quad (22)$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad (23)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (24)$$

Do Movimento Circular Uniforme temos que:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (25)$$

Onde ω é a velocidade angular e "T" o período, que é o tempo que o móvel leva para fazer um ciclo completo.

Igualando as equações 24 e 25:

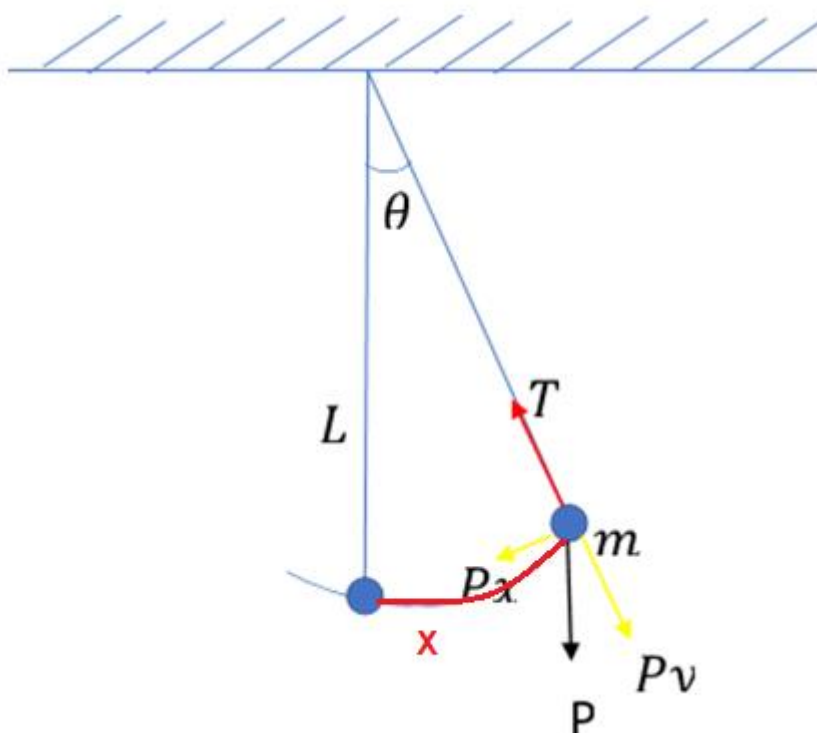
$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (26)$$

Chegamos na equação:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (27)$$

Abaixo, na figura 1, mostramos o diagrama de forças que agem em um pêndulo, onde m representa a massa, T a tração no fio de sustentação, L o comprimento do fio, P a força peso sobre a massa e θ o ângulo de afastamento a partir da posição de repouso. Esta teoria foi apresentada aos alunos para depois dela iniciarmos com os experimentos.

Figura 1 – Diagrama de força que agem em um pêndulo simples.



O objetivo é estudar a equação que rege o período de oscilação de um pêndulo simples, conhecendo o comprimento do fio e medindo o período, pode-se calcular a aceleração da gravidade local.

A aula teórica foi iniciada mostrando a figura 1 e explicando que a força da gravidade faz com que o conjunto fio/massa fiquem na posição vertical. Deslocando a massa de sua posição de repouso, a força peso atuante na massa pode ser decomposta em duas componentes que chamamos de P_v (na direção radial) e P_x (na direção tangencial).

A força P_y é calculada por $P \cos \theta$ é anulada pela tração. Já a força P_x calculada por $P \sin \theta$ é a força que será a causadora do movimento. O ângulo θ é definido como o quociente do arco realizado pelo pêndulo, pelo comprimento do fio que o compõe, sendo expresso em radianos⁴:

$$\theta = \frac{x}{L} \quad (28)$$

Fazendo as devidas substituições para a força restaurador P_x teremos:

$$P_x = -P \sin \theta \quad (29)^5$$

$$P_x = -P \sin \frac{x}{L} \quad (30)$$

Como está sendo calculado em radianos, vale lembrar que o seno de θ é aproximadamente igual ao ângulo, quando tratamos de ângulos pequenos⁶, assim:

$$P_x = -P \sin \frac{x}{L} = P \frac{x}{L} = \frac{P}{L} x \quad (31)$$

Ainda considerando que m (massa), L (comprimento) e g (gravidade) são constantes, podemos igualá-las a um K (constante):

$$K = \frac{P}{L} = \frac{m g}{L} \quad (32)$$

Então teremos finalmente: $P_x = -K x$

Que nos descreve a equação de um MHS, como no caso da força de uma mola dada por $F = -kx$.

Da equação 6 acima, sabemos que no MHS o período de oscilação é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} \quad (33)$$

Substituímos K :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{m g}{L}}} \quad (34)$$

⁴ Radiano é calculado pela divisão do comprimento de um arco pelo seu raio, sendo uma unidade adimensional.

⁵ O sinal de negativo na equação indica que é uma força restauradora.

⁶ Neste caso entende-se por ângulos pequenos aqueles cuja medida não ultrapassa os 15°.

Simplificando, finalmente temos a equação do pêndulo (sempre lembrado que é para pequenas oscilações):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (35)$$

Considerando então uma partícula de massa m suspensa por um fio inextensível de comprimento L , para colocar a partícula para oscilar, basta retirá-la de seu ponto de equilíbrio e soltá-la. A força da gravidade age como força restauradora. Estabelecemos assim um pêndulo simples.

2.3 O ARDUINO

O Arduino que é um processador de código aberto baseado em *hardware* e software de fácil manuseio. Ele possui várias entradas, podendo ser analógicas e digitais. Isto nos permite uma grande versatilidade, pois pode-se utilizar como sensores de entrada, sensores ópticos, botões, mensagens digitais por *bluetooth*, entre outros.

Atualmente, a sua utilização está em franca expansão em instituições de ensino para construir instrumentos científicos de baixo custo, para iniciação à robótica e até mesmo para experimentos de Física, por exemplo.

O Arduino foi desenvolvido pela empresa *Ivrea Interaction Design Institute* como uma ferramenta fácil e prática para prototipagem, que não requer sofisticados conhecimentos em eletrônica e/ou programação.

Seu custo benefício é bastante interessante. Mais adiante neste trabalho, iremos detalhar o custo para a montagem do experimento de pêndulo simples, utilizando o Arduino.

Os fabricantes do Arduino disponibilizam em sua página guias tutoriais para auxiliar os usuários, mesmo os mais leigos em programação, para popularizar a sua aplicação em diversos tipos de projetos, inclusive educacionais.

O Arduino, por se tratar de uma plataforma digital, requer um certo conhecimento lógico para sua programação. Por este motivo fizemos o experimento, a fim de possibilitar comparações, entre turmas em que já haviam tido algum tipo de conhecimento em informática/programação e outra que não havia tido aulas de programação.

Ele foi desenvolvido para o ensino de estudantes e em 2005 lançado comercialmente por Massimo Banzi e David Cuartielles. Os projetos de Arduino estão disponíveis gratuitamente sob licença da *Creative Commons* e por serem abertos há muitas fabricantes alternativas que fabricam seu próprio Arduino para comercializar.

Constitui-se de uma pequena placa com um micro controlador e um conector USB que facilita a conexão a um computador. Esta placa possui terminais de saída e entrada tanto analógicos como digitais que permitem a conexão de periférico como motores, relés, autofalantes, etc. Sua alimentação se dá pela conexão USB com o computador ou por meio de uma fonte externa que pode variar entre 7V e 12V. Esta porta USB também serve para que possamos transferir os programas de um computador para o Arduino ou receber informações do Arduino.

O micro controlador que o compõe é um pequeno computador em um único chip o qual contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída. Possui memória RAM, *flash* ou EPROM. Estas memórias são em torno de *quilo bytes*, muito menos que em qualquer computador ou *smartphone* atual, mas devemos lembrar que o Arduino é para pequenos projetos, logo estes valores de memória são suficientes.

2.3.1 Componentes de uma placa Arduino

Basicamente a placa é composta pelos seguintes componentes:

- *jack* de Corrente Contínua para alimentação: o valor de alimentação deverá ser entre 2,5V e 12V dependendo do tipo de Arduino utilizado, e é regulada internamente para 5V. Um LED indicador acenderá sempre que o Arduino estiver ligado;
- porta USB: permite conexão com computadores para a inserção de programas ou ainda utilizar como saída de dados;
- botão de Reset: utilizado para reiniciar um programa e limpar a memória;
- conector serial de programação (ICSP): permite que o dispositivo seja gravado no próprio circuito;
- entradas analógicas com tensão de saída em até 5V;
- entradas digitais;
- entrada/saída Serial (TX/RX);

- micro controlador: o micro controlador utilizado é o da Atmel AVR de 8 bits. No próximo item será mostrada a família do Arduino, inclusive com a capacidade de cada micro controlador utilizado.

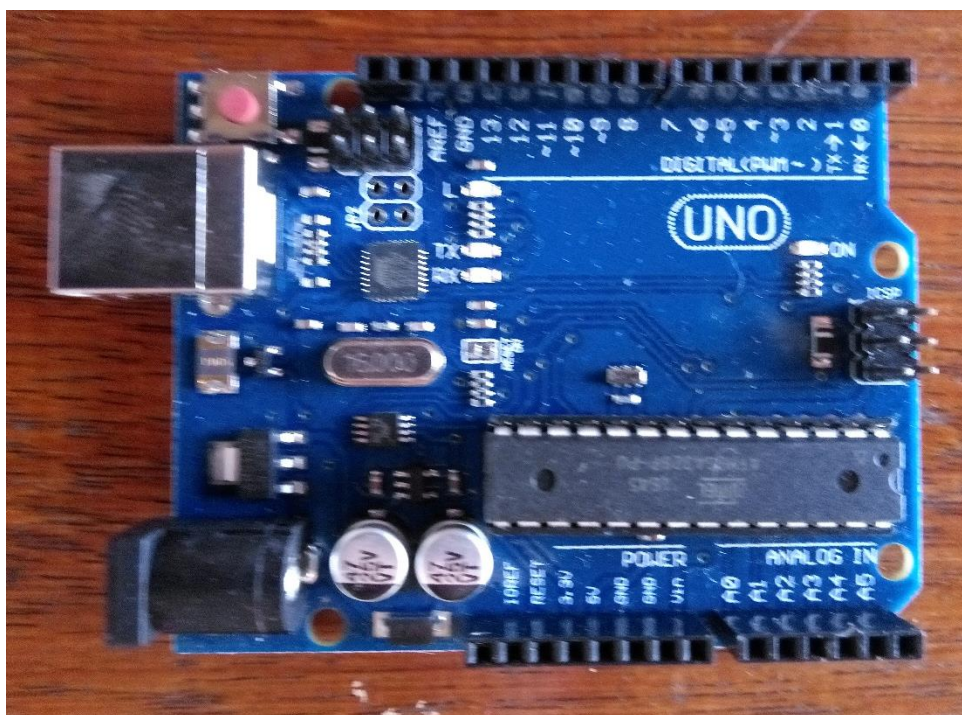
2.3.2 Família Arduino

O Arduino possui várias versões de placas que podem ser escolhidas de acordo com a necessidade de processamento e memória requeridas pelo projeto a ser executado.

O modelo utilizado neste projeto foi o Arduino UNO, e sua escolha se deu apenas pelo fato de que no momento da compra apresentou algumas vantagens financeiras devido ao fato de vir com alguns componentes e sensores agregados.

Abaixo a imagem do hardware do UNO.

Figura 2 – Foto do hardware do Arduino UNO utilizado neste projeto.



Fonte: autoria própria

No quadro abaixo mostramos alguns dos modelos de Arduino comercializáveis. Para conhecer a lista completa e analisar conforme necessidade do projeto ser realizado, pode ser consultado no site do Arduino, disponível no link <https://www.arduino.cc/en/Products/Compare>.

Quadro 1 – Alguns modelos de Arduino comercializáveis.

Itens	Uno	Mega	Nano	BT	Mini	Pro Micro	Lilypad
E/S	28	54	22	14	14	20	14
Memória Flash (KB)	32	128	32	32	32	32	16
RAM (KB)	2	8	2	2	2	2,5	1
EEPROM (KB)	1	4	1	1	1	1	512B
Clock (MHz)	16	16	16	16	16	16	8
Corrente (mA)	20	40	40	40	40	20	40
Tensão Entrada(V)	7-12	7-12	5	5	5	7-12	2.7-5.5
Tensão Máxima (V)	6-20	6-20	7-12	2.5-12	7-9	6-20	2.7-5.5
Entradas/saídas analógicas	6	16	8	6	8	12	6
Entradas/saídas digitais	6	15	6	6	6	7	6

2.3.3 Sensores

Para compor os projetos do Arduino podemos utilizar vários tipos de sensores que podem ser conectados em suas portas de entrada ou saída. A seguir veremos alguns tipos de sensores inclusive o que será utilizado no protótipo do pêndulo simples.

