

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**WELLINGTON CARVALHO DE DEUS**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A INTRODUÇÃO AO ENSINO DE  
OSCILAÇÕES UTILIZANDO A PLACA ARDUINO COMO FERRAMENTA  
TECNOLÓGICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

**ALFENAS - MG**

**2019**

**WELLINGTON CARVALHO DE DEUS**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A INTRODUÇÃO AO ENSINO DE  
OSCILAÇÕES UTILIZANDO A PLACA ARDUINO COMO FERRAMENTA  
TECNOLÓGICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Orientador:** Prof. Dr. Célio Wisniewski

**ALFENAS - MG**

**2019**

*Este trabalho é dedicado à minha esposa aos meus pais, meu irmão e todos aqueles que contribuíram e fizeram parte de minha vida ao longo de seu desenvolvimento.*

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a paciência, ao apoio, ao companheirismo de minha esposa Dra. Karine Elisa Silva de Deus; a sua dedicação em momentos tão difíceis desde o início do curso, em estar comigo em viagens para realização de provas e teste de aprovação, a momentos de estudos para conseguir entender os conteúdos abordados nas disciplinas a serem cursadas, como em momentos de dúvidas e ideias no desenvolvimento do projeto e dissertação deste mestrado.

Agradeço em especial ao companheirismo de meus amigos, Prof. Me. Leandro Donizete Moraes, com a indicação ao curso de mestrado, assim como com apoio durante todo o mesmo. Agradeço também ao Prof. Everton Eduardo Xavier Ferreira e Prof. Danilo Yamaguti, que me auxiliaram muito em viagens, estudos e trabalhos realizados durante este mestrado, jamais esquecerei das ideias mirabolantes que tínhamos durante as 7 horas de viagem de carro para realização do curso.

Agradeço ao meu Orientador Prof. Dr. Célio Wisniewski, pela paciência, pelos conselhos e pela orientação, que tornou possível essa dissertação e projeto, da mesma forma agradeço ao Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior, pelos seus conselhos e a motivação que me deu desde o início.

Agradeço aos amigos e colegas que fiz durante todo o curso, da turma 2016.1 e 2016.2 do polo 28 do Mestrado Nacional Profissional em ensino de Física, realizado na Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL – MG, aos Professores do mesmo, pelos ensinamentos, sugestões e dicas que em diversas vezes me motivou e motiva a continuar cada vez mais a estudar.

Agradeço aos alunos, professores e grupo gestor das escolas ETECs Prof. José Ignácio Azevedo Filho, Ituverava - SP e Dr. Júlio Cardoso, Franca – SP, pela contribuição no decorrer deste curso, na aplicação da sequência didática, com dicas para programação e elaboração do projeto.

Agradeço ao meu primo Gustavo Aleixo que me auxiliou no aprendizado do software Visual Basic, ao meu irmão Wanderson Carvalho de Deus, engenheiro civil, pelas ideias e dicas no decorrer da elaboração do projeto.

E por último, mas de forma alguma menos importante, aos meus pais Odilon Aleixo de Deus e Rita Rosa Balduino de Carvalho de Deus, que sempre me apoiaram e me ensinaram a batalhar pelos meus sonhos com muita garra e de forma honesta. Assim como aos demais membros de minha família que sempre torceram por mim.

*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)*

## RESUMO

O tema Oscilações, pode inicialmente parecer que não está tão presente em nosso cotidiano, mas desde os primórdios da humanidade, certos fenômenos naturais ligados aos movimentos dos corpos, que envolvem principalmente a repetição e a periodicidade do movimento, chamam a atenção de toda a humanidade. Partindo da curiosidade humana, surgiram teorias científicas que buscavam a explicação destes fenômenos, por sua vez contribuindo e corroborando para o desenvolvimento do conhecimento. No entanto, nos dias atuais este tema ainda é pouco difundido entre professores e alunos, e são muitos os conceitos que os alunos devem ter concretizados em suas mentes para que ocorra uma aprendizagem significativa sobre o tema oscilações, logo se torna um grande desafio para o professor ensiná-lo e um desafio ainda maior para os alunos em aprendê-lo. Diante desta realidade essa dissertação apresenta uma proposta de sequência didática para a introdução ao ensino de oscilações, que foi desenvolvida tendo como ferramenta a utilização da Placa Arduino, em experimentos relacionados com o tema. Estes experimentos foram criados a partir de materiais de baixo custo e engenhados com a visão de facilitar as suas aplicações e manuseios, mesmo para professores que não dominam a linguagem de programação. Com eles é possível representar fenômenos como o Movimento Harmônico Simples (MHS), realizado pelo Pêndulo ou pelo sistema massa-mola, que antes eram explicados através de desenhos em lousa ou simuladores. Logo, pode-se interagir com o experimento e, através de sensores ultrassônicos, capturar os dados e os utilizá-los em um programa pré-instalado em um computador, para a leitura e interpretação dos dados e conceitos físicos relacionados. Este trabalho tem como referencial teórico os três momentos pedagógicos de Delizoicov, sendo eles: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação, que são utilizados como metodologia durante a aplicação da sequência didática proposta. Ela foi aplicada em duas turmas, sendo uma do 2º ano e outra do 3º ano do ensino médio de uma escola técnica da cidade de Ituverava-SP. Antes e após a aplicação da sequência didática, foi aplicado aos alunos um questionário para uma análise qualitativa de conhecimento dos mesmos, onde foram obtidos como principais resultados o destaque do interesse pelos alunos através dos experimentos realizados, logo os resultados encontrados foram satisfatórios, comprovando que a utilização dos experimentos, junto a metodologia dos três momentos pedagógicos, foi de grande importância e contribuiu para a aprendizagem de conceitos físicos de oscilações e movimentos periódicos.

Palavras-chave: Arduino, Ensino de Oscilações, Movimento Harmônico Simples (MHS).

## ABSTRACT

The Oscillations theme may initially seem to be not so present in our daily lives, but since the beginnings of humanity, certain natural phenomena linked to the movements of bodies, which mainly involve the repetition and periodicity of movement, draw the attention of all humanity. Starting from the human curiosity, scientific theories appeared that looked for the explanation of these phenomena, in turn contributing and corroborating for the development of diverse areas of knowledge. However, in the present day this theme is still little spread between teachers and students, there are many concepts that the students must have materialized in their minds, so that a significant learning on the subject oscillations occurs, soon becomes a great challenge for the teacher to teach, and an even greater challenge for students to learn it. In view of this reality, this dissertation presents as a central objective, a proposal for a didactic sequence for the introduction to the teaching of oscillations, which was developed using the Arduino board as a tool in experiments related to this theme. These experiments were created from low-cost materials and engineered with the vision of facilitating their applications and handling, even for teachers that do not master the computer programming language. With them, it is possible to recreate phenomena such as the Simple Harmonic Motion (MHS), performed by the pendulum and the mass-spring system that were previously explained through slate drawings or simple simulators. It is then possible to interact with the experiment and through ultrasonic sensors, to capture the data and to use it in a software, pre-installed in a computer for the reading and interpretation of the data and related physical concepts. This work has as theoretical reference the three pedagogical moments of Delizoicov, being: Initial problematization, Organization of knowledge and Application of these knowledge, which are used as methodology during the application of the didactic sequence proposed in this work. This sequence was applied in two classes, one of the second year and the other of the third year of high school in a technical school in the city of Ituverava-SP, Brazil. Before and after the application of the proposed didactic sequence, students were given a answer test for qualitative analysis of their knowledge, where the main results were the highlight of the interest of the students through the experiments performed, so the results were satisfactory, proving that the use of the experiments together with the methodology of the three pedagogical moments was of great importance and contributed to the learning of physical concepts related to oscillations and mainly periodic movements.

Key words: Arduino, Teaching oscillations, Simple Harmonic Motion (MHS).

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Simulação do experimento citado.....	20
<b>Figura 2:</b> Ondas Longitudinais.....	21
<b>Figura 3:</b> Ondas transversais. ....	22
<b>Figura 4:</b> Onda mecânica em uma corda.....	22
<b>Figura 5:</b> Onda mecânica sonora.....	23
<b>Figura 6:</b> Onda mecânica em uma lâmina d'água.....	23
<b>Figura 7:</b> Espectro eletromagnético. ....	24
<b>Figura 8:</b> Propagação de uma onda tridimensional. ....	25
<b>Figura 9:</b> Movimento vertical de sobe-e-desce na extremidade livre da corda.....	25
<b>Figura 10:</b> Coordenada x versus tempo t para um objeto em movimento oscilatório.....	27
<b>Figura 11:</b> Representação do movimento de um corpo (posição) em função do tempo. ....	29
<b>Figura 12:</b> Representação da posição em função do tempo. ....	29
<b>Figura 13:</b> Gráfico posição em função do tempo 3. ....	30
<b>Figura 14:</b> Gráfico posição em função do tempo para um sistema massa-mola. $P = mg$ é a força gravitacional sobre o bloco de massa m.....	32
<b>Figura 15:</b> Representação de um pêndulo. $P = mg$ é a força gravitacional sobre a massa m.	33
<b>Figura 16:</b> Representação de um pêndulo. Para que a diferença do período não seja significativa. ....	34
<b>Figura 17:</b> Placa Arduino UNO.....	43
<b>Figura 18:</b> Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04.....	44
<b>Figura 19:</b> Apresentação da sequência didática no ESMEF. ....	88
<b>Figura 20:</b> Montagem do circuito elétrico.....	98
<b>Figura 21:</b> Montagem do circuito teste do sensor ultrassônico HC-SR04.....	99
<b>Figura 22:</b> Fluxograma para demonstração de sequência de programação.....	101
<b>Figura 23:</b> Croqui inicial e o projeto inicial.....	107
<b>Figura 25:</b> Empecilhos encontrados. ....	108
<b>Figura 26:</b> Sequência de montagem da base mais o suporte principal.....	109
<b>Figura 27:</b> Suporte principal com uniões. ....	110
<b>Figura 28:</b> Montagem do suporte espaçador. ....	111
<b>Figura 29:</b> Detalhe <i>Plug</i> automotivo, Detalhe fixação da massa do pêndulo, e vista completa do experimento pêndulo montado. ....	112
<b>Figura 30:</b> Inclinação do suporte espaçador.....	113



<b>Figura 31:</b> Fixação dos sensores ultrassônicos.....	113
<b>Figura 32:</b> Massa do Pêndulo a base de cano P.V.C e gesso. ....	114
<b>Figura 33:</b> Nova massa do Pêndulo, a base de isopor e gesso .....	115
<b>Figura 34:</b> Montagem completa do sistema massa-mola com fixação da massa correta. ....	116
<b>Figura 35:</b> Fixação da massa incorreta.....	116
<b>Figura 36:</b> Fixação do Protoboard, Fixação da placa Arduino, e conexão com Notebook...117	
<b>Figura 37:</b> Demonstração gráfica durante a aplicação do experimento. ....	118
<b>Figura 38:</b> Montagem do circuito elétrico.....	118
<b>Figura 39:</b> Projetos futuros, execução de dois experimentos simultâneos.....	119

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Cronograma da aplicação da sequência.....	47
<b>Tabela 2:</b> Salas: 2º Regular e 3º ETIM (salas aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito. ....	69
<b>Tabela 3:</b> Salas: 2º ETIM e 3º Regular (salas não aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito. ....	70
<b>Tabela 4:</b> Salas: 2º Regular e 3º ETIM (salas aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito. ....	72
<b>Tabela 5:</b> Salas: 2º ETIM e 3º Regular (salas não aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito. ....	72
<b>Tabela 6:</b> Salas: 2º Regular e 3º ETIM (salas aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito. ....	73
<b>Tabela 7:</b> Salas: 2º ETIM e 3º Regular (salas não aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito. ....	74
<b>Tabela 8:</b> Total de custo para montagem do experimento:.....	120

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
2	FUNDAMENTOS FENOMENOLÓGICOS E MATEMÁTICOS.....	19
2.1	<b>Estudos das Ondas e Movimento Harmônico Simples (MHS) .....</b>	<b>19</b>
2.1.1	O Conceito de onda .....	19
2.1.2	Classificação das ondas .....	21
2.1.2	Equação fundamental da onda .....	27
2.2	<b>Movimento Harmônico Simples (M.H.S.) .....</b>	<b>28</b>
2.2.1	Movimentos periódicos e periódicos amortecidos.....	28
2.2.2	Movimento Circular Uniforme (MCU).....	30
2.2.3	Sistema Massa- Mola em um campo gravitacional. ....	31
2.2.4	Pêndulo simples em um campo gravitacional. ....	33
3	REFERENCIAIS TEÓRICOS .....	36
3.1	<b>Os Três Momentos Pedagógicos.....</b>	<b>36</b>
3.1.1	Problematização inicial .....	37
3.1.2	Organização do conhecimento .....	38
3.1.3	Aplicação do conhecimento.....	38
3.2	<b>A Placa <i>Arduino</i> e o Ensino de Física .....</b>	<b>39</b>
4	OBJETIVO .....	42
4.1	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>42</b>
5	MATERIAIS E METODOLOGIAS.....	43
5.1	<b>Conhecendo o software aplicado e os experimentos .....</b>	<b>43</b>
5.2	<b>Sensor ultrassônico .....</b>	<b>44</b>
5.3	<b>O Firmware e Software .....</b>	<b>44</b>
5.4	<b>Planejamento, seleção de conteúdos e elaboração das aulas.....</b>	<b>45</b>
5.5	<b>Os temas organizadores da sequência didática .....</b>	<b>48</b>
5.5.1	Tema 1: As oscilações e sua importância em nossas vidas.....	49
5.5.2	Tema 2: Conceitos introdutórios das oscilações.....	50
5.5.3	Tema 3: O movimento periódico .....	51
5.5.4	Tema 4: Sistema massa-mola.....	52

5.5.5	Tema 5: Pêndulo simples .....	53
5.6	As atividades em sala de aula com a utilização dos experimentos: Avaliação da aprendizagem e coleta de dados.....	54
6	RESULTADOS.....	56
6.1	Análise da sequência didática e das alternativas encontradas.....	56
6.1.1	Análise das aulas do tema 1.....	57
6.1.2	Análise das aulas do tema 2.....	59
6.1.3	Análise das aulas do tema 3.....	61
6.1.4	Análise das aulas do tema 4.....	63
6.1.5	Análise das aulas do tema 5.....	65
6.2	Análise do questionário diagnóstico.....	68
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
	REFERÊNCIAS .....	89
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO – COM RESPOSTAS CORRETAS.....	94
	APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO .....	97
	APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO DO VISUAL BASIC .....	101
	APÊNDICE D – DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS .....	107
D.1	Montagem dos Experimentos e métodos de utilização .....	107
D.2	O Custo .....	120

# 1 INTRODUÇÃO

Em algumas escolas de ensino médio, no início do ano letivo, é dever do professor elaborar o seu plano de ensino; este nada mais é que uma pequena estrutura, com tópicos dos conteúdos a serem ministrados durante todo o bimestre, semestre, ou até mesmo durante todo o ano letivo, dependendo das regras gerais da instituição.

Os tópicos principais ensinados na disciplina de Física são: mecânica, termologia, óptica, ondas, eletricidade e Física Moderna; como pode-se observar no sumário e em todo o livro de Física dos autores Sampaio e Calçada (2005), por exemplo, que é muito utilizado até os dias de hoje pelos professores da rede pública, devido a sua forma de abordagem dos conteúdos e sua sequência que é de *fácil* compreensão. Lembrando que cada tópico possui uma grande ramificação de conhecimento científico aplicado a vida cotidiana dos alunos, esses conhecimentos devem ser estudados pelos alunos do ensino médio.

Embora faça parte dos tópicos mecânica e óptica, o tema ondas, é pouco difundido entre professores e alunos, pois este requer que os alunos já tenham sintetizado bem alguns conteúdos estudados anteriormente, principalmente da mecânica newtoniana, assim como Errobidart et al. (2013) já diziam, que ao serem feitas representações sobre a formação de ondas, existem dificuldades nas formulações de respostas quando não existem conhecimentos prévios.

Além dos conhecimentos prévios, este conteúdo exige a criatividade do professor em demonstrar os fenômenos oscilatórios, de forma que os alunos consigam compreender os movimentos destes fenômenos e principalmente visualizá-los mentalmente, através de modelos mentais, de desenhos em lousa, ou quando possível através de ferramentas como simuladores, gráficos, projeções, vídeos, etc. Os modelos mentais são representações analógicas da realidade, entendidas como qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos que representa algo que é tipicamente um aspecto do mundo, em nossa imaginação (Johnson-Laird, 1995).

Isto não deveria ser uma dificuldade pois estamos rodeados de fenômenos cujos movimentos são periódicos, periódicos amortecidos ou aproximadamente periódicos, estes quando observados em um curto intervalo de tempo, como por exemplo o ciclo dia-noite, estações do ano, as batidas do coração, a respiração, a oscilação de uma mola do amortecedor de um carro, brinquedo em um parque de diversões, etc. Basta utilizarmos um raciocínio

dedutivo que conseguiríamos visualizar esses fenômenos. O raciocínio é melhor interpretado como uma habilidade prática do que como uma habilidade esotérica, abstrata (Moreira, 1996).

Logo o tema ondas, ou em alguns livros como Física de Paraná (2000), chamado de oscilatória, é deixado de lado pelos professores, devido à grande dificuldade encontrada e ao fato de muitos destes não conseguirem enxergar a real importância deste conhecimento científico, que está presente em nossa vida cotidiana, assim como qualquer outro fenômeno mais conhecido, como cinemática, termodinâmica, óptica, eletricidade, entre outros.

Em relação ao ensino de ondas nos documentos oficiais podemos citar as orientações que temos descritas no currículo do estado de São Paulo (2010), onde fica claro durante sua leitura, que o estudo tradicional das ondas, ganha um novo sentido quando relacionado ao contexto da música, da comunicação, na vibração dos materiais, no funcionamento da orelha humana, entre outros mais.

A partir do que foi descrito nos parágrafos anteriores, consegue-se perceber a real importância do ensino de oscilatória para a formação completa dos alunos em relação à visualização de conceitos físicos presentes em seu cotidiano, podendo ser de grande ajuda em eventuais problemas que virão a enfrentar ao longo de suas vidas. No processo de Ensino/Aprendizagem, devemos priorizar o ensino dos fenômenos naturais e tecnológicos, princípios, leis, modelos, vinculados ao cotidiano científico-tecnológico do estudante, diz José, Angotti e Bastos (2016).

No que se refere ao uso da tecnologia que possuímos no processo de ensino de conceitos científicos, como o que é apresentado nesta dissertação, podemos dizer que no cotidiano, a eletrônica ocupa espaço importante na vida das pessoas seja no trabalho ou lazer, no campo ou nas cidades. Muitos trabalhos demonstram que é possível a integração entre o computador e a atividade didática experimental, diz Silveira e Girardi (2017). Anteriormente placas eletrônicas, como a *Placa Arduino*, tinham a finalidade de processamento de dados, e eram utilizadas somente em setores industriais, porém com o passar dos anos seu preço de aquisição diminuiu, e a visão de sua utilização foi ampliada para a área de ensino.

Podemos ainda citar sua grande portabilidade de uso, onde seus usuários têm grande facilidade em encontrar programações e soluções de problemas que fortuitamente possam aparecer. Assim como comenta Souza et al (2011), quando relata sobre o uso da placa *Arduino* em seus experimentos. Todo o sistema de aquisição de dados tem uma alta portabilidade sendo conveniente para experiências de campo, quando usados com um *laptop*.

A grande simplicidade de seu uso torna fácil a obtenção de dados para estudos, e a alta precisão em seus sensores, torna mais confiáveis os dados coletados, logo o grande dinamismo de seu funcionamento cria ampla seu uso, assim citado por Cavalcante, Tavolaro e Molisani, (2011), O dinamismo desse processo provoca a curiosidade e maior interesse dos estudantes já que a aula de laboratório se torna desafiadora.

A partir do momento em que não se concentra mais na forma de obtenção dos dados e se eles são confiáveis, os resultados obtidos após o experimento serão mais votados para a conclusão do fenômeno ou teoria a ser comprovada, assim diz Carvalho e Amorim (2014), em suas conclusões o foco dos estudantes volta-se sobretudo para a compreensão de fenômenos e para a tentativa de construção de modelos físicos que expliquem (mesmo que em parte) os fenômenos investigados.

É com essa expectativa, do uso de ferramentas tecnológicas no meio pedagógico, que este trabalho foi desenvolvido, tendo em vista a dificuldade do professor e principalmente a do aluno em aprender conceitos físicos relacionados a oscilatória.

A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de uma sequência didática, como tentativa de amenizar os eventuais contratemplos em que os professores podem se deparar em ministrar aulas com este tema, e principalmente, auxiliar os alunos a obter uma melhor aprendizagem de forma qualitativa, apresentando-lhes uma ferramenta didática experimental, que utiliza a oscilação de uma mola ou a de um pêndulo simples acoplado a um sensor ultrassônico, no caso o modelo HC-SR04<sup>1</sup>, responsável por localizar a posição do objeto em relação a um ponto, capturando o movimento se este objeto se mover, logo este movimento é representado na tela de um computador, utilizando uma interface do tipo *Placa Arduino, modelo UNO*<sup>2</sup>, acoplada a um software, onde pode-se visualizar o fenômeno e analisar os dados capturados de forma dinâmica e eficaz.

A partir do próximo capítulo se inicia a apresentação da dissertação. No capítulo 2 é apresentado os conceitos e referenciais encontrados, sobre ondas e movimento harmônico simples (MHS), os quais foram utilizados para a construção de uma parte da sequência didática. No capítulo 3 é apresentado o referencial teórico utilizado para a construção da sequência didática. No capítulo 4, é apresentado a metodologia adotada, os objetivos gerais e específicos

---

<sup>1</sup> O Sensor ultrassônico HC-SR04 é capaz de medir distâncias de 2cm a 4m com ótima precisão e baixo preço.

<sup>2</sup> Posteriormente será descrita com detalhes.

do trabalho e, em seguida, os procedimentos adotados para aplicação dos experimentos assim como o software e suas funcionalidades.

No capítulo 5, os resultados obtidos, as alternativas encontradas durante a aplicação da sequência, são apresentados além de uma análise geral da sequência, em termos de resultados alcançados e não alcançados, assim como dicas de possíveis trabalhos futuros. No apêndice está o questionário diagnóstico utilizado e o respectivo gabarito, mais o produto educacional gerado como fruto deste trabalho, a sequência de aulas com os experimentos e a utilização da *Placa Arduino* em conjunto com o software desenvolvido.



## 2 FUNDAMENTOS FENOMENOLÓGICOS E MATEMÁTICOS

### 2.1 Estudos das Ondas e Movimento Harmônico Simples (MHS)

O avanço tecnológico vivenciado pela humanidade possibilita que a comunicação entre as pessoas ocorra em tempo real, independentemente de onde elas estejam, isso é possível devido a aplicação e a existência das ondas mecânicas e eletromagnéticas. Quando realizada essa comunicação a grandes distâncias, temos a geração de ondas e a transmissão através de antenas e entre elas ou para estações repetidoras como os satélites artificiais fora de nosso planeta que retransmite o sinal até uma antena novamente na terra (GIACOMIN E VASCONCELOS, 2006)

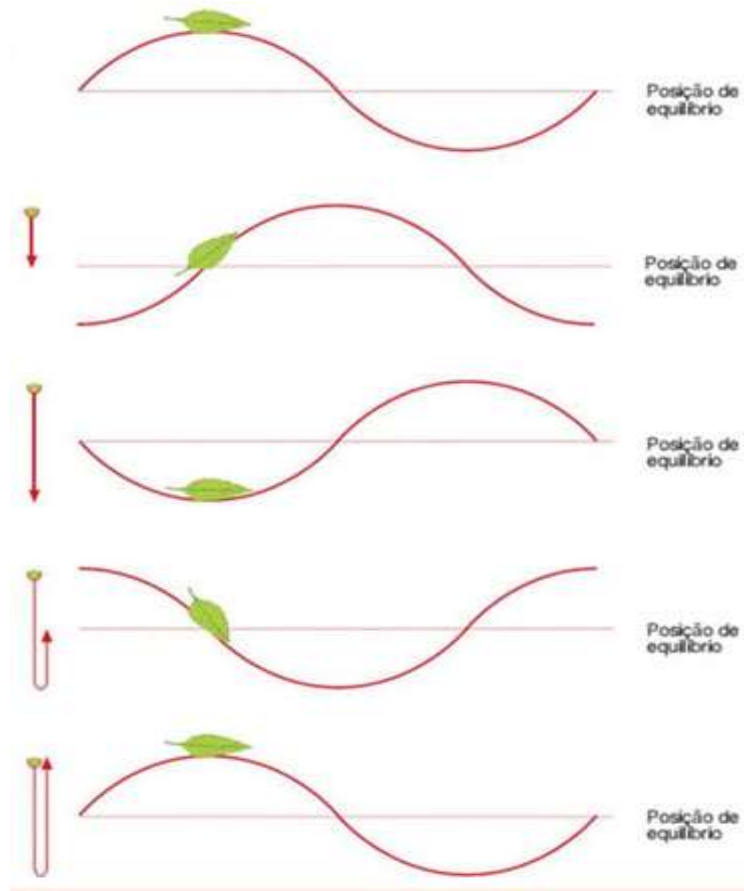
Esse é um entre tantos exemplos que podemos citar de aplicações das ondas para funcionalidade da tecnologia e em benefício humano. Podemos citar outros exemplos como: o forno micro-ondas, os instrumentos musicais, telecomunicações, ou até mesmo os fenômenos que ocorrem de forma natural, também já aproveitados pelos seres humanos, como: as ondas do mar, as ondas sísmicas, as ondas sonoras, etc.

#### 2.1.1 O Conceito de onda

Assim como descrito por H. Moysés (1983), em seu livro, uma onda é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida. De modo geral podemos dizer que uma onda ocorre quando existe uma transmissão de sinal entre dois pontos, sem que haja o transporte direto de matéria entre eles. As ondas sempre estão relacionadas a propagação e a repetição.

Podemos realizar um experimento simples para demonstrar essa teoria, que seria; pegue uma vasilha coloque água dentro, em seguida coloque em uma das extremidades da vasilha algum objeto que flutue exemplo uma folha, em seguida com o dedo ou um bastão, bata na água na extremidade oposta à que a folha está. Você irá observar uma onda sendo formada na água, *trem de ondas*, porém esta quando tocar na folha não a moverá, o que você irá visualizar será a folha subindo e descendo e/ou realizando um movimento de vai e vem sempre retornando à posição inicial. Este experimento, para uma onda transversal, é exemplificado por uma pedra sendo arremessada, no livro didático de Yamamoto e Fuke (2017), assim como na figura 1.

**Figura 1:** Simulação do experimento citado.



**Fonte:** Adaptado do site Aulas de Física e Química.<sup>3</sup>

Analisando este experimento podemos dizer que a informação viajou pelo meio (água) em forma de onda, vibrando os pontos deste e transportando energia, saindo de uma extremidade e chegando a outra, porém não transportou matéria, pois a folha retornou ao mesmo local que foi colocada inicialmente.

Algumas ondas como as ondas eletromagnéticas, descoberta no início do século XIX pelo astrônomo Willian Herschel (1738 - 1822), assim como citado por Vieira (2016), são invisíveis e viajam pelo meio sem vibra-lo, se por ventura em algum determinado meio somente uma perturbação for gerada, essa devemos chama-la de *Pulso*, conseqüentemente quando existem mais pulsos em sequência, chamamos de onda.

