



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

Campus 
AGRESTE

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

José Rodrigues da Silva

**Sequência Didática Usando PhET para Ensino de Movimento do Sistema
Massa-Mola e do Pêndulo Simples no Ensino Remoto.**

Caruaru

2021

José Rodrigues da Silva

**Sequência Didática Usando PhET para Ensino de Movimento do Sistema
Massa-Mola e do Pêndulo Simples no Ensino Remoto.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientadora: Dra. Kátia Calligaris Rodrigues

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S586s Silva, José Rodrigues da.
Sequência didática usando PhET para ensino de movimento do sistema massa-mola e do pêndulo simples no ensino remoto. / José Rodrigues da Silva. – 2021.
96 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Kátia Calligaris Rodrigues.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado Profissional em Ensino de Física, 2021.
Inclui Referências.

1. Física - Pernambuco. 2. Ensino à distância - Pernambuco. 3. Simulação (Computadores) - Pernambuco. 4. Aprendizagem baseada em problemas - Pernambuco. 5. Movimento. 6. Tecnologia educacional – Pernambuco. I. Rodrigues, Kátia Calligaris (Orientadora). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-113)

José Rodrigues da Silva

**Sequência Didática Usando PhET para Ensino de Movimento do Sistema
Massa-Mola e do Pêndulo Simples no Ensino Remoto.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 26/02/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Kátia Calligaris Rodrigues (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Alexandre Campos (Examinador Externo)
Universidade Federal de Campina Grande

Dedico este trabalho a minha família pela fé e confiança demonstrada.
A minha orientadora pela paciência demonstrada no decorrer do trabalho.
Aos meus amigos pelo apoio incondicional.
Enfim a todos que de alguma forma tornaram este caminho mais fácil de ser
percorrido e a todos que estão ao meu lado, em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço imensamente a Deus por estar sempre ao meu lado me dando forças, pois sem ele eu não conseguiria.

Aos meus pais porque sem eles eu não existiria, e que sempre me incentivaram, a minha esposa pelo apoio e aos meus irmãos que sempre acreditaram em mim.

A minha orientadora Dra. Kátia Calligaris pela dedicação, paciência e por todas as contribuições para este trabalho.

A todos os professores da UFPE – CAA, que contribuíram com minha formação acadêmica desde a graduação até minha especialização de mestrado, entre eles destaco, os professores João Freitas, que é o coordenador do mestrado e que foi meu professor tanto na graduação quanto no mestrado, e o professor Gustavo Carmelo, que também teve participação fundamental em minha formação acadêmica.

A EREM – João Batista de Vasconcelos, que me oportunizou a aplicação do produto educacional

Aos amigos que fizeram o mestrado junto comigo, pela parceria e apoio.

Aos organizadores do MNPEF, pela oportunidade de nos proporcionar esse mestrado e desta forma gerar conhecimento científico e fazermos evoluir em nossa carreira profissional.

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

RESUMO

A presente dissertação é fruto de uma pesquisa em busca de ferramentas venham a contribuir para o ensino de Física, em especial, em momentos de ensino remoto. Nesse sentido desenvolvemos, implementamos e executamos um produto educacional, pautado em uma sequência didática no âmbito investigativo para movimentos oscilatórios. Assim sendo, e devido à pandemia do Novo Coronavírus (Covid-19) e ao distanciamento social, buscamos ferramentas que nos auxiliasse no processo de ensino remoto. Para aplicar a sequência do nosso produto educacional utilizamos a plataforma, *Physics Education Technology* (PhET), que é uma plataforma digital que contém vários experimentos na área de ciências da natureza. Também utilizamos as ferramentas: *Google-Meet*, *PowerPoint* e *Google Classroom* para propiciar encontros síncronos e assíncronos. Nossa sequência teve início com a aplicação de um pré-teste contendo 5 questões dissertativas na busca de avaliar os conhecimentos que os educandos traziam sobre movimentos oscilatórios. No segundo momento traçamos uma sequência de aulas, a fim de trabalhar as fragilidades de compreensão sobre o movimento oscilatório, observadas no pré-teste, que está detalhada no apêndice B deste trabalho. Utilizando a plataforma PhET conseguimos trabalhar os experimentos de massa-mola e do pêndulo simples, buscando esclarecer as dúvidas dos alunos. Com ao auxílio do *Google Meet* e do *PowerPoint* conseguimos demonstrar as equações matemáticas para ambos os sistemas vistos no PhET e assim mostrar como teoria e prática andam juntas. Por fim aplicamos um pós-teste com 10 questões com o objetivo de avaliar a eficácia da nossa sequência. Os resultados do pós-teste demonstram. Uma melhora significativa na compreensão dos conceitos envolvidos no movimento oscilatório.