Como sensores de entrada podemos ter os seguintes:

- Sensor Infravermelho: consiste de um LED emissor e outro receptor de infravermelho, ou ainda apenas um emissor que serve para a detecção de obstáculos ou padrões de cores. Este é o utilizado no projeto e servirá para detectar a passagem do pêndulo e enviar o sinal para o micro controlador que calculará o tempo de oscilação. O modelo é o Sensor Reflexivo Infravermelho de Distância Ajustável E18-D80NK. Este sensor possui emissor e fotorreceptor no mesmo componente,

funcionando por reflexão da luz no objeto em questão. O objeto deve estar situado na faixa entre 3cm e 80cm e fornece uma saída digital a cada detecção. A conexão para alimentação do sensor é a seguinte:

- Marrom: +5Vcc
- Azul: GND
- Preto: Saída/Entrada

Importante ressaltar que o tempo de resposta é menor de 2ms. Este é um dado importante para levar em conta nas medições de tempo de oscilação. Abaixo a imagem do sensor.

Figura 3 – Foto do sensor infravermelho.



Fonte: autoria própria

- Sensor LDR: resistor variável à luz, utilizado onde variações de luz devam ser monitoradas. Seu sinal é analógico.
- Sensor Ultrassom: possui um emissor e um receptor de ultrassom juntos. Pode ser utilizado como sensor de presença, medição de distância, radar de ultrassom.
- Sensor de Temperatura / Umidade: detecta a temperatura na proximidade do sensor, sendo que alguns sensores também detectam a umidade do ar. Usado normalmente em dispositivos de controle de aquecimento ou resfriamento, monitoramento do clima
- Sensor de Gás: detecta o gás liquefeito de petróleo (GLP). Pode detectar concentrações bem pequenas (200 ppm até 10000 ppm). Utilizado em sistemas de monitoramento e proteção.
- Sensor de Contato: sistema de contato simples que indica condução ou corte de tensão elétrica. Utilizado para limitar movimentos ou áreas de trabalho de um dispositivo.

Como sensores de saídas podemos ter os seguintes:

- LEDs: são dispositivos emissores de luz que podem ser encontrados individualmente ou em conjunto.
- Relés: utilizado para acionamento de circuitos elétricos que necessitam de uma maior corrente para seu funcionamento. Podem acionar painéis elétricos, sistemas de iluminação e motores, por exemplo.
- Motor DC: utilizado para movimentação de carros, robôs ou acionamento de hélices. Importante ressaltar que não há controle do movimento do motor.
- Motor de passo: são motores com grau de controle sobre o giro, que são medidos em passos. O programa pode acionar o motor nas duas direções.
- Autofalante: emitem sinais sonoros fixos, por exemplo, para serem utilizados como avisos. Normalmente é utilizado junto com um amplificador.
- *Display* LCD: permite a visualização dos dados de saída do Arduino.
- *Display* 8 segmentos: *display* que contém *leds* na forma de segmentos para escrita dos dígitos, podendo ser encontrado na forma simples ou composto em mais dígitos.

2.4 PENSAMENTO COMPUTACIONAL

Acredita-se que é importante a formação do pensamento computacional nas várias etapas do ensino. Desde os primeiros modelos de computadores como o Mark I e o ENIAC, a programação tem avançado e expandido para novas áreas do conhecimento.

Da mesma forma com que os computadores evoluíram passando da válvula ao transistor, do transistor aos circuitos integrados e esses com cada vez mais capacidade de processamento, também surgiram variadas formas de linguagem de programação. Podemos definir linguagem como “um método padronizado para comunicar instruções para um computador” (DERSHEM, 1995), ou seja, instruções e regras lógicas, feitas pelo programador que após passarem por um compilador ficam da forma denominada linguagem de máquina, e que será interpretado e executado pelo computador.

Apesar da liberdade de expressão ser essencial para desenvolvimento da criatividade humana, não se pode usar este tipo de linguagem com uma máquina (por enquanto). Assim, o ensino inicial de uma lógica de programação passa por pseudo linguagens.

Da mesma forma que raciocínio lógico está intrinsicamente ligado à execução de um programa, assim o pensamento lógico pode auxiliar o ser humano a resolver problemas das mais diferentes áreas do conhecimento. Segundo Nunes (2011), a introdução do pensamento computacional na educação básica provê os recursos cognitivos necessários à resolução de problemas, transversal a todas as áreas do conhecimento. Logo, disciplinas como Ciência da Computação (ou afins) deveriam fazer parte de todos os cursos de graduação. Reitera-se que Seymour Papert já defendia o uso da tecnologia em sala de aula, desde a década de 1960, para construir o conhecimento. Consoante à Papert, Paulo Freire defendia o uso de tecnologias para dinamizar o ensino - “Não temos que acabar com a escola”, disse num diálogo com Papert em 1996, mas sim “mudá-la completamente até que nasça dela um novo ser tão atual quanto a tecnologia”-. Esta entrevista está disponível em vídeo para acesso no canal do YouTube A Educação na Cultura Digital (2017), podendo ser acessado diretamente em <https://www.youtube.com/watch?v=mXlww0uuXWo>.

Para Rocha et al. (2010) o ensino do pensamento computacional deveria começar até mesmo antes, por exemplo no Ensino Médio, pois segundo ele é neste período inicial das disciplinas de programação que aparecem as dificuldades mais relevantes encontradas pelos estudantes, seja pela exigência lógico-matemática predominante na disciplina, ou mesmo pela dificuldade de cada aluno em acompanhar o ritmo de aprendizagem.

A lógica matemática proposta para delinear as ações/conceitos subsequentes não é uma “invenção” moderna. Elas advêm desde o pensador de Estagira, Aristóteles, nos textos conhecidos como *Organon*. Ele estabeleceu algumas regras para que o raciocínio fosse válido. Pode-se questionar: o que tem a ver a lógica de Aristóteles com pensamento computacional? Este filósofo nos ensinou que devemos analisar a estrutura do pensamento para que saibamos exatamente o que desejamos falar ou fazer.

A que se considerar ainda Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) que é considerado o fundador da lógica moderna, ou da lógica matemática. Ele fez a matematização da lógica, ou seja, a redução da lógica a uma forma de álgebra do pensamento. Ele acreditava poder reduzir analiticamente todos os conceitos complexos a um pequeno número de conceitos primitivos, cada um caracterizado por um símbolo.

Esta lógica do pensamento para coisas que envolvem raciocínio e juízo para conversas de nosso dia a dia também são as mesmas aplicadas a um problema matemático, por exemplo. Lembremos que a matemática é uma ciência exata e como tal não admite “achismos”. Assim o conhecimento lógico é uma necessidade para se desenvolver a matemática. Expressões matemáticas tem uma lógica bem definida e por este motivo são facilmente expressas na forma de algoritmos computacionais.

Porém, não é apenas em ciências exatas que precisamos do pensamento computacional, mas até mesmo em nosso dia a dia. E qual a melhor forma de se difundir isto? Alguns dizem que o instrucionismo, onde o computador é usado para informatizar os processos de ensino que já existem (Valente, 2016), é suficiente para tal, modelo este que deriva da máquina de ensinar de Skinner. Seguindo este modelo, algumas escolas ensinam seus alunos a codificar, mas isto não é suficiente. É necessário fazer com que os alunos aprendam a criar seus algoritmos que poderão vir a ser programas. A diferença entre transformar um código em programa e criar este código é mais ou menos como ler e interpretar um texto, respectivamente. Aquele que só transforma o algoritmo em código é um analfabeto funcional computacional.

Entende-se, neste trabalho, que é preciso mudar o pensamento da máquina de ensinar de Skinner, onde o computador era usado para transmitir informação ao aluno, e ir ao encontro dos pensamentos de Papert, com a teoria do Construcionismo, onde o foco é que o computador é uma máquina a ser ensinada. Esta teoria deriva das ideias de Papert (1980) e sua linguagem Logo. Neste caso ao invés da máquina passar instruções ao aluno, é o aluno que se torna o protagonista da forma de aprendizagem. É ele que irá formatar o ensino (programa) de seu interesse.

Este método favorece a produção de significados ao seu conhecimento possibilitando que utilize os conhecimentos de forma interdisciplinar, tornando alunos consumidores de tecnologia em alunos produtores de tecnologia.

Existem muitas ferramentas no auxílio do pensamento computacional, entre elas pode-se citar o *Computational Thinking Toolkit* é um conjunto de ferramentas que visa promover o pensamento computacional no ensino da educação primária e secundária nos EUA, e foi desenvolvido pela ISTE (*International Society for Technology*) em parceria com a CSTA (*Computer Science Teachers Association*). Esta ferramenta dá preferência as atividades práticas dos alunos. Outro exemplo é o *Scratch*, que permite que o aluno crie histórias, jogos e animações.

Há também o Projeto Euler que é uma série de problemas de programação matemática onde o uso de um computador e habilidades de programação são necessários para resolver a maioria dos problemas.

Estes, entre muitos outros, podem ser consultados na página: <http://lite.acad.univali.br/pt/pensamento-computacional/>, organizados pela Univali (Universidade do Vale do Itajaí) para auxiliar os interessados em pensamento computacional.

O pensamento computacional é uma forma de otimizar os problemas, não necessariamente uma programação. Neste caso temos, por exemplo, o conceito de Computação Desplugada (BELL et al, 2006), que consiste em ensinar os fundamentos da ciência da computação com atividades que não necessitam do uso do computador. Estas se dão com base em experimentos lúdicos e de baixo custo.

Possíveis projetos com o uso do pensamento computacional estão relacionados abaixo:

1. No Ensino Fundamental e Médio - A Robótica Educacional tem sido um processo largamente utilizado com crianças do Ensino Fundamental, incentivado seu desenvolvimento criativo utilizando o conceito do construcionismo de Papert. Diversos materiais reciclados podem ser utilizados tornando os projetos baratos e acessíveis a quaisquer comunidades, sendo um primeiro passo para incentivo a criatividade e estímulo de aprendizagem dos alunos.

2. No Ensino Fundamental e Médio – a Computação Desplugada. Assim como a Robótica Educacional de baixo custo, esta permite o ensino do pensamento computacional com o uso de simulações com objetos. Isto traz a possibilidade do ensino do pensamento computacional em localidades onde não há internet, ou até mesmo computadores. As atividades práticas são feitas com exercícios lúdicos, como por exemplo, o uso de cartas que representam o código binário.

3. Para o Ensino Médio e Superior – Pseudolinguagem: o Portugol é um exemplo de pseudo linguagem algorítmica muito utilizada na descrição de algoritmos e destaca-se pelo uso de comandos em português, o que facilita o aprendizado da lógica de programação (ESMIN, 1998). A estrutura de equações em algoritmos favorece a cognição conforme citado acima. O uso desta ferramenta nos primeiros anos da graduação nas áreas de ciências exatas é a base para aprendizado da computação.

4. No Ensino Superior – criar artefatos para realização de simulações matemáticas. Muitos cursos de nível superior necessitam constantemente de medidas e cálculos rotineiros que demandam tempo e requerem precisão dos participantes. Esta tarefa pode ser otimizada com o uso de programas e hardware que podem ser desenvolvidos pelos alunos. Conforme mencionado anteriormente, isto visa otimizar o tempo, maior precisão e rapidez na resolução de problemas. O aluno após desenvolver aparato necessário terá mais tempo para dedicar-se a novos estudos e novos conhecimentos.

É neste último item que se enquadra o experimento com os alunos, pois aqui foi criado um experimento para automatizar as medidas para que, teoricamente, estas se tornem mais precisas e obtidas em menor tempo de trabalho, com programa desenvolvido junto com os alunos. Isto será especificado e analisado mais adiante.

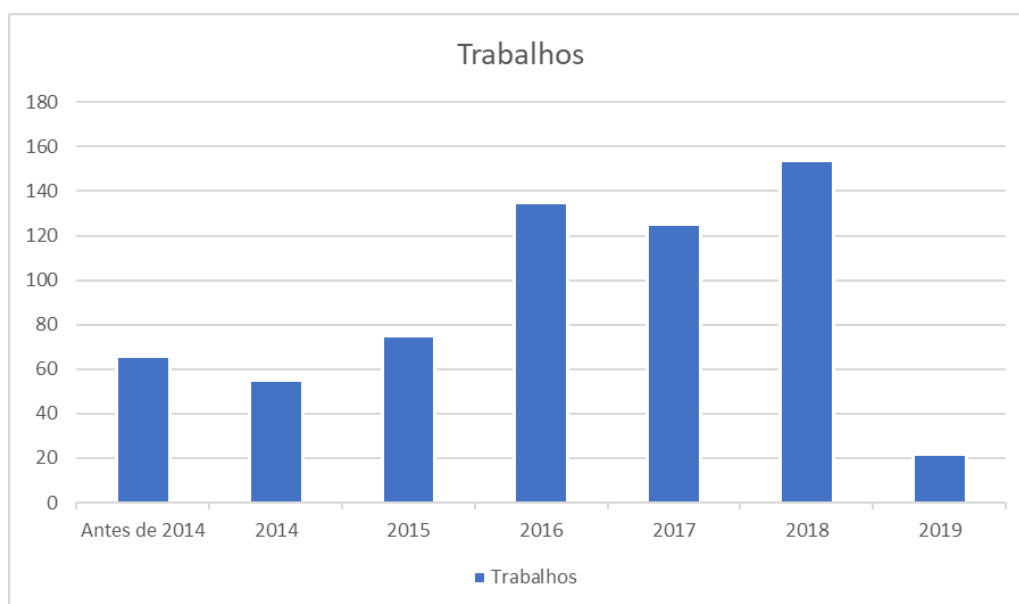
2.5 REVISÃO DE LITERATURA

O Arduino tem sido cada vez mais utilizado na prototipagem de equipamentos de medida e sensores, incluindo uma grande aplicabilidade na Educação.