<sup>3</sup> Disponível em < [http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_04.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_04.html) > . Acesso em 24 jan. 2019.

### 2.1.2 Classificação das ondas

Assim como citado por Yamamoto e Fuke (2017), as ondas podem ser classificadas de 3 (Três) formas diferentes, quanto a sua forma, a sua natureza e quanto a sua direção de propagação, que são comentados nos itens subsequentes.

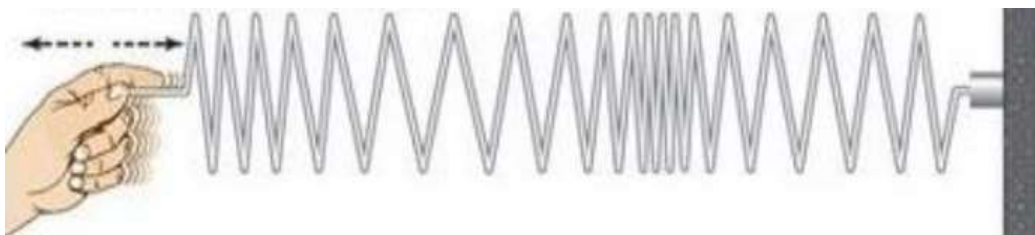
#### *ITEM 1: Quanto à sua forma.*

Longitudinal: uma onda é classificada como sendo longitudinal quando sua direção de propagação coincide com sua direção de vibração dos pontos do meio, como exemplo podemos citar: uma mola mantida na horizontal, com uma das extremidades presa num suporte e a outra extremidade sendo segurada por uma pessoa. Num dado instante, a pessoa comprime alguns anéis da mola e em seguida, a solta. Essa perturbação vai se propagar através da mola em direção ao extremo oposto no suporte, assim como na figura 2.

Transversal: onda cuja direção de propagação é perpendicular à direção de vibração dos pontos no meio, como exemplo podemos citar: uma corda mantida fixa em uma de suas extremidades, na outra uma pessoa a segura, em seguida a pessoa realiza de forma rápida um movimento de subida e descida com a corda, esse movimento forma um pulso (perturbação) que se propaga através da corda, assim como na figura 3.

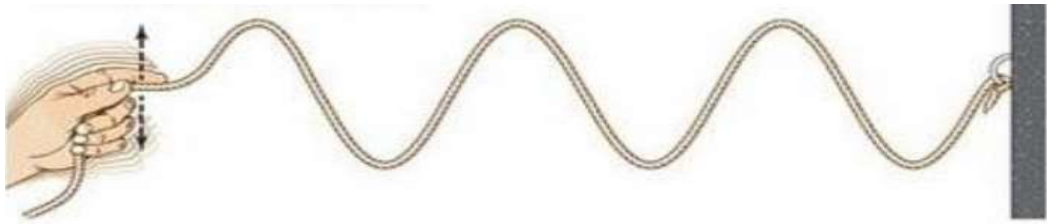
Mista: uma onda é classificada como mista quando realiza os dois movimentos descritos acima de forma simultânea, nas figuras 3 e 4.

**Figura 2:** Ondas Longitudinais



**Fonte:** Adaptado da página mpec::sabrina.<sup>4</sup>

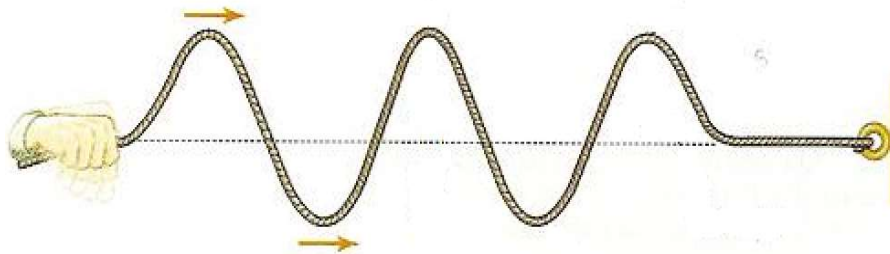
<sup>4</sup> Disponível em: <<http://boltz.ccne.ufsm.br/st12/?q=node/70>>. Acesso em 20 jan. 2019.

**Figura 3:** Ondas transversais.

**Fonte:** Adaptado da página mpec::sabrina.<sup>5</sup>

**ITEM 2:** *Quanto a natureza:*

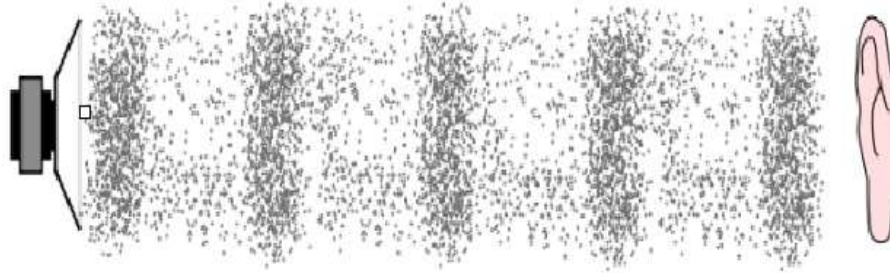
Onda mecânica: assim como descrito por Resnick e Halliday (1984), elas se originam no deslocamento de uma parte de um meio elástico em relação a sua posição normal, ocasionando a oscilação dela em torno de uma posição de equilíbrio. É o tipo de onda que se propaga somente em meios de materiais (não se propaga no vácuo) e necessita para sua propagação que os pontos do meio vibrem também, como exemplo temos a onda gerada em uma corda, figura 4, o som se propagando, figura 5, ou a onda produzida em uma lamina d'água, figura 6. Podemos realizar uma observação com relação do som, que é uma onda longitudinal e mecânica (pelo fato de ser uma onda mecânica e não se propagar no vácuo).

**Figura 4:** Onda mecânica em uma corda.

**Fonte:** Adaptada do site Sistema Energético de Regate.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://boltz.ccne.ufsm.br/st12/?q=node/70>>. Acesso em 20 jan. 2019.

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://www.geocities.ws/luzdoser/ser/frequencia/frequencia.html>>. Acesso em 20 jan. 2019.

**Figura 5:** Onda mecânica sonora.

**Fonte:** Adaptada do site resumo das aulas.<sup>7</sup>

**Figura 6:** Onda mecânica em uma lâmina d'água.

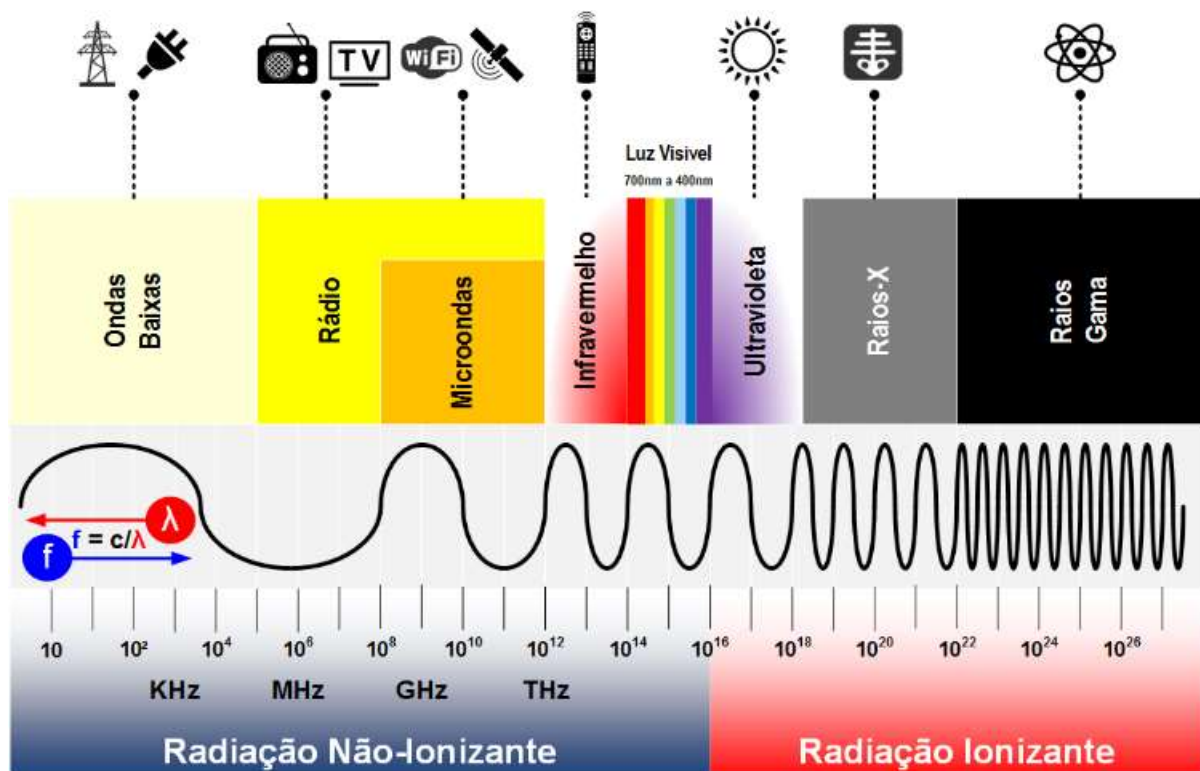
**Fonte:** Site Aulas de Física e Química.<sup>8</sup>

Onda eletromagnética: é o tipo de onda que se propaga em alguns meios materiais (transparentes) e também no vácuo. Lembrando que esta onda quando se propaga por um meio material ela não vibra os pontos do meio, como exemplo podemos citar: as ondas de rádio, de TV, a própria luz, entre outros. Observando que a luz é tanto uma onda eletromagnética assim como uma onda transversal, que pode se propagar no vácuo assim como em meios materiais transparente ou parcialmente transparente. Para a representação do tamanho destas ondas temos o que chamamos de espectro eletromagnético. Assim como Moraes (2002) explica, a energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda, sendo denominada de espectro eletromagnético, figura 7, que vai desde ondas de rádio, *Ondas Baixas*, até as ondas geradas atômicamente, *Ondas Gama*.

<sup>7</sup> Disponível em: <<http://professorbiriba.com.br/boilerplate/html/colégio/terceiroano/aula15-terceiroano.html>>. Acesso em 20 jan. 2019.

<sup>8</sup> Disponível em: <[http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_04.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_04.html)>. Acesso em 20 jan. 2019.

Figura 7: Espectro eletromagnético.



Fonte: Página Blog LabCisco.<sup>9</sup>

### ITEM 3: Quanto a direção de propagação

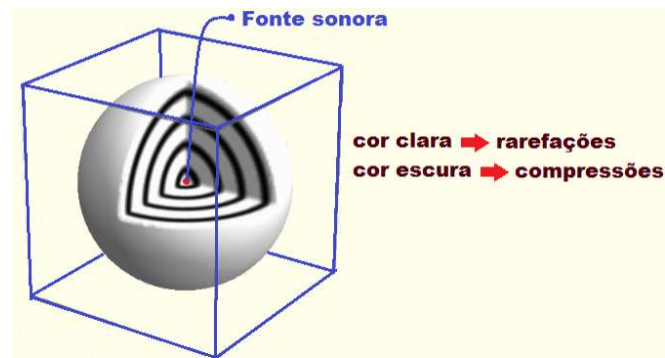
**Unidimensional:** é a onda que se propaga somente em uma única direção, são as ondas produzida em uma corda, ou as ondas produzidas nas cordas de um violão, podemos observar um exemplo na figura 4.

**Bidimensional:** é a onda formada sobre a superfície de uma lâmina d'água, são ondas em geral superficiais, podemos ver um exemplo desta onda na figura 6.

**Tridimensional:** é a onda formada que se propaga em todas as direções, ou seja, que se propaga no espaço, é o caso das ondas sonoras, assim como vemos na figura 8.

<sup>9</sup> Disponível em < <http://labcisco.blogspot.com/2013/03/o-espectro-eletromagnetico-na-natureza.html> >. Acesso em 20 jan. 2019.

**Figura 8:** Propagação de uma onda tridimensional.



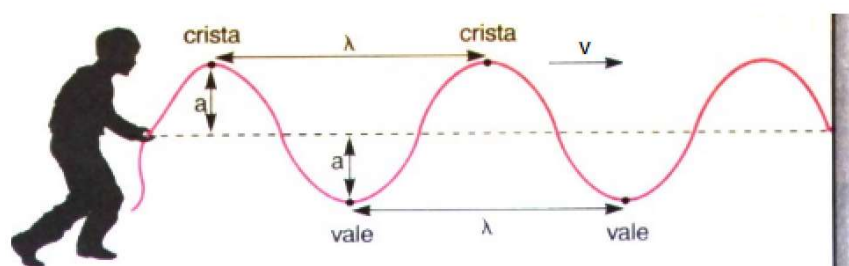
Fonte: Site Física e Vestibular.<sup>10</sup>

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009) uma onda pode ser descrita pela função (1), onde  $y(x, t)$ , representa o Deslocamento desta onda,  $Y$  a amplitude,  $(kx - \omega t)$  a fase desta onda,  $\sin(kx - \omega t)$  o fator oscilatório.  $k$  representa o número de onda,  $x$  a sua posição,  $\omega$  a frequência angular e  $t$  o tempo.

$$y(x, t) = Y\sin(kx - \omega t) \quad (1)$$

É comum ouvirmos que sua definição é: Onda é transporte de energia sem que haja transporte de massa, logo se considerarmos uma onda que se propaga em uma corda, que obedeça essas definições, encontraremos os elementos demonstrados na figura 9.

**Figura 9:** Movimento vertical de sobe-e-desce na extremidade livre da corda.



Fonte: Adaptada da página encontrado no Google imagens.<sup>11</sup>

Temos que:

<sup>10</sup> Disponível: <<http://fisicaevestibular.com.br/novo/ondulotoria/ondas/ondas-conceitos-e-definicoes/>>. Acesso em 21 jan. 2019.

<sup>11</sup> Disponível em: <<http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulotoria/index.htm>>. Acesso em 15 dez. 2018.

- $a$  é a amplitude da onda;
- $\lambda$  é o comprimento da onda;
- $v$  é a velocidade de propagação da onda.

A velocidade de propagação da onda não tem relação com a vibração dos pontos do meio. São elementos da onda:

Amplitude ( $a$ ): é a medida do máximo de afastamento dos pontos do meio, tanto para cima quanto para baixo, em relação à linha central da onda.

Crista: é o máximo de afastamento dos pontos da onda para cima da linha central (amplitude máxima).

Vale: é o máximo de afastamento dos pontos da onda para baixo da linha central (amplitude máxima).

Comprimento da onda ( $\lambda$ ): é a distância entre duas ondas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos.

Outros dois elementos muito importantes em uma onda são:

Período ( $T$ ): é o intervalo de tempo necessário para que um comprimento de onda ( $\lambda$ ), ou uma onda completa, passe por um determinado ponto do meio.

Frequência ( $f$ ): corresponde ao número de ondas ( $\lambda$ ) que passam por um ponto do meio, na unidade de tempo. Sua unidade de acordo com o sistema internacional de unidades de medidas (SI) é o Hertz (Hz).

Assim como descrito por Keller, Grettys e Skove (1999), em seu livro e conforme a figura 10, podemos dizer que, durante um período de tempo  $T$ , para um ciclo completo, a fase  $(\omega t + \phi)$  aumenta de  $2\pi$  rad enquanto o tempo aumenta em  $T$ , ou:

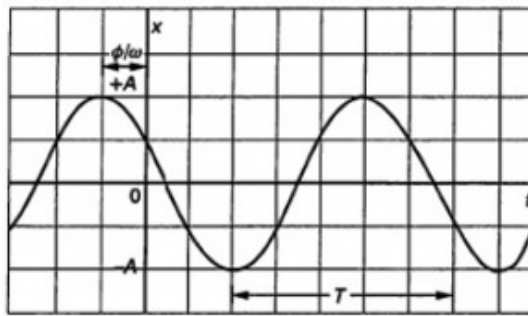
$$(\omega t + T) + \phi = (\omega t + \phi) + 2\pi + \dots \quad (2)$$

Logo o período ( $T$ ) é inversamente proporcional a velocidade angular ( $\omega$ ); quanto maior a frequência angular, menor o período e mais rapidamente o objeto se completa o ciclo.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (3)$$



**Figura 10:** Coordenada  $x$  versus tempo  $t$  para um objeto em movimento oscilatório.



Fonte: Keller e Grettys (1999)

Além de  $T$  e  $\omega$ , há uma terceira grandeza usada para especificar a taxa das oscilações a frequência ( $f$ ).

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

Como  $T$  é o tempo por ciclo,  $f$  é o número de ciclos por unidade de tempo. Substituindo  $T = 2\pi / \omega$  na equação (4), obtemos:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad (5)$$

Logo podemos dizer que a frequência ( $f$ ) é o inverso do Período ( $T$ ).

### 2.1.2 Equação fundamental da onda

Se considerarmos uma onda com velocidade constante, que se propaga em um determinado meio, para que ela percorra um deslocamento escalar igual a um comprimento de onda, o intervalo de tempo é igual a um período.

Logo temos:

$$\Delta s = \lambda \text{ e } \Delta t = T = \frac{1}{f} \quad (6)$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \lambda f \quad (7)$$

Assim obtemos a equação fundamental da onda (7), na qual a velocidade depende do comprimento da onda  $\lambda$  e da frequência  $f$ , com que a onda é gerada, diz Toneguzzo e Coelho (1990).

A velocidade obtida nessa relação é a de propagação da onda, e não a de vibração dos pontos do meio. Essa velocidade depende do meio no qual a onda se propaga, ou seja, para diferentes meios, temos diferentes velocidades.

## 2.2 Movimento Harmônico Simples (M.H.S.)

Este movimento é considerado por muitos assim como para Alonso e Finn (1972), o mais importante movimento dentre os oscilatórios, devido sua simplicidade matemática e por descrever de forma bastante precisa muitas oscilações encontradas na natureza. Para descrevê-lo podemos citar o exemplo clássico: quando uma partícula realiza um movimento de vaivém sobre um segmento de reta, e esse movimento se dá em intervalos de tempo iguais, dizemos que esta partícula está realizando um movimento harmônico simples ou MHS.

Dando um exemplo real deste fenômeno, podemos citar um salto de *Bungee Jump* (Prática esportiva de salto), em que uma pessoa amarrada geralmente pelos pés por um elástico, pula de uma grande altura fazendo com que o elástico estique e comprima repetidas vezes até ocorrer o equilíbrio do movimento, devido à resistência do ar e a não idealidade do elástico. A pessoa amarrada ao elástico irá subir e descer, ou seja, irá mudar sua posição no decorrer do movimento para uma posição de maior valor e em seguida para uma de menor. Se fosse desconsiderada a resistência do ar, e considerando o elástico utilizado como ideal, esse movimento iria se repetir infinitas vezes, sem diminuição da amplitude da oscilação.

Podemos ter este mesmo movimento também na horizontal, onde podemos utilizar para demonstrarmos o movimento uma mola apoiada numa superfície plana e horizontal, mantendo uma das extremidades fixa num suporte rígido e a outra presa num corpo de massa  $m$ . Em um dado instante um operador comprime a massa  $m$  contra a mola e, em seguida abandona-a. Logo desprezando-se as forças dissipativas, esse corpo irá realizar um MHS, ou seja, um movimento na horizontal sobre um segmento de reta com intervalos de tempos iguais.

Nesse movimento o corpo muda de posição e a velocidade varia com a posição do corpo devido à força elástica, que atua na horizontal e varia com a deformação da mola, portanto, a aceleração também varia com a posição do corpo. Podemos dizer que neste movimento, variam a posição, a velocidade e a aceleração do corpo.

### 2.2.1 Movimentos periódicos e periódicos amortecidos.

Com o avanço da tecnologia, nossos equipamentos de modo geral são modernizados, ao passar dos anos um desses equipamentos sofreu uma grande mudança em sua construção, este é o relógio, que antigamente eram grandes e pesados, funcionavam com um pêndulo em seu interior que realizava um movimento que chamamos de periódico, ou seja, em

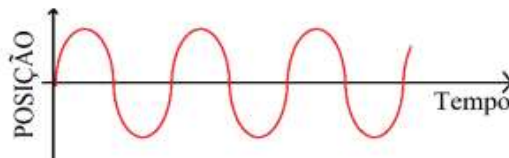
intervalos iguais de tempo, o pêndulo faz um movimento de ida e volta, que tende a se repetir. É a partir deste exemplo que iremos construir nossa linha de raciocínio.

Matematicamente podemos descrever o movimento periódico por uma trajetória que é descrita por uma função  $f(t)$ , que se caracteriza por:

$$f(t) = f(t + T) \quad (8)$$

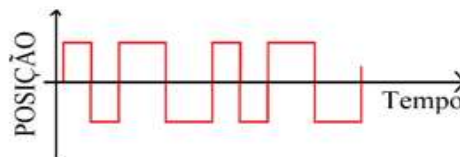
Em que  $T$  é o período de tempo do movimento, isto é, a função se repete após decorrido um tempo  $T$ . Assim como podemos ver nas figuras 11 e 12, abaixo.

**Figura 11:** Representação do movimento de um corpo (posição) em função do tempo.



**Fonte:** Feito pelo autor.

**Figura 12:** Representação da posição em função do tempo.



**Fonte:** Feito pelo autor.

O movimento periódico é dito movimento periódico amortecido quando sua amplitude é função do tempo  $A(t)$  e tende assintoticamente a zero. Se a trajetória é descrita por uma função  $f(t) = A(t)g(t)$ , então:

$$|A(t + T)g(t + T)| < |A(t)g(t)|$$

pois,

$$|A(t + T)| < |A(t)|$$

e,

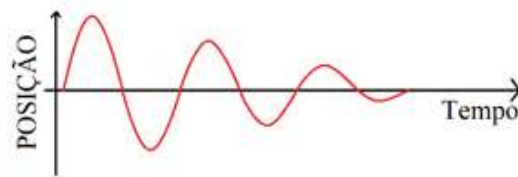
$$\lim_{t \rightarrow \infty} A(t) = 0$$

mas,

$$g(t + T) = g(t) \quad \text{é periódico.}$$

Isto é, o movimento continua sendo periódico, mas a amplitude  $A(t)$  diminui, como demonstrado na figura 13.

**Figura 13:** Gráfico posição em função do tempo 3.



**Fonte:** Feito pelo autor.

Em geral, os movimentos oscilatórios do nosso cotidiano são amortecidos, o que dificulta a observação de periodicidade.

### 2.2.2 Movimento Circular Uniforme (MCU)

Para podermos compreender bem as equações do MHS, devemos iniciar nossos estudos recordando as equações do Movimento Circular Uniforme (MCU), pois podemos comparar suas equações com as do MHS, podendo assim encontrar a posição, a velocidade e a aceleração.

Quando considerando uma partícula em MCU, estamos considerando que ela possua:

- a trajetória circular;
- o módulo do vetor velocidade constante;
- o módulo do vetor aceleração constante;
- a aceleração vetorial coincide com a aceleração centrípeta;
- e a aceleração tangencial é nula.

Logo se considerarmos a trajetória da partícula uma circunferência de raio  $R$ , em que a partícula realiza um MCU, observando o movimento da partícula paralelamente ao plano do movimento, temos um movimento oscilante, com período bem definido, em torno de um ponto de um ponto central. Este movimento é característico de um MHS.

No MCU temos que:

- $T$  é o período, ou seja, o intervalo de tempo gasto para realizar uma volta;
- $f$  é a frequência, ou seja, o número de voltas dadas na unidade de tempo;
- $v$  é a velocidade escalar do movimento, ou seja, o deslocamento escalar realizado na unidade de tempo;
- $\omega$  é a velocidade angular, ou seja, o ângulo descrito na medida de tempo;

- $R$  é o raio da trajetória circular descrita pela partícula.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = 2\pi f \quad (9)$$

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta - \theta_i}{t - t_i} \quad (10)$$

$$\text{Para } t_i = 0: \quad \theta = \theta_i + \omega t = \omega t + \phi \quad (11)$$

O vetor posição da partícula, em coordenadas cartesianas em função do ângulo  $\theta(t)$ , é:  $\vec{r} = R \cos \theta(t)\hat{x} + R \sin \theta(t)\hat{y}$

$$\vec{r} = R[\cos(\omega t + \phi)\hat{x} + \sin(\omega t + \phi)\hat{y}]$$

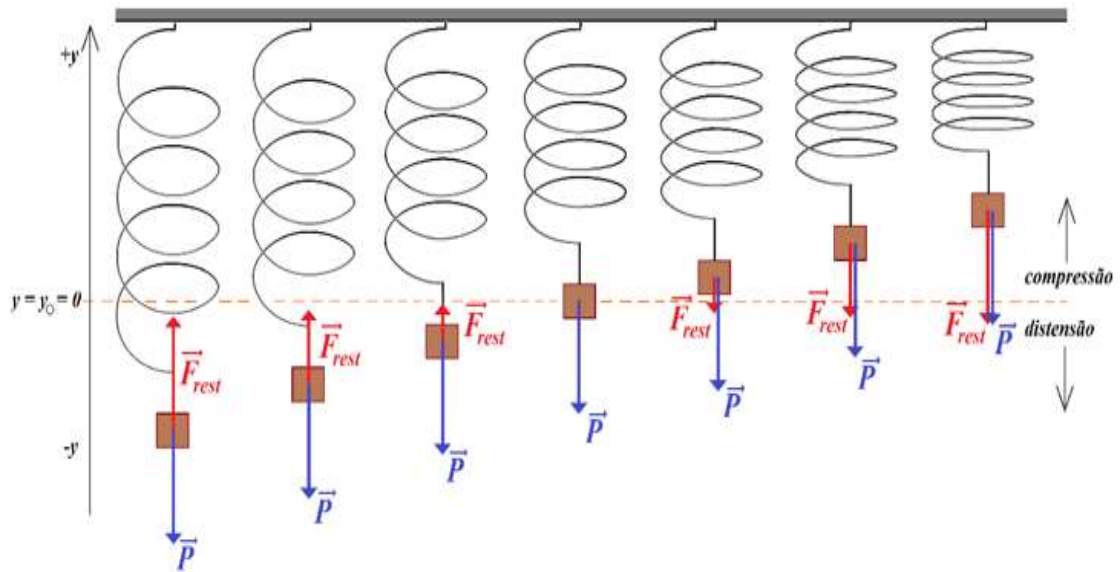
Isto é, a equação do vetor posição é uma função periódica ou um MHS. O vetor aceleração pode ser obtido pela derivada de segunda ordem, isto é:

$$\begin{aligned} \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \vec{a} &= \omega^2 R[\cos(\omega t + \phi)\hat{x} - \sin(\omega t + \phi)\hat{y}] \\ |\vec{a}| = a_{centripeta} &= \omega^2 R = \frac{v^2}{R} \end{aligned} \quad (12)$$

### 2.2.3 Sistema Massa- Mola em um campo gravitacional.

Na figura 14, é mostrado uma representação de um sistema massa-mola em um campo gravitacional.

**Figura 14:** Gráfico posição em função do tempo para um sistema massa-mola.  $P = mg$  é a força gravitacional sobre o bloco de massa  $m$ .



Fonte: Feito pelo autor.