Palavras-chave: Ensino de Física. Ensino Remoto. Simulações Computacionais. Atividade Investigativa. Movimentos Oscilatórios.

ABSTRACT

This dissertation is the result of a research in search of tools that will contribute to the teaching of Physics, especially in remote teaching moments. In this sense, we developed, implemented and executed an educational product, based on a didactic sequence in the investigative scope for oscillatory movements. Therefore, and due to the New Coronavirus pandemic (Covid-19) and social distancing, we sought tools to help us in the remote teaching process. To apply the sequence of our educational product we use the platform, Physics Education Technology (PhET), which is a digital platform that contains several experiments in the field of natural sciences. We also use the tools: Google-Meet, PowerPoint and Google Classroom to provide synchronous and asynchronous meetings. Our sequence began with the application of a pre-test containing 5 essay questions in order to assess the knowledge that the students brought about oscillatory movements. In the second moment, we traced a sequence of classes, in order to work on the fragilities of understanding about the oscillatory movement, observed in the pre-test, which is detailed in Appendix B of this work. Using the PhET platform, we were able to work on the spring-mass and simple pendulum experiments, seeking to clarify the students' doubts. With the help of Google Meet and PowerPoint we were able to demonstrate the mathematical equations for both systems seen in PhET and thus show how theory and practice go together. Finally, we applied a post-test with 10 questions in order to assess the effectiveness of our sequence. The post-test results demonstrate a significant improvement in the understanding of the concepts involved in oscillatory movement.

Keywords: Teaching Physics. Remote Teaching. Computational Simulations. Investigative Activity. Oscillatory Movements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Oscilador bloco-mola. Um oscilador harmônico linear simples. Não há atrito com a superfície.....	31
Figura 2 -	Representação da energia mecânica para o MHS.....	32
Figura 3 -	Representação da energia mecânica para o MHS.....	33
Figura 4 -	Um pêndulo simples.....	34
Figura 5 -	Representação das forças que atuam sobre um pêndulo simples.....	34
Figura 6 -	Um pêndulo físico.....	36
Figura 7 -	Resposta da questão 1, discursiva do Pré-teste.....	42
Figura 8 -	Resposta da questão 1, discursiva do Pré-teste.....	42
Figura 9 -	Resposta da questão 1, discursiva do Pré-teste.....	42
Figura 10 -	Representação do movimento de um balanço ao ser agitado, realizando um vai e vem entorno do seu ponto de equilíbrio.....	43
Figura 11 -	Resposta da questão 2, discursiva do Pré-teste.....	43
Figura 12 -	Resposta da questão 2, discursiva do Pré-teste.....	44
Figura 13 -	Resposta da questão 2, discursiva do Pré-teste.....	44
Figura 14 -	Representação do movimento de um balanço ao ser agitado, realizando um vai e vem entorno do seu ponto de equilíbrio.....	45
Figura 15 -	Resposta da questão 3, discursiva do Pré-teste.....	45
Figura 16 -	Resposta da questão 3, discursiva do Pré-teste.....	46
Figura 17 -	Representação do movimento de um balanço ao ser agitado, realizando um vai e vem entorno do seu ponto de equilíbrio.....	46
Figura 18 -	Resposta da questão 4, discursiva do Pré-teste.....	47
Figura 19 -	Resposta da questão 4, discursiva do Pré-teste.....	47

Figura 20 -	Resposta da questão 4, discursiva do Pré-teste.....	47
Figura 21 -	Representação do sistema massa-mola na vertical.....	47
Figura 22 -	Resposta da questão 5, discursiva do Pré-teste.....	48
Figura 23 -	Resposta da questão 5, discursiva do Pré-teste.....	49
Figura 24 -	Resposta da questão 5, discursiva do Pré-teste.....	49
Figura 25 -	Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.....	51
Figura 26 -	Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.....	51
Figura 27 -	Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.....	52
Figura 28 -	Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET..	54
Figura 29 -	Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET..	54
Figura 30 -	Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET..	55
Figura 31 -	Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET..	55
Figura 32 -	Respostas da questão 1, discursiva do Pós-teste.....	57
Figura 33 -	Resposta da questão 1, discursiva do Pós-teste.....	58
Figura 34 -	Respostas da questão 2, discursiva do Pós-teste.....	59
Figura 35 -	Resposta da questão 2, discursiva do Pós-teste.....	59
Figura 36 -	Respostas da questão 3, discursiva do Pós-teste.....	60
Figura 37 -	Resposta da questão 3, discursiva do Pós-teste.....	60
Figura 38 -	Respostas da questão 4, discursiva do Pós-teste.....	61
Figura 39 -	Respostas da questão 4, discursiva do Pós-teste.....	61
Figura 40 -	Resposta da questão 5, discursiva do Pós-teste.....	62