Pesquisa realizada no Google acadêmico mostrou 632 resultados de trabalhos com as seguintes palavras chave: Arduino e “ensino de física” (pesquisa realizada em meados de janeiro de 2019), incluindo um artigo publicado no Caderno brasileiro de Ensino de Física com uma revisão de publicações envolvendo o Arduino e o ensino de Física intitulado “Contribuições do Arduino no Ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino”. Até o ano de 2013 foram encontradas 55 publicações, em 2014 apareceram 55, 2016 tivemos 135, 2017 mostrou 125 resultados, em 2018 foram apresentados 154 resultados e 2019 já contempla 22 trabalhos.

Abaixo o gráfico da quantidade de trabalhos apresentados no decorrer destes anos evidenciando a evolução destes:

Gráfico 1 – Evolução da publicação de trabalhos de Ensino de Física com o uso do Arduino.



A seguir apresentam-se algumas dissertações que incluem experimentos feitos com a Arduino no Ensino de Física nos últimos anos, de 2014 a 2019.

Machado e Dorneles (2018) publicaram um trabalho intitulado “Uma proposta de avaliação diferenciada a partir de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o Ensino de Física no componente curricular de ciências do ensino fundamental”. O trabalho está disponível na revista Pesquisa e Debate em Educação. O estudo por eles proposto utilizava a prática de programação para conceitos básicos de cinemática como deslocamento, distância percorrida, tempo, velocidade e aceleração nas aulas de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental. Para isto os alunos programaram, através do *software Scratch for Arduino*, carrinhos para obterem os dados de velocidade e tempo e compararem os dados observados. Após isto fizeram viagem de ônibus com os alunos com várias paradas. Nesta viagem os alunos receberam uma planilha com a distância a ser percorrida bem como a velocidade média do ônibus e deveriam calcular o horário de chegada em cada ponto. Os pesquisadores concluíram que os alunos conseguiram realizar as relações esperadas entre os conceitos de Cinemática durante a aplicação da atividade de avaliação, apesar de apresentarem falhas na conversão de unidades e que os tipos variados e avaliação (*scratch* e a tabela da viagem) auxiliaram na aprendizagem dos alunos.

Utilizando como público alvo uma turma do 3º ano de Ensino Médio, foi produzido um material didático para tratar da Física Moderna e Contemporânea, em

especial o efeito fotoelétrico. O trabalho intitulado “Uma proposta de ensino investigativo sobre a física moderna e contemporânea: o efeito fotoelétrico” foi desenvolvido por Marcelo Ferreira em 2018 publicado na revista Pesquisa e Debate em Educação. Neste projeto foi utilizado o Arduino para fazer a leitura de um sensor fotoelétrico e sinalizar na saída, acendendo leds, e também sinalizar se a temperatura estava alta, nos metais que emitiam radiação, também acendendo leds. Os pesquisadores concluíram em sua análise dos dados que a estimulação por atividade experimental levou ao crescimento e a curiosidade dos alunos e que o material didático o produzido tornou as aulas mais dinâmicas e atrativas. Assim, cabe aos educadores criarem experimentos alternativos de baixo custo para estimular a curiosidade e atenção do aluno. E principalmente que o professor deve direcionar corretamente o produto a realidade vivenciada no cotidiano dos alunos para que esta curiosidade e atenção sejam mantidas.

Anderson Langone (2019) publicou na Revista Brasileira de Ensino de Física um trabalho intitulado “*A study of strain and deformation measurement using the Arduino microcontroller and strain gauges devices*”. Este artigo apresenta uma metodologia para a medição de deformação e a aquisição de dados é feita utilizando-se uma placa Arduino Uno, devido ao baixo custo e facilidade de manipulação desses micro controladores. Instrumentos de medida de deformação possuem um alto custo e por este motivo alunos de graduação não têm contato com este tipo de instrumentos, e este baixo custo permite aos alunos realizarem experimentos práticos que envolvam programação, eletrônica e instrumentação de forma relativamente simples. Concluíram que o sistema proposto se apresentou confiável para o fim a que foi destinado e que o hardware utilizado é de fácil operação e seus componentes também estão bem documentados na literatura. E abriu espaço para futuros projetos como aplicar a metodologia de medição de deformação utilizando diferentes configurações e sob diferentes condições de cargas.

Publicado também na Revista Brasileira de Ensino de Física em 2019 um artigo chamado “Descrição temporal de forças de colisão: um modelo didático para laboratório de física assistido por sistema embarcado”. Neste trabalho foi desenvolvido com o Arduino, um sensor piezoelétrico e um suporte para liberação de uma bola em queda livre. O programa do Arduino foi criado para ler o sinal do sensor piezoelétrico e calcular a intensidade da força após a colisão e fornecer uma tabela força x tempo para que o aluno possa elaborar o gráfico da força e verificar as leis da

conservação do momento e da energia. Os autores também frisam que o projeto é de baixo custo e montagem simples. Os autores concluíram que o experimento permitiu descrever com precisão a força de colisão que permitiu ao aluno elaborar gráficos bem como fazer análise numérica dos dados verificando as leis da mecânica clássica e que é possível programar a plataforma Arduino com outros programas modificando o experimento com a mudança apenas dos sensores.

Outro artigo de 2019 da Revista Brasileira de Ensino de Física: “Proposta didático experimental para o ensino inclusivo de ondas no ensino médio”. Este projeto teve por objetivo construir um modelo que possa captar sons inaudíveis pelo ser humano bem como o espectro eletromagnético fora da região da luz visível. Para implementar o projeto utilizou-se o Arduino, um sensor ultrassônico e um sensor de barreira usando luz infravermelha para captar os sons e a radiação eletromagnética. Cada vez que os sensores recebiam sons inaudíveis ou radiação acima do ultravioleta ou abaixo do infravermelho leds acendiam e um *buzzer* emitia sons para sinalizar. Segundo os autores o experimento permitiu mostrar as limitações dos sentidos humanos, além de algumas propriedades do som e da luz. O projeto também envolveu a inclusão de alunos cegos e surdos em classes mistas dando-lhes uma experiência sensorial.

Motivados pela mudança da definição de medida da massa pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), fizeram um artigo publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física em 2019 com o nome de “A nova definição do quilograma em termos da constante de Planck”. Neste artigo eles descrevem a operação da Balança de Watt que será a nova forma de medir a massa. Também desenvolvem um modelo didático utilizando um Arduino Mega. Eles discorrem sobre o sistema de unidades, as mudanças que algumas unidades tiveram mudança desde as suas definições e finalmente sobre a mudança da forma de medir a unidade de massa. Estas mudanças de devem ao fato de que as unidades padrão que serviam de base para fazer cópias destas unidades. Acontece que estas unidades padrão sofriam variações e consequentemente suas cópias nem sempre eram idênticas. Então os físicos buscaram novas formas de fazer estas medidas, e a proposta para se medir a massa foi a Balança de Watt que está baseada no campo magnético e na definição da constante de Planck. Além do Arduino utilizaram para o projeto bobinas de fio de cobre, um Giroscópio / Acelerômetro e um circuito integrado L298 para aumentar a capacidade de corrente na bobina. Os autores citaram que a montagem da Balança

de Watt não foi trivial quanto parece principalmente devido ao sistema mecânico das bobinas a fim de evitar interferência de inércia e histerese e no controle de corrente necessária a ser aplicada na bobina para equilibra com a massa a ser medida o que determinava uma leitura errônea. Eles admitem que a construção não foi fácil e que necessita de melhorias, mas que a partir de agora, como trabalhamos somente com constantes fundamentais para a medida da massa, abre a possibilidade de cada um ter a sua própria Balança de Watt e garantir a massa medida de acordo com o SI.

Publicado em 2018 na Revista Thema o artigo “Construção de Sistema embarcado para controle sem fio de tensão alternada em experimentos de física” que descreve a construção de um sistema de controle de tensão senoidal alternada para práticas de eletricidade em laboratórios de Física aplicadas em disciplinas de Eletricidade. Utilizou-se para este sistema o Arduino, um receptor *Bluetooth*, um controle digital de tensão alternada, uma lâmpada para a demonstração e um celular para o envio de informações para o Arduino via *Bluetooth*. Segundo os autores, por serem *open-source* facilitam o uso por parte dos usuários pois há um grande número de bibliotecas e tutoriais disponíveis na internet. E quanto ao *software* desenvolvido neste trabalho, utilizado nas práticas das disciplinas, foi constatado, através dos relatos dos alunos, a contribuição de forma lúdica para a aprendizagem dos temas ministrados sobre eletricidade e tensão alternada. Além disto, o experimento foi de baixo custo e pode ser implementado em diversas instituições de ensino.

Num trabalho intitulado “Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de Física em tempo real”, Rocha (2014) justifica que ao trabalhar em projetos deste tipo, o aluno pode desenvolver conhecimentos sobre sensores eletrônicos, micro controladores e sua programação computacional entre outros. Justifica ainda que seu trabalho resultou em equipamentos de baixo custo, uma característica benéfica, já que equipamentos para laboratórios de Física são normalmente importados e de alto custo.

Rodrigues (2014) utilizou o tema “O Arduino como uma Ferramenta Mediadora no ensino de Física”. Este projeto culminou com a elaboração de uma estação meteorológica pelos alunos. O autor ressaltou que o projeto desenvolvido não tinha a intenção da precisão, mas sim um experimento lúdico para explorar conceitos da Física.

Em outro trabalho, Santos (2014) elaborou uma ferramenta para aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em Laboratórios de Física no

Ensino Médio com o uso do Arduino. Segundo o autor, o material elaborado permitiu que os alunos se aprofundassem nos conceitos de óptica com uma metodologia de aula diferente e que mantinha os alunos centrados nas aulas durante o processo.

Fetzner (2015) apresentou um trabalho de coleta de dados com o Arduino para aulas de Cinemática e Dinâmica. Além de ressaltar uma maior participação dos alunos, também frisou um maior aprendizado por permitir uma visualização mais concreta dos fenômenos. Aqui, o autor ressaltou a necessidade de períodos germinados das aulas de Física a fim de permitir tempo hábil para a montagem dos equipamentos, coleta dos dados e a análise.

Silveira (2016), em seu programa de mestrado, desenvolveu um kit com Arduino para ensino de Física Moderna no Ensino Médio. Em suas considerações finais avalia que o produto foi bem aceito pelos alunos tendo uma “recepção positiva, pois podiam atuar como protagonistas dos experimentos”.

A maioria destes trabalhos foram projetos desenvolvidos pelos professores com o intuito de mostrar aos alunos algum evento físico e auxiliar nas aulas de física. Também enfatizam o baixo custo nos projetos, o que possibilita que a montagem seja implementada em diversas instituições de ensino possibilitando um laboratório de Física nas que não os possuem. Todos os autores foram enfáticos que o uso dos experimentos com o Arduino foi motivador para os alunos, pois eles viam a possibilidade de “ver” Física de forma diferente e inovadora.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente projeto trata-se de uma pesquisa experimental, qualitativa e de avaliação, de acordo com Moreira e Caleffe (2006, p.70), onde foi desenvolvido um protótipo para realizar experimentos com os alunos.

Ainda foram avaliados os dados coletados durante o experimento clássico e posteriormente ao experimento utilizando o Arduino. Bem como o comportamento dos alunos nestes dois cenários, coletando suas percepções em ambos os casos. Assim sendo, pode-se dizer também que é uma pesquisa qualitativa, uma vez que “a pesquisa qualitativa explora as características dos indivíduos e cenários” (MOREIRA e CALEFFE, 2006, p. 73).

Quanto à tipologia, esta pesquisa é classificada como aplicada, pois possui o propósito de obter respostas sobre a avaliação da aprendizagem e do engajamento dos alunos em um experimento para análise do movimento do pêndulo simples utilizando a plataforma Arduino.

E, por fim, é uma pesquisa de avaliação, pois:

O propósito é ajudar a fazer um julgamento confiável a respeito da qualidade de: 1) determinados programas na escola; 2) procedimentos como métodos de ensino; 3) produtos como materiais instrucionais. Os dados são obtidos de materiais avaliados e de pessoas que os estão usando. Estes dados são então comparados a um conjunto de critérios usados para indicar qualidades desejáveis. Por exemplo, aprendizagem efetiva, facilidade de implementação e custo (MOREIRA e CALEFFE, 2006, p.80).