A equação diferencial que descreve o movimento, desprezando a ação de forças dissipativas, da massa  $M$  é:

$$\frac{d^2}{dt^2}y(t) + \frac{k}{M}y(t) - g = 0$$

$$y(t) = A\cos(\omega t + \phi) + \frac{M}{k}g$$

em que:

$$\omega^2 = \frac{k}{M}$$

Portanto:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$$

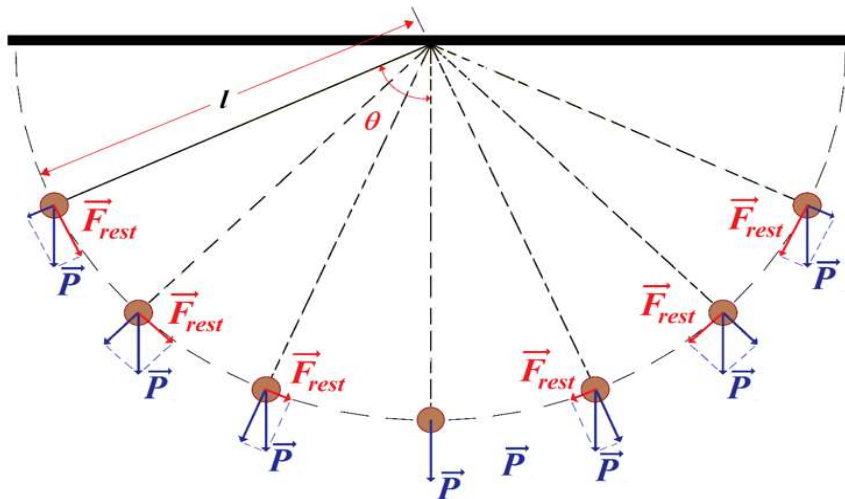
Se observarmos essa relação do período, concluiremos que ela é válida para qualquer que seja a inclinação de oscilação do corpo. O movimento é periódico pois a função se repete para  $t' = t + T$ .

Podemos dizer que em um experimento prático, teremos um movimento periódico amortecido, mas para poucos períodos de tempo a diminuição da amplitude é pequena, porém perceptível. Devemos ressaltar, que em uma situação real, não devemos *esticar* muito a mola, devido ao fato que isso ocasionará em sua deformação. Enfim, o período depende da massa do corpo e da constante elástica da mola, assim como o período não depende da amplitude do movimento e do plano de oscilação. Uma vez que temos os valores de todos os dados da equação menos o da constante elástica da mola, isso nos possibilitaria de encontrarmos através de simples cálculos o seu valor.

#### 2.2.4 Pêndulo simples em um campo gravitacional.

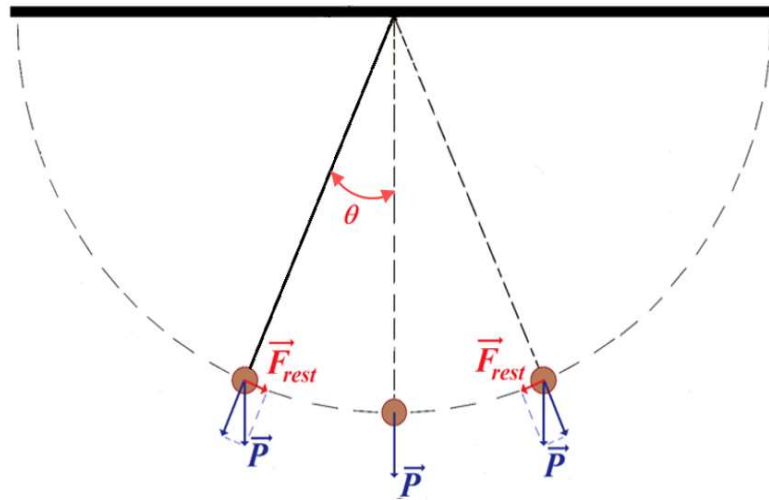
Como podemos observar na figura 15, é mostrado uma representação de um pêndulo em um campo gravitacional. Devemos ressaltar que a figura 15 foi exagerada, para simples demonstração das forças peso e restauradora, pois em relação a uma situação física válida, consideraremos um ângulo  $\theta$ , de no máximo  $30^\circ$ , para que a diferença do período não seja significativa, quanto aos cálculos que podemos realizar a respeito do pêndulo simples. Demonstrado na figura 16. Isso acontece devido ao fato que em situações reais teremos que lidar com um sistema amortecido pelas situações reais como a resistência do ar, por atrito, etc.

**Figura 15:** Representação de um pêndulo.  $P = mg$  é a força gravitacional sobre a massa  $m$ .



Fonte: Feito pelo autor.

**Figura 16:** Representação de um pêndulo. Para que a diferença do período não seja significativa.



**Fonte:** Feito pelo autor.

Neste caso a força restauradora é devido à componente da força gravitacional que atua sobre a massa  $M$ . A equação diferencial que descreve o movimento pode ser obtida a partir do torque da atuação da força gravitacional sobre a massa  $M$ , presa na extremidade de um fio de comprimento ( $L$ ), desprezando-se as forças dissipativas.

Logo temos: 
$$I \frac{d^2}{dt^2} \theta(t) + Mgl \operatorname{sen} \theta(t) = 0$$

$$\frac{d^2}{dt^2} \theta(t) + \frac{g}{l} \operatorname{sen} \theta(t) = 0$$

Para pequenos ângulos: 
$$\operatorname{sen} \theta(t) = \theta(t)$$

$$\frac{d^2}{dt^2} \theta(t) + \frac{g}{l} \theta(t) = 0$$

$$\theta(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$\omega^2 = \frac{g}{l}$$

Portanto: 
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$



Se observarmos essa relação do período, concluiremos que ela é válida apenas para pequenos ângulos de oscilações. O movimento é periódico pois a função se repete para  $t' = t + T$ .

Devemos ressaltar que, em um experimento prático, teremos um movimento periódico amortecido, devido as resistências naturais que temos, como o ar, atrito, etc. Enfim, o período de um pêndulo simples não depende da massa do corpo, porém o período depende do comprimento do fio e da aceleração da gravitacional ( $g$ ). Uma vez em que temos todos os dados menos o da gravidade, este experimento nos possibilita a determinação dessa grandeza com boa precisão.

### 3 REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo serão apresentados os Três Momentos Pedagógicos que inspiram toda a construção da sequência didática, será apresentado também os resultados dos estudos e pesquisas realizados sobre a *Placa Arduino*, e o Ensino de Física, que contribuíram para a elaboração e aplicação da sequência de aulas e desta dissertação.

#### 3.1 Os Três Momentos Pedagógicos

Apesar de existirem outros referenciais teóricos na literatura, preferiu-se o uso dos Três Momentos Pedagógicos, pois este possibilita o acompanhamento progressivo do distanciamento crítico dos alunos em relação às concepções alternativas, ou conceitos intuitivos, para a assimilação correta desses conhecimentos. Este referencial torna possível a problematização dos conhecimentos que são abordados nas aulas, a organização dos mesmos e por último os aplicam através de atividades que os próprios alunos poderão realizar.

Desenvolvido para ser utilizado em salas de aulas, na Guiné-Bissau, no Rio grande do Norte e no município de São Paulo, o projeto de ensino de ciências, desenvolvido por Paulo Freire, foi a principal inspiração para Demétrio Delizoicov e José André Peres Angotti, para que eles criassem o processo didático pedagógico, chamado comumente de *Três Momentos Pedagógicos*. Estes possuem um ou mais temas centrais pré-estipulados, que instigam a aprendizagem através de práticas educacionais.

Os Três Momentos Pedagógicos começaram a ser mais difundidos com a publicação dos livros *Física*, Delizoicov e Angotti (1992) e *Metodologia do Ensino de Ciências*, Delizoicov e Angotti (1994), assim como pela sua abordagem temática, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Porém esses estudos não são recentes, pois Delizoicov (1982) já utilizava essa abordagem em que a dinâmica didático-pedagógica permite que ocorra transposição da concepção de educação para os espaços formais de educação, assim como chamado por Paulo Freire.

Paulo Freire é um pensador comprometido com a vida: não pensa em ideias, pensa a existência, assim como dito no livro de Freire (1987), nesse foi relatado também sua proposta, que implica que somente um diálogo, que um pensar crítico, é capaz também de gerar o conteúdo programático. Logo, no momento de planejar uma aula, o professor deve criar uma articulação dos conhecimentos através de temas centrais e, com o passar do tempo, esses foram

chamados de *temas geradores*. O professor deve também planejar sua aula com o intuito de trabalhar o conhecimento prévio dos alunos através do processo-problematização-descodificação, assim dito por Freire (1975). Nas próximas seções comentaremos de forma mais detalhada sobre a estruturação deste processo, que é realizado através da utilização dos *Três Momentos Pedagógicos*.

### 3.1.1 Problematização inicial

Dos Três momentos pedagógicos, este é o que deve ser implantado primeiro. Neste momento o professor deve instigar os alunos a se posicionarem perante a perguntas e ele deve também se atentar às dúvidas recorrentes, pois irá utilizá-las posteriormente em outros momentos. Ele deve fazer com que os alunos se tornem participativos na aula e, principalmente, fazer com que os alunos se sintam intrigados, em outras palavras, insatisfeitos com as respostas que obtiverem, que eles se sintam empolgados em tentar solucionar essa dúvida que lhes foi criada, assim como dito por Delizoicov e Angotti (1990a). Também se explicita quando são apresentadas questões e/ou situações para discussão com os alunos. Sua função, mais do que simples motivação para se introduzir um conteúdo específico, é fazer a ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, para as quais provavelmente eles não dispõem de conhecimentos científicos suficientes para interpretar total ou corretamente (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1994).

O professor pode desenvolver de diversas formas esse primeiro momento, porém as duas formas mais comuns são: forma 1- o professor divide a sala inicialmente em grupos *pequenos*, e posteriormente em um grupo *maior*, ou forma 2 - o professor realiza um diálogo com toda a sala ao mesmo tempo. Na forma 1, ele pode criar um *minidebate* em cada grupo *pequeno*, e posteriormente cada grupo fica responsável por comentar sobre o tema e ou pergunta, que lhe foi dado, no momento do debate entre grupos, no grupo *maior*. Na forma 2, o professor realiza perguntas para toda a sala, regendo-as de forma a instigar o debate. O professor deve adotar uma postura na qual predomine questionamento e minimize sua atuação no sentido de fornecer respostas e/ou dar explicações, assim como declarado por Delizoicov (1982).

Nas duas formas, esse momento trata-se de um momento problematizador em que existirá conflitos socioculturais, na perspectiva de desencadear um distanciamento que permita identificar as tensões entre conhecimentos, criando assim a necessidade de práticas, essas visaram o desvelamento e à superação de contradições sociais.

### 3.1.2 Organização do conhecimento

Este será o segundo momento pedagógico dos três momentos que será aplicado. Assim como citado no primeiro momento o professor deve se atentar as dúvidas recorrentes dos alunos, assim como aos conhecimentos que os alunos já possuem de forma normalmente incorreta com a realidade científica e os conhecimentos que corretos que possuem também, pois esses devem ser destacados neste momento. É aconselhado por Muenchen e Delizoicov (2014), a utilizar as mais diversas atividades, como: exposição, formulação de questões, texto para discussões, trabalhos extraclasse, revisão e destaque dos aspectos fundamentais e experiências.

Logo, neste momento deve se iniciar os estudos através de atividades com o objetivo de desenvolver os conhecimentos físicos para a compreensão das situações problematizadas, sendo necessário o estudo de diversos saberes científicos orientados pelo professor, deste modo:

A compreensão do tema e da problematização inicial será sistematicamente estudado sob orientação do professor. Serão desenvolvidos definições, conceitos e relações. O conteúdo programado é preparado em termos instrucionais para que o aluno o aprenda de forma a, de um lado perceber a existência de outras visões e explicações para as situações e fenômenos problematizados, e de outro, a comparar esse conhecimento com o seu, para usá-lo para melhor interpretar aqueles fenômenos e situações (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1994).

### 3.1.3 Aplicação do conhecimento

Na sequência será aplicado o último momento pedagógico, a *Aplicação do conhecimento*, onde será realizado atividades em que se busca a generalização dos conceitos físicos necessários para a compreensão do tema proposto, sendo necessário a abordagem do conhecimento que está sendo incorporado pelo aluno em relação à problematização inicial, assim como deve-se realizar uma interpretação e análise das situações iniciais que determinaram seus estudos quanto que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento, assim como citado por Muenchen, Delizoicov (2014). Em outras palavras:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1994).

Logo, esse processo de ensino e aprendizagem caracterizado pelos seus três momentos pedagógicos, são estruturados por *temas geradores* (Freire,1975), onde tem como objetivo a capacitação dos alunos, para o emprego dos conhecimentos adquiridos durante o processo de aprendizagem, em situações reais de suas vidas.

### **3.2 A Placa *Arduino* e o Ensino de Física**

Os alunos da rede de ensino de forma geral, têm grande dificuldade de assimilar os conceitos científicos, os cálculos matemáticos envolvidos às Oscilações, a algo prático a suas vidas. Eles têm a Física como uma disciplina *muito difícil*, diz Veit e Teodoro (2002). Por mais que o professor exemplifique com a utilização de ferramentas como livros didáticos, ou resolução de exercícios, eles não conseguem visualizar algo palpável em seu cotidiano, como foi exemplificado por Barreto e Xavier (2013) em seu livro didático, Alguns sistemas oscilantes possuem aplicações diretas em nosso dia a dia, desde o funcionamento de um relógio e a utilização de uma mola como amortecedor.

A experimentação tem um papel fundamental no ensino de ciências, pois necessita estabelecer elos entre as explicações teóricas a serem discutidas em sala de aula e as observações possibilitadas, assim diz Binsfeld e Auth (2011). Citado também por Dorneles (2010), em sua tese; as aulas experimentais têm o papel de despertar a curiosidade do aluno, levando ao interesse por determinado assunto.

Os recursos tecnológicos são os mais utilizados nos dias atuais. Esses estão sempre ligados à área de informática, a área de eletrônica, a simuladores, a experimentos reais e virtuais, pois esses possuem microprocessadores que realizam cálculos, armazenam informações, podem ser usados para aquisição de dados, controle de processos em tempo real ou enviar sinais a periféricos, de acordo com Fagundes et al. (1995). Além desses benefícios ainda temos o grande acesso que os alunos e os professores têm a essas áreas, assim como a sua fácil aplicação, como dito por Tavares (2008), as simulações computacionais possibilitam o entendimento de sistemas complexos para estudantes de idades, habilidades e níveis de aprendizagem variados. E reforçado por Medeiros e Medeiros (2002), em uma de suas conclusões; os defensores da informática no ensino da Física têm apontado o uso de animações por computadores como solução para tais problemas.

No cotidiano, a informática e a eletrônica ocupam um espaço importante na vida das pessoas seja no trabalho ou lazer, no campo ou nas cidades, se somarmos a isso o potencial que

o computador tem enquanto instrumento de modelagem, veremos um impacto positivo no ensino de Física, diz Aguiar e Laudares (2001). Nos últimos anos os dispositivos eletrônicos vêm tornando-se mais completos, assim como mais interativos e amigáveis ao usuário. Como exemplo temos os celulares, os *smartphones*, os *tabletes*, os dispositivos que atuam como interface para com o mundo moderno em que vivemos; estes estão cada vez mais acessíveis e de uso constante. Dentre estes destaca-se a *Placa Arduino*, que consiste em um dispositivo com diversas funcionalidades e atua como interface, quer seja na medição de sensores ou controle de outros dispositivos a ele conectados, ou ainda, com o usuário quando conectado a um microcomputador ou *smartphone*, assim como dito por McRoberts (2011), em sua descrição do equipamento.

Sabendo disto, podemos propiciar condições para que ocorra uma aprendizagem significativa, assim como na acepção de Ausubel, Moreira (1999). Para que o aluno possa internalizar seus conhecimentos de maneira produtiva. Assim como lembrado por Silva e Veit (2005), temos que ter em mente que um grande número dos nossos alunos não prosseguirá seus estudos, devendo a escola propiciar condições para que venham a ser cidadãos capazes de atuar de forma consciente na sociedade.

Logo o comprometimento do ensino de ciências naturais com ênfase nos conceitos se apoia no enfrentamento da tensão entre fragmentos e totalidades do conhecimento elaborado, construído e em construção, assim diz Angotti (1993), e reforçado por Chaves e Machado (2004).

Atualmente, devido as exigências da sociedade em que vivemos faz-se necessário uma educação que prepare os sujeitos para serem inseridos no seu cotidiano social de forma a dominarem certos conhecimentos, numa perspectiva de ficarem excluídos da sociedade caso isso não ocorra. Além disso, a educação escolar é responsável pela formação de sujeitos críticos, que dominem certas linguagens e que possam, portanto, estabelecer leituras de mundo. Esta possibilidade pode acontecer mediante a escolha de conteúdos/temas significativos aos alunos e recursos adequados que estimulem este tipo de aprendizado (CHAVES e MACHADO, 2004)

Cabe ao professor auxiliar os alunos a adquirirem o domínio da leitura e da escrita, a fim de que possam interpretar e compreender de forma crítica não somente os conceitos de física, mas também o seu cotidiano social, diz Leal e Alves (2011). Assim como as habilidades e competências que os alunos devem adquirir no decorrer das aulas, citado por Kawamura e

Hosoume (2003), em seu artigo; competências e habilidades somente podem ser desenvolvidas em torno a assuntos e problemas concretos, que se referem a conhecimentos e temas de estudo.

Na elaboração do produto educacional relatado nos capítulos posteriores, partiu-se do princípio de que, é um ponto positivo a utilização de atividades experimentais e a manipulação de objetos reais, para a compreensão da natureza e da prática científica, assim como relatado por Hodson (1994), Borges (2002).

No intuito de apoiar as pesquisas referentes ao ensino de Física em nossas escolas, a sequência didática, que será apresentada nesta dissertação, pode ser utilizada para investigação das concepções alternativas analisadas pelos principais autores da área. Ela permite o uso de recursos centrados nos experimentos relacionados aos Movimento Oscilatórios. Logo estas concepções poderão ser investigadas pelo próprio aluno e que este entenda que as simulações, exemplos e atividades propostas pelo professor, realmente demonstram que as explicações estão corretas para os fenômenos estudados.

## **4 OBJETIVO**

O objetivo desta dissertação é o desenvolvimento, a aplicação e a análise dos resultados obtidos com o produto educacional sequência didática para a introdução ao ensino de oscilações utilizando a placa Arduino como ferramenta tecnológica de ensino e aprendizagem.

### **4.1 Objetivos específicos**

São objetivos específicos deste trabalho:

Analisar o uso da Placa Arduino acoplada aos experimentos, no ensino de oscilações, tornando oportuno uma visão crítica do professor quanto à sua prática docente e permitindo a busca de novas alternativas para ensinar alunos que estão a cada dia mais conectados ao mundo da tecnologia.

Empregar os três momentos pedagógicos nas aulas que abordam os conceitos de oscilações, junto aos experimentos, o software, e a Placa Arduino; assim como avaliar a praticabilidade desta metodologia no ensino de oscilações.

Desenvolver uma metodologia de ensino de oscilações com a utilização da Placa Arduino como ferramenta de ensino, através da elaboração de aulas específicas para diversos conteúdos desta ciência.



## 5 MATERIAIS E METODOLOGIAS

Neste capítulo apresentaremos a metodologia empregada na aplicação, organização e análise das aulas que utilizam a sequência didática aqui descrita para o ensino de oscilações. Logo nas próximas seções serão demonstrados os recursos utilizados para a elaboração e aplicação da mesma, assim como os objetivos a serem alcançados tanto específicos como gerais, as aulas propostas e as etapas da sequência. Ao final será apresentado o questionário diagnóstico utilizado.

### 5.1 Conhecendo o software aplicado e os experimentos

#### Arduino

O Arduino Uno, figura 17, é uma placa microcontroladora baseada no dispositivo ATmega328P. Possui várias funcionalidades tais como entradas e saídas digitais (DIO), entradas e saídas analógicas (DAC), comunicação serial (incluindo USB), além de outros periféricos, funcionando sob o controle de um temporizador em frequência de 16 MHz.

**Figura 17:** Placa Arduino UNO



**Fonte:** Site oficial da *Placa Arduino*.<sup>12</sup>

Possui uma vasta fonte de programas e/ou bibliotecas de fácil obtenção e uso, e se popularizou devido principalmente ao seu custo acessível, da ordem de alguns dólares. Além

---

<sup>12</sup> Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>> . Acesso em 10 jan. 2019.

disso, possui vários sensores para variáveis físicas e químicas vendidos separadamente por diversas empresas.

## 5.2 Sensor ultrassônico

O sensor ultrassônico, no caso o modelo HC-SR04<sup>13</sup>, figura 18, responsável por localizar a posição do objeto em relação a um ponto, através de ondas ultrassônicas, capturando o movimento se este objeto se mover.

**Figura 18:** Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04.



Fonte: página encontrado no Google imagens.<sup>14</sup>

## 5.3 O Firmware e Software

O *firmware* ou o programa embarcado no Microprocessador (Anexo B), foi construído no ambiente Arduino IDE, versão 1.8.5, obtido no endereço do fabricante<sup>15</sup>. Basicamente, o programa faz a leitura do conversor analógico digital número zero (A0) do Arduino UNO, no qual está conectado o sensor de distância, converte o dado para unidade de comprimento e o transfere, assim como o registro do tempo decorrido, ao computador.

O *software* ou o programa de análise de dados (Anexo C) foi elaborado com o ambiente de programação *Visual Basic*, versão 6.0, da *Microsoft inc.* Embora já obsoleto, possuía alguns objetos de comunicação com o Arduino e o gráfico de apresentação dos dados prontos, o que

---

<sup>13</sup> O Sensor ultrassônico HC-SR04 é capaz de medir distâncias de 2cm a 4m com ótima precisão e baixo preço.

<sup>14</sup> Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>>. Acesso em 20 out. 2018.

<sup>15</sup> Disponível em: <[https://www.arduino.cc/download\\_handler.php?f=/arduino-1.8.5-windows.zip](https://www.arduino.cc/download_handler.php?f=/arduino-1.8.5-windows.zip)> Acesso em 10 mar. 2015.

facilitou a sua utilização, além de ser compatível com versões do *Microsoft Windows*, 32 bits, atuais. O programa de análise permite a inserção e manipulação dos dados do sensor ultrassônico no gráfico e a obtenção das variáveis físicas do movimento, como a amplitude de oscilação  $A$  e o período  $T$ , fundamentais para a compreensão do movimento MHS amortecido do sistema massa-mola e do pêndulo simples.

#### **5.4 Planejamento, seleção de conteúdos e elaboração das aulas**

Os experimentos descritos aqui nesta dissertação possibilitam a simulação de fenômenos físicos relacionados a oscilações, como o massa-mola e o pêndulo simples, que estão presentes em nosso cotidiano. Por este motivo, analisamos os principais conceitos de oscilações, com ênfase nos movimentos periódicos que devem ser ensinados no ensino médio. Esta análise foi baseada em estudos realizados em trabalhos na área de educação e no ensino de oscilações, como o trabalho: utilização de dispositivos experimentais para ensinar ondas de Errobidart (2010), onde o autor realiza uma metodologia de ensino baseada na utilização de experimentos levando em consideração as dificuldades encontradas para sua aplicação e aprendizagem dos alunos.

Para a seleção dos conceitos teóricos sobre oscilações que foram utilizados na sequência apresentada, foi realizado uma análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN + Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Brasil (2002) que dividem o ensino de Física em seis eixos temáticos, sendo que o terceiro eixo: Som, imagem e informação, é o ponto central desta dissertação. Este eixo assim como todos os outros, possui suas ramificações (sub eixos temáticos), uma delas é: Som - característica física e fontes; onde são estudados os conceitos fundamentais da criação e transmissão das ondas, foco principal deste trabalho. Esta sequência didática, também está alinhada de acordo com a Base Nacional Comum Curricular – BNCC, que nada mais é que um documento normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica (BRASIL, 2017). A BNCC, é uma evolução do PCN, tendo novas características bastante pronunciáveis, sua principal ideia é de que os estudos devem ser embasados em cima de competências e, essas quando conquistadas pelos alunos, iram fazer com que eles desenvolvam novas habilidades de conhecimento.

Logo após a leitura e análise crítica dos trabalhos citados acima de Errobidart, dos parâmetros Curriculares Nacionais – PCN + Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais e da Base Nacional Comum Curricular - BNCC, relacionando-os ao ensino de oscilações que geralmente é descrito em livros didáticos do ensino médio, como o de Yamamoto e Fuke (2017), foi organizado cinco temas, que são:

- Tema 1: As oscilações e a importância em nossas vidas;
- Tema 2: Conceitos introdutórios das oscilações;
- Tema 3: O movimento periódico;
- Tema 4: Sistema massa-mola;
- Tema 5: Pêndulo simples.

Os temas foram organizados e distribuídos em uma sequência de 9 aulas, em que cada uma possui cerca de 50 min de duração. Essas aulas foram ministradas seguindo o referencial teórico principal, os três momentos pedagógicos de Delizoicov, onde o primeiro tema foi dado em forma de discussão em sala, seguindo o primeiro momento pedagógico, problematização inicial.

Os temas 2 e 3, na forma de conteúdo teórico em lousa, para um melhor entendimento do conteúdo estudado, respeitando assim o requisitado no segundo momento pedagógico, organização do conhecimento. E por último, mas não menos importante, os temas 4 e 5, na forma de experimentação, teórica em lousa e análise de resultados obtidos, aplicando assim o terceiro momento pedagógico, a aplicação do conhecimento.

Além disso, foi elaborado um questionário diagnóstico para avaliarmos a aprendizagem e as principais dificuldades, dos alunos durante a aplicação da sequência didática, assim como se foi realmente possível adquirir novas competências e ou habilidades pelos alunos. Esse questionário foi aplicado ao final da primeira aula e da última, para comparação e análise de resultados.

É importante ressaltarmos que essa sequência didática foi aplicada em uma escola pública, com nível de ensino, médio regular e médio integrado ao ensino técnico, no estado de São Paulo, em que possui um plano de trabalho elaborado no início do ano pelo professor da disciplina, podendo ser alterado a qualquer momento, não possuindo apostilas que devem ser seguidas ou algo do tipo, a menos que o professor tenha estipulado isto no plano de trabalho.

Sabendo disto, e após a aplicação e análise da sequência didática, podemos dizer sem nenhum receio que esta sequência poderá ser, sim, aplicada em outras escolas ou instituições, de outros níveis, e inclusive em escolas particulares, normalmente; porém devemos entender que esta é apenas uma proposta de aplicação, que a elaboração dos temas, a sequência das aulas, a quantidade de aulas e a aplicação dos experimentos, podem e devem ser alterados de acordo com a realidade da escola, do grau de dificuldade do professor e dos alunos para com o tema.

Na tabela 1, apresentamos de forma esquemática a duração das aulas, a descrição das aulas temas, da implementação dos momentos pedagógicos em cada aula, assim como o momento de aplicação dos questionários diagnósticos.

**Tabela 1:** Cronograma da aplicação da sequência.

<b>ATIVIDADES SUGERIDAS</b>			
<b>AULA TEMA</b>	<b>DESCRIÇÃO DA AULA</b>	<b>MOMENTOS PEDAGÓGICOS (M.P.)</b>	<b>DURAÇÃO</b>
Aula tema 1	Inicia-se a aula com a aplicação do questionário diagnóstico, posteriormente partimos para a introdução do tema 1 (As oscilações e sua importância em nossas vidas) através de um debate e em sequência a organização do conhecimento através de aula teórica.	1º e 2º	1 aula
Aula tema 2	Inicia-se a aula com a questionários sobre o tema 2 (Conceitos introdutórios das oscilações) e posteriormente partimos para a organização do conhecimento através de aula teórica.	1º e 2º	2 aulas
Aula tema 3	Inicia-se a aula com a questionários sobre o tema 3 (O movimento periódico) e posteriormente partimos para a organização do conhecimento através de aula teórica.	1º e 2º	2 aulas
Aula tema 4	Inicia-se a aula com a questionários sobre o tema 4 (Sistema massa-mola) e posteriormente partimos para a organização do conhecimento através de aula teórica, ao final aplicamos o experimento.	1º, 2º e 3º	2 aulas
Aula tema 5	Inicia-se a aula com a questionários sobre o tema 5 (Pêndulo simples) e posteriormente partimos para a organização do conhecimento através de aula teórica, ao final aplicamos o experimento.	1º, 2º e 3º	2 aulas

**Fonte:** Feito pelo autor.

Em sequência, será apresentado com mais detalhes, as atividades de aprendizagem, realizadas em sala, tanto teóricas como avaliativas e experimentais.

## 5.5 Os temas organizadores da sequência didática

Assim que iniciarmos a aplicação desta sequência didática será necessário que o aluno compreenda alguns conceitos básicos da disciplina de Física, que geralmente são estudados em anos anteriores. Se necessário para um bom entendimento do conteúdo da sequência, será preciso que o professor realize uma breve revisão sobre os temas sugeridos abaixo.

- Conceito fundamental de força;
- Decomposição de forças;
- Força gravitacional;
- Força Peso;
- Força elástica (Lei de Hooke);
- Energia Potencial, Cinética e Potencial Elástica.

Após este início, é importante que o aluno entenda os principais conceitos dos movimentos periódicos presentes no nosso cotidiano, como o nascer do Sol diariamente ou o movimento dos ponteiros de um relógio analógico, por exemplo. Assim como é importante que o aluno compreenda a real importância dos movimentos oscilatórios, através da história de seu descobrimento até os dias atuais, das contribuições desses movimentos para outras áreas do conhecimento e para o desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade.

Os demais conceitos sobre oscilações, assim como os conceitos descritos nos parágrafos anteriores, serão retratados nas próximas seções com mais detalhes. Essas foram organizadas em cinco temas, iniciados pelo primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, através de perguntas e diálogos realizados durante as aulas.

Na sequência, será utilizado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, com as aulas teóricas explicativas. Sendo encerrado pelas aulas experimentais que utilizam o software desenvolvido, os experimentos que serão descritos, a Placa Arduino como coletor de dados para serem analisados, realizando assim o último momento pedagógico, *a aplicação do conhecimento*.

Ao final de cada aplicação de cada tema, foi realizado uma avaliação, sendo na primeira aula e última aula, de forma manuscrita, e nas demais de forma de diálogo durante todos os momentos da aula.

Lembrando que esta organização dos três momentos pedagógicos é apenas uma proposta, que os professores, que aplicarem essa proposta poderão alterá-la de maneira que os seja conveniente. Na sequência, será apresentado as aulas temas, estas também estarão no Apêndice D deste trabalho, com todos os detalhes de sua aplicação.

### 5.5.1 Tema 1: As oscilações e sua importância em nossas vidas

**Objetivos:** Entender que as oscilações, é uma ciência que está em ininterrupto desenvolvimento, sendo melhorada com o passar dos anos por diversas pessoas, por todo o mundo. Compreender os conceitos relacionados a essa ciência e sua importância em nossas vidas. Refletir sobre lugares em que utilizamos essa ciência.

**Recursos Utilizados:** Explicações utilizando como recurso áudio visual imagens, vídeos e slides.

**Tempo estimado:** Uma aula de 50 min.

**Desenvolvimento:** Iniciamos a aula com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, utilizando como ferramenta áudio visuais imagens, vídeos e slides, através de questionamentos associados as oscilações assim como aos seus fenômenos relacionados. Durante a realização deste debate será coletado as respostas mais recorrentes às perguntas dadas, para uma posterior análise. Em sequência foi iniciado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, em que foi ressaltado a importância que as oscilações têm em nossas vidas e onde elas estão presentes, já entrando em um contexto histórico. Nessa abordagem histórica foi comentado sobre a determinação das horas através de um pêndulo, a confirmação do movimento de rotação do planeta Terra através do mesmo, sobre os carros antigos que não possuíam amortecedores, bem diferentes dos de dias atuais, e o exemplo de bicicletas se necessário, pois geralmente essas estão mais presentes em suas vidas.

Como curiosidade pode-se citar o acidente da engenharia civil muito famoso, ocorrido em Washington, Estados Unidos, pelo colapso da ponte Tacoma Narrows, em 1940, provocado por fortes rajadas de ventos, que provocaram Oscilações na sua estrutura, assim como citado por Freitas (2018). Ele também relata uma comparação com a ponte de Rio Niterói, localizada na cidade do Rio de Janeiro, Brasil; que quando criada foi engenhada pensando em possíveis oscilações em sua estrutura.

Ao final da aula ressaltou-se a importância do estudo desta ciência, para que se possa ter uma boa compreensão do funcionamento de vários objetos que nos rodeiam.

**Avaliação:** Avaliação diagnóstica sobre as visões alternativas dos alunos através das perguntas iniciais e dos diálogos no decorrer deste primeiro tema. Isto é necessário para que direcionar as próximas aulas.

### 5.5.2 Tema 2: Conceitos introdutórios das oscilações

**Objetivos:** Compreender os principais conceitos introdutórios para o aprendizado de Oscilações. Aprender o que é uma onda e suas classificações, elementos, e a equação fundamental. Perceber que estamos rodeados de ondas. Entender que utilizamos essas ondas em nossos equipamentos tecnológicos. Observar e Interpretar os movimentos repetitivos geralmente podem ser determinados por ondas.

**Recursos Utilizados:** Deve-se utilizar a lousa como recurso, para demonstração de conteúdo teórico, desenhos e gráficos; quando possível é aconselhado o uso de projetor, para demonstração.

**Tempo estimado:** Duas aulas de 50 min.

**Desenvolvimento:** Iniciou-se a aula com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos sobre o Sol e a Lua, como eles realizam movimentos em conjunto com nosso planeta Terra, como esses movimentos geram as marés cheias e baixas, o dia e a noite, e se esses movimentos são periódicos. Se sim, eles fazem parte do conteúdo de oscilações? Também foi perguntado sobre o som, se ele pode ser classificado como sendo uma onda, se sim, se essa onda causa de alguma forma uma interferência em nós ou no meio onde ela é gerada, se sim, poderíamos utilizar essa onda em nosso benefício, como? Como eu classifico algo como sendo uma onda ou não?

Depois do questionamento iniciamos o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, através de explicações sobre a correta definição do que podemos considerar como sendo uma onda, suas classificações, seus elementos e suas equações fundamentais. Esses conceitos são explicados de maneira teórica, com a utilização dos recursos assim como determinados acima.

**Avaliação:** Avaliação diagnóstica dos alunos em relação à participação nos debates apresentados e nos demais momentos das aulas deste segundo tema.



### 5.5.3 Tema 3: O movimento periódico

**Objetivos:** Compreender a definição do que é Movimento Harmônico Simples (MHS). Aprender que a projeção de um Movimento Circular Uniforme (MCU), realiza um MHS. Entender os conceitos envolvidos de energia potencial, cinética, e potencial elástica no MHS. Perceber em quais locais temos esses conceitos citados em nosso cotidiano. Estudar os movimentos periódicos.

**Recursos Utilizados:** Deve-se utilizar a lousa como recurso para a demonstração de conteúdo teórico, desenhos e gráficos; e quando possível é aconselhado o uso de projetor para demonstração dos mesmos.

**Tempo estimado:** Duas aulas de 50 min.

**Desenvolvimento:** Iniciou-se a aula com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos sobre; em um salto de *Bungee Jump*, qual o principal movimento físico envolvido? Sobre o conceito de energia envolvido no salto, qual ou quais são as energias envolvidas? Também foram questionados sobre uma roda de bicicleta girando, tomando como referência a válvula que utilizamos para encher o pneu. Neste movimento, a válvula realiza um movimento circular uniforme (MCU). Podemos comparar o salto de *Bungee Jump* com esse movimento da válvula? Existe alguma relação entre os dois?

Em sequência foi iniciado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, no qual foi explicado que em um salto de *Bungee Jump* temos o que chamamos de ponto de equilíbrio, no qual a pessoa que realiza o salto tende a ficar, mas devido à ação das energias potencial gravitacional e energia elástica, essa pessoa realiza um movimento de sobe e desce ou Movimento Harmônico Simples (MHS).

Logo após foi mostrado a representação gráfica do movimento da válvula de um pneu de uma bicicleta e eles logo perceberam que se trata de um Movimento Circular Uniforme (MCU), porém esse não é um MHS. Em seguida mostramos que a projeção horizontal do MCU, sim pode ser considerada como sendo um MHS, semelhante ao *Bungee Jump*. Lembrando que devemos a todo momento demonstrar os cálculos e equações dos movimentos e energias aqui citados, esses que serão utilizados posteriormente para análise dos resultados obtidos com a utilização dos experimentos.

Para finalizar voltou-se a perguntar se existe uma relação entre o salto e a válvula, e em seguida foi explicado que a relação é o MHS e que esses movimentos são classificados como

movimentos periódicos, quando eles são contínuos e realizam esse movimento de *vai e vem* (ou *sobe e desce*), sem parar.

**Avaliação:** Avaliação diagnóstica através da participação dos alunos nos diálogos durante as aulas deste terceiro tema.

#### 5.5.4 Tema 4: Sistema massa-mola

**Objetivos:** Entender como funciona um sistema massa-mola e que este é um movimento periódico. Aprender as equações e suas deduções, do sistema massa-mola. Compreender que o período depende da massa do corpo e da constante elástica da mola do sistema, porém não depende da amplitude do movimento e do plano de oscilação. Perceber lugares ou objetos que utilizam o sistema massa-mola. Compreender que possamos encontrar o valor da constante elástica da mola através do experimento aplicado.

**Recursos Utilizados:** Deve-se utilizar a lousa como recurso para demonstração de conteúdo teórico, desenhos e gráficos; quando possível é aconselhado o uso de projetor para demonstração dos mesmos. Deve-se utilizar o primeiro experimento do Kit educativo, em que se tem duas molas com constantes elásticas diferentes presas a uma massa ( $m$ ) conhecida.

**Tempo estimado:** Duas aulas de 50 min.

**Desenvolvimento:** A aula foi iniciada com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, questionando-se os alunos sobre em quais lugares se consegue enxergar um sistema massa-mola, ou em qual lugar que já ouviram falar que existe um sistema assim.

Após o debate foi iniciado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento* através de explicações em lousa de como podemos dizer que um sistema é um sistema massa-mola, quais são as equações matemáticas que o descreve. Foi apresentado figuras e imagens de lugares onde temos esse sistema, relatando que ele é um movimento periódico geralmente amortecido ou quando consideramos esse em uma situação ideal ele pode ser classificado como um movimento periódico por completo. Assim como esse movimento pode ser classificado como sendo um MHS.

Ao final o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, foi iniciado e o primeiro experimento do kit foi utilizado, onde foi demonstrado aos alunos que o experimento está acoplado a placa Arduino, através de sensores ultrassônicos, que são responsáveis pela

coleta dos dados e envio para a tela do computador. Realizado o experimento, os dados foram analisados em conjunto com os alunos e foi demonstrado em lousa como devemos utilizar as equações, chegando assim ao valor aproximado da constante elástica da mola.

Se o professor preferir, como o kit tem duas molas com constantes elásticas diferentes, ele pode determinar o valor da primeira constante elástica e deixar os alunos encontrarem o valor da segunda mola. Isso tornaria mais interessante o experimento, pois eles passariam a participar ativamente na aplicação do conhecimento, foco principal nesse momento pedagógico. Devemos ressaltar que, não devemos *esticar* muito a mola, pois isso ocasionará em sua deformação, impedindo de coletarmos medidas precisas para futuras análises.

**Avaliação:** Avaliação diagnóstica da participação dos alunos nas aulas, nos debates e nas simulações sobre os fenômenos apresentados neste quarto tema. O professor pode pedir, se necessário, um relatório individual sobre o experimento, onde o aluno irá encontrar problemas e levará à consolidação dos aprendizados de forma individualizada.

#### 5.5.5 Tema 5: Pêndulo simples

**Objetivos:** Aprender que podemos determinar as horas e o sentido de rotação do planeta Terra utilizando um pêndulo. Perceber que o pêndulo realiza um movimento periódico, logo podemos considerar seu movimento como sendo um MHS. Entender as equações matemáticas envolvidas no movimento de um pêndulo. Compreender qual a força que é a principal agente no movimento do pêndulo. Visualizar que conseguimos determinar o valor da gravidade através do experimento.

**Recursos Utilizados:** Deve-se utilizar a lousa como recurso para demonstração de conteúdo teórico, desenhos e gráficos; quando possível é aconselhado o uso de projetor para demonstração dos mesmos. Deve-se utilizar o segundo experimento do Kit educativo, os pêndulos com comprimentos de fios diferentes.

**Tempo estimado:** Duas aulas de 50 min.

**Desenvolvimento:** A aula é iniciada com a aplicação do primeiro momento pedagógico, *problematização inicial*, perguntando aos alunos o que eles compreendem como sendo um pêndulo, se podemos construí-lo e como ele contribui ou está presente em nossa vida.

Na sequência, foi iniciado o segundo momento pedagógico, *organização do conhecimento*, através de um diálogo e a utilização de vídeos que explica como conseguimos

determinar o sentido de rotação e as horas com um pêndulo. Através de explicações em lousa de como podemos construir um pêndulo e quais são as equações matemáticas que determinam esse movimento e ainda que o pêndulo realiza um movimento periódico, cujo período não depende de sua massa, mas depende do comprimento de sua haste e da aceleração gravitacional do local.

Ao final foi iniciado o terceiro momento pedagógico, *aplicação do conhecimento*, em que foi utilizado o segundo experimento do kit, onde demonstrou-se aos alunos que o experimento está acoplado a placa Arduino, através de sensores ultrassônicos assim como no experimento anterior, e que são responsáveis pela coleta dos dados e envio para mostrar na tela do computador. Logo realizado o experimento, analisou-se os dados com os alunos e foi demonstrado em lousa como devemos utilizar as equações, chegando assim ao valor aproximado gravidade terrestre local.

Se o professor preferir, como o kit tem dois pêndulos com comprimentos de hastes diferentes, pode determinar o valor da gravidade no primeiro, e deixar os alunos encontrarem o mesmo valor no segundo, isso tornaria mais interessante o experimento, pois eles passariam a participar ativamente na aplicação do conhecimento, foco principal nesse momento pedagógico. Devemos ressaltar que, não devemos *soltar* o pêndulo de uma *grande* altura, assim como foi comentado no capítulo 2.2.4, pois com isso obteremos falsos dados sobre o período, o máximo em que devemos inclinar o pêndulo é aproximadamente 30 graus em relação ao ponto de equilíbrio.

Ao final da aula deve-se ressaltar a importância do estudo desta ciência, para que possamos ter uma boa compreensão do funcionamento de vários objetos que nos rodeiam.

**Avaliação:** Avaliação diagnóstica da participação dos alunos nas aulas, nos debates e nas simulações sobre os fenômenos apresentados neste último tema. O professor pode pedir, se necessário, um relatório individual sobre o experimento, onde o aluno irá encontrar obstáculos e ocorrerá aprendizado de forma individualizada.

## **5.6 As atividades em sala de aula com a utilização dos experimentos: Avaliação da aprendizagem e coleta de dados**

Após a primeira e a última aula, foi aplicado o questionário diagnóstico disponível em Anexo A. Esse foi elaborado após a análise de conteúdos que são importantes e fazem parte da vida cotidiana dos alunos. O questionário aplicado foi o mesmo, para que possamos comparar

as respostas iniciais à sequência e as respostas pós aplicação, assim pretende-se verificar eficácia da sequência didática.

Lembrando que durante toda a aplicação da sequência didática foram aplicados questionários diagnósticos, na forma perguntas e respostas e anotadas pelo professor. Os questionários diagnósticos podem e devem ser modificados pelo professor interessado em aplicar esta sequência didática, devido à grande diversidade que temos das salas de aulas, dos alunos, das escolas, ou de simples costumes culturais regionais.

Todos os questionários, tanto os diagnósticos como os realizados pelo professor, foram analisados para identificarmos as concepções alternativas destes alunos desde possíveis falhas na sequência, dúvidas recorrentes dos alunos, observações sobre comentários realizados entre os alunos a respeito dos experimentos, da *Placa Arduino*, sobre as aulas e ou qualquer outra observação pertinente ao assunto envolvido.

## 6 RESULTADOS

Esta sequência foi aplicada nas aulas de Física de duas turmas do ensino médio e em outras duas aplicada parcialmente, pois os experimentos não foram utilizados e, sim somente aulas do método tradicional, onde o professor simplesmente é o detentor do conhecimento e os alunos são espectadores da aula. Essa abordagem foi realizada para que tenhamos uma comparação de resultados obtidos entre os métodos e principalmente as ferramentas adotadas, tendo em mente que as turmas são heterogêneas, mas similares entre si. Sendo entre essas quatro turmas, duas do 2º ano e outras duas do 3º ano do ensino médio da Escola Técnica Estadual (ETEC), da cidade de Ituverava-SP. Como esta escola é uma escola técnica, temos 2 salas com o ensino médio do tipo regular e duas salas do tipo integrado ao curso técnico a informática, no caso intercaladas entre si. Serão citadas, de agora em diante, como ensino EM (ensino médio regular) e ETIM (ensino para as salas integradas).

A análise das respostas dos alunos para as questões iniciais, os diálogos, as atividades em sala utilizando os experimentos e os questionários diagnósticos aplicados antes e após a aplicação da sequência didática aqui descrita, possibilitaram a avaliação da sequência proposta.

Nas próximas seções, analisamos com detalhes os diálogos apresentados durante a aplicação da sequência didática, as aulas de modo geral, assim como, algumas alternativas encontradas. Assim como a análise da aplicação do experimento, da utilização do *Software* e da utilização da placa *Arduino*, embasados nas respostas dos alunos a partir do questionário diagnóstico.

### 6.1 Análise da sequência didática e das alternativas encontradas

No decorrer da aplicação da sequência didática, foram analisadas as respostas dos questionários diagnósticos, anotado as perguntas mais recorrentes durante as aulas temas, assim como gravado os diálogos e analisados posteriormente, sempre sem qualquer identificação do aluno, para preservação do anonimato. Também foi observado as reações mais comuns dos alunos quando demonstrado os fenômenos de forma prática. Foram realizadas conversas extraclasse com os alunos, como forma de *feedback*, na tentativa de descobrir qual era suas opiniões sobre forma de abordagem da aula, quais eram suas sugestões, críticas e ideias para eventuais melhorias. Essa forma de abordagem foi analisada de acordo com as principais concepções epistemológicas do filósofo Gaston Bachelard (1884 – 1962), suas obras são citadas

por Lopes (1996) em seu artigo. Elas são ligadas a ruptura de obstáculos e a valorização do erro, chamado de *conhecimento vulgar*, e posteriormente após a maturação das ideias, vem a ser chamado de *conhecimento científico*.

Assim como foi analisada também de acordo com o *Design Thinking*, descrito por Merino (2014), em sua tese, onde fala que este tipo de *Design* não fica limitado a uma disciplina, uma forma de pensar ou objeto, e sim no desenvolver do ser humano. Uma observação que podemos realizar através das leituras da tese de Merino, é a de que, nos dias atuais, esta abordagem (*Design Thinking*) também é chamada de metodologia de ensino e é utilizada nas escolas, mas a alguns anos esse tipo de abordagem era somente utilizada em indústrias, como tentativa de melhorias de seus produtos e ou negócios.

### 6.1.1 Análise das aulas do tema 1

Problematização inicial: ao ser iniciada a aula, foi realizado uma série de perguntas sobre os conceitos de oscilações que seriam estudados durante a sequência didática. Para iniciarmos o debate com os alunos, foi perguntado:

Pergunta 1. *Existe uma forma de determinarmos as horas com precisão sem a utilização de relógios? Qual?*

Respostas mais frequentes:

Alunos: *Sim. Olhando o Sol.*

Professor: *Mas e se for a noite?*

Pergunta 2. *As horas são baseadas pela rotação do Planeta Terra? Eu consigo determinar essa rotação através de que instrumento?*

Respostas mais frequentes:

Alunos: *Não sei.* (Uma grande maioria dos alunos)

Professor: *Então como em algum dia, conseguiram demonstrar que a Terra realmente está rotacionando?*

Alunos: *Quando o homem saiu do planeta.*

Professor: *Então não temos como ter certeza que o planeta Terra está rotacionando, sem que saíssemos dele?*

Alunos: *Não.*

Pergunta 3. *Para que foram inventados os amortecedores dos carros, bicicletas, etc.?*

Respostas mais frequentes:

Alunos: *Para amortecer.*

Professor: *Amortecer? Não seria... para retirar as vibrações?*

Alunos: *Sim.*

Professor: *Qual o principal objeto usado para absorver essas vibrações?*

Alunos: *As molas.* (Inicialmente ficaram em dúvida)

Pergunta 4. *Onde mais utilizamos as molas?*

Respostas mais frequentes:

Alunos: *Na caneta, na cama, no carro, na bicicleta.* (Neste momento de maneira geral os alunos ficaram muito em dúvida de possíveis lugares, aparentemente nunca param para refletir sobre essa pergunta.)

Pergunta 5. *Existem alguma relação entre as molas e os pêndulos? Se existe qual é essa?*

Respostas mais frequentes:

Alunos: *Não existe, nada a ver, deve que sim, eu não sei.* (de modo geral as respostas foram todas negativas, com uma observação para um aluno que falou: *Um vibra e outro oscila.* O detalhe é que esse aluno, que estudo todo seu ensino fundamental em escolas particulares, diferente dos demais alunos da escola.)

Professor: *Eles oscilam?*

Alunos: *Sim. Então deve ter alguma relação.*

Pergunta 6. *As oscilações são importantes em nossas vidas? Onde temos em nosso dia a dia objetos, coisas e ou fenômenos que oscilam?*

Respostas mais frequentes:

Alunos: *Sim; deve ter uma importância; não, só atrapalham.*

*As molas dos carros, amortecedor das bicicletas.* (de modo geral eles não conseguiram citar mais lugares que oscilam, nem lembraram de nenhum fenômeno, com uma observação,



que em somente uma sala e somente um aluno comentou um fenômeno, a temperatura, citando que esta oscila, logo após na mesma sala, alguns alunos citaram as fases da lua, o dia e a noite, porém mesmo insistindo em perguntar qual a relação entre esses fenômenos, as molas e o pêndulo, eles não acham nenhuma relação.

A escola Prof. José Ignácio, é uma escola que possui vários recursos multimídias, ela possui 4 salas que têm projetores instalados fixos, mais 2 (dois) que ficam na sala dos professores, assim como duas televisões instaladas em duas salas de aula, podendo ser utilizados a qualquer momento, quando o professor achar necessário. Logo foi possível a aplicação desta aula em todas as turmas, com o projetor ligado demonstrando imagens que instigam os alunos a lembrar mentalmente e visualmente, dos objetos e ou fenômenos citados, durante a aula.

Após o debate próximo ao final da aula, foi passado um vídeo demonstrando um dos maiores acidentes da construção civil, a Ponte Tacoma Narrows em 1940<sup>16</sup>, citado por Freitas (2018), em seguida foi mostra a ponte Rio-Niterói e perguntado:

Professor: *Essa ponte também oscila igual a ponte Tacoma?*

Alunos: *Deve que sim; Sim.*

Professor: *Mas porque ela não quebra igual a ponte Tacoma?*

Alunos: *Fizeram ela mais resistente, com mais concreto, melhoraram ela, pois a outra ponte foi feita a muitos anos.* (entre outras respostas todas positivas.)

Na sequência foi aplicado a avaliação diagnóstica (anexo A). Os comentários sobre as respostas obtidas serão realizados após a análise de resultados da última aula tema, em que foi também aplicado o mesmo questionário para comparação dos resultados.

### 6.1.2 Análise das aulas do tema 2

Problematização inicial: Para iniciarmos os estudos sobre os principais conceitos de oscilações, presentes em nosso cotidiano, foram realizadas algumas perguntas como forma de *problematização inicial*, para ajudar aos alunos a refletirem principalmente sobre os locais onde temos as oscilações, e quando essas são relacionadas a objetos, até mesmo tecnológicos, qual foi a sua evolução durante o passar dos anos. Logo abaixo estão as perguntas realizadas:

---

<sup>16</sup> O vídeo utilizado pode ser encontrado acessando o link. < <https://www.youtube.com/watch?v=P7RQr72eigI> > acessado em 30 out 2018.

Pergunta 1. *O Sol e a Lua, eles realizam movimentos em conjunto com nosso planeta Terra, esses movimentos geram as marés cheias e baixas, o dia e a noite, esses movimentos são periódicos?*

Pergunta 2. *Se sim, eles fazem parte do conteúdo de oscilações?*

Pergunta 3. *O som, se ele pode ser classificado como sendo uma onda, se sim, essa onda causa de alguma forma uma interferência em nós ou no meio onde ele é gerado, se sim, poderíamos utilizar essa onda em nosso benefício, como?*

Pergunta 4. *Como eu classifico algo como sendo ou não uma onda?*

Todas perguntas foram escritas na lousa, e dialogadas no decorrer da aula.

Todas as perguntas foram criadas a partir dos objetivos a serem alcançados durante as aulas e das respostas mais recorrentes da aula tema 1. As perguntas foram anotadas inicialmente na lousa e após foi iniciado o diálogo em forma de debate.

Foi possível observar que em todas as salas que este momento foi aquele que os alunos começaram a observar melhor, que as oscilações estão presentes também em fenômenos naturais como o dia e a noite e principalmente o som. Sendo este último o mais comentado durante o debate, pois muitos alunos nas 4 (quatro) salas têm conhecimento de como tocar instrumentos que utilizam cordas para gerar o som, sendo esse um exemplo de vibração que foi esquecido durante a primeira aula tema 1. Como se trata de algo que está presente no seu cotidiano, esses alunos em especial comentaram mais durante os debates. Um exemplo em destaque foi o comentário realizado por um aluno, muito interessantes que foi:

*Aluno: As notas musicais que nós utilizamos para tocar os instrumentos hoje, são as mesmas que se utilizavam a muitos anos atrás, não mudou nada praticamente.*

Este aluno despertou na sala, um espanto inicialmente e até mesmo um *insight* em outros alunos, como:

*Aluno 2: Dependendo da música em que ouvimos, sentimos bem e conforme a música em que ouvimos, essa faz com que sentimos triste, já ouvi fala que é por causa das vibrações da música, isso é verdade professor?*

*Aluno 3: É verdade que no espaço não podemos escutar o som, igual no filme Star Wars, eles têm aquelas espadas de luz que fazem barulho, já ouvi fala que é mentira, é verdade?*

Neste momento, foi observado que as perguntas dos próprios alunos serviram como motivação, para a busca do conhecimento de alguns outros alunos. Os alunos ficaram ansiosos para ouvirem as respostas, logo o objetivo deste momento foi plenamente alcançado, nesta sala.

**Organização do Conhecimento:** Em sequência, foram apresentados, em lousa, os conteúdos teóricos científico e utilizado imagens e ou vídeos sobre o tema.

O conteúdo teórico foi organizado de acordo com o capítulo 2 desta dissertação, lembrando que o professor pode e deve organizar essa sequência cronológica de conteúdo, de acordo com a necessidade e ou a curiosidade dos alunos, fato que será observado durante a aplicação da aula tema 1.