3.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Com a proposta de pesquisar soluções de hardware e software para realizar o experimento do Pêndulo Simples, optou-se por utilizar o Arduino para automatizar o experimento. Produzido um protótipo utilizando os seguintes materiais recicláveis: suporte para fixação na bancada (adquirido em um ferro velho), fio de polipropileno (comprado em lojas de armarinhos), uma chumbada (utilizada em pescaria), um pequeno gancho (de chaveiros antigos) para permitir a fácil troca das massas de teste (chumbada), um pedaço de forro de PVC que foi utilizado para fazer as marcações dos ângulos e um pedaço de madeira no qual foi fixado o sensor óptico para enviar as informação para o Arduino, além do hardware do Arduino, com custo total de R\$ 119,00.

O anexo 1 detalha o custo de produção deste protótipo por item, também o orçamento de um modelo semelhante sem o Arduino e ainda uma coleta de preços na internet, donde conclui-se que o protótipo teve custo 1/3 mais barato que o valor de mercado.

O Arduino utilizado foi o UNO, conforme explicitado anteriormente. O sensor IR foi conectado ao Arduino utilizando um *protoboard* para facilitar a conexão dos fios. O pino 8 do Arduino ligado ao fio preto do sensor IR (saída de informação do IR). O fio marrom do IR na saída de 5V do Arduino e o fio azul do IR no GND do Arduino.

Foi criado também um programa simples que, com as informações coletas no sensor Infravermelho mede o tempo de oscilação do pêndulo. A seguir, a descrição do programa utilizado para medir o período de oscilação, bem como o código na íntegra, utilizado na etapa 5.

O programa começa fazendo a inicialização das variáveis a serem utilizadas (startTime, atualTime, period1, period2). Depois a porta serial de comunicação na velocidade de 9600bps e o pino 9 que será o pino de entrada do sensor IR. Na sequência do programa, define-se um loop, que servirá para medir o tempo indefinidamente. Como o sensor IR está colocado no centro do pêndulo, faz-se a medição de duas passagens e, em seguida, soma as duas medidas para obter o tempo de um período completo. Após isto, envia-se a mensagem para a tela do computador que está ligado na porta serial com os seguintes caracteres: “Período: xxxx ms”, onde o xxxx representa o valor da soma citado anteriormente.

O programa na íntegra é este:

```
// Programa: Contador com sensor de proximidade IR
// Autor: Arduino e Cia
unsigned long startTime;
unsigned long atualTime;
unsigned long period1;
unsigned long period2;
unsigned long T2;
double periodo, g;
boolean firstPass;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(9, INPUT_PULLUP);
    // começa a medir o tempo em mili segundos
    startTime = millis();
}
void loop() {
    // registramos os mili segundos
    atualTime = millis();
    // se interrompe o sensor
    if(pulseIn(9, HIGH)) {
        // se passa pela primeira vez
        if(firstPass) {
            // guardamos a primeira metade do período
```

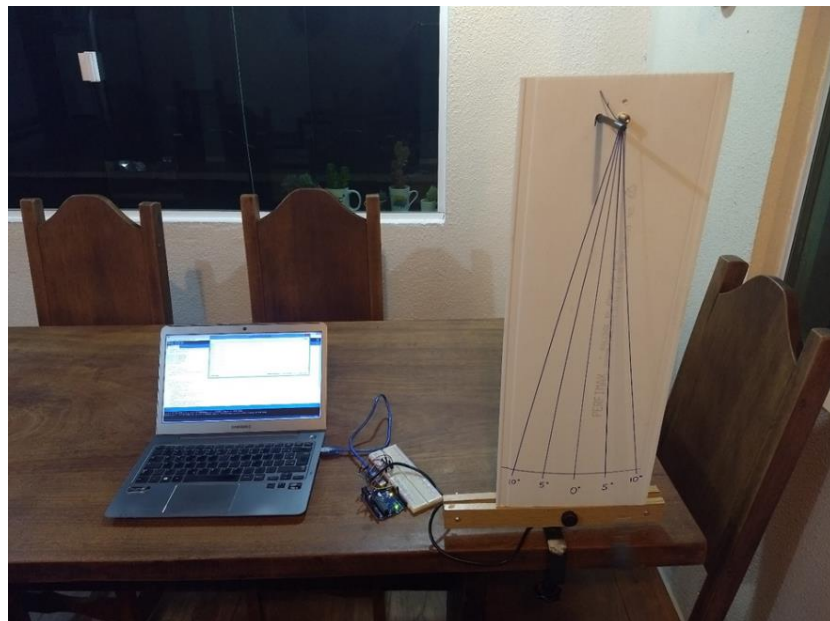
```

    period1 = atualTime - startTime;
    firstPass = false;
} else
{
    // guardamos a segunda metade do período
    period2 = atualTime - startTime;
    // enviamos a soma para a porta serial
    Serial.println(period1 + period2);
    Serial.print("Período : ");
    Serial.print(period1 + period2);
    Serial.println(" ms");
    firstPass = true;
}
// resetamos a variável temporal do começo
startTime = atualTime;
}
}

```

O protótipo desenvolvido está ilustrado na figura 4.

Figura 4 – Protótipo elaborado com o Arduino e materiais reutilizados e de baixo custo para o experimento do Pêndulo Simples.



Fonte: autoria própria

Uma vez construído o protótipo, ele foi reservado para uso posterior nas aulas teóricas e práticas no laboratório e em sala de aula da IES. Utilizando as observações de Galileu sobre o pêndulo, foi elaborada uma aula teórica contendo a história das medições de Galileu.

O público alvo desta pesquisa são os alunos dos primeiro e quarto períodos do curso de Engenharia Civil, de uma Instituição de Ensino Superior localizada na cidade de Curitiba, estado do Paraná. O curso é do tipo presencial, sendo que a IES possui laboratórios para aulas práticas em diversas disciplinas do curso que necessitam deste espaço, incluindo o laboratório para as aulas de Física.

Destes, 29 alunos do primeiro período e 23 alunos do quarto período, totalizando 47 alunos que responderam ao questionário.

Os alunos do primeiro período cursam durante o semestre as seguintes disciplinas relevantes para o estudo em questão:

- Tópicos de Física Geral e Experimental;
- Tópicos de Informática;
- Tópicos de Matemática.

A disciplina Tópicos de Matemática é uma revisão da matemática do Ensino Médio. Isto se faz necessário para nivelar o conhecimento dos alunos, que se percebe em sala de aula chegam com pouca bagagem de matemática no Ensino Superior.

Nos períodos subsequentes os alunos têm as seguintes disciplinas que possuem conteúdo importantes para o aprendizado e resolução da disciplina Complementos de Física no quarto período:

- Cálculo com Geometria Analítica;
- Mecânica da Partícula;
- Cálculo de Funções de Várias Variáveis;
- Cinemática dos Sólidos;
- Equações Diferenciais;
- Programação de Computadores.

O entendimento de cálculo de integral, que foi passado nas disciplinas de Cálculo com Geometria Analítica, Cálculo de Funções de Várias Variáveis e Equações Diferenciais, somados ao conhecimento básico de linguagem de programação, vista na disciplina de Programação de Computadores, foram essenciais para uma maior

compreensão dos alunos durante a explicação tanto da teoria das equações do Movimento Harmônico Simples como para a explicação do programa do Arduino para os alunos do quarto período.

Sabendo que o foco da pesquisa é estudar o MHS, com o uso do Arduino, e verificar a sua eficiência e engajamento na aprendizagem dos alunos, estas turmas foram escolhidas devido a ementa das disciplinas ministradas.

Na disciplina Tópicos de Física Geral e Experimental, ministrada para a turma do primeiro período, a ementa contém os itens de acordo com o quadro 2. Os tópicos relevantes à pesquisa estão destacados em negrito.

Quadro 2 – Ementa da disciplina de Física do primeiro período.

Física da Antiguidade;
Modelos planetários (Ptolomeu e Copérnico);
Física da Renascença;
Galileu, Newton e a Revolução Científica;
Física e Revolução Industrial;
Einstein, Planck e a Física Moderna;
Física e Época Contemporânea;
Física e Sociedade;
Estática da Partícula e Estática do Sólido;
Experimentos de mecânica: unidades de medida, queda livre, pêndulo , MRU

Para o quarto período a disciplina Complementos de Física os itens considerados são os que constam no quadro 3.

Quadro 3 – Ementa da disciplina de Física do quarto período.

Oscilação livre sem amortecimento (cinemática e dinâmica);
Momento de inércia de sólidos;
Energia Cinética de rotação de sólidos;
Pêndulos:
Simplex, Composto e Torção;
Oscilação amortecida (regimes subcrítico, crítico e supercrítico);

Indução eletromagnética;
Fluxo magnético;
Lei de Lenz e Faraday;
Força eletromotriz variacional e motriz;
Ondas eletromagnéticas;
Geração de uma onda eletromagnética;
A onda eletromagnética progressiva;
Transporte de energia e vetor de Poynting;
Polarização.
Experimento de Corrente elétrica alternada; Circuitos RL e RC; Circuitos RLC (ressonância); Pêndulo Simples; Pêndulo de Mola; Cordas Vibrantes; Campo magnético de uma bobina chata.

Ambas as ementas possuem o tema Pêndulo Simples. A disciplina do primeiro período contextualiza a parte histórica e o experimento em si, sem demandar a dedução das equações que regem o movimento do Pêndulo Simples. Já, para o quarto período, temos todo o estudo do MHS, incluindo a dedução das equações do Pêndulo Simples. Importante ressaltar que, os alunos do quarto período, já cursaram as disciplinas de Tópicos de Informática e Programação de Computadores.

A disciplina de Tópicos de Informática, ministrada ao logo do primeiro período, contém em sua ementa os itens conforme constam no quadro 4.

Quadro 4 – Ementa da disciplina de Tópicos de Informática do primeiro período.

Modelos numéricos em Ciências Exatas;
Planilhas eletrônicas, células e fórmulas;
Expressões numéricas;
Funções matemáticas;
Inserção de fórmulas em células de planilhas eletrônicas;
Operadores aritméticos;
Fórmulas e suas aplicações;
Função condicional “se”;
Operações com matrizes (soma, multiplicação por escalar e multiplicação de matrizes) utilizando planilha eletrônica;

Domínios e validades de funções;
Representações de uma função - recursos gráficos de planilha eletrônica;
Crescimento e decrescimento de funções e pontos críticos (se houver) – recursos gráficos de planilha eletrônica;
Gráficos de funções polinomiais de vários graus e busca aproximada de valores de máximos locais, de mínimos locais e de raízes – recursos gráficos de planilha eletrônica;
Funções lineares e funções do primeiro grau – equações e gráficos - recursos gráficos de planilha eletrônica;
Linhas de tendência e aproximações lineares – equação da regressão linear e coeficiente de correlação - planilha eletrônica;
Funções do 2º grau (trinômio completo e incompleto) – recursos gráficos de planilha eletrônica;
Funções trigonométricas - recursos gráficos de planilha Eletrônica;
Funções logarítmicas e exponenciais - recursos gráficos de planilha eletrônica.

Nesta disciplina espera-se que os alunos adquiram as bases do pensamento computacional, ainda que de modo bem básico, pois para a maioria dos alunos é uma novidade trabalhar com estes recursos.

O experimento do pêndulo aplicado na turma do primeiro período que teve apenas a disciplina Tópicos de Informática - que apresenta um programa relativamente simples em seu conteúdo-, demanda uma apresentação mais detalhada do programa elaborado para o experimento do pêndulo simples.

A disciplina de Programação de Computadores, ministrada ao logo do quarto período, contém em sua ementa os conteúdos conforme o quadro 5.

Quadro 5 – Ementa da disciplina de Programação de Computadores do quarto período.

Números reais;
Números inteiros;
Tipos de dados;
Variáveis;
Comando de atribuição;
Operadores aritméticos;
Operadores DIV e MOD; Operadores lógicos;
Expressões matemáticas e fórmulas; Algoritmos;

Diagramas de blocos e fluxogramas;
Miniprograma em Português Estruturado;
Desvio Condicional Simples (Comando IF);
Desvio Condicional Composto (IF THEN ELSE);
Estruturas de Repetição;
Comando WHILE;
Comando FOR;
Comando REPEAT.

Como a ementa do quarto período já desenvolve o conteúdo de uma linguagem de programação, com esta turma foi possível trabalhar de forma mais fácil o conteúdo da programação utilizada no Arduino.

Após a aula teórica sobre pêndulo, para uma melhor compreensão do conteúdo teórico aplicou-se o experimento do pêndulo simples com a utilização da equação deduzida em sala para determinar a aceleração da gravidade local.

Inicialmente fez-se o experimento no laboratório de Física da Instituição que está equipado com os equipamentos para o experimento do Pêndulo conforme a figura 5.

Figura 5 – Pêndulo do Laboratório de Física da IES.



Fonte: autoria própria

Aula iniciou-se com a explicação da teoria de funcionamento e equações do Pêndulo Simples. Isto para capacitar os alunos a entender o que fariam nas aulas de laboratório, bem como os cálculos que precisariam fazer.