Nesta aula tema 2, assim como a tabela 1 do capítulo 4 nos mostra que seus conteúdos teóricos foram distribuídos durante 2 aulas de 50min, para serem melhor entendidos pelos alunos. Não é aconselhado ao professor que vier a replicar essa sequência, a realização em uma quantidade menor aulas.

### 6.1.3 Análise das aulas do tema 3

**Problematização inicial:** Para iniciarmos a aula tema 3, sobre os movimentos periódicos, começamos com o primeiro momento pedagógico, a *problematização inicial*, através da realização de perguntas em que os alunos iram ter que refletir sobre o MHS, quais são suas definições, onde temos presentes esse tipo de movimento em nossas vidas, quais são as energias envolvidas nesse movimento, e o que são movimentos periódicos. Perguntas como:

Pergunta 1. *Em um salto de “Bungee Jump”, qual os movimentos físicos envolvidos?*

Pergunta 2. *Sobre os conceitos de energia envolvido no salto de Bungee Jump, qual ou quais são as energias envolvidas?*

Pergunta 3. *Em uma roda de bicicleta, temos a válvula que utilizamos para encher o pneu, essa quanto a roda está a girar realiza um movimento circular uniforme (MCU)? Podemos comparar o salto de Bungee Jump com esse movimento da válvula? Existe alguma relação entre os dois?*

Assim como nas aulas do tema 2, todas as perguntas foram criadas a partir dos objetivos a serem alcançados durante as aulas tema 3 e das respostas mais recorrentes da aula tema 1. As perguntas foram anotadas inicialmente na lousa e após foi iniciado o diálogo em forma de debate.

No momento em que os alunos foram questionados a respeito da questão 1, foi observado que o movimento mais comentado era o de queda livre, movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado, que são movimento estudados no 1º ano do ensino médio. Em nenhuma das quatro salas foi observado o MHS como resposta dos alunos.

No momento da questão 2, as energias citadas foram: energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica, porém foram poucos os alunos que arriscaram a falar um tipo de energia. A grande maioria, em todas as salas, não compreende os conceitos iniciais sobre energia e suas definições.

Foi em conversas posteriores realizadas extraclasse com os alunos que foi descoberto o porquê da grande dúvida, que seria devido ao calendário da escola e a grande quantidade de eventos realizados na mesma. O 1º ano de estudo do ensino médio foi concluído sem o término das explicações destes conceitos, segundo relato dos próprios alunos. Conversando com o professor responsável por esta turma no ano citado, ele confirmou a história relatada pelos alunos de que foi por falta de tempo e que não conseguiu concluir os conteúdos teóricos.

Na terceira questão, os alunos não souberam responder e eles citaram ter aprendido o MCU, porém não compreenderam perfeitamente seus conteúdos teóricos. Este relato foi comum nas quatro salas. Mesmo citando isso, tentaram argumentar sobre o tema. Poucos alunos citaram: *Os dois oscilam*. E mais uma vez foi observado que estes alunos, em que aparentemente tinham mais familiaridade com o conteúdo, eram ex-alunos de escolas particulares. Em conversas posteriores a aplicação da sequência, foi lhes perguntado se já haviam estudado sobre MHS no 9º ano e a respostas de todos foi a mesma: *Não estudamos não!*

Organização do Conhecimento: Em sequência, foi mostrado a representação gráfica do movimento da válvula de um pneu de uma bicicleta e eles rapidamente perceberam que se trata de um Movimento Circular Uniforme (MCU), porém esse não é um MHS. Em seguida foi apresentada a projeção horizontal do MCU, assim pode ser considerada como sendo um MHS.

Lembrando que devemos a todo momento demonstrar os cálculos e equações dos movimentos e energias aqui citados e estes serão utilizados posteriormente para análise dos resultados obtidos com a utilização dos experimentos. Para finalizar foi perguntado se existe uma relação entre o salto e a válvula, e em seguida apresentada a relação, que é o MHS e que esses movimentos são classificados como movimentos periódicos, quando eles são contínuos e realizam esse movimento de *vai e vem* (ou *sobe e desce*), sem parar.

Nesta aula tema 3, assim como citado acima nos resultados obtidos na aula tema 2 e na tabela 1 do capítulo 4, nos mostram que, seus conteúdos teóricos foram distribuídos durante 2 aulas de 50min para serem melhor entendidos pelos alunos. Não é aconselhado ao professor que vier a replicar essa sequência a realização em uma quantidade menor aulas.

#### 6.1.4 Análise das aulas do tema 4

Problematização inicial: Para iniciarmos a aula tema 4, sobre o sistema massa-mola, começou-se mais uma vez perguntando aos alunos:

Pergunta 1. *Quais lugares eu consigo enxergar um sistema massa-mola, ou em qual lugar que eu já ouvi falar que existe um sistema assim?*

Como na última aula falamos do *Bungee Jump*, o primeiro exemplo que os alunos citaram em todas salas foi esse. Posteriormente ficaram sem citar outros exemplos durante um pequeno período. Em seguida voltaram a exclamar alguns exemplos. Alguns tentaram falar *o ioiô! a mola de um carro em movimento, assim como o amortecedor de uma bicicleta*. Sendo esse último exemplo muito citado devido a alguns alunos a utilizarem como meio de transporte para ir à escola, pois moram perto da mesma ou por necessidade.

Devemos observar que neste momento, assim como nos outros debates demais aulas, que na tentativa de acerto das perguntas eles tentaram dar exemplos que fazem parte da vida cotidiana deles.

Organização do Conhecimento: Em sequência, foi mostrado aos alunos os conteúdos teóricos sobre o tema, suas representações gráficas, modelos, leis, equações matemáticas, quais são os valores que podem variar e quais são as constantes do movimento, em uma tentativa de que os alunos possam entender o funcionamento de um sistema massa-mola e possam perceber mais lugares em que temos esse tipo de sistema, mesmo que não pertença ao cotidiano.

No caso das representações gráficas, se o professor tiver qualquer impasse, para desenhá-las em lousa, ele pode utilizar de imagens e ou vídeos em forma de projeções através de recursos multimídias, porém é aconselhado que utilize deste recurso no terceiro momento pedagógico que será aplicado posteriormente nesta aula tema

Aplicação do Conhecimento: Em sequência, foi iniciado este terceiro momento pedagógico, lembrando que este foi aplicado somente em duas salas para comparação com as outras duas, no intuito de que possamos investigar se realmente foi eficaz a aplicação do produto

deste trabalho. Neste momento utilizamos do kit didático, que faz parte do produto da mesma, onde temos duas molas com constantes elásticas diferentes. Foi investigado se os alunos, somente utilizando equações matemáticas e o software *Sistema de Aquisição MHS*, conseguiram determinar o valor da constante elástica das molas.

Iniciamos explicando o experimento e quais são os objetivos a serem obtidos com a simulação, assim como quais são seus componentes. No caso temos:

- O Kit didático, construído com cano PVC e Madeira;
- A Placa Arduino e sua função no experimento;
- O sensor Ultrassônico: o que é, como funciona, e sua função no experimento;
- O software *Sistema de Aquisição MHS*, assim como sua função também.

Após explicar toda a montagem e o que são os equipamentos que foram utilizados para a aquisição de dados, conectado ao *notebook* ou *PC* e no projetor, foram realizadas algumas simulações de movimento, em que ficou demonstrado o MHS, a sua periodicidade, e a variação da amplitude do movimento. Por conseguinte, foi discutido o porquê dessa amplitude diminuir com o tempo, as energias envolvidas e todos os conteúdos teóricos e conceitos ali presentes.

Posteriormente, foi pedido aos alunos para que tentassem calcular o valor da constante elástica da mola  $k$ , através equação do sistema massa-mola para o período do movimento. Posteriormente a mola foi trocada por outra com constante elástica diferente e foi sugerido que os alunos fizessem os cálculos novamente e comparados ambos os resultados.

Nas duas salas em que foi aplicado esse terceiro momento pedagógico, podemos dizer que os alunos ficaram deslumbrados em poder visualizar o gráfico variando conforme a massa do sistema oscilava. Fizeram várias perguntas sobre a *Placa Arduino*, sobre o sensor utilizado, pediram para colocá-los com foco em uma distância maior, falaram em colocar uma massa maior e nas duas salas alguns alunos quiseram *colocar a mão na massa* e pediram para mexer no experimento. Logicamente que seus pedidos foram atendidos, pois é neste momento em que eles através da tentativa de acertos e erros, assim como diz o do filósofo Gaston Bachelard, em suas obras citadas por Lopes (1996); conseguem transformar suas ideias de abstratas em concretas.

Nesta aula tema 4, assim como citado acima nos resultados obtidos na aula tema 2 e 3 e na tabela 1 do capítulo 4, foi seguido o cronograma inicialmente planejado, onde foram demonstrados os conteúdos teóricos e o experimento, em 2 aulas de 50min. Logo para serem

melhor entendidos pelos alunos, não é aconselhado ao professor que vier a replicar essa sequência, a realização em uma quantidade menor de aulas. E neste caso em específico, se o professor tiver a possibilidade de mais uma aula para aplicação do experimento e a utilização do *software Sistema de Aquisição MHS*, foi observado que será melhor aplicada a sequência, pois se trata de um momento importante para a real aprendizagem dos alunos, logo eles poderão aproveitar melhor a utilização dos mesmos.

Se o professor achar necessário, existe a possibilidade de pedir aos alunos um relatório sobre a aula, onde os mesmos terão de cotar o que conseguiram entender sobre a mesma, sendo assim o professor ainda terá mais uma ferramenta de avaliação além da diagnóstica aplicada posteriormente na aula tema 5.

#### 6.1.5 Análise das aulas do tema 5

Problematização inicial: Para iniciarmos a aula tema 5, onde será falado sobre o pêndulo simples, começamos outra vez pela *problematização inicial*, perguntando aos alunos:

Pergunta 1. *O que o eles compreendem como sendo um pêndulo?*

Pergunta 2. *Podemos construí-lo?*

Pergunta 3. *Como ele contribui ou contribuiu para nossas vidas?*

Pergunta 4. *O que podemos conseguir determinar utilizando um pêndulo.*

Em resposta à pergunta 1, a grande maioria dos alunos citaram o tradicional relógio de pêndulo, porém a grande maioria nunca viu um fisicamente, só o viu em desenho animados, principalmente.

Em resposta à pergunta 2, os alunos de modo geral citaram que poderíamos construir um sim, amarrando algo em um fio ou barbante.

Em resposta à pergunta 3, a maior parte dos alunos citou que não sabe qual foi a sua contribuição para a humanidade, nem qual seria uma possível contribuição para nós nos dias atuais. Foi observado que, em uma das salas, dois alunos citaram que ele contribuiu para nossas vidas, sendo utilizado no relógio, antigamente, mais hoje como não utilizamos mais esse, ele não nos serviria para nada.

Em resposta à pergunta 4, alguns alunos citaram que poderíamos determinar um MHS. Conversando com os mesmos, foi observado que eles associaram o nome do Pêndulo *Simple*s ao movimento harmônico *simple*s e por isso deram essa resposta.

*Organização do Conhecimento:* assim como nas aulas sobre o tema 4, foi mostrado aos alunos os conteúdos teóricos sobre o tema, suas representações gráficas, modelos, leis, equações matemáticas, quais são os valores que podem variar e quais são as constantes do movimento.

Foi explicado ainda que o pêndulo, quando não é amortecido, realiza um movimento periódico e seu período não depende de sua massa, mas depende do comprimento de sua haste e da aceleração gravitacional. Sobre o contexto histórico do pêndulo, foi exposta sua importância para determinação de que nosso planeta está realmente rotacionando, suas curiosidades, qual a sua ligação com a aceleração gravitacional e por último neste segundo momento assistiram o vídeo do pêndulo de Foucault.<sup>17</sup>

Da mesma forma no caso das representações gráficas, se o professor tiver qualquer impasse, para desenhá-las em lousa, que não é o presente caso, ele pode utilizar de imagens e ou vídeos em forma de projeções através de recursos multimídias, porém, é aconselhado que utilize deste recurso no terceiro momento pedagógico que será aplicado posteriormente nesta aula tema.

*Aplicação do Conhecimento:* este tema assim como a aula tema 4, foi aplicado somente em duas salas e nas outras duas não, para que possamos comparar se realmente foi eficaz a aplicação do produto desta dissertação. Neste momento foi utilizado o kit didático, onde temos dois pêndulos com haste de comprimentos diferentes e que os alunos, somente utilizando equações matemáticas e o software *Sistema de Aquisição MHS*, conseguiram determinar o valor aproximado da aceleração gravitacional no local.

Nesta etapa foi explicado o experimento e quais são os objetivos a serem obtidos com a simulação e quais são seus componentes, no caso serão os mesmos da aula tema 4, porém com as partes relacionadas ao pêndulo, que são:

- O Kit didático, construído com cano PVC e Madeira;
- A Placa Arduino, e sua função no experimento;
- O sensor Ultrassônico, o que é, como funciona, e sua função no experimento;

---

<sup>17</sup> Como exemplo de vídeo podemos citar o vídeo encontrado acessando o link: <<https://www.youtube.com/watch?v=kn6H0rSNlho>> acessado em 15 jan. 2019.



- O *software Sistema de Aquisição MHS*, assim como sua função também.

A mesma forma da aula tema 4, após a explicação sobre toda a montagem e o que são os equipamentos que estavam utilizando para simular, um *notebook* ou *PC* foi conectado no projetor e algumas simulações de movimento foram realizadas, demonstrando o MHS, a sua periodicidade, a variação da amplitude do movimento, e sobre o porquê dessa amplitude diminuir conforme se passa o tempo, pode-se ainda comparar nesse momento a experiência do sistema massa-mola, pois se tem uma variação maior da amplitude, e ainda pode-se descrever quais são as energias envolvidas e todos os conteúdos teóricos ali presentes.

Posteriormente, aos alunos foram incentivados a tentar calcular o valor da aceleração gravitacional ( $g$ ), com a utilização das equações estudadas anteriormente do pêndulo. Posteriormente a haste foi trocada pela outra maior ou menor dependendo da primeira utilizada, e os alunos calcularam novamente o valor de ( $g$ ) e compararam os resultados obtidos.

Neste momento, podemos dizer que a sequência, foi fechada com *chave de ouro*, pois assim como os próprios alunos citaram, o valor da gravidade ( $g$ ), em que antes era muito utilizado pelos mesmos em cálculos e situações problemas reflexivos, foi por eles determinado novamente por cálculos e aplicação de conteúdos teóricos, tornando este algo *palpável* para suas vidas. A *grosso modo*, dizendo eles, conseguiram *visualizar* um lugar em que podem tomar como exemplo de sua utilização, antes citado pelos mesmos, não conseguiam entender *o porquê deste valor e de onde ele foi retirado*.

Ficaram muito interessados em todo o experimento, pediram também para *mexer*, interagir com experimento, e em conversas posteriores à aula, extraclasse, eles afirmaram que nunca pensaram ou leram sobre este experimento, principalmente qual foi sua contribuição para a humanidade.

Aplicação do Conhecimento: Para finalizarmos essa aula tema e essa sequência, foi aplicado o questionário diagnóstico para avaliação e comparação de resultados obtidos, da aplicação da sequência. Este será analisado separadamente nas próximas seções desta dissertação. Se o professor achar necessário ele pode pedir aos alunos que redijam um relatório sobre o que foi entendido nesta última aula, para avaliação de aprendizagem e possíveis dúvidas que ainda ficaram pendentes.

Da mesma forma das outras aulas tema, nesta última foi seguido o cronograma citado na tabela 1 do capítulo 4, porém foi observado que, se o professor tiver a disponibilidade de mais uma aula para aplicação deste tema 5, seria interessante a ele e principalmente aos alunos

essa aula extra, pois o interesse dos alunos foi grande pelo experimento, inclusive foi pedido nas duas salas para que o mesmo fosse levado em outra oportunidade em futuras aulas para que eles pudessem observá-lo melhor.

Ao final foi ressaltado a importância do estudo desta ciência, para que possamos ter uma boa compreensão do funcionamento de vários objetos que nos rodeiam.

## 6.2 Análise do questionário diagnóstico

O questionário diagnóstico está apensado no apêndice A, desta dissertação. É importante ressaltarmos que este encontrasse com as repostas (Gabarito), a serem obtidas durante a aplicação da sequência. Assim como este foi o mesmo aplicado na aula tema 1 e na aula tema 5, para que possamos observar quais foram os resultados alcançados, nas salas aplicadas os experimentos e quais os que foram alcançados nas salas que não foi aplicado os experimentos.

Pergunta 1. *Dos exemplos abaixo, quais você considera movimento periódico?*

- A. ( ) Movimento dos Ponteiros de um relógio;
- B. ( ) Movimento de uma criança em um gira-gira num parque de diversões;
- C. ( ) Uma bola quicando no chão;
- D. ( ) O menino correndo ao redor de uma árvore, sem parar;
- E. ( ) O menino brincando em um balanço
- F. ( ) O nascer do sol diariamente;
- G. ( ) A perpetuação de uma espécie através do ciclo da vida;
- H. ( ) As ondas do mar;
- I. ( ) Balanço de uma árvore ao vento;
- J. ( ) Um planeta girando ao redor de uma estrela;
- K. ( ) A vibração de uma corda de violão produzindo uma nota musical;
- L. ( ) Um pião girando;
- M. ( ) Uma pedra balançando, presa com um fio no teto;
- N. ( ) Um objeto oscilando para cima e para baixo suspenso por uma mola presa ao teto;
- O. ( ) Um objeto caindo até atingir o chão;
- P. ( ) Uma esfera descendo e subindo uma rampa na forma de U;
- Q. ( ) O movimento de um elétron em torno do núcleo em um átomo de hidrogênio.

As repostas foram organizadas de modo quantitativos nas tabelas subsequentes, onde as **corretas** estão **sombreadas**, e quando citamos antes e após, estamos relacionando, *antes* da aplicação e *após* a aplicação da sequência didática.

Na tabela 2 estão os resultados obtidos das salas em que foram aplicados os experimentos e o software *Sistema de Aquisição MHS*, já na tabela 3 temos os resultados obtidos das salas em que não foram aplicados.

**Tabela 2:** Salas: 2º Regular e 3º ETIM (salas aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito.

QUESTÕES	2º REGULAR					3º ETIM				
	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA
	SIM	NÃO	SIM	NÃO		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
A.	31	3	32	2	3	32	0	32	0	0
B.	20	14	20	14	0	18	14	22	10	13
C.	10	24	9	25	3	16	16	15	17	3
D.	19	15	11	23	24	27	5	24	8	9
E.	7	27	15	19	24	5	27	8	24	9
F.	17	17	18	16	3	28	4	27	5	-3
G.	13	21	12	22	3	11	21	4	28	22
H.	10	24	7	27	9	18	14	6	26	38
I.	9	25	8	26	3	3	29	4	28	-3
J.	24	10	27	7	9	31	1	31	1	0
K.	12	22	15	19	9	15	17	19	13	13
L.	20	14	18	16	-6	11	21	19	13	25
M.	9	25	21	13	35	14	18	18	14	13
N.	11	23	23	11	35	21	11	22	10	3
O.	8	26	9	25	-3	6	26	8	24	-6
P.	17	17	20	14	9	17	15	23	9	19
Q.	24	10	25	9	3	23	9	26	6	9
TOTAL	34		34			32		32		

Fonte: Feito pelo autor.

Logo podemos observar na tabela 2 que na Turma (2º Regular), a aplicação dos experimentos foi eficiente, pois houve uma melhora em várias questões, menos nas questões *L* (movimento de um pião girando) e *O* (movimento de queda livre), vindo a se repetir essa última na outra turma (3º ETIM), logo podemos observar que deve-se focar melhor nos conceitos

dessas duas questões. De toda forma, na turma (3º ETIM) também obtivemos resultados positivos, pois em poucas questões não houve melhora do conhecimento adquirido pelos alunos.

Em sequência, na tabela 3, temos os resultados obtidos na questão 1, nas salas em que não foram aplicados os experimentos e o software, *Sistema de Aquisição MHS*

**Tabela 3:** Salas: 2º ETIM e 3º Regular (salas não aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito.

QUESTÕES	2º ETIM					3º REGULAR				
	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA
	SIM	NÃO	SIM	NÃO		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
A.	31	00	30	01	-3	34	02	33	03	-3
B.	23	08	18	13	-16	22	14	21	15	-3
C.	09	22	15	16	-19	09	27	18	18	-25
D.	21	10	13	18	26	22	14	06	30	44
E.	18	13	20	11	6	15	21	12	24	-8
F.	31	00	18	13	-42	25	11	30	06	14
G.	14	17	10	21	13	07	29	12	24	-14
H.	07	24	06	25	3	08	28	12	24	-11
I.	04	27	07	24	-10	05	31	03	33	6
J.	30	01	24	07	-19	32	04	30	06	-6
K.	18	13	20	11	6	14	22	15	21	3
L.	20	11	21	10	3	22	14	12	24	-28
M.	14	17	24	07	32	18	18	15	21	-8
N.	19	12	19	12	0	22	14	18	18	-11
O.	05	26	06	25	-3	02	34	00	36	6
P.	23	08	21	10	-6	17	19	18	18	3
Q.	26	05	21	10	-16	26	10	27	09	3
TOTAL	31		31			32		32		

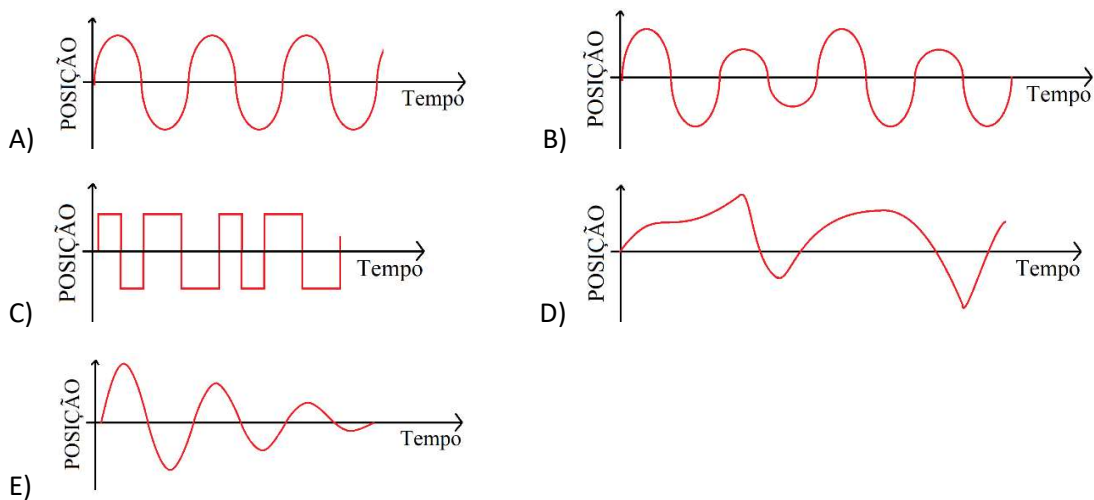
Fonte: Feito pelo autor.

Nestas outras duas turmas, demonstrado na tabela 3, podemos observar que os resultados não foram muito positivos, devido a quantidade de erros em que os alunos cometeram, e a porcentagem obtida de melhoria. Logo podemos concluir que neste caso não

houve um bom entendimento do conteúdo, pelo fato da confusão que os alunos cometeram ao responder o questionário diagnóstico.

Após análise e discussões posteriores com os alunos, chegamos à conclusão de que, podemos ter obtido valores negativos não somente neste momento, mas em diversos outros posteriores em algumas turmas, devido a uma confusão por parte dos alunos, no momento em que foi ensinado os conceitos sobre período e amortecimento, pois a oscilação vai diminuindo com o passar do tempo, esse que por sua vez iria ser alterado, e não o período de oscilação. Fica a dica, de reforçar este momento de ensino e aprendizagem, sobre os dois conceitos.

Pergunta 2. *Se representarmos o movimento de um objeto em função do tempo, em coordenadas cartesianas, em que o tempo está no eixo horizontal e a posição do objeto no eixo vertical, qual dos movimentos você considera periódico?*



Na tabela 4 estão os resultados obtidos das salas em que foram aplicados os experimentos e o software *Sistema de Aquisição MHS*. Podemos observar que os resultados foram positivos na aplicação dos experimentos nas turmas 2º Regular e 3º ETIM. Devemos observar que no item C não houve uma melhora no 3º ano, assim como na turma do 2º ano, em que de alguma forma confundiram o conteúdo, vindo a acertarem menos na última avaliação diagnóstica. De fato, embora o item C contenha o gráfico de um movimento periódico, este não é MHS.

**Tabela 4:** Salas: 2º Regular e 3º ETIM (salas aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito.

QUESTÕES	2º Regular					3º ETIM				
	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA
	SIM	NÃO	SIM	NÃO		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
A.	29	05	30	04	3	26	06	32	00	19
B.	05	29	02	32	9	07	25	03	29	13
C.	03	31	00	34	-9	03	29	03	29	0
D.	01	33	00	34	3	00	32	00	32	0
E.	00	34	03	31	9	01	31	06	26	16
TOTAL	34		34			32		32		

Fonte: Feito pelo autor.

Na tabela 5 temos os resultados obtidos das salas em que não foram aplicados. Analisando, as turmas do 2º ETIM e do 3º Regular, podemos constatar que a metodologia aplicada não foi muito eficiente, vindo ter uma grande quantidade de erros, e mesmo após a sequência de aulas sendo ministradas, os alunos ainda confundiram muito os conteúdos abordados.

**Tabela 5:** Salas: 2º ETIM e 3º Regular (salas não aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito.

QUESTÕES	2º ETIM					3º Regular				
	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA
	SIM	NÃO	SIM	NÃO		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
A.	29	2	31	0	6	29	7	24	12	-14
B.	7	24	14	17	-23	5	31	9	27	-11
C.	11	20	10	21	-3	2	34	3	33	3
D.	1	30	0	31	3	0	36	0	36	0
E.	5	26	5	26	0	8	28	3	33	-14
TOTAL	31		31			36		36		

Fonte: Feito pelo autor.

**Pergunta 3.** *Sobre o movimento periódico de um corpo, é CORRETO afirmar (mais de uma opção pode estar correta)*

- A. ( ) A soma das forças sobre o corpo deve ser nula;
- B. ( ) Em alguns casos, existir uma força restauradora que faz com que o corpo sempre tenda a retornar ao ponto de mínima energia;
- C. ( ) A velocidade do corpo deve ser sempre constante;
- D. ( ) Deve existir uma força centrípeta no caso do movimento circular uniforme;
- E. ( ) O período (o tempo de um ciclo completo) é constante e bem definido;
- F. ( ) Se amplitude do movimento periódico diminui, disse então que o movimento é amortecido;

Na tabela 6 estão os resultados obtidos das salas em que foram aplicados os experimentos e o software *Sistema de Aquisição MHS*. Podemos observar que os resultados obtidos, assim como nas situações anteriores relacionadas as turmas 2º Regular e 3º ETIM, foram positivos. Somente o 3º ETIM, na alternativa E, não obtivemos resultado positivo, porém na alternativa C conseguimos mais de 40% de melhoria, mostrando que os experimentos foram eficazes com relação a leitura e interpretação de gráficos.

**Tabela 6:** Salas: 2º Regular e 3º ETIM (salas aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito.

QUESTÕES	2º Regular					3º ETIM				
	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA
	SIM	NÃO	SIM	NÃO		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
A.	3	31	4	30	-3	10	22	03	29	19
B.	18	16	24	10	18	22	10	27	05	14
C.	27	7	16	18	32	24	08	09	23	42
D.	9	25	16	18	21	08	24	18	14	28
E.	28	6	27	7	-3	27	05	26	06	-3
F.	12	22	12	22	0	10	22	20	12	28
TOTAL	34		34			36		36		

**Fonte:** Feito pelo autor.

Na tabela 7 temos os resultados obtidos das salas em que não foram aplicados. Já na tabela 7 os resultados alcançados não foram tão satisfatórios, principalmente na turma 3º (Regular), em que somente na alternativa B o resultado foi positivo. A turma 2º ETIM conseguiu resultados positivos também, porém não tão positivos como as turmas 2º Regular e 3º ETIM.

**Tabela 7:** Salas: 2º ETIM e 3º Regular (salas não aplicadas o experimento). SIM = marcação da resposta, NÃO = resposta não marcada. A porcentagem de melhoria é calculada em função da aproximação do número de acertos com o gabarito.

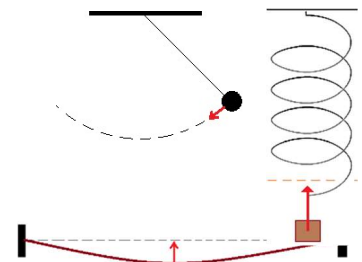
QUESTÕES	2º ETIM					3º Regular				
	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA	ANTES		APÓS		% DE MELHORIA
	SIM	NÃO	SIM	NÃO		SIM	NÃO	SIM	NÃO	
A.	6	25	6	25	0	5	31	6	30	-3
B.	16	15	18	13	6	19	17	20	16	3
C.	18	13	17	14	3	21	15	21	15	0
D.	10	21	9	22	-3	17	19	15	21	-6
E.	23	8	18	13	-16	28	8	27	9	-3
F.	10	21	11	20	3	11	25	9	27	-6
TOTAL	31		31			36		36		

Fonte: Feito pelo autor.

Pergunta 4. *Dos sistemas das figuras ao lado:*

*O pêndulo simples é um corpo pendurado por um fio que balança em torno de um ponto de equilíbrio ou de mínima energia.*

*No sistema massa-mola, um corpo oscila em torno de um ponto de equilíbrio, impulsionado por uma mola presa ao corpo e a uma parede.*



*As cordas de um violão oscilam, depois de puxadas, sendo presas pela extremidade da corda.*

*A força que permite o movimento é chamada de força restauradora. Qual a origem desta força, em cada uma das situações descritas?*

a) Pêndulo Simples: \_\_\_\_\_ ...

b) Sistema massa-mola: \_\_\_\_\_ ...



c) Corda de um violão: \_\_\_\_\_ ...

Esperamos encontrar as seguintes respostas:

- a) Pêndulo simples: Espera-se que os alunos respondam, que a força restauradora tem origem na decomposição da força de tração do fio (ou corda) que fixa a massa do pêndulo e a gravidade. A força de tração surge devido à ação da força gravitacional sobre a massa.
- b) Sistema massa-mola: Espera-se que os alunos respondam, que a força restauradora tem origem na conservação de energia mecânica que existe na mola do sistema, sob a ação da força elástica da mola (energia potencial). A força gravitacional, que neste sistema, é constante durante todo o movimento.
- c) Corda de um violão: Espera-se que os alunos respondam que, neste caso, a força restauradora é muito similar ao do sistema massa mola, com origem na tração sofrida pela corda quando puxada (devido à elasticidade da corda), porém o movimento não se conserva por muito tempo (dissipação devido à resistência do ar ao movimento), ao contrário dos demais citados.

No caso das perguntas 4, 5, 6, 7 e 8 temos questões abertas onde os alunos poderão expressar suas verdadeiras ideias sobre o tema estudado. Logo foi realizada uma busca minuciosa em todas as respostas de todos alunos e de todas as turmas, em questão. Para tornar mais dinâmica a análise realizada, foi encontrada as respostas mais recorrentes de cada sala e comparadas com as demais, assim como as respostas mais criativas dignas de comentários.

Na primeira avaliação diagnóstica os alunos das salas 2º Regular, e 3º ETIM, (Salas em que foram aplicados os experimentos), responderam em grande maioria nas duas salas as seguintes respostas:

- a) Pêndulo simples: Força peso
- b) Sistema massa-mola: Força elástica
- c) Corda de um violão: Força elástica

Resposta do aluno 1: da turma 2º Regular.

- a) Pêndulo Simples: *Força Peso*

- b) Sistema massa-mola: *Força elástica*
- c) Corda de um violão: *Força elástica*

Assim como os demais, o aluno 1 foi bem sucinto em sua resposta, porém ele e os outros alunos responderam de forma incompleta ou equivocada, as três questões, embora a respostas não estejam tão distantes da resposta esperada. O destaque nas respostas desta pergunta veio pela resposta do aluno 2 demonstrada abaixo:

- a) Pêndulo simples: A FORÇA RESTAURADORA É EXERCIDA PELO CORPO
- b) Sistema massa-mola: ESSE SISTEMA POSSUI FORÇA ELÁSTICA
- c) Corda de um violão: A FORÇA RESTAURADORA É EXERCIDA PELA CORDA

Resposta do aluno 2: da turma 3ºETIM.

- a) Pêndulo simples: *A força restauradora é exercida pelo corpo.*
- b) Sistema massa-mola: *Esse sistema possui força elástica.*
- c) Corda de um violão: *A força restauradora é exercida pela corda.*

Aqui podemos observar uma resposta mais elaborada e o termo *força restauradora*, presente. Este aluno 2, foi o aluno que conseguiu chegar mais próximo a resposta aguardada nas questões *b* e *c*. Na questão *a* acredita-se que ele estivesse se referindo à força peso. Uma observação que devemos realizar é a de que todos os alunos erram esta questão, poucos alunos conseguiram chegar próximo a resposta aguardada, a exemplo o aluno 2, inclusive os alunos das turmas 2ºETIM e 3º Regular (salas que não foram aplicados os experimentos), nos demonstrando que realmente não conhecem o assunto em questão.

Em sequência analisaremos os resultados obtidos na avaliação diagnóstica, após a aplicação de toda a sequência didática e dos experimentos. Na turma 2º Regular foi observado que uma grande quantidade de alunos conseguiram entender o conteúdo, porém ainda estão tendo algumas adversidades em relação a utilização de termos corretos, como exemplo na letra *b*, eles comentam *força elástica* e *força peso*, sendo que deveriam realizar comentários

utilizando somente o *força elástica* pois a força peso é constante no movimento, pode ser um equívoco, porém uma grande quantidade respondeu como o exemplo abaixo:

- a) Pêndulo simples: Força peso e tração
- b) Sistema massa-mola: Força elástica e força peso
- c) Corda de um violão: Força tração e elástica

Resposta do aluno 3: da turma 2º Regular.

- a) Pêndulo simples: *Força peso e tração.*
- b) Sistema massa-mola: *Força elástica e força peso.*
- c) Corda de um violão: *Força tração e elástica.*

Logo devemos dar mais ênfase em nomenclatura e termos utilizados para citações de fenômenos em eventuais aplicações desta sequência. Já na turma 3º ETIM, uma grande quantidade de alunos se preocupou em dizer sobre o funcionamento do experimento e não em relação a origem da força restauradora, exemplo este logo abaixo. Sendo assim podemos dar mais ênfase também para este conceito no momento de ensino.

- a) Pêndulo simples: para o pêndulo voltar ao ponto de equilíbrio.
- b) Sistema massa-mola: para a mola continuar oscilando.
- c) Corda de um violão: para a corda de violão continuar oscilando.

Resposta do aluno 4: da turma 3º ETIM.

- a) Pêndulo simples: *para o pêndulo voltar ao ponto de equilíbrio.*
- b) Sistema massa-mola: *para a mola continuar oscilando.*
- c) Corda de um violão: *para a corda de violão continua oscilando.*

Esta resposta do aluno demonstra a heterogeneidade da turma e a existência de conceitos totalmente equivocados ou a falta de compreensão de interpretação do que lhe foi perguntado.

Para as outras turmas 2º ETIM e 3º Regular, nas quais não foram aplicados os experimentos, podemos dizer que mais de 40% dos alunos das duas salas deixaram a questão sem responder, ou assinalaram que não sabiam a resposta. Conversando com as turmas posteriormente, os alunos disseram que entenderam a pergunta, porém não conseguiram expressar com palavras. Alguns se arriscaram em tentar resolver a questão exemplo dos alunos 5 e 6, citados abaixo.

- a) Pêndulo simples: Fr no pêndulo é a força de tração
- b) Sistema massa-mola: a força que atua é força elástica e força peso.
- c) Corda de um violão: a força de tração

Resposta do aluno 5: da turma 2º ETIM.

- a) Pêndulo simples: *Fr no pêndulo é a força de tração.*
- b) Sistema massa-mola: *a força que atua é força elástica e força peso.*
- c) Corda de um violão: *a força de tração.*

- a) Pêndulo simples: gravidade em relação a bola
- b) Sistema massa-mola: força de contração da mola
- c) Corda de um violão: força do utilizador sobre a corda

Resposta do aluno 6: da turma 3º Regular.

- a) Pêndulo simples: *gravidade em relação a bola.*
- b) Sistema massa-mola: *força de contração da mola.*
- c) Corda de um violão: *força do utilizador sobre a corda.*

Após análise estas duas respostas foram consideradas uma das melhores de cada sala, as outras repostas quando não em *branco*, estavam com termos errados. Neste caso podemos observar que os alunos mesmo com a sequência aplicada parcialmente, não conseguiram absorver totalmente os conceitos científicos.

Pergunta 5. O sentido da força restauradora é sempre na direção do movimento?

Espera-se que os alunos respondam *não*. Que a força restauradora é sempre contrária ao movimento realizado pelo corpo analisado.

Inicialmente, antes da aplicação dos experimentos, as respostas das 4 turmas foram variadas, sendo aproximadamente 50% sim e 50 % não. Em poucas respostas tivemos justificativas em relação ao porquê da resposta, sendo assim podemos aconselhar a acrescentar a pergunta *justifique sua resposta*, para que o professor possa analisar melhor o conhecimento dos alunos em teste.

Houve um caso em especial que foi a resposta do aluno 7, abaixo, onde ele respondeu que *sim* e que *não*, mostrando a sua real dúvida em relação ao conteúdo abordado.

**5) O sentido da força restauradora é sempre na direção do movimento?**

*Não, só se estiver em um movimento periódico, então sim, e' na direção do movimento*

Resposta do aluno 7:

*Não, só se estiver em um movimento periódico, então sim, é na direção do movimento.*

Nas avaliações diagnósticas aplicadas posteriores aos experimentos, obtivemos bons resultados como exemplo a resposta do aluno 8:

**5) O sentido da força restauradora é sempre na direção do movimento?**

*Não, ela é na direção contrário do movimento para que ele possa retornar ao seu ponto mínimo de energia*

Resposta do aluno 8: *Não, ela é na direção contraria do movimento para que ele possa retornar ao seu ponto mínimo de energia.*

Podemos observar que ele usou os termos corretamente, principalmente o termo *energia*, palavra pouco utilizada pelos demais em suas respostas, porém mesmo sem utilizar essa palavra, os sentidos descritos dão a entender que os alunos compreenderam bem os conteúdos trabalhados, exemplo na resposta do aluno 9:

5) O sentido da força restauradora é sempre na direção do movimento?

*É sempre na direção contrária do movimento atual*

Resposta do aluno 9: *É sempre na direção contrária do movimento atual.*

Devemos observar que esta é uma resposta de um aluno de uma turma em que não foi aplicado os experimentos, e mesmo dessa forma, ele conseguiu entender os conceitos abordados. Este e muitos outros das turmas 2º ETIM e 3º Regular conseguiram responder corretamente.

Pergunta 6. *No movimento de um planeta em torno de uma estrela existe força restauradora ou a força envolvida tem outra origem? É necessário ter uma força restauradora para existir o movimento periódico?*

Espera-se que os alunos respondam, que o movimento de um planeta em torno de uma estrela se dá devido a ação e reação da força gravitacional dos planetas, em geral esses realizam movimento circular uniforme (MCU) devido à força centrípeta (gravitacional), logo podemos chamar seu movimento de periódico, porém, neste caso, não temos uma força de restauração, pois sua força tem outra origem. Não é contrária ao movimento ou de retorno ao ponto de equilíbrio.

De todas as salas analisadas na avaliação diagnóstica inicial, cerca de 90% dos alunos responderam que *sim*, que neste tipo de movimento temos a força restauradora presente, sendo que das respostas restantes cerca de 10% deixaram em branco a questão, 20% justificaram suas respostas, porém de forma incorreta, 20% não justificaram suas respostas e 40% justificaram que a origem desta força restauradora é a gravidade, como exemplo a resposta do aluno 10 abaixo:

**6) No movimento de um planeta em torno de uma estrela existe força restauradora ou a força envolvida tem outra origem? É necessário ter uma força restauradora para existir o movimento periódico?**

*Muito raro as forças restauradoras e' a gravidade. Sim.*

Resposta do aluno 10: *Neste caso a força restauradora é a gravidade, Sim.*

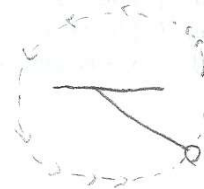
Já como resultado de análise das avaliações diagnósticas, após a aplicação dos experimentos em relação a pergunta 6, podemos concluir que as turmas em que não foi aplicado os experimentos tiveram uma evolução. Aproximadamente 40% dos alunos responderam de forma errada a questão, mas tivemos respostas interessantes. Muitos alunos responderam que *não existe força de restauração* neste movimento descrito, porém não justificaram suas respostas. Sendo essa mais uma observação que devemos realizar em uma próxima e eventual aplicação do questionário, acrescentar a palavra “*Justifique*” no final da pergunta, para que o professor consiga avaliar de forma mais eficiente os alunos. Um exemplo de resposta interessante é a do aluno 11 abaixo:

**6) No movimento de um planeta em torno de uma estrela existe força restauradora ou a força envolvida tem outra origem? É necessário ter uma força restauradora para existir o movimento periódico?**

sendo então, o movimento periódico repentino de forma semelhante tendo período e tempo bem definidos, vemos que a força restauradora seria o movimento de “vai e vem”, ex: como o pêndulo

Então tiro a conclusão de que é necessária a força restauradora pois vemos que ao completar o circuito total do pêndulo temos um “movimento rotacional”.

Ou seja, é necessário a força da barra que segura o pêndulo para completar esse movimento, sendo necessário a força peso.



#### Resposta do aluno 11:

*Sendo então, o movimento periódico repentino de forma similar tendo período e tempo bem definidos, vemos que a força restauradora seria o movimento de vai e vem, ex: como o pêndulo.*

*Então tiro a conclusão de que é necessária a força restauradora pois vemos que ao completar o circuito total do pêndulo temos um movimento rotacional.*

*Ou seja, é necessário a força da barra que segura o pêndulo para completar esse movimento, sendo necessário a força peso.*

Podemos observar que, mesmo tendo errado a resposta da pergunta, este aluno 11 conseguiu assimilar o movimento do pêndulo com o movimento circular, concluindo que se o

pêndulo possui a força restauradora, o planeta também possuiria devido à similaridade do movimento. Podemos dizer que este aluno conseguiu parcialmente adquirir os conhecimentos necessários para compreensão do conteúdo.

Nas turmas, em que foram aplicados os experimentos, tivemos aproximadamente 20% de respostas em branco ou erradas, porém tivemos alunos que praticamente responderam à questão corretamente, exemplo os alunos 12 e 13 abaixo:

**6) No movimento de um planeta em torno de uma estrela existe força restauradora ou a força envolvida tem outra origem? É necessário ter uma força restauradora para existir o movimento periódico?**

*não existe restauradora, apenas força centrípeta. não, pois o movimento pode ser circular uniforme e não necessariamente uma força restauradora.*

Resposta do aluno 12: *Não existe restauradora, apenas força centrípeta. Não, pois o movimento pode ser circular uniforme e não necessariamente uma força restauradora.*

**6) No movimento de um planeta em torno de uma estrela existe força restauradora ou a força envolvida tem outra origem? É necessário ter uma força restauradora para existir o movimento periódico?**

*não, é a força centrípeta, e não é necessário haver uma força restauradora para que exista movimento.*

Resposta do aluno 13: *Não, é a força centrípeta, e não é necessário haver uma força restauradora para que exista movimento.*

De modo geral podemos relatar que devemos dar mais ênfase nos conceitos envolvidos nesta questão 6, pois apesar de bons resultados, essa é fácil de ser confundida e é de grande importância a sua resposta correta, pois isso demonstra que o aluno conseguiu realmente entender os conteúdos abordados na sequência.

As perguntas 7 e 8 foram aplicadas somente nas turmas 2º Regular e 3º ETIM após a aplicação dos experimentos. Essas têm o intuito de *feedback* para que possamos visualizar melhor qual a opinião dos alunos em relação a utilização de experimentos durante as aulas e se, para eles, a utilização dos experimentos foi eficaz. Separamos algumas respostas interessantes dos alunos, para demonstração.

Pergunta 7. *A utilização de um experimento para a demonstração de uma teoria Física ajuda a compreensão da matéria estudada? Por quê?*



Resposta pessoal.

Pergunta 8. *O que você aprendeu com o experimento apresentado?*

Resposta pessoal.

**7) A utilização de um experimento para a demonstração de uma teoria Física ajuda a compreensão da matéria estudada? Porque?**

*Sim, porque sai da monotonia e pode-se ver a física no dia-a-dia*

**8) O que você aprendeu com o experimento apresentado?**

*Aprendi a observar a força restauradora e o mov. periódico*

Resposta do aluno 14: da turma 2º Regular.

7) *Sim, porque sai da monotonia e pode-se ver a física no dia a dia.*

8) *Aprendi a observar a força restauradora e o mov. periódico.*

É bem nítido analisando a resposta 7 do aluno 14, que ele tem em mente, que as aulas em seu cotidiano, da forma em que se procedem são monótonas e que ele aparentemente conseguiu enxergar algo a mais do que o comum, que a física está presente em seu dia a dia. Logo concluímos que neste caso a aplicação da sequência didática, mais os experimentos foram eficazes.

**7) A utilização de um experimento para a demonstração de uma teoria Física ajuda a compreensão da matéria estudada? Porque?**

*Sim, porque dessa forma é possível entender de maneira real o que se é estudado.*

**8) O que você aprendeu com o experimento apresentado?**

*Que a física não é apenas teoria como sempre dado nas escolas.*

Resposta do aluno 15:

7) *Sim, porque dessa forma é possível entender de maneira real o que se é estudado.*

8) *Que a física não é apenas teoria como sempre dado nas escolas.*

Na resposta 8 do aluno 15 podemos notar que aparentemente a ele sempre ocorre aulas *padrão*, em que os alunos não são estimulados a pensarem sobre a utilização dos conceitos em suas vidas.

**7) A utilização de um experimento para a demonstração de uma teoria Física ajuda a compreensão da matéria estudada? Porque?**

*Sim, pois fica mais fácil compreender as leis estudadas, as teorias ensinadas de uma maneira prática, rápida e eficaz.*

**8) O que você aprendeu com o experimento apresentado?**

*Compreendi as leis, como a de Hooke e os sistemas pendular e massa-mola.*

Resposta do aluno 16:

7) *Sim, pois fica mais fácil compreender as leis estudadas, as teorias ensinadas de uma maneira prática, rápida e eficaz.*

8) *Compreendi as leis, como a de Hooke e o sistema pendular e massa-mola.*

A resposta 7 do aluno 16 faz parte, assim como mais de 90% das respostas analisadas, do grupo das respostas positivas, onde é elogiado a utilização de experimentos em aula. Tivemos muitas respostas relativas a questão 8 em que o conteúdo aprendido foi a força restauradora.

Diante destes resultados obtidos, percebemos que a maioria dos alunos conseguiu mudar suas concepções iniciais sobre os conceitos de oscilações, sendo que nas salas onde foi utilizado os experimentos tivemos resultados mais satisfatórios. Podemos dizer também que os três momentos pedagógicos foram importantes para elaboração, organização e análise da sequência didática, permitindo a avaliação diagnóstica do processo e confirmando que o progresso dos alunos, em relação a mudança de suas concepções apresentadas neste capítulo, foi positivo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta sequência didática foi aplicada no último semestre do ano de 2018. Os alunos iniciaram o ano letivo estudando as matérias comuns, de acordo com o Plano de Trabalho Docente – PTD, que é baseado no plano de curso e desenvolvido em reuniões de planejamento, no início do ano letivo pelo professor da disciplina e a coordenação da instituição. Logo os alunos dos segundos anos do ensino médio iniciaram seus estudos em Física por Termologia, devido à quantidade de aulas disponíveis por semana e o fato do conteúdo de termologia ser extenso, assim como os estudos sobre oscilações, sendo uma parte descrito nesta dissertação, não foi possível o término dos conteúdos de óptica que geralmente são estudados no 2º ano do ensino médio.

Nas turmas de terceiros anos foram estudados somente os conteúdos sobre eletricidade e em sequência aplicado esta sequência didática, logo os conteúdos de Física Moderna, que geralmente são estudados no último semestre, não puderam ser retratados. Lembrando que a escola onde foi aplicada a sequência didática é uma escola pública de nível estadual, onde é disponível para física somente 2 aulas semanais, assim como a escola também possui uma grande quantidade de projetos importantes que são aplicados durante todo o ano letivo, diminuindo ainda mais a quantidade de aulas a serem lecionadas.

Os experimentos foram desenvolvidos de forma a serem montados e desmontados para fácil manuseio e principalmente transporte até a escola e entre as salas de aula, por questão de agilidade e usabilidade. Essa característica foi muito importante e aproveitada durante toda a aplicação da sequência didática. Devido sua aparência simples e ao seu volume aparentemente grande, o simples fato de carregá-lo pela escola, fez despertar a curiosidade dos alunos de outras turmas que não foram aplicadas a sequência didática descrita nesta dissertação. Assim como a curiosidade dos professores de outras disciplinas da instituição, sendo por muitas vezes explicado de forma informal, o seu funcionamento e as teorias científicas envolvidas.

Durante a aplicação da sequência didática, no momento da utilização dos experimentos, podemos citar que foi obtido 100% da atenção dos alunos, pois estavam ansiosos para entender o funcionamento do mesmo, devido ao fato de terem sido instigados, no decorrer da sequência didática, a analisarem os movimentos presentes oscilatórios não só em situações conhecidas, mas sim em lugares antes não reparados.

Segundo o site G1 (2018)<sup>18</sup>, Cerca de 9% das questões do ENEM 2018 na área de ciências da natureza e em relação aos conteúdos de Física, foram relacionadas aos conteúdos de óptica e oscilações. Como uma grande parte dos alunos da instituição querem prosseguir com os estudos, estão focados principalmente nesta avaliação (ENEM). Essa foi uma motivação para os alunos, principalmente os alunos do terceiro ano do ensino médio, para que eles pudessem prestar atenção nos conteúdos abordados.

Foram utilizados vários recursos áudio visuais, que geralmente os professores possuem acesso, como imagens e vídeos, geralmente utilizados com o auxílio de projeções pelo *Datashow*. Quando este não estiver disponível, o professor poderá imprimir as imagens e demonstrar os vídeos em computadores de salas de informática ou em televisões. Logo podemos citar que é possível a utilização de recursos que existem nas escolas e estes quando utilizados de uma forma correta auxiliam na aprendizagem dos alunos e a prática docente nos seus dia-a-dias, obtendo resultados satisfatórios como estes apresentados nesta dissertação.

Os experimentos utilizados durante a aplicação da sequência didática permitiram que os alunos visualizassem, de uma forma prática, fenômenos que geralmente não são percebidos em suas vidas cotidianas e possibilitaram a comparação e a similaridade entre experimentos diferentes, no caso o sistema massa-mola e o pêndulo simples, com seus movimentos harmônicos. Logo esses experimentos possibilitaram aos alunos que analisassem as concepções alternativas existentes sobre os temas, encontrando agora uma compreensão correta sobre os fenômenos.

Podemos ainda citar que os experimentos aqui descritos têm um nível moderado de dificuldade para possíveis replicações, é necessário que o professor que deseje enfrentar essa *missão* tenha um pequeno conhecimento de programação da *Placa Arduino*, assim como uma certa destreza para construção e montagem de toda a estrutura do projeto, lembrando que o mesmo pode pedir ajuda para um profissional da área de mecânica de usinagem na construção da estrutura, assim como um técnico em informática para a parte de programação. O professor consegue também, de forma fácil, tutoriais pela internet de como programar a placa Arduino, devido ao fato de seu fácil acesso mundial. De toda a forma meus contatos estarão disponíveis em anexo ao produto desta dissertação, para eventuais dúvidas e possíveis contatos futuros sobre a aplicação da sequência didática e dos experimentos.

---

<sup>18</sup> Disponível em: < <https://g1.globo.com/educacao/enem/2018/noticia/2018/11/10/ciencias-da-natureza-no-enem-2018-revise-as-questoes-de-fisica-quimica-e-biologia-que-mais-caem-na-prova.ghtml> > acesso em 27 jan. 2018.

Podemos concluir que a sequência didática, assim como a utilização dos experimentos, da placa Arduino e do Software, mostraram vantajosos para a prática docente, devido a sua fácil aplicabilidade na abordagem de conteúdos sobre movimentos harmônicos, movimentos periódicos e oscilações de modo geral. Após a análise da aplicação desta sequência, concluímos que a maioria dos alunos conseguiram aumentar seus conhecimentos nos temas citados, desmistificando análises inicialmente incorretas feitas por eles, e adquirindo o conhecimento científico verdadeiro sobre os fenômenos.

Os objetivos específicos desta sequência didática foram alcançados, de acordo com aplicação e análise do uso dos recursos citados. Podemos concluir também que a aplicação dos três momentos pedagógicos foi positiva, apesar de não utilizar os três momentos em todas as aulas tema citadas nesta dissertação. Antes de elaborar esta sequência, minhas aulas não eram elaboradas a partir de um referencial teórico, hoje posso notar o quanto ele é importante para esse momento e o quanto as aulas fluíram melhor. Houve um melhor entendimento da parte dos alunos. Um dos quesitos principais são as repartições dos momentos pedagógicos que possibilitaram com que eu organizasse melhor o tempo de aplicação durante as aulas. Logo este fato nos demonstra o quanto é importante a utilização de um referencial teórico para a elaboração de uma aula.

Por fim, conseguimos apresentar uma nova abordagem no ensino de oscilações com a utilização da sequência didática aqui descrita, não somente de maneira conceitual, mas também de maneira prática e que esta metodologia poderá a qualquer momento ser aplicada por outros professores.

O presente trabalho foi apresentado no evento realizado na Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI-MG, durante o evento do Encontro Sul Mineiro do Ensino de Física – ESMEF, ocorrido em setembro de 2017. Lá foram trocadas várias informações entre os participantes do evento, assim como os visitantes, a respeito do projeto. De modo geral podemos dizer que foi muito válida a participação neste evento e indicamos essa prática para futuros mestrados.