Após a aula teórica, no laboratório da IES, o experimento foi colocado em prática com os alunos observando as seguintes etapas:

- Etapa 1 – dividir a turma em duplas; disponibilizar para cada equipe os seguintes materiais:
 - tripé com hastes e suporte de sustentação para o fio;
 - um conjunto de três massas;
 - uma régua milimetrada;
 - um cronômetro digital;
 - fio de polipropileno;
 - uma balança eletrônica.
- Etapa 2 – solicitar aos alunos para montar o pêndulo, e cada equipe medir o comprimento da haste móvel do pêndulo, medir o valor das três massas disponibilizadas à equipe.
- Etapa 3 – realizar medidas do período de oscilação com as seguintes variações e preencher a tabela apresentada na ficha do experimento (apêndice 2):
 - Realizar medições com três massas diferentes para um mesmo ângulo inicial de oscilação e mesmo comprimento da haste;
 - Com uma massa única e mesmo comprimento da haste, variar o ângulo de oscilação;
 - Com uma massa única e mesmo ângulo, variar o comprimento da haste móvel;
 - Colocar os dados coletados no relatório solicitado e responder a algumas questões, inclusive a determinação da gravidade local utilizando-se do experimento.

Todos os itens acima devem ser seguidos pelos alunos conforme consta na ficha de experimento entregue a eles no início das aulas. O objetivo final nos três procedimentos descritos acima é evidenciar que o período do pêndulo não depende da massa, nem do ângulo inicial (desde que sejam utilizados pequenos ângulos), mas apenas da amplitude da haste móvel.

Nestas etapas surgiram as primeiras dificuldades, como por exemplo, a grande variação da medida de cada período de oscilação entre cada medida isolada, independente do grupo. Esta fase é importante pois deixamos alunos sentirem essas dificuldades e encontrarem forma de contorná-las, para depois utilizarmos instrumentos mais tecnológicos.

- Etapa 4 - para minimizar o erro foi solicitado aos alunos que efetuassem a medida de tempo de dez períodos e depois dividissem o valor encontrado por dez, minimizamos os efeitos do reflexo humano ao acionar o cronômetro.

Após obterem a medida do período foi solicitado que calculassem o valor da gravidade local utilizando a equação do Pêndulo $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, onde T é o período, l o comprimento do pêndulo e g a aceleração da gravidade local. Assim os grupos de alunos puderam calcular o g (gravidade local) com alguma proximidade de valores entre os grupos.

Figura 6 – Alunos no laboratório de Física.



Fonte: autoria própria

Na etapa 5, foi apresentado o experimento automatizado. Como foi utilizada uma *proto board* para a montagem, foi necessária a explanação de que se trata de uma placa que permite a conexão de componentes sem a necessidade de solda e possui conexões prévias, tanto horizontais como verticais e que este componente faz parte do kit do Arduino.

Houve também a explicação sobre o sensor infravermelho - que é capaz de identificar a passagem de um objeto pela sua frente, que o tempo de resposta é de

2ms o que permite uma medida mais precisa que a realizada pelo ser humano, e por último sobre o processador do Arduino. Seu *hardware* é constituído por um micro controlador de 8 *bits* com conectores expostos que permite a conexão de periféricos. Possui entradas analógicas e digitais, além de possuir uma pequena memória a fim de armazenar os programas.

Com esta explicação do *hardware* a ser utilizado, foi apresentado para os alunos o código fonte utilizado, a forma de ligação do pêndulo ao *hardware* do Arduino e ao computador.

- Etapa 5 – após a explicação de como funciona o Arduino e o programa utilizado, foi solicitado aos grupos que refizessem as medidas com este novo *hardware*. Agora, com a medida automatizada, é impresso na tela do computador o valor de cada período medido. Os grupos calculavam o valor de g com o valor medido automaticamente. Além da maior precisão da medida, os alunos também constataram que, mesmo dispendendo um tempo maior para a montagem do aparato e para a elaboração do código fonte, para muitas medidas, o esforço compensava. Enfatiza-se que o código e o aparato já haviam sido previamente desenvolvidos pelo professor e que foi apresentado aos alunos as dificuldades e tempo demandado na sua produção. Após isto, calcularam novamente o valor de g , desta vez com uma proximidade muito maior entre os valores de cada grupo.

Figura 7 – Alunos realizando experimento com o Arduino.



Fonte: autoria própria

- Etapa 6 – visando sempre otimizar a experimentação e o trabalho, foi sugerido aos alunos implementar o programa de forma que o cálculo também pudesse ser executado pelo Arduino.

Nesta parte do programa utiliza-se a equação do período do pêndulo simples:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Isola-se o g (gravidade local, ficando a equação da seguinte forma

$$g = \frac{4 L \pi^2}{T^2}$$

E aplica-se esta equação em forma de programação conforme abaixo, para, em seguida, imprimir a seguinte mensagem: “Gravidade local $g = xxx \text{ m/s}^2$ ”, onde xxxxx representa o valor calculado.

```
periodo = (period1 + period2);
T2 = ((periodo/1000)*(periodo/1000));
```

```

g = (4*9.8696*0.53)/T2;
Serial.print("Gravidade local g= : ");
Serial.print(g);
Serial.println(" m/s2");

```

Desta vez o valor de g é impresso direto da tela do computador, sem que haja a necessidade de cálculo por parte dos alunos. Esta facilidade pode trazer certa acomodação aos alunos pois não precisam conhecer matemática para fazer os cálculos, ou mesmo operar uma calculadora. Neste ponto é importante ressaltar que a programação sim traz facilidade ao nosso dia a dia, porém precisamos saber como as coisas acontecem e a forma de se fazer se não tivermos auxílio da tecnologia.

Assim, os alunos puderam verificar que o uso da programação, apesar de inicialmente parecer complicada e dispendar tempo para a elaboração do programa, é uma grande aliada após sua implementação. Puderam coletar dados mais precisos e em menor tempo, fazendo com que tarefas repetitivas se tornassem práticas.

A implementação de apenas 5 linhas de programa facilitou em muito a resolução do problema proposto e ainda abriu as portas para mostrar aos alunos que a programação pode ser sempre implementada para resolver problemas de forma automatizada e facilitar a vida do usuário.

Ao final da aula, foram solicitados relatórios do experimento, tanto no laboratório de Física como no experimento em sala com o Arduino. Além disto, ainda foi solicitado o preenchimento do questionário de avaliação que consta no apêndice deste trabalho.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Para a análise do estudo aplicando o experimento baseado no Arduino foi feita a coleta de dados mediante questionário respondido pelos alunos a fim de comparar, na percepção deles, as diferenças entre as aulas práticas sobre o pêndulo tradicional e o automatizado, suas vantagens, dificuldades e estímulos para participar da aula.

Após os alunos assistirem as aulas teóricas, fazerem o experimento no laboratório de Física e o experimento com o Arduino em sala de aula, foi aplicado um formulário com questões abertas e fechadas para verificar como o tema abordado na aula foi percebido pelos alunos

As questões estão apresentadas no Apêndice 1. As três primeiras questões foram do tipo fechadas e tinham respostas pré-estabelecidas sendo a pontuação em escala Likert variando de 1 a 5, sendo 1 para concorda menos e 5 para a resposta mais positiva.

As duas outras questões foram do tipo abertas para que os alunos pudessem descrever com suas palavras seus sentimentos em relação as aulas.

A primeira questão aberta (quarta pergunta) questiona se os dois modelos de experimentos conduziram a resultados esperados, e a seguinte (quinta pergunta) solicita para os alunos que citem algumas vantagens da medição automatizada.

Para efeito de tabulação dos resultados, nos quadros a seguir, os alunos do primeiro período recebem a nomenclatura 1Ax, e os alunos do quarto período recebem a nomenclatura 4Ax, onde o primeiro algarismo (um número) significa o período em análise, o segundo (letra "A") significa aluno, e o terceiro (a letra "x"), o aluno que respondeu ao questionário. A análise das respostas segue nos quadros abaixo.

Para a turma do primeiro período:

Quadro 6 – Tabulação do Questionário primeiro período.

Identificação	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
1A1	5	5	5	Sim	Precisão, Rapidez
1A2	5	5	5	Sim	Precisão, Exatidão
1A3	5	5	5	Sim	Precisão, Controle sobre o experimento, Melhor didática
1A4	4	5	4	Sim	Prático, Exatidão, Rapidez
1A5	5	5	5	Sim	Precisão, Rapidez
1A6	5	5	5	Sim	Precisão
1A7	4	4	4	Sim	Mais interessante, Precisão, Rapidez, Prático
1A8	5	5	5	Sim	Rapidez, Precisão
1A9	5	5	5	Sim	Precisão, Rápido, Fácil, Prático
1A10	5	4	5	Sim	Precisão, Prático
1A11	5	5	5	Sim	Rapidez, Precisão

1A12	5	5	4	Sim	
1A13	5	5	5	Sim	
1A14	5	5	5	Sim	Precisão, Rapidez
1A15	3	2	4	Sim	Precisão, Prático
1A16	5	5	4	Sim	
1A17	5	5	5	Sim	Precisão, Rapidez
1A18	4	5	5	Sim	Precisão, Rapidez
1A19	4	4	3	Sim	Exatidão, Precisão, Praticidade, Rapidez
1A20	4	4	4	Sim	Precisão, Rapidez
1A21	5	5	4	Sim	
1A22	5	5	5	Sim	Interessante, Maneiro, Rapidez
1A23	4	5	4	Sim	Facilidade, Precisão, Praticidade, Rapidez, Automação, Uso do Computador
1A24	5	4	5	Sim	
1A25	5	5	5	Sim	Precisão, Agilidade
1A26	5	5	5	Sim	Precisão, Agilidade
1A27	4	5	5	Sim	Precisão, Rapidez, Isento de erros humanos
1A28	4	4	5	Sim	Precisão, Eficiência, Segurança, dispensa trabalho em equipe
1A29	5	4	4	Sim	Precisão, Menor esforço

No quadro 7, a seguir, apresentam-se os resultados organizados de acordo com o gráfico de Pareto⁷ para melhor visualização das respostas mais frequentes dos alunos do primeiro período.

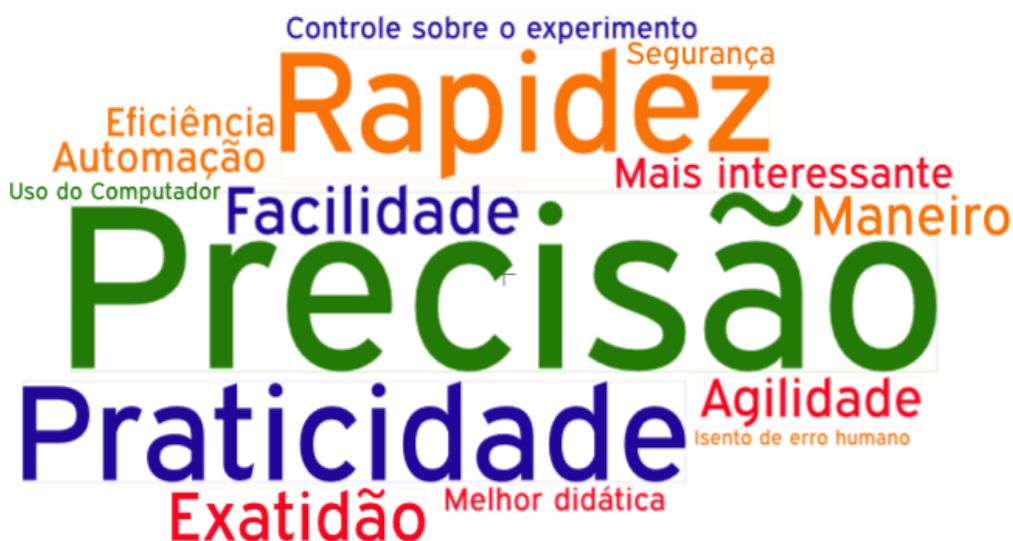
⁷ O diagrama de Pareto é uma forma de colocar os dados coletados em gráfico de colunas, ordenando as frequências das ocorrências, da maior para a menor, permitindo melhor visualização das respostas mais frequentes.

Quadro 7 – Percepção qualitativa dos alunos do primeiro período.

Termo utilizado	Quant. Respostas	%
Precisão	22	76%
Rapidez	15	52%
Praticidade	7	24%
Exatidão	3	10%
Facilidade	2	7%
Mais interessante	2	7%
Agilidade	2	7%
Automação	1	3%
Controle sobre o experimento	1	3%
Maneiro	1	3%
Melhor didática	1	3%
Uso do Computador	1	3%
Isento de erros humanos	1	3%
Eficiência	1	3%
Segurança	1	3%
Dispensa trabalho em equipe	1	3%
Menos esforço	1	3%

Para fins didáticos, apresenta-se abaixo uma *word cloud* (nuvem de palavras) evidenciando o resultado da percepção qualitativa dos alunos do primeiro período:

Figura 8 – Word cloud da percepção qualitativa dos alunos do primeiro período.



Para alunos do quarto período:

Quadro 8 – Tabulação do Questionário do quarto período.

Identificação	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
4A1	5	5	4	Sim	Prático, rápido, medição mais exata.
4A2	5	5	5	Não	Prático, precisão, confiável.
4A3	5	5	5	Sim	Medição mais exata.
4A4	4	4	5	Sim	Rápido, facilitou a aprendizagem, medição mais exata.
4A5	5	5	5	Sim	Prático, rápido, medição mais exata, aprendeu conceitos de programação.
4A6	4	4	5	Sim	Prático, rápido, facilitou a aprendizagem, medição mais exata.
4A7	5	5	5	Sim	Vantajoso, fixou melhor conceitos alguns conceitos de Física.
4A8	5	5	5	Sim	Fácil, prático, medição mais exata, facilitou a aprendizagem, equipamento simples e fácil para as salas de aula.
4A9	4	4	5	Sim	Rápido, medição mais exata.
4A10	4	4	5	Sim	Medição mais exata.
4A11	5	5	5	Sim	Rápido, medição mais exata.
4A12	4	4	4	Sim	Rápido, medição mais exata.
4A13	5	5	5	Sim	Prático, rápido, medição mais exata.

4A14	4	5	5	Sim	Prático, rápido, medição mais exata, fácil, tornou o aprendizado mais interessante.
4A15	5	4	5	Não	Prático, rápido, medição mais exata, equipamento atendeu à necessidade de toda a classe.
4A16	4	4	5	Sim	Rápido, minimiza o erro, medição mais exata.
4A17	5	5	5	Sim	Rápido, medição mais exata.
4A18	5	4	5	Sim	Medição mais exata, autonomia, armazenamento dos dados da medição.
4A19	3	4	5	Sim	Rápido, precisão, confiável.
4A20	4	5	4	Sim	Rápido, medição mais exata, tornou o aprendizado mais interessante.
4A21	4	4	5	Sim	Prático, rápido, medição exata.
4A22	4	5	5	Sim	Precisão.
4A23	5	5	5	Sim	Rápido, medição exata, tornou o aprendizado mais interessante.

No quadro 9, apresentam-se os resultados organizados de acordo com o princípio de Pareto para melhor visualização das respostas mais frequentes dos alunos do quarto período.

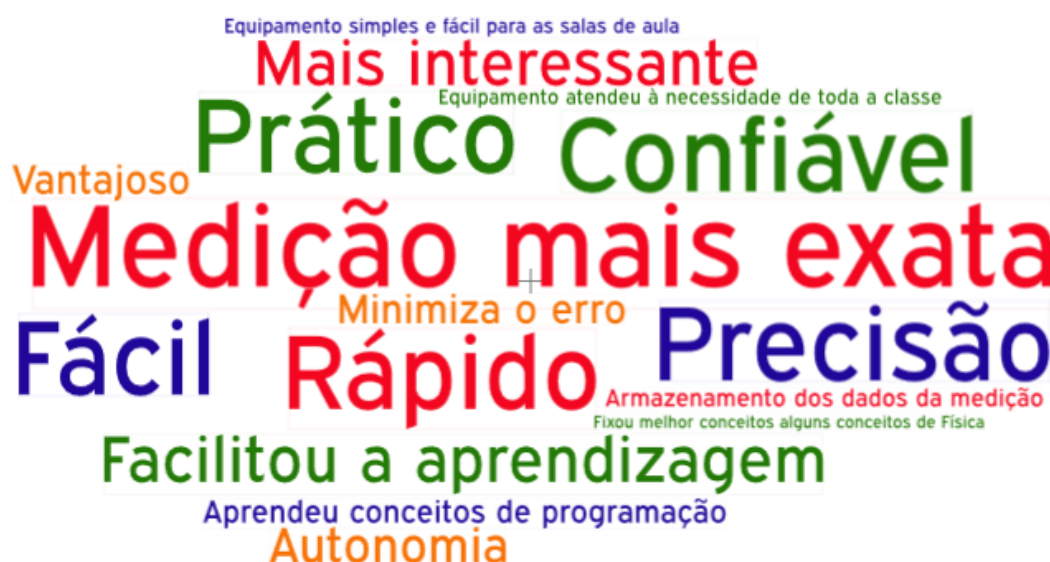
Quadro 9 – Percepção qualitativa dos alunos do quarto período.

Termo utilizado	Quant. Respostas	%
Medição mais exata	19	83%
Rápido	16	70%
Prático	9	39%
Facilitou a aprendizagem	3	13%
Precisão	3	13%
Tornou o aprendizado mais interessante	3	13%
Confiável	2	9%
Fácil	2	9%
Aprendeu conceitos de programação	1	4%
Armazenamento dos dados da medição	1	4%

Autonomia	1	4%
Equipamento atendeu à necessidade de toda a classe	1	4%
Equipamento simples e fácil para as salas de aula	1	4%
Fixou melhor conceitos alguns conceitos de Física	1	4%
Minimiza o erro	1	4%
Vantajoso	1	4%

Para fins didáticos, apresenta-se abaixo uma *word cloud* (nuvem de palavras) evidenciando o resultado da percepção qualitativa dos alunos do quarto período:

Figura 9 – Word cloud da percepção qualitativa dos alunos do quarto período.



Analisando as respostas do primeiro período sobre a questão 1 apresentada no quadro 6, observa-se que 69% atribuíram o valor máximo ao concordar que o formato com que foi conduzido o experimento será muito útil para a sua vida profissional. Outros 28% atribuíram valor 4 para esta questão.

Em relação a questão 2 sobre o formato do experimento despertar o interesse dos alunos obteve-se 72% que apontaram o valor máximo e 24% valor 4.

Para a terceira e última questão fechada, referente à relevância sobre o experimento na aprendizagem do assunto tivemos 66% que apontaram nota máxima e 31% a nota 4.

A análise do quarto período onde se esperava que os índices fossem mais elevados em relação ao primeiro período não se comportaram desta forma na questão 1. Isto era esperado porque estes alunos já tinham concluído a disciplina de Tópicos de Informática e já concluíram a disciplina de Programação de Computadores, portanto tinham maior conhecimento de programação e pensamento computacional mais desenvolvido.

Além disto, foi feita uma aula introdutória falando a respeito da automação na Engenharia Civil. Nesta aula foi citada a *International Association for Automation and Robotics in Construction* (IAARC), que mostra que é cada vez mais frequente o uso da robótica, e conseqüentemente, a programação na Engenharia Civil. Que o uso de robôs pode baratear a construção civil, principalmente nos países mais desenvolvidos, pois normalmente temos uma mão de obra mais cara nestes locais. Também foi falado que outra grande possibilidade de uso dos robôs é em ambientes perigosos para os seres humanos como por exemplo em cavernas, debaixo d'água, em minas com risco de desmoronamento.

Na questão dois, referente a utilidade na prática profissional, 52% atribuíram valor 5 e 43% valor 4. Na questão referente sobre o experimento despertar interesse, 57% atribuiu valor 5 e 43% valor 4. E por último a questão referente ao experimento facilitar o aprendizado tivemos 87% com valor 5 e 13% com valor 4.

Nas questões abertas podemos verificar nos quadros 4 e 6, que independente da turma, as principais respostas foram precisão, rapidez e praticidade, nesta ordem de relevância. Isto porque foi notório o fato que:

- as medidas de tempo tomadas pelo Arduino, além de serem feitas a cada período executado pelo pêndulo, tinham variação na casa dos milésimos de segundo (precisão/exatidão);
- uma vez montado o pêndulo todas as equipes puderam manusear o aparato em uma única aula (4 horas aula), manipulando, sanando a curiosidade da montagem e efetuando as medidas (rapidez);
- a praticidade também apontada pelos alunos, pois após o trabalho inicial da programação e montagem do aparato, toda e qualquer medida necessária tornou-se mais fácil de fazer.

Outra análise que pode ser feita é mediante a nota dos alunos nas provas em que constava a questão referente ao pêndulo simples. A IES tem por prática a

execução de duas provas semestrais chamadas NP1 e NP2, além da prova substitutiva e a prova de exame.

Na a disciplina “Tópicos de Física Geral e Experimental” a questão referente ao tema foi feita na avaliação 1. Abaixo temos a tabela com as notas dos alunos em ambas as avaliações. A análise foi feita apenas com base nas notas pois após a entrega das notas aos alunos a prova é, por praxe, da IES devolvida aos alunos.

Analizado de acordo com a distribuição t-Student, se os alunos tiveram melhor rendimento na avaliação quando o conteúdo apresentado foi utilizando o experimento. A distribuição t-Student é uma distribuição semelhante à distribuição normal, sendo que a distribuição normal é utilizada para amostras grandes enquanto a distribuição t é adequada para amostras pequenas. A curva desta distribuição também é do tipo gaussiana, ou seja, em forma de sino com a distribuição normal.

Abaixo a tabela com as notas dos alunos da disciplina “Tópicos de Física Geral e Experimental”:

Quadro 10 – Notas dos alunos da disciplina Tópicos de Física Geral e Experimental.

Aluno	Prova 1	Prova 2
A1	9,65	4,35
A2	8,95	7
A3	8,95	6,75
A4	6,27	5
A5	8,45	9,5
A6	9,67	7,55
A7	9,3	7,55
A8	8,95	5,93
A9	7,3	8,25
A10	8,49	10
A11	9,3	7,55
A12	10	7,55
A13	8,49	6,15
A14	7,09	7,3
A15	9,3	8,2
A16	9,65	5

A17	9,65	10
A18	8,6	8,4
A19	7,7	7,5
A20	9,65	8,6
A21	8,6	7,55
A22	9,65	7,55
A23	7,7	5,25
A24	8,6	10
A25	8,25	8,95
A26	8,6	7,75
A27	9,45	9
A28	9,65	10
A29	8,2	9
A30	3	8,6
A31	9,3	8,95
A32	3	3,83
A33	8,6	8,5
A34	5,8	7,05
A35	9,3	6,3
A36	9,65	9
A37	8,14	7,55
A38	8,95	7,63
A39	8,6	6,85
A40	8,8	6

Uma primeira análise simples, com base nos dados apresentados no quadro abaixo sobre a média dos alunos, observa-se que na primeira avaliação obteve-se uma média geral superior à avaliação dois.

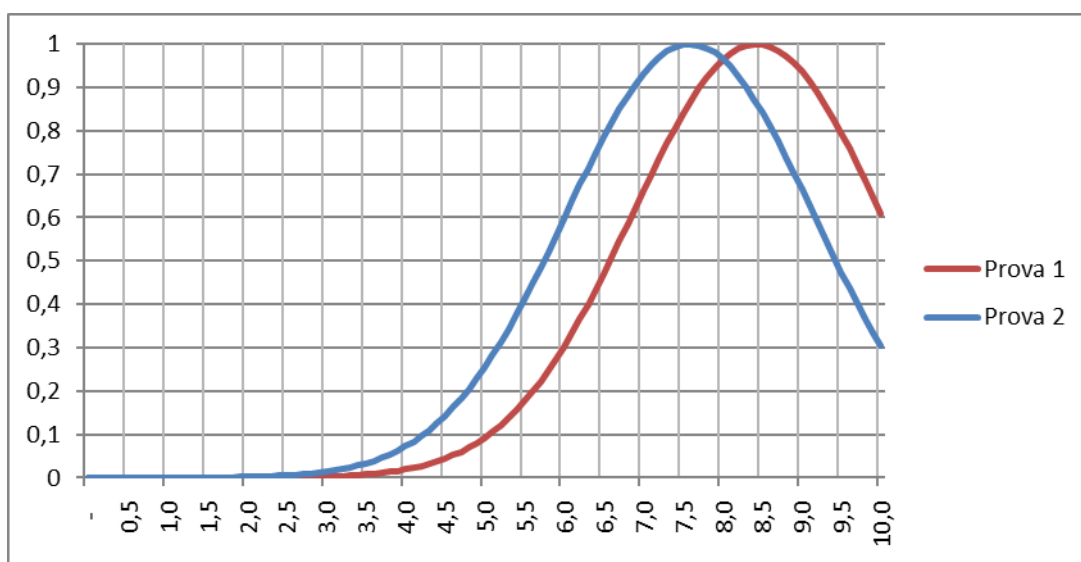
Quadro 11 – Análise de distribuição t de Tópicos de Física Geral e Experimental.

Item	Prova 1	Prova 2
Média	8,43125	7,586
Desvio Padrão	1,572646111	1,564406662
Número de Dados	40	40
Graus de Liberdade	39	39

Intervalo de Confiança	95%	95%
Nível de Confiança	5%	5%
Distribuição t tabela)	2,02269092	2,02269092
Limite Superior	8,934206627	8,086321523
Limite Inferior	7,928293373	7,085678477

Com os valores acima podemos traçar o gráfico da função para as duas provas facilitando a visualização do rendimento entre elas pois o topo do sino da prova 1 está mais à direita indicando notas maiores.

Gráfico 2 – Curva de Gauss para análise das notas de Tópicos de Física.



Na a disciplina “Complementos de Física” a questão constava na prova 2. Abaixo a tabela com as notas dos alunos desta disciplina:

Quadro 12 – Notas dos alunos da disciplina Complementos de Física.