**Figura 19:** Apresentação da sequência didática no ESMEF.



**Fonte:** próprio autor.

Para futuros trabalhos, pretendemos melhorar ainda mais os experimentos, para abordagem de todo o conteúdo de oscilações, no caso o som, temos em mente a utilização dos próprios sensores ultrassônicos para este feito, assim como outras ideias que ainda devem ser trabalhadas e estarão em futuros trabalhos.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. E.; LAUDARES, F. **Aquisição de dados usando logo e a porta de jogos do PC**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2001.
- ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física um curso universitário**. Volume I – Mecânica. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1972.
- ANGOTTI, J. A. P. **Conceitos unificadores e ensino de física**. In: Revista brasileira de ensino de Física. vol. 15, 1993.
- BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: Eletromagnetismo, Ondulatória, Física Moderna: 3º ano / Benigno Barreto filho, Claudio Xavier da Silva. – 2ª ed.** São Paulo: FTD, 2013.
- BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. **A Experimentação no Ensino de Ciências da Educação Básica: constatações e desafios**. Faculdade de Ciências Integradas do Pontal - Universidade Federal de Uberlândia (FACIP/UFU), Uberlândia – MG, 2011.
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v.19, n.3. p.803-815, 2002.
- BRASIL. **PCN + Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular**. Secretaria de Educação Básica. Brasília: MEC, SEB, 2017.
- CARVALHO, L. R. M.; AMORIN, H. S. **Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 3, 3501 (2014).
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C.R.C.; MOLISANI, E. **Física com Arduino para iniciantes**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4503 (2011).
- CHAVES, T. V.; MACHADO, R. B. **Uma proposta para o ensino de Física com textos de divulgação científica**. XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2004.
- DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992.
- \_\_\_\_\_. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física** São Paulo: Cortez, 1990a.

DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora para o ensino de ciências na educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné-Bissau.** 1982. 227 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: Fundamentos e Métodos.** São Paulo: Cortez, 2002.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral.** Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande, 2010.

ERROBIDART *et al.* **Modelos mentais e representações utilizadas por estudantes do ensino médio para explicar ondas.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 12, Nº 3, 440-457, 2013.

ERROBIDART, Hudson Azevedo; **A utilização de dispositivos experimentais para ensinar ondas.** Centro de Ciências Exatas e Tecnologia Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Mestrado em Ensino de Ciências, Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande – MS, 2010.

FAGUNDES, D.; SARTORI, J.; CATUNDA, T.; NUNES, L. A. O. **Usando a porta paralela do micro PC.** Rev. Bras. Ens. Fis. 17, 196, São Carlos – SP, 1995

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Extensão ou Comunicação.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

FREITAS, T. C. **Desenvolvimento de metodologias para projeto de estruturas com camada sanduíche amortecedoras.** Instituto de Ciências Exatas/ Faculdade de Engenharia Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2018.

GIACOMIN, J. C.; VASCONCELOS, F. H. **Qualidade da Medição de Intensidade de Sinal nas Comunicações de uma Rede de Sensores Sem Fios: uma abordagem da Camada Física.** INFOCOMP, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 83-92, jun, 2006.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física, Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** Volume 2. 8ª Edição. Editora LTC, Rio de Janeiro -RJ, 2009.



HODSON, D. **Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratório.** Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v.12, n.3, p.299-313, novembro 1994.

JOHNSON-LAIRD, P.N. **Mental Models, Deductive Reasoning, and the Brain.** Massachusetts Institute of Technology, 1995.

JOSÉ, W. D.; ANGOTTI, J. A. P.; BASTOS, F. P. **Ensino de Física por meio de questões do PISA associadas a Temas Estruturadores e Conceitos Unificadores.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 2, p. 333-354, ago, 2016.

KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. **A Contribuição da Física para o novo ensino médio.** Instituto de Física, Universidade de São Paulo, Física na Escola, São Paulo, v. 4, n. 2, 2003.

KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física.** Vol. 2. São Paulo – SP: Editora Makron Books, 1999.

LEAL, W. V.; ALVES, J. A. P. **A utilização de textos sobre ciência como problematização de conceitos de física térmica no ensino médio.** Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, 2011.

LOPES, A. R. C. **Bachelard: o filósofo da desilusão.** Cad. Cat. Ens. Fis., v.13,n3: p.248-273, dez, 1996.

MARQUES, J. F.; BEZERRA, J. S. **Nas ondas do rádio: Apontamentos para a utilização das tecnologias midiáticas no meio ambiente educacional.** Revista científica das escolas de comunicação e artes e educação. Ano II, n° 1, dez. 2012.

MC ROBERTS, M. **Arduino básico - Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),** Câmara Brasileira do Livro, São Paulo: Editora, Novatec, 2011.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. D. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.24, n.2, jun. 2002.

MERINO, G. S. A. D. **Metodologia para a prática projetual do design, com base no projeto centrado no usuário e com ênfase no Design Universal.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

MOREIRA, M. A. **Modelos Mentais.** Investigações em Ensino de Ciências – V1(3), pp.193-232, 1996.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre – RS, 1999.

MORAES, E. C. **Capítulo 1 fundamentos de sensoriamento remoto**. Instituto nacional de pesquisas espaciais - INPE. São José dos Campos, 2002.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”**. *Ciência & Educação* (Bauru), vol.20, núm. 3, 2014, pp.617-638. Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo – SP, 2014.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”**. *Ciência Educ. Bauru*, v. 20, n. 3, 2014.

NUSSENZVEIG, H. Moysés; **Curso de Física Básica**. 4º edição, revista. Editora Blucher (1983).

PARANÁ, D. N. S. **Física – Série Novo ensino médio**, Volume único, 5º Edição, São Paulo: editora ática, 2000.

PLACA ARDUINO. Disponível em:

<<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>> Acesso em 10 jan. 2019.

PEPE, V. P. **Uma proposta para ensinar conteúdos de Física no ensino médio utilizando o laboratório virtual e experimentos laboratoriais de bancada**. Licenciatura em Física. Campos dos Goytacazes, 2008.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D. **Física 2**. 4º Edição, Rio de Janeiro. Ed. Ltc – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1984.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. Currículo Do Estado De São Paulo. **Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação**; Coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luís Carlos de Menezes, São Paulo: SEE, 2010.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Física**. Volume único. 2º edição. São Paulo: Editora Atual, 2005.

SILVA, L. F.; VEIT, E. A. **O microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física**. *Textos de Apoio ao Professor de Física*, v. 16 n. 2, 2005. Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre, Programa da Pós-Graduação em Ensino de Física, 2005.

SILVEIRA, S.; GIRARDI, M. **Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 39, n° 4, e4502, 2017.

SOUZA, A. R. et. al. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, 1702 (2011).

TAVARES, R. **Aprendizagem significativa e o ensino de ciências.** Departamento de Física, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil. 2008.

TONEGUZZO, L.; COELHO, F. O. **Gerador de ondas estacionárias em uma corda.** *Cad. Cat. Ens. Fís.*, Florianópolis, 7 (3): 227-231, dez, 1990.

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

VIEIRA, R. J. P. **Ensino de ondas eletromagnéticas no 9º ano do ensino fundamental por meio de uma situação problema.** Universidade Federal de Juiz de Fora Instituto de ciências exatas. Juiz de Fora, 2016.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio: Termologia – Óptica - Ondulatória, vol. 2, 4º ed.** São Paulo, Ed. Saraiva, 2017.

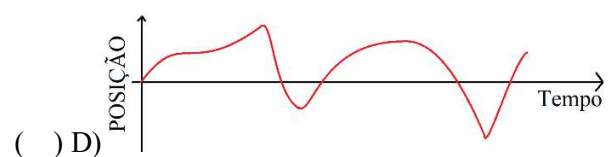
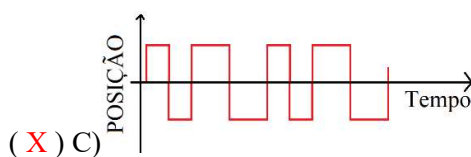
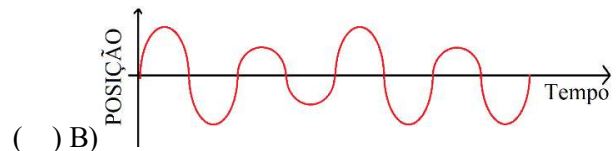
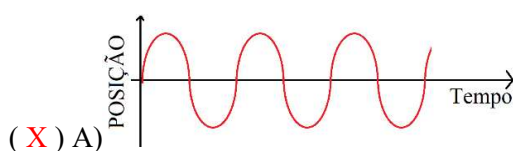
## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO – COM RESPOSTAS CORRETAS.

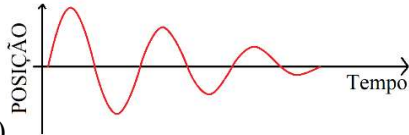
**Movimento periódico:** quando o movimento repete de forma similar em um período de tempo bem definido, por exemplo a rotação da Terra em torno do Sol.

### 1) Dos exemplos abaixo, quais você considera movimento periódico?

- A)  Movimento dos Ponteiros de um relógio;
- B)  Movimento de uma criança em um gira-gira num parque de diversões;
- C)  Uma bola quicando no chão;
- D)  O menino correndo ao redor de uma árvore, sem parar;
- E)  O menino brincando em um balanço
- F)  O nascer do sol diariamente;
- G)  A perpetuação de uma espécie através do ciclo da vida;
- H)  As ondas do mar;
- I)  Balanço de uma árvore ao vento;
- J)  Um planeta girando ao redor de uma estrela;
- K)  A vibração de uma corda de violão produzindo uma nota musical;
- L)  Um pião girando;
- M)  Uma pedra balançando, presa com um fio no teto;
- N)  Um objeto oscilando para cima e para baixo suspenso por uma mola presa ao teto;
- O)  Um objeto caindo até atingir o chão;
- P)  Uma esfera descendo e subindo uma rampa na forma de U;
- Q)  O movimento de um elétron em torno do núcleo em um átomo de hidrogênio.

### 2) Se representarmos o movimento de um objeto em função do tempo, em coordenadas cartesianas, em que o tempo está no eixo horizontal e a posição do objeto no eixo vertical, qual dos movimentos você considera periódico?





( X ) E

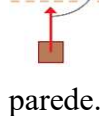
**3) Sobre o movimento periódico de um corpo, é CORRETO afirmar (mais de uma opção pode estar correta)**

- a) ( ) A soma das forças sobre o corpo deve ser nula;
- b) ( X ) Em alguns casos, existir uma força restauradora que faz com que o corpo sempre tenda a retornar ao ponto de mínima energia;
- c) ( ) A velocidade do corpo deve ser sempre constante;
- d) ( X ) Deve existir uma força centrípeta no caso do movimento circular uniforme;
- e) ( X ) O período (o tempo de um ciclo completo) é constante e bem definido;
- f) ( X ) Se amplitude do movimento periódico diminui, disse então que o movimento é amortecido;

**4) Dos sistemas das figuras ao lado:**

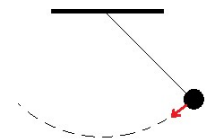


O pêndulo simples é um corpo pendurado por um fio que balança em torno de um ponto de equilíbrio ou de mínima energia.



No sistema massa-mola, um corpo oscila em torno de um ponto de equilíbrio, impulsionado por uma mola presa ao corpo e a uma

parede.



As cordas de um violão oscilam, depois de puxadas, sendo presas pela extremidade da corda.



A força que permite o movimento é chamada de *força restauradora*. Qual a origem desta força, em cada uma das situações descritas?

- a) Pêndulo simples: Espera-se que os alunos respondam, que a força restauradora tem origem na decomposição da força de Tração do fio (ou corda) que fixa a massa do pêndulo e a gravidade.
- b) Sistema massa-mola: Espera-se que os alunos respondam, que a força restauradora tem origem na conservação de energia mecânica que existe na mola do sistema e a influência da gravidade.
- c) Corda de um violão: Espera-se que os alunos respondam, que neste caso a força restauradora é muito similar ao do sistema massa mola, com origem na tração sofrida pela corda quando puxada, porém, devido ao fato que a conservação de energia aqui é ligeiramente pequena, o movimento não se conserva por muito tempo, ao contrário dos demais citados quando bem balanceados.

**5) O sentido da força restauradora é sempre na direção do movimento?**

Espera-se que os alunos respondam, que não, a força restauradora é sempre contrária ao movimento realizado pelo corpo analisado.

**6) No movimento de um planeta em torno de uma estrela existe força restauradora ou a força envolvida tem outra origem? É necessário ter uma força restauradora para existir o movimento periódico?**

Espera-se que os alunos respondam, que o movimento de um planeta em torno de uma estrela se dá devido a ação e reação da força gravitacional dos planetas, em geral esses realizam movimento circular uniforme (MCU), logo podemos chamar seu movimento de periódico, porem neste caso não temos uma força de restauração, pois sua força tem outra origem.

**7) A utilização de um experimento para a demonstração de uma teoria Física ajuda a compreensão da matéria estudada? Porque?**

Resposta pessoal.

**8) O que você aprendeu com o experimento apresentado?**

Resposta pessoal.

## APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO

Em sequência está a programação da Placa Arduino, logo podemos copiar e cola-la no IDE Arduino, plataforma de programação do micro controlador do Arduino, esta pode ser baixada no site oficial da placa Arduino. Devemos ressaltar que sempre quando utilizado as duas barras //, isto significa que tudo o que está digitado após, não será realizado a leitura pela placa Arduino; foi colocado durante a programação somente para o professor ou quem se aventurar a executar este projeto, para que possam entender melhor o significado dos itens ali exposto, se por ventura no momento do teste da programação a mesma não estiver funcionando bem, tente retirar as duas barras em diante e, teste novamente o programa.

```

/* Projeto Arduino Uno com sensor de proximidade ultrassônico HC-SR04
*/
//Carregar a biblioteca do sensor Ultrasonic.h (pode ser baixada no site oficial Arduino)
#include <Ultrasonic.h>

//definir os pinos para as constantes referentes aos pinos digitais (Trigger, 6 e Echo, 7)
Ultrasonic ultrasonic(6, 7);

char Type='I';    // tipo de variável (um caractere)
float Average;   // tipo de variável (número real de precisão simples (ponto flutuante))
float InitTime = 0.0;
float Time = 0.0; // Tipo de variável (Tempo de aquisição em segundos)
char UsbBuffer [20];
byte UsbCount;
String Aux;
String Str;      // sequência de caracteres
long microsec = 0; //número inteiro de 16 bits com o sinal
float distanciaCM = 0;
long pto;

void setup() { //executa cada vez que o Arduino se inicia
byte j;
  Serial.begin(9600); //inicializando a comunicação serial com o computador
  Serial.setTimeout(100);
  Serial.flush();
  Type='P';
  InitTime = millis();
}

// A função loop funciona uma e outra vez para sempre (interruptamente)
void loop() {
  if (Serial.available() > 0){ // verificação de dados
    UsbCount = Serial.readBytes(UsbBuffer, 20);
    Serial.flush(); // espera a transmissão de dados serem enviados
    Type=UsbBuffer[0]; //I = infinita U = única P = Parar C = Continuar
    switch (Type){
      case 'I': Serial.println("Aquisicao infinita iniciada."); InitTime=millis(); break;
      case 'P': Serial.println("Aquisicao pausada."); break;
    }
  }
}

```

```

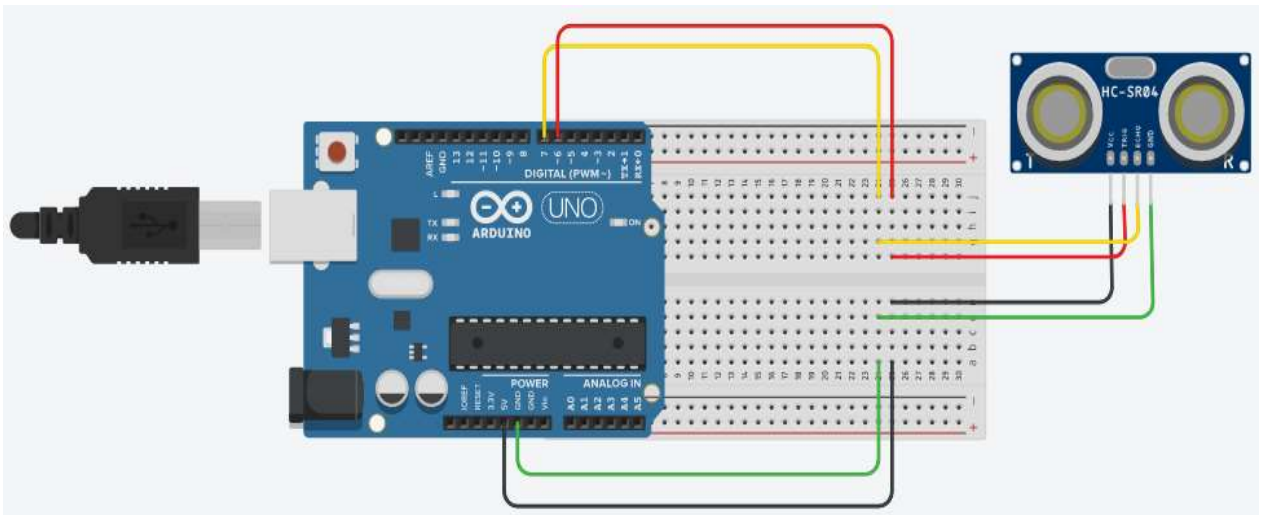
    }
}

if (Type!='P') {          //Type: U = aquisição única; I = infinita
  Average = 0; pto=0;
  while (pto<3){
    microsec = ultrasonic.timing( );          //Lendo dados do sensor
    distanciaCM = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);    //Convertendo a distância em cm
    Average = Average+distanciaCM;
    pto++;
    delay(10);          // espera 10 milissegundos
  }
  Average = Average/3;
  Time = (millis( )-InitTime )/1000.0;
  Serial.flush( );
  Str = "00000"+String(Time, 3);
  Str = "T"+Str.substring(Str.length()-10,Str.length( ));
  Str+ = "A0="+String(Average,6);
  Str.replace(".",",");
  Serial.println(Str);
}
}
}

```

Para realizar a montagem elétrica desta programação, basta realizar a construção descrita tanto na figura 20 em paralelo as coordenadas dadas da confecção do projeto em Apêndice D.

**Figura 20:** Montagem do circuito elétrico



Fonte: próprio autor.

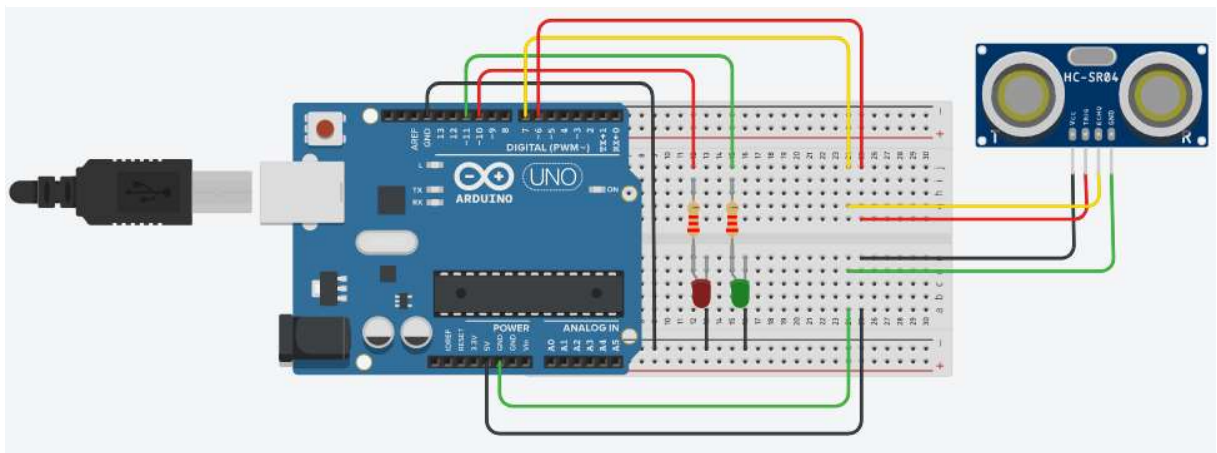
Anexamos uma segunda opção de teste tanto do sensor como de todo o circuito de montagem (descriminado em Apêndice D), para auxiliar ainda você que está tentando executar



a montagem e execução do projeto. Basta realizar toda a montagem do projeto tanto do pêndulo como do sistema massa-mola, monte o circuito abaixo demonstrado, figura 21, utilizando os led's, vermelho e verde, conecte a placa Arduino ao computador que possui a IDE Arduino, transfira uma cópia desta programação para a IDE, compile-a na placa Arduino, em sequência você pode executar o seguinte teste.

Aproxime algo do sensor ultrassônico HC-SR04, por aproximadamente 10cm, logo o led vermelho acenderá; crie agora uma distância do sensor até o obstáculo de aproximadamente 30cm, logo o led verde acenderá. Sendo assim você terá certeza de que todo o circuito e sensor está funcionando perfeitamente.

**Figura 21:** Montagem do circuito teste do sensor ultrassônico HC-SR04



Fonte: próprio autor.

```
/* Teste do Projeto Arduino com sensor de proximidade ultrasonico HHC-SR04
*/
```

```
//Carregar a biblioteca do sensor Ultrasonic.h
#include <Ultrasonic.h>
```

```
//definir os pinos para as constantes referentes aos pinos digitais
//Trigger, 6 e Echo, 7
Ultrasonic ultrasonic(6, 7);
```

```
//Declaração das constantes referentes aos pinos digitais.
const int ledVerde = 11;
const int ledVermelho = 10;
```

```
long microsec = 0;
float distanciaCM = 0;
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); //inicializando o serial munitor
```

```
//definindo pinos digitais
```

```
pinMode(ledVerde, OUTPUT); //11 como de saida
pinMode(ledVermelho, OUTPUT); //10 como de saida
}

void loop() {
  //Lendo dados do sensor
  microsec = ultrasonic.timing();

  //Convertendo a distância em cm
  distanciaCM = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);

  //ledDistancia();
  Serial.println(distanciaCM, DEC);
  Serial.println("cm");
  delay(1000);
}

//Metodo que centraliza o controle de acendimento dos leds.
void ledDistancia() {

  //Apagando todos os leds
  digitalWrite(ledVerde, LOW);
  digitalWrite(ledVermelho, LOW);

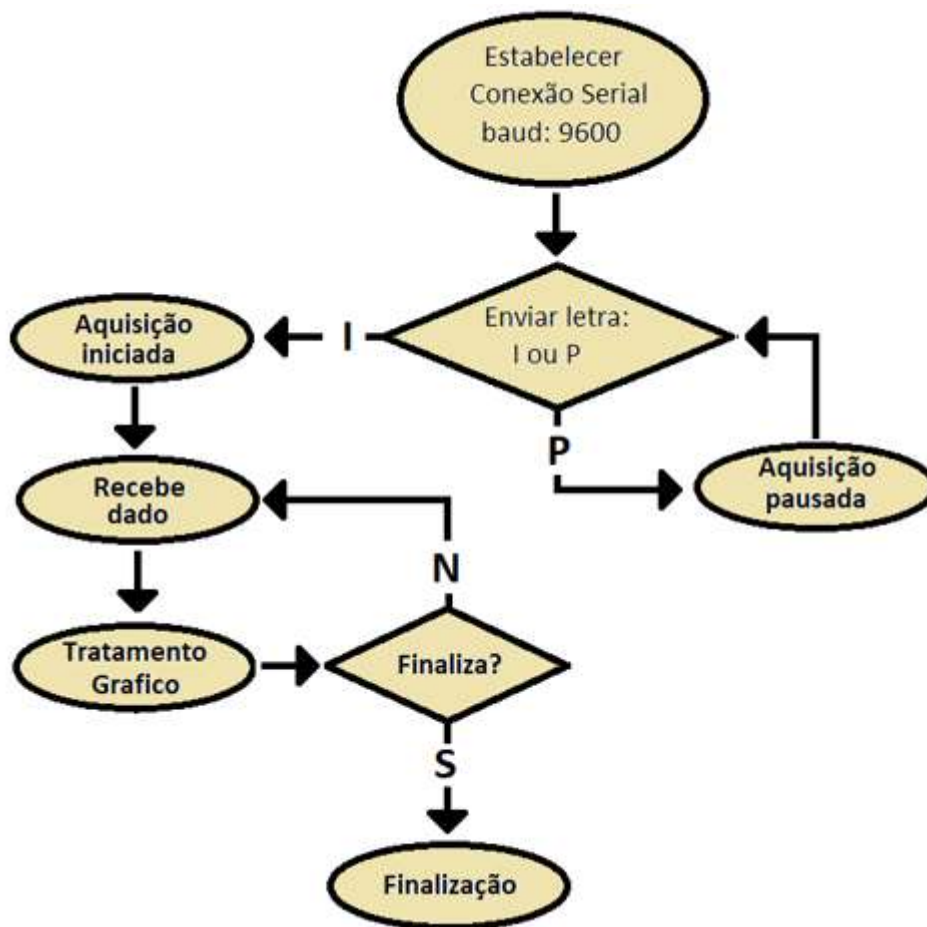
  //Acendendo o led adequado para a distância lida no sensor.
  if (distanciaCM > 30) {
    digitalWrite(ledVerde, HIGH);
  }

  if (distanciaCM < 10) {
    digitalWrite(ledVermelho, HIGH);
  }
}
```

## APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO DO VISUAL BASIC

Foi utilizado um programa construído em Visual Basic 6.0, que embora já seja um depurador ultrapassado, já existiam algumas sub-rotinas de programação prontas para a leitura e controle do Arduino. Entretanto, como uma alternativa mais viável, apresentamos um fluxograma, que poderá ser implementado em qualquer linguagem de programação mais recente.

**Figura 22:** Fluxograma para demonstração de sequência de programação



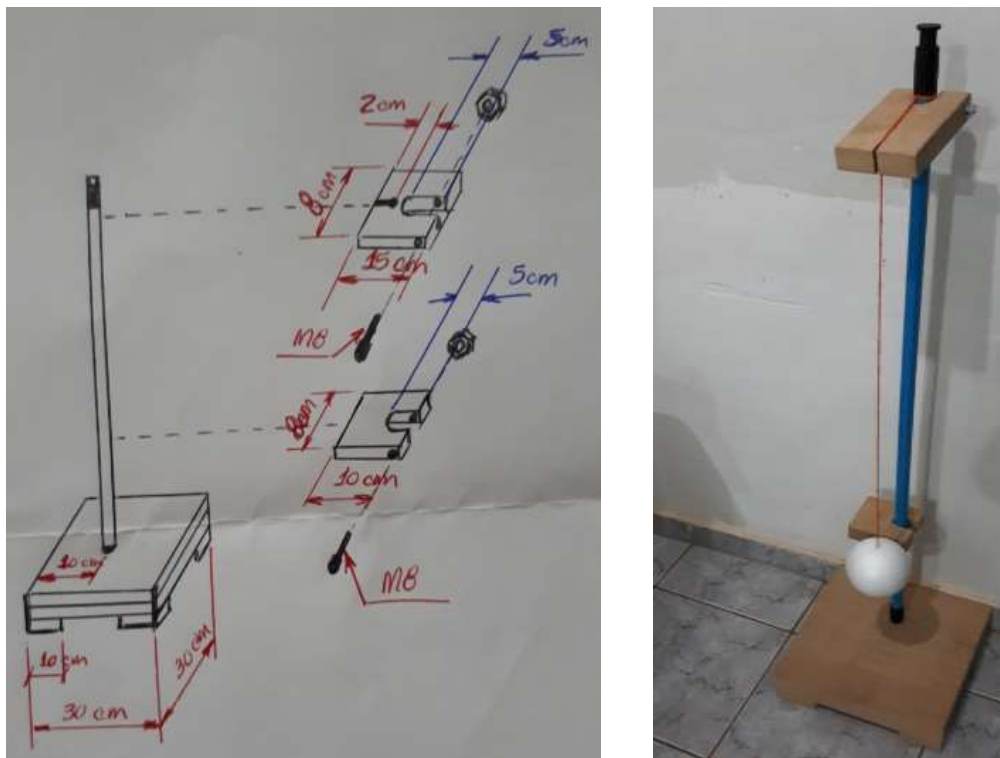
Fonte: próprio autor.