Alunos	Prova 1	Prova 2
A1	6	8,8
A2	7	7
A3	3,5	10
A4	9	8
A5	7,6	8,5
A6	9,6	9
A7	8,7	9,5
A8	8,6	9
A9	9	8
A10	9	9,5
A11	8	10

A12	9	9,5
A13	10	10
A14	5,7	9
A15	6,5	9,5
A16	10	10
A17	6,2	8,5
A18	10	10
A19	8,7	7,5
A20	4,5	9
A21	8,1	10
A22	4,5	9,5
A23	8	8,5
A24	5	9,3
A25	7,7	9

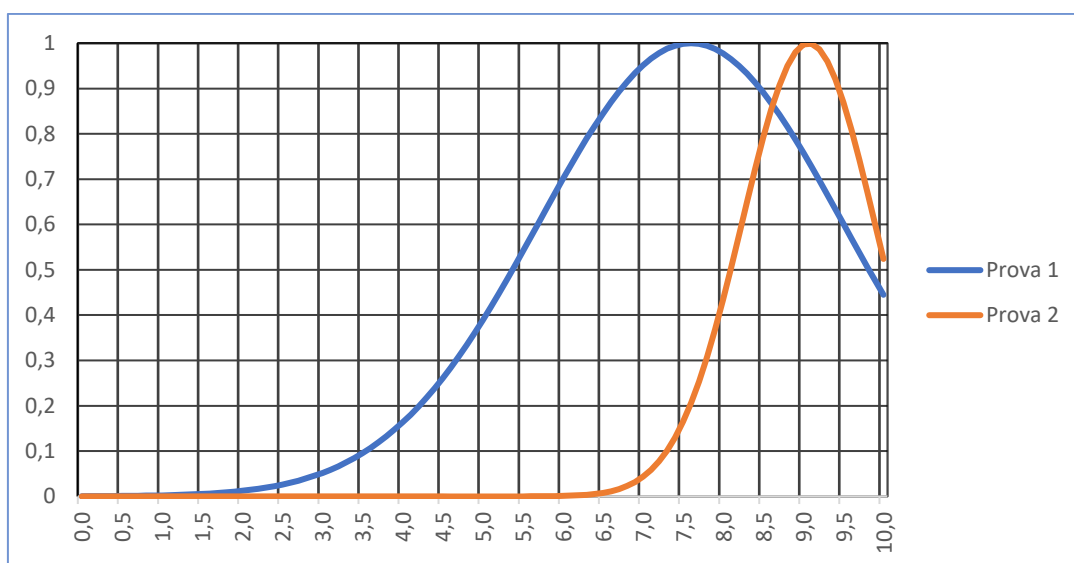
Para esta disciplina também se observou uma média maior na prova em que foi aplicado o experimento para contextualizar o conteúdo. Os valores da média e do desvio padrão entre as duas avaliações desta disciplina são mostrados no quadro 13.

Quadro 13 – Análise de distribuição t da disciplina Complementos de Física.

Item	Prova 1	Prova 2
Média	7,596	9,064
Desvio Padrão	1,888667961	0,823549229
Número de Dados	25	25
Graus de Liberdade	24	24
Intervalo de Confiança	95%	95%
Nível de Confiança	5%	5%
Distribuição t tabela)	2,063898562	2,063898562
Limite Superior	8,375603818	9,403944414
Limite Inferior	6,816396182	8,724055586

O gráfico da função para as duas provas desta disciplina também mostra que o topo do sino da prova 2 está mais à direita indicando notas maiores.

Gráfico 3 – Curva de Gauss para análise das notas de Complementos de Física.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante as aulas de experimentação, tanto no laboratório da IES quanto com o protótipo em sala de aula, pode-se observar um maior envolvimento e atenção dos alunos. Na fundamentação teórica foi possível mostrar que cientistas do passado puderam fazer inúmeros tipos de experimentos com muito menos recursos. Isto fez os alunos pensarem sobre a facilidade da experimentação automatizada.

A cada etapa proposta, após a transposição dos obstáculos, os alunos ficavam mais motivados pois foi mais fácil chegar ao resultado pedido que era determinar o valor da aceleração da gravidade local. Os alunos ficaram muito satisfeitos na Etapa 5, pois, conforme exclamações em sala de aula, a medição automática “facilitou a vida deles”. Não tinham mais problemas em escolher qual membro da equipe tinha melhor reflexo para acionar o cronômetro, ou mesmo soltar a massa do pêndulo. Na Etapa 6, quando viram a possibilidade de o programa executar aquilo que foi pedido sem que tivessem que calcular a satisfação dos alunos foi geral. E foram enfáticos ao chegar nesta última etapa questionaram o porquê já não foi realizado direto com o cálculo via programa.

Neste ponto foi ressaltado que os passos são necessários para entender que a experimentação científica nem sempre é direta e o aprimoramento sempre é possível, do mesmo modo como houve pensadores que disseram que a Terra era plana, até alguém os contradizer, argumentar e demonstrar o contrário. Assim, como

Erastóstenes calculou a circunferência da Terra com poucos recursos, hoje temos métodos científicos muito elaborados. Assim, provocou-se uma reflexão de que um experimento pode ser constantemente aprimorado e que o pensamento e a lógica, provenientes deste exercício, são apenas estágios para sensibilizá-los das inúmeras oportunidades que a automação e a robótica podem contribuir para o seu dia a dia profissional.

Enfatizou-se que é importante saberem como automatizar experimentos assim como tarefas que fazem parte do cotidiano da vida dos alunos como futuros engenheiros. Fazer os experimentos em que os alunos precisam desenvolver seus instrumentos de medida contribui para o desenvolvimento de habilidades e competências que certamente eles utilizarão na profissão de engenheiro. Porém a forma manual não pode ser deixada de lado ou esquecida. Como futuros engenheiros podem se deparar com situações em que podem precisar fazer cálculos ou medidas em locais remotos ou sem recursos, e a falta deste não podem ser empecilho para fazê-lo.

Outro ponto importante refere-se à teoria de erros. Foi colocado para os alunos que deveríamos utilizar a teoria dos erros para verificar as massas utilizadas no experimento, pois o resultado da medida na balança é somente uma aproximação ou estimativa do valor do mensurando. Que o valor correto deveria ser acompanhado pela declaração de incerteza dessa estimativa e feito com base em séries ou conjunto de observações obtidas sob condições de repetitividade, ou seja, medir o valor das massas várias vezes e aplicar a teoria dos erros para chegar a um valor mais preciso.

A teoria dos erros não foi aplicada com os alunos do primeiro período pois além deles não terem tido este conteúdo, que na ementa da IES está no segundo período, não houve de tempo hábil nas aulas para fazê-lo, assim como com os alunos do quarto período.

Ainda que no experimento automatizado, além da medida das massas deveríamos levar em conta o tempo de resposta de sensor que apesar de pequena (2ms) também influencia na medida e consequentemente nos resultados.

Apesar dos resultados mostrarem que o uso da experimentação automatizada foi bem aceita pelos alunos, o pensamento computacional necessário para o desenvolvimento do programa é um desafio que precisa ser trabalhado, nesta e em turmas posteriores para que resulte em alunos capazes de produzir conhecimento.

Não apenas para uso em sala de aula mas para o cotidiano em seu campo de trabalho, pois esta é uma forma de otimizar recursos e mitigar riscos.

Conclui-se, então, que o pensamento computacional não está suficientemente desenvolvido nestas turmas e que este tipo de experimentação, apesar de bem aceita, precisa ser feita com alunos que já tiveram um mínimo de disciplinas de programação de computadores.

Por fim, sobre o protótipo desenvolvido, pode trazer à realidade das Escolas Brasileiras uma possibilidade de ter laboratórios de baixo custo pois podem ser montados pelos próprios professores pelo fato de ser de relativa facilidade na construção.

Ainda, por se tratar de um Curso de Engenharia Civil atraiu a atenção pela automatização e observou-se a oportunidade de se explorar cada vez mais as aplicações da robótica e programação dentro da engenharia, bem como o potencial de se utilizar mais e melhor os dados promovidos no site da IAARC a fim de incentivar e demonstrar que o pensamento computacional e a programação em si fazem parte da vida deste profissional.

6 REFERÊNCIAS

A EDUCAÇÃO NA CULTURA DIGITAL. Um encontro inesquecível entre Paulo Freire e Seymour Papert. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mXlvw0uuXWo>>. Acesso em 10 de mai. 2018.

ALVES, Vagner Camarini; STACHAK, Marilei. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. **XVI Simpósio Nacional de ensino de Física-SNEF. Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE, Presidente Prudente-SP**, p. 1-4, 2005.

ARANTES, José Tadeu. **Bacon e Newton - em busca da alma do mundo**. Editora Terceiro Nome, 2005.

ARDUINO. Disponível em <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em 11 de dez. 2017.

DE ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira; DOS SANTOS ABIB, Maria Lúcia Vital. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003.

BASTOS, Bruno Leal; BORGES, Marcos; D'ABREU, João. Scratch, Arduino e o Construcionismo: ferramentas para a educação. **Seminário de Tecnologia Educacional de Araucária**, 2010.

BELL, T.; WITTEN, I.; FELLOWS, M. **Computer Science Unplugged: Ensinando Ciência da Computação sem o uso do Computador**. Tradução de Luciano Porto Barreto, 2006. Disponível em: <http://csunplugged.org/>. Acesso em dezembro de 2017.

BERNARD, José. **Galileu Galilei: à luz da história e da astronomia**. Secretariado Nacional de Defesa da Fé, Vozes, 1959.

BLIKSTEIN, Paulo. O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação. **Education & Courses**, 2008.

BRITO, Glaucia da Silva; DA PURIFICAÇÃO, Ivonélia. **Educação e novas tecnologias**. Editora Ibpx, 2008.

BUCHWEITZ, Bernardo. O uso de diferentes recursos de ensino na aprendizagem de Física. **Cadernos de Educação**, 6(9):99-114, 1997.

CARVALHO, Luiz Raimundo Moreira de; AMORIM, Hélio Salim de. Observing the atmospheric tides: an application of the arduino board with sensors for barometric pressure and temperature. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 1-7, 2014.

CARVALHO, Paulo Simeão; HAHN, Marcelo Dumas. IDENTIFICAÇÃO DE CONCEPÇÕES ERRÔNEAS EM MECÂNICA ATRAVÉS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS BASEADAS EM VÍDEO (AEBV). **Revista Pesquisa e Debate em Educação**, v. 8, n. 2, 2019.

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

CLARET, Martin. **Galileu vida e pensamentos**. São Paulo: Martin Claret, 2001.

COMTE, Auguste et al. **Curso de Filosofia Positiva. Discurso sobre o Espírito Positivo. Discurso Preliminar sobre o Conjunto do Positivismo. Catecismo Positivista. Seleção de Textos de José Arthur Giannotti. Trad. de José Arthur Giannotti e Miguel Lemos**. Abril Cultural, 1978.

CREASE, R. P. **Os dez mais belos experimentos científicos**. Tradução: Maria Inês Duque Estrada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor Ltda, 2006.

DA ROCHA, Fábio Saraiva; MARANGHELLO, Guilherme Frederico; LUCCHESI, Márcia Maria. Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 98-123, 2014.

DAMACENO, Luiz Paulo et al. The new definition of the kilogram in terms of Planck's constant. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, 2019.

DE FREITAS, Gabriel BRL; GOMES, André H. Time dilation, accelerated frames, and the twin paradox. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, 2019.

DERSHEM, Herbert L.; Jipping, Michael J. (1995). **Programming Languages. Structures and models** (em inglês) 2ª ed. Boston: PWS.

DONATO, Hernâni. **A vida de Galileu Galilei, O devassador do infinito**. Ed. Ouro, Rio de Janeiro, 1971.

DOS SANTOS, Emerson Izidoro; DE CARVALHO PIASSI, Luís Paulo; FERREIRA, Norberto Cardoso. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: uma experiência em formação continuada. 2004.

DOS SANTOS SCHMIDT, Maria Auxiliadora Moreira. Cognição histórica situada: que aprendizagem histórica é esta?. **Aprender história: perspectivas da educação histórica**, v. 3, p. 21, 2009.

ESMIN, A. A. A. **Portugol/Plus: Uma Ferramenta de Apoio Ao Ensino de Lógica de Programação Baseado no Portugol**. RIBIE 98, IV Congresso da Rede Iberoamericana de Informática Educativa. Brasília, 1998.

FERREIRA, Marcello et al. UMA PROPOSTA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: O EFEITO FOTOELÉTRICO. **Revista Pesquisa e Debate em Educação**, v. 8, n. 2, 2019.

FERREIRA, N. C. Proposta de laboratório para a escola brasileira – Um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de Física. 1978.

FETZNER FILHO, Gilberto. Experimentos de baixo custo para o ensino de física em nível médio usando a placa Arduino-UNO. 2015.

FIGUEIRA, Alves S. Easy Java simulations—Modelagem computacional para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 613-618, 2005.

GALILEU, GO Ensaíador. São Paulo: Nova Cultural, 258 pg, 1986. **Coleção os Pensadores**.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. – **“Fundamentos de Física 2”** – São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora, 4ª edição, 1996.

HAWKING, Stephen. **Os Gênios da Ciência sobre os ombros de Gigantes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

HIPESCIENCE. Físicos usam computador quântico para simular a criação de antimatéria. Disponível em <<https://hypescience.com/computador-quantico-anti-materia/>>. Acesso em 11 de dez. 2017.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION. Disponível em: <<https://www.iaarc.org/>>. Acesso em 17 out. 2018.

ISTE. Computational thinking for all. Disponível em: <<https://www.iste.org/explore/articleDetail?articleid=152&category=Solutions&article=Computational-thinking-for-all>>. Acesso em 12 dez. 2017.

JAPIASSU, Hilton. **A Revolução Científica Moderna**. Rio de Janeiro. Imago, 1985.

KOYRÉ, Alexandre. **Estudios galileanos**. Espanha. Siglo XXI Editores, 1980.

LAGES, GUIMARES; GUIMARÃES, A. **Algoritmos e estruturas de dados**. Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994.

LAVE, Jean; WENGER, Etienne. **Situated learning: Legitimate peripheral participation**. Cambridge university press, 1991.

LOJA DO PROFESSOR. Equipamentos para laboratórios. Disponível em: <<http://www.lojadoprofessor.com.br/>>. Acesso em 10 ago. 2018.

LOPARIC, Zeljko. Andreas Osiander: prefácio ao De revolutionibus orbium cœlestium de Copérnico. **Cadernos de história e Filosofia da Ciência**, v. 1, p. 44-61, 1980.

MACLACHLAN, James. **Galileu Galilei: o primeiro físico**. Editora Companhia das Letras, 2008.

MACHADO, Jordano Nunes; DORNELES, Pedro Fernando Teixeira. UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DIFERENCIADA A PARTIR DE UMA UEPS PARA O ENSINO DE FÍSICA NO COMPONENTE CURRICULAR DE CIÊNCIAS DO ENSINO FUNDAMENTAL. **Revista Pesquisa e Debate em Educação**, v. 9, n. 1, 2019.

MERCADO LIVRE. Pêndulo Simples – Laboratório de Física. Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-876468699-pndulo-simples-laboratorio-de-fisica-brax-tecnologia- JM>>. Acesso em 15 de ago. 2018.

MONK, S. **30 Projetos com Arduino**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

MOREIRA, Herivelto; CALEFFE, Luiz Gonzaga. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. DP & A, Rio de Janeiro, 2006.

MOREIRA, Michele Paulino Carneiro et al. 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, 2018.

NASCIMENTO JÚNIOR, João F.; BORGES, Vanessa ES; NASCIMENTO, Raphael MMF. Temporal description of colision forces: a didactic model for physics laboratory aided by embedded system. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, 2019.

PAPERT, Seymour. **A família em rede**. Lisboa: Relógio D'água, 1997.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas**. Basic Books, Inc., 1980.

PAULO BLIKSTEIN. O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação. Disponível em: http://www.blikstein.com/paulo/documents/online/ol_pensamento_computacional.html>. Acesso em 15 de dez. 2017.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 19, n. 1, p. 93-114, 2002.

PIRES, Antonio ST. **Evolução das Ideias da Física**. Editora Livraria da Física, 2008.

PEREIRA, Renata Imaculada Soares; JUCÁ, Sandro César Silveira; MOTA, Josué Batista. Construção de Sistema embarcado para controle sem fio de tensão alternada em experimentos de física. **Revista Thema**, v. 15, n. 4, p. 1511-1520, 2018.

ROCHA, José Fernando. **Origens e evolução das ideias da física**. SciELO-EDUFBA, 2002.

ROCHA, P. S.; FERREIRA, B.; MONTEIRO, D.; NUNES, D. S. C. N.; GÓES, H. C. N. **Ensino e Aprendizagem de Programação: Análise da Aplicação de Proposta Metodológica Baseada no Sistema Personalizado de Ensino**. Revista Novas Tecnologias na Educação, V. 8 Nº 3, dezembro, 2010.

RODRIGUES, Rafael Frank de. Arduino como uma ferramenta mediadora no ensino de física. 2014.

SANTOS, Elio Molisani Ferreira. Arduino: uma ferramenta para aquisição de dados, controle e automação de experimentos de óptica em laboratório didático de física no ensino médio. 2014.

SCHULZ, Peter Alexander Bleinroth. Impacts and influences of the Revista Brasileira de Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, 2019.

SEBESTA, R. W. **Conceitos de Linguagem de Programação**. 5ª Edição, Porto Alegre: Editora Bookman, 2003.

SILVA, Anderson Langone et al. A study of strain and deformation measurement using the Arduino microcontroller and strain gauges devices. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 3, 2019.

SILVEIRA, Sérgio. Desenvolvimento de um Kit Experimental com Arduino para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio. 2016.

SILVEIRA, Márcio Velloso da; BARTHEM, Ricardo Borges; SANTOS, Antonio Carlos dos. Experimental didactic proposal for inclusive teaching of waves in high school. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, 2019.

SOUZA, M., GUERRINI, I. – **“Experimento 6 – Pêndulo simples e a medição da aceleração da gravidade”** – Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/sam/pendulo.html>. Acesso em: 07/05/2011.

UNIVALI. Guia do Pensamento Computacional. Disponível em: <http://lite.acad.univali.br/pt/pensamento-computacional/>>. Acesso em 09 de dez. 2017.

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. [s.ed.] Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, 1998.

VALENTE, José Armando. **Informática na Educação: instrucionismo x construcionismo**. Disponível em: <http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/tecnologia/0003.html>>. Acesso em 20 de dez. 2017.

APÊNDICE 1 – FORMULÁRIO DE PESQUISA

Nome:

- Dê uma nota de 1 a 5, sendo 1 para concorda menos e 5 para concorda mais: na sua opinião, esse aprendizado será muito útil para a sua prática profissional.

(1) (2) (3) (4) (5)

- Dê uma nota de 1 a 5, sendo 1 para concorda menos e 5 para concorda mais: esse experimento despertou o meu interesse.

(1) (2) (3) (4) (5)

- Dê uma nota de 1 a 5, sendo 1 para concorda menos e 5 para concorda mais: Relevância sobre o experimento na aprendizagem sobre o assunto.

(1) (2) (3) (4) (5)

- Os resultados dos dois tipos de experimentos conduziram a resultados esperados?

- Cite algumas vantagens da medição automatizada.

APÊNDICE 2 – FICHA DO EXPERIMENTO

Nome: _____

Nome: _____

Experimento de Pêndulo Simples

1. Objetivo

Estudar a equação que rege o período de oscilação de um pêndulo simples, realizando medidas de período de um pêndulo simples e verificar sua dependência com a massa, com o comprimento do fio e com o ângulo máximo do movimento.

2. Introdução

Consideremos uma partícula de massa m suspensa por um fio inextensível de comprimento l . Para colocar a partícula para oscilar, com pequena amplitude, basta retirá-la de seu ponto de equilíbrio e soltá-la. A força da gravidade age como força restauradora. Estabelecemos assim um pêndulo simples.

3. O desenho abaixo mostra o diagrama com as forças:

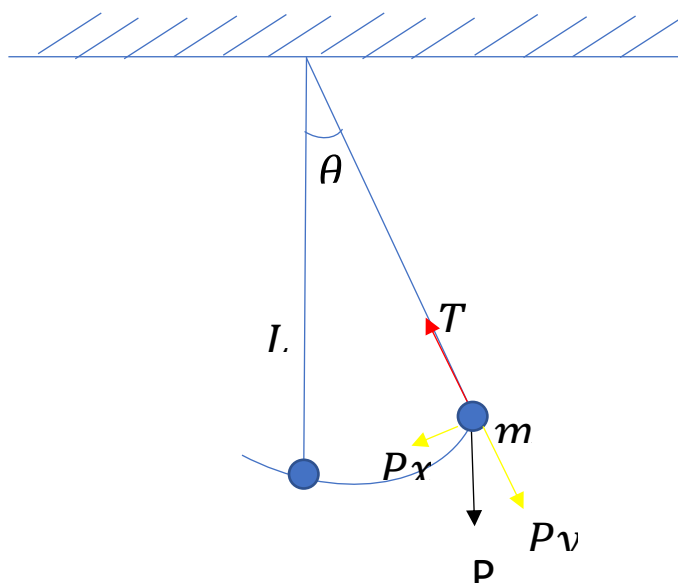


Figura 1 – Pêndulo simples e as forças atuantes em seu movimento.

No desenho pode-se observar a ação da força da gravidade em decorrência do peso massa, a força tração T do fio e o ângulo entre o ponto de equilíbrio e o deslocamento. Com a decomposição das forças temos a equação que representa a força restauradora e se dá por:

$$F = -mg \sin \theta \quad (1)$$

Onde m é a massa, g é a aceleração da gravidade e F é a força restauradora, lembrando que o sinal negativo indica a restauração.

Além disso, temos ainda que o período de uma oscilação depende apenas do comprimento do fio e da aceleração da gravidade, como pode ser observado na equação a seguir conforme deduzido em aula:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Onde L é o comprimento do fio, g é a aceleração da gravidade e T é o período.

4. Montagem Experimental

4.1 Materiais Utilizados

1. Tripé com hastes e suporte de sustentação para o fio
2. 1 conjunto de três massas
3. 1 trena
4. 1 cronômetro digital
5. fio de polipropileno
6. 1 balança eletrônica

4.2 Procedimento Experimental

Primeiro passo: pesar o conjunto de massas que serão utilizados para o experimento na balança eletrônica.

Segundo passo: com o cronômetro digital, utilizando pequenas amplitudes devemos medir o período T para diferentes amplitudes, com uma única massa (medir 10 oscilações, e depois dividir por 10, para se obter melhor precisão no resultado).

Terceiro passo: medir o Período de uma única amplitude com massas diferentes.

Quarto passo: medir o Período de uma única massa, para diferentes comprimentos do Pêndulo.

5. Questões:

- a) Qual o objetivo deste experimento?
- b) Quais os aparelhos e equipamento utilizados durante o experimento?
- c) Preencha a tabela abaixo com os dados coletados:

θ						
T10(s)						
T (s)						

m (g)			
T10(s)			
T(s)			

L(m)			
T10(s)			
T(s)			

- d) Qual a relação entre período e amplitude?
- e) Qual a relação entre o Período e a massa do pêndulo?
- f) Qual a relação entre o período e o comprimento do fio?
- g) A partir da equação do Período do Pêndulo Simples, calcule a aceleração da gravidade local.
- h) Justifique o motivo de se determinar o tempo de dez oscilações para se calcular o período ao invés de medir um único.

6. Referências

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. – “**Fundamentos de Física 2**” – São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora, 4ª edição, 1996.

SOUZA, M., GUERRINI, I. – “**Experimento 6 – Pêndulo simples e a medição da aceleração da gravidade**” – Disponível em:

<http://educar.sc.usp.br/sam/pendulo.html>. Acesso em: 07/05/2011.

ANEXO I – CUSTO DO EXPERIMENTO

Suporte: R\$ 5,00
Chumbada de Pesca: R\$ 7,00
Carretel de fio de polipropileno: R\$ 12,00
Kit Arduino com processador, sensores, protoboard e fiação: R\$ 85,00
Forro de PVC e madeira, custo zero.

Total: R\$ 119,00

Para efeito de comparação de custos de aquisição do material para experimento do Pêndulo Simples, realizou-se alguns orçamentos. Abaixo o orçamento de menor custo:

1000 - [REDACTED] INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS LTDA
Orçamento: 009138

Cliente: 7495 - ALVARO CROVADOR

CPF/CNPJ: 802.187. [REDACTED] **Insc. Estadual:** [REDACTED]

Endereço: [REDACTED] **Bairro:** [REDACTED]

Cidade: Curitiba - PR **Cep:** [REDACTED]

Telefone: [REDACTED]

Representante: 32 - [REDACTED]

Data Emissão: 07/08/2018 **Data Validade:** 22/08/2018

Produto/Serviço	Descrição Marca / Modelo	Lista	UN	Quantidade	Valor Unitário	Valor Desconto	Valor Total	IPi	ICMS ST
P 62001157	CONJUNTO P/ ESTUDO DE ERROS, MEDIDAS, GRAFICOS E FUNCOES [REDACTED] / AZB-404	[REDACTED]	LP3 CJ	1,00	929,00	0,00	929,00	0,00	0,00
P 62001100	PENDULO SIMPLES [REDACTED] / AZB-191	[REDACTED]	LP4 UN	1,00	335,00	0,00	335,00	0,00	0,00
Total Serviço	(+) Total Produto	(+) Total ST	(+) Total IPI	(+) Acrescimo	(+) Frete	(-) Desconto	= Total Orçamento		
0,00	1.264,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.264,00		

E ainda outra cotação feita na internet:



Pêndulo Simples -
Laboratório De Física -

R\$ 341²⁵

Anúncio pausado

Informação sobre o vendedor

Localização
Londrina, Paraná