## APÊNDICE D – DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

### D.1 Montagem dos Experimentos e métodos de utilização

O projeto dos experimentos se iniciou de forma simples, com a utilização de rascunhos *desenhos a caneta*, figura 23, posteriormente quando esses foram colocados em prática, figura 24, foi encontrado empecilhos que somente poderiam ser observados após a sua montagem.


Figura 23: Croqui inicial e o projeto inicial





Fonte: próprio autor.

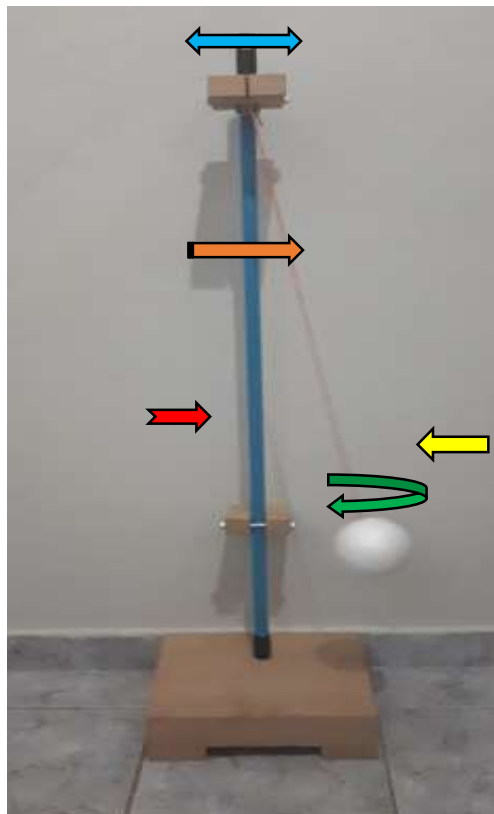
Empecilhos como: a suporte principal montado a partir de *cabo de vassoura*, oscilava junto a massa do pêndulo, figura 25, seta  $\longleftrightarrow$ , mesmo trocando o cabo de madeira para o cabo de aço, não foi possível a redução da oscilação.

Não se encontrava uma posição para colocarmos os sensores, figura 25, seta  $\rightarrow$ , pois ou eles teriam que mover junto a massa do pêndulo ou eles teriam que ficar inertes, e nesta segunda opção teríamos a medição em somente alguns momentos do movimento, logo para realizar uma leitura correta não era aplicável essas opções.

Outro empecilho era o da massa, feita com isopor, figura 25, seta  , que era muito leve e apesar da mesma não interferir no movimento do pêndulo, demonstrado inclusive através de cálculos matemáticos no capítulo 2 desta dissertação, temos uma grande resistência do ar para com a mesma, fazendo com que ela realiza-se no máximo 6 oscilações, entre o início do movimento até o momento da parada total do pêndulo.

O fio que era utilizado como haste móvel, figura 25, seta  , inicialmente um barbante, quando colocado muito *grosso*, atrapalhava o movimento também, assim como a utilização de somente um fio como haste, fazia com que a massa movesse de forma aleatória, realizando um movimento circular em cima do eixo da haste, atrapalhando uma possível medição de posição do sensor, figura 25, seta  .

**Figura 24:** Empecilhos encontrados.



**Fonte:** próprio autor.

A placa Arduino sempre foi a principal escolha, porém tem uma infinita possibilidade de sensores a serem utilizados, e vários eram aplicáveis ao experimento, porém qual era o correto a ser utilizado? Com o desenvolvimento contínuo de melhorias dos experimentos foi obtido grandes resultados que amenizaram ou extinguíram de uma vez por todas, os empecilhos iniciais.

A base do experimento desde o início de sua construção funcionou bem, pois a mesma é constituída por duas placas quadradas de madeira, de 30 cm de lado, por 3 cm de altura, coladas com cola para madeira. As mesmas quando apoiadas no chão, não se conseguia um bom apoio, logo foi colocado mais quatro quadrados de madeira de 10 cm de lado, por 3 cm de espessura, em cada canto para um melhor apoio e aumento de massa, para que ficasse mais *pesada*, diminuindo ainda mais as oscilações não desejadas. Ao final do experimento foi adicionado as placas de 10 cm pedaços com mesmo tamanho de E.V.A. (mistura de Etil, Vinil e Acetato)<sup>19</sup>, utilizada para aumento de atrito para com o chão, evitando o deslizamento do experimento em pisos escorregadios.

Em sequência foi melhorado o suporte principal, antes de *cabo de vassoura*, agora de cano P.V.C., comumente utilizado em construções civis, foi utilizado dois pedaços de cano P.V.C. de 4" (quatro polegadas), por 65 cm, este foi fixado na base de madeira por cantoneiras de metal, parafusadas tanto na base como no suporte de P.V.C., figura 26.


**Figura 25:** Sequência de montagem da base mais o suporte principal.



**Fonte:** próprio autor.

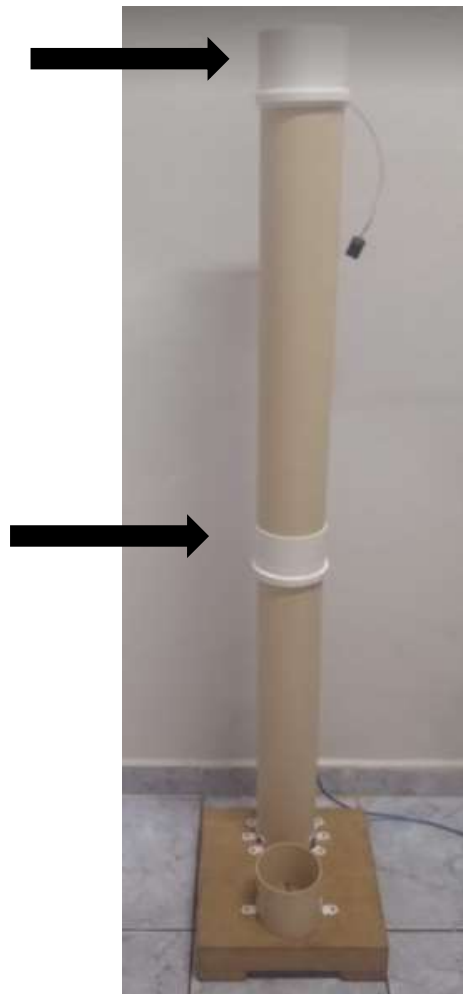
O cano de 4", foi dividido em duas partes para não ficar muito *grande*, logo seria difícil para carregá-lo entre uma sala de aula e para que fique prático a sua desmontagem e montagem

<sup>19</sup> Disponível em: <http://www.eurekaeva.com.br/artigos/o-que-e-placa-de-e-v-a> Acesso em 25 fev. 2019.

novamente. Em uma das extremidades foi colocada uma capa *para cano*, para encaixe de um cano em outro, demonstrado na figura 27, pelas setas (  ). Esta nova construção de suporte principal utilizando o cano P.V.C. de 4" foi muito positiva para o experimento, pois facilitou o deslocamento do experimento, sua montagem e desmontagem, assim como a estabilidade que antes não se tinha conseguido obter.

Como espaçador entre o suporte principal e a massa foi colocado um suporte engenhado a partir de cano P.V.C., este tem dois tamanhos, um de 50 cm e outro de 30 cm de comprimento, sendo o de 30 cm para o sistema massa-mola, e o de 50 cm para o pêndulo, demonstrado na figura 28. O mesmo foi engenhado para ser prático também, sendo facilmente substituído quando necessário para troca de experimentos ou para modificação do comprimento da haste do pêndulo, assim como a espessura da mola do sistema massa-mola.

**Figura 26:** Suporte principal com uniões.



Fonte: próprio autor.

**Figura 27:** Montagem do suporte espaçador.



**Fonte:** próprio autor.

No caso do pêndulo, o que foi utilizado como haste de fixação móvel, entre a massa e o suporte espaçador, foram fios de transmissão de dados utilizados para instalações de sistemas de monitoramento, (câmeras, alarmes, sensores de presenças), detalhe importante é que este deve ser fio rígido e não cabo flexível, pois assim a haste se moverá de forma contínua e *firme*, do contrário a mesma irá se mover de forma desordenada. Isto foi constatado e concluído através de testes realizados durante a montagem. O próprio fio rígido será utilizado como transmissão de dados entre o sensor ultrassônico e a placa Arduino, tendo no caminho uma conexão tipo *Plug automotivo*, figura 29, para que possamos realizar a montagem e desmontagem do experimento.

Na sequência, iniciamos a montagem da fixação que irá fazer a comunicação da placa Arduino com os sensores. No caso do pêndulo, esta fixação foi utilizada como haste móvel, a mesma é constituída de *fios rígido*, utilizados geralmente em sistemas de monitoramento residencial (sistemas de câmeras e campainhas). Importante ressaltarmos que foi realizado uma fixação dupla da massa, figura 29, para estabilizarmos o movimento de rotação da massa, empecilho encontrado nos experimentos iniciais.



**Figura 28:** Detalhe *Plug* automotivo, Detalhe fixação da massa do pêndulo, e vista completa do experimento pêndulo montado.



**Fonte:** próprio autor.

Detalhe importante a ser observado é a posição do suporte espaçador, do pêndulo, este deve ficar contra a parede de tal forma que o sensor ultrassônico fique inclinado  $90^\circ$ , porém o suporte *não*, este tem que ficar inclinado em relação a parede aproximadamente  $45^\circ$ , figura 30, pois se colocarmos o sensor em relação a parede em um ângulo diferente de  $90^\circ$ , o mesmo não realizará medições corretas, para o bom funcionamento do software. Já a inclinação do suporte é fundamental para a medição da distância *curta e longa*, em relação ao movimento do pêndulo que evolui e regride comparado com a parede, com isso conseguiremos montar uma onda senoidal, que demonstra o *M.H.S.*, figura 37.

**Figura 29:** Inclinação do suporte espaçador.



**Fonte:** próprio autor.

A fixação dos sensores foi realizada, utilizando cola quente na esfera de isopor e, posteriormente na base de madeira. Este sensor da base de madeira é utilizado para o sistema massa-mola, inicialmente quando soltávamos a mola ela colidia com o sensor, vindo a danificá-lo sendo assim foi instalado um pedaço de cano P.V.C de 10cm de altura por 4”, ao seu redor, para evitar a colisão da massa do sistema massa-mola com o sensor, figura 31.

**Figura 30:** Fixação dos sensores ultrassônicos.



**Fonte:** próprio autor.

Para a construção da massa do Pêndulo, inicialmente foi realizada utilizando vários corpos diferentes, com a evolução do projeto, chegamos a uma montagem que utilizava cano P.V.C. e *gesso* em seu interior, figura 32, o gesso é comprado na forma de pó, e quando adicionado a água, adquire uma forma pastosa, e posteriormente rígida, podendo ser manuseado e adicionado ao núcleo, essa montagem funcionou bem, porém não ficou esteticamente *bonita* para o experimento, não chamava muito a atenção, no sentido em que os alunos imaginariam quando falássemos em Pêndulos.

**Figura 31:** Massa do Pêndulo a base de cano P.V.C e gesso.



**Fonte:** próprio autor.

Logo esta foi modificada para um modelo melhor, foi utilizado as esferas de isopor, de 10 cm de diâmetro, essas esferas são *ocas*, possuindo duas partes cada e um espaço vazio em seu núcleo, nesse foi adicionado o gesso novamente. Assim que realizado este procedimento é necessário que utilizamos cola para isopor, para colar as duas partes da esfera e evitarmos possíveis acidentes de descolamento o a quebra do gesso. Foi acrescentado dois parafusos tipo olhal para que possamos prender os fios rígidos, que funcionaram como haste da massa, figura 33. Após o gesso *secar*, a esfera irá ter uma massa bem maior, irá ficar mais *pesada*, logo conseguimos que ela realize um movimento de vai e vem durante o experimento do pêndulo, de forma mais continua, estabilizada e em uma quantidade de oscilações bem maior que antes, logo resolvemos um segundo empecilho citado anteriormente.

**Figura 32:** Nova massa do Pêndulo, a base de isopor e gesso

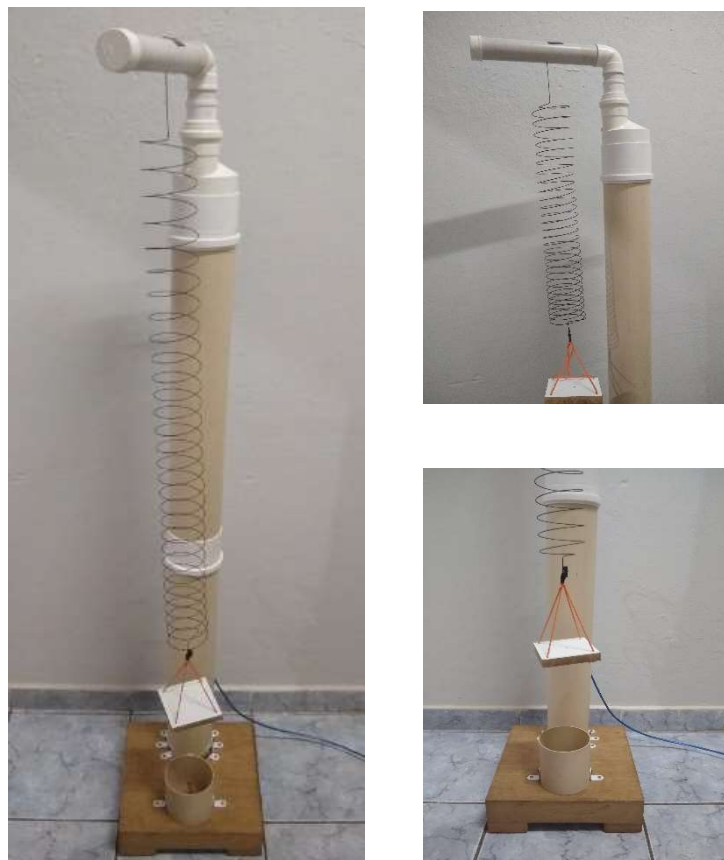


**Fonte:** próprio autor.

As massas do experimento do sistema massa-mola, foram construídas com madeira tendo as dimensões de 10cm quadrados por 1,5cm de espessura. Já a construção da mola do sistema massa-mola, foi criado diversos modelos diferentes com vários materiais diferentes assim como diversas espessuras diferentes, porém ao final concluímos que a construção deve ser feita em uma fábrica especializada de molas, para que tenhamos um bom resultado, ou que pelo menos quem se aventurar em construir essa mola, que respeite suas dimensões, ou que seja o mais fiel possível as mesmas. A mola tem as seguintes medidas, 8cm de diâmetro maior, 30cm de comprimento *sem esticar*, com 10cm de haste para fixação no suporte espaçador, a espessura do fio utilizado é de 1,2mm de diâmetro e 2,5mm para a segunda mola.

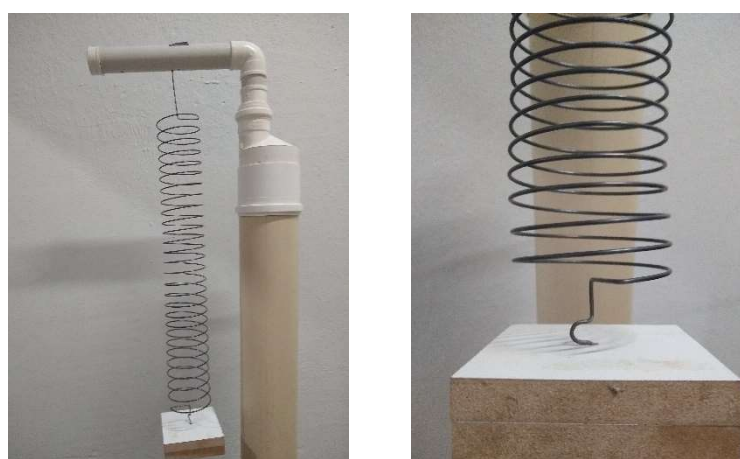
Ela tem ainda 5cm de haste para fixação na massa, esta que será realizada por barbantes, figura 34, pois do contrário a massa no momento do movimento, irá rotacionar, figura 35, fazendo com que o sensor realize medições erradas. O material que foi utilizado para a construção da mola é o aço 1045 utilizado comumente em indústrias metalúrgicas, pois esse aceita a tempera de dureza que se realiza na mola para que ela não se *desmanche* durante seu uso. Neste caso pedimos a construção da mola em uma indústria especializada.

**Figura 33:** Montagem completa do sistema massa-mola com fixação da massa correta.



**Fonte:** próprio autor.

**Figura 34:** Fixação da massa incorreta.

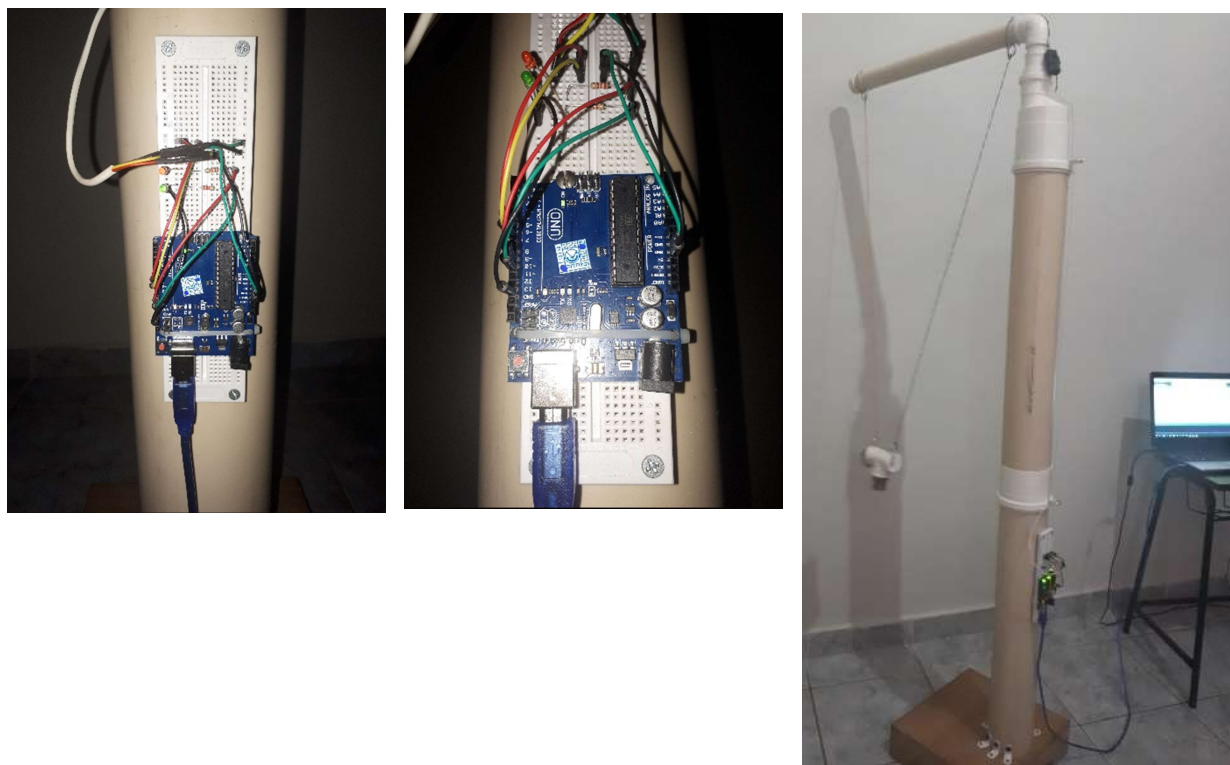


**Fonte:** próprio autor.

Ao final colocamos uma placa do tipo *Protoboard*, fixada no suporte principal, e nesta fixamos a placa *Arduino*, e realizamos todas as ligações necessárias, figura 38, assim como a

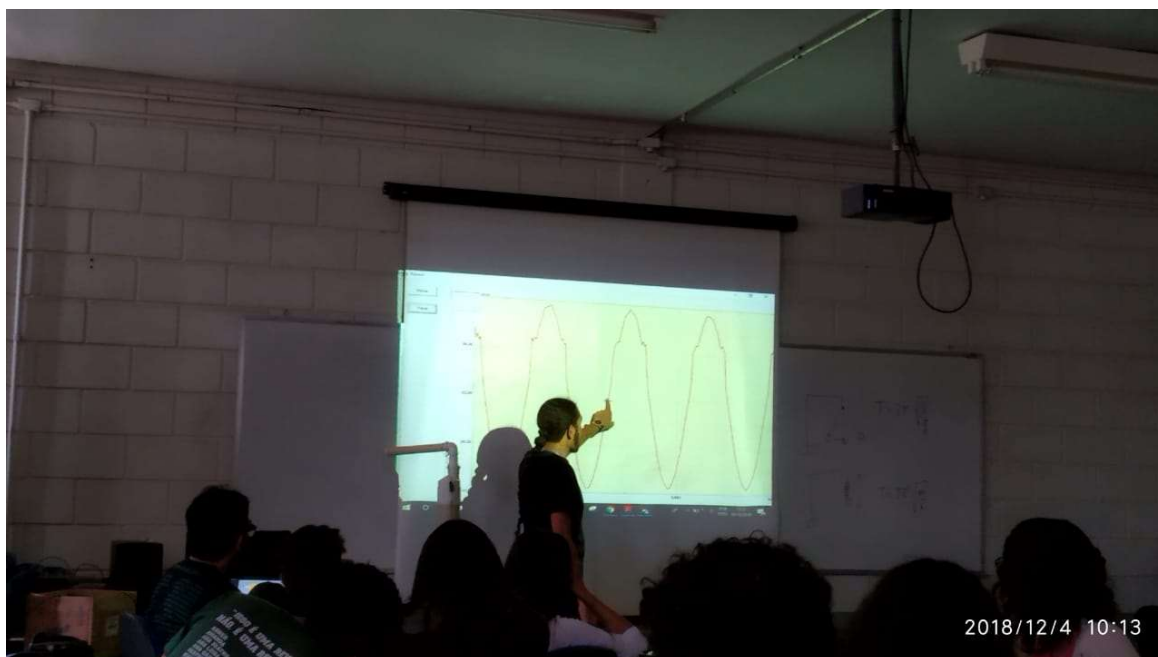
programação pede. Este será ligado pelo seu próprio cabo de comunicação ao notebook ou PC, figura 36, para coletarmos as informações transformá-las em dados para o software Simulador MHS, que irá construir os gráficos utilizados para a análises em aula, figura 37.

**Figura 35:** Fixação do Protoboard, Fixação da placa Arduino, e conexão com Notebook.



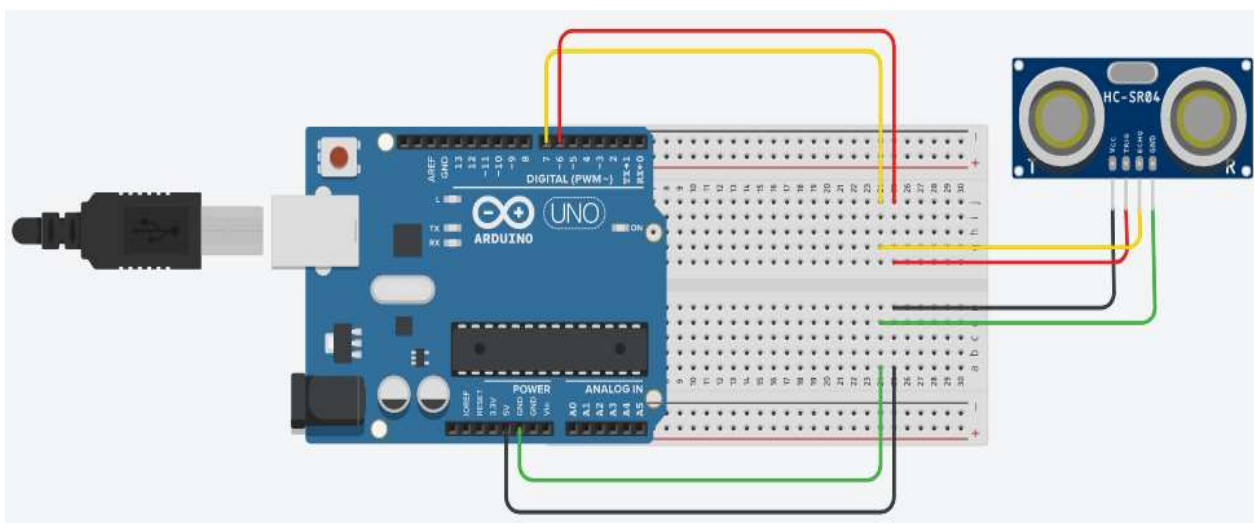
**Fonte:** próprio autor.

**Figura 36:** Demonstração gráfica durante a aplicação do experimento.



Fonte: próprio autor.

**Figura 37:** Montagem do circuito elétrico.



Fonte: próprio autor.

Foi desenvolvido um suporte extra, que possibilita ao professor trabalhar de forma dinâmica, com dois experimentos ao mesmo tempo, demonstrado na figura 39. Porém como a leitura do sensor é realizada pela placa Arduino, até então é realizada de forma única, ou seja, primeiro um sensor, depois o outro, não foi encontrado uma grande evolução na forma de trabalhar, com esse suporte extra. Porém em trabalhos futuros melhoraremos a programação da placa *Arduino*, de tal forma que a mesma possa realizar a leitura de mais sensores ao mesmo

tempo, logo esse suporte será de grande ajuda para a execução das aulas tema. Assim como ampliaremos a sequência didática, onde esta nova etapa irá trabalhar a ideia de ressonância, velocidade de propagação do som no ar e, outros conceitos físicos envolvidos com os sensores ultrassônicos.

**Figura 38:** Projetos futuros, execução de dois experimentos simultâneos.



**Fonte:** próprio autor.



## D.2 O Custo

O custo total para a construção dos experimentos, pêndulo e massa-mola, estão discriminados na tabela 9:

**Tabela 8:** Total de custo para montagem do experimento:

<b>MATERIAIS UTILIZADOS</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR (em R\$ para todas as unidades)</b>
<b>Base de madeira</b>	1 unidade	50,00
<b>Cano P.V.C 4"</b>	2 metros	13,00
<b>Cano P.V.C 40mm</b>	2 metros	5,00
<b>Luva 4"</b>	2 unidades	7,00
<b>Cotovelo 40mm</b>	4 unidades	4,00
<b>Tampão 40mm</b>	4 unidades	5,00
<b>Redução 4" para 50mm</b>	4 unidades	16,00
<b>Redução 50mm para 40mm</b>	4 unidades	5,00
<b>Esferas de isopor</b>	2 unidades	5,00
<b>Madeira 10cm quadrados x 15cm</b>	2 unidades	5,00
<b>Mola</b>	2 unidades	50,00
<b>Placa Arduino</b>	1 unidade	45,00
<b>Sensor ultrassônico</b>	3 unidades	36,00
<b>Fios em geral</b>	10 metros	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>256,00</b>

Por fim concluímos a montagem dos experimentos, obtendo assim dois sistemas, o massa-mola e o pêndulo, estes nos possibilitaram, com a ajuda da placa Arduino dos sensores ultrassônicos, assim como o software Simulador de MHS, a coleta das grandezas físicas envolvidas nos sistemas e, trabalharmos os valores de cada uma de forma didática, para que possamos ensinar de forma mais simples, completa e dinâmica os conhecimentos científicos de oscilações.