Figura 41 -	Respostas da questão 5, discursiva do Pós-teste.....	62
Figura 42 -	Resposta da questão 6, discursiva do Pós-teste.....	62
Figura 43 -	Resposta da questão 6, discursiva do Pós-teste.....	63
Figura 44 -	Resposta da questão 7, discursiva do Pós-teste.....	63
Figura 45 -	Resposta da questão 7, discursiva do Pós-teste.....	64
Figura 46 -	Resposta da questão 8, discursiva do Pós-teste.....	64
Figura 47 -	Resposta da questão 8, discursiva do Pós-teste.....	65
Figura 48 -	Resposta da questão 9, discursiva do Pós-teste.....	65
Figura 49 -	Resposta da questão 9, discursiva do Pós-teste.....	65
Figura 50 -	Resposta da questão 10, discursiva do Pós-teste.....	66
Figura 51 -	Resposta da questão 10, discursiva do Pós-teste.....	66
Figura 52 -	Representação do movimento circular de uma partícula.....	73
Figura 53 -	Representação do momento de inércia de alguns corpos rígidos...	76
Figura 54 -	Representação das forças que geram o torque em uma partícula..	77
Figura 55 -	Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.....	86
Figura 56 -	Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.....	86
Figura 57 -	Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.....	87
Figura 58 -	Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET..	89
Figura 59 -	Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET..	89
Figura 60 -	Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET..	90
Figura 61 -	Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET..	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Gráfico de deslocamento, da velocidade e da aceleração, para uma partícula em MHS.....	30
Gráfico 2 -	Demonstração da comparação dos resultados do pré-teste com o resultado do pós-teste.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Relação de graus de liberdade.....	24
Tabela 2 -	Ângulos e senos de ângulos.....	74
Tabela 3 -	Cronograma da aplicação das etapas da sequência.....	84

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivo Geral.....	19
1.2	Objetivos Específicos.....	19
2	FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	O papel do Ensino Investigativo no Processo de Aprendizagem.....	21
2.2	Grau de Liberdade Intelectual Dado ao Aluno.....	24
2.3	Elaboração de um Bom Problema.....	25
3	MOVIMENTO OSCILATÓRIO.....	28
3.1	Movimento Harmônico Simples.....	28
3.2	Força e Energia no Movimento Harmônico Simples.....	30
3.3	Pêndulos.....	33
3.4	Pêndulo Simples.....	33
3.5	Pêndulo Físico.....	36
4	METODOLOGIA.....	38
4.1	Desenvolvimento da Pesquisa e do Produto Educacional.....	38
5	APLICAÇÃO E DISCUSSÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	41
5.1	Resultados Obtidos com a Aplicação do Pré-Teste.....	41
5.2	Conclusão do Professor com Relação a Aplicação do Pré -Teste.	49

5.3	Sequência Didática Utilizando a Plataforma PhET.....	50
5.4	O Sistema Massa-Mola Utilizando o PhET como Laboratório Virtual.....	50
5.5	O Pêndulo Simples Utilizando o PhET como Laboratório Virtual.....	53
5.6	Utilização do <i>PowerPoint</i> e da Plataforma <i>Google-Meet</i> para a Aula Teórica Relacionada a Movimentos Oscilatórios.....	56
5.7	Conclusão do Professor.....	56
5.8	Resultados Obtidos com a Aplicação do Pós-Teste.....	57
5.8.1	<i>Conclusão do Professor Relacionada ao Pós-Teste e a Sequência Didática.....</i>	<i>67</i>
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
	REFERÊNCIAS.....	70
	APÊNDICE A – ROTAÇÕES.....	73
	APÊNDICE B - PRODUTO EDUCACIONAL.....	80

1 INTRODUÇÃO

Após ter concluído o ensino médio em uma escola pública do estado de Pernambuco, prestei vestibular para a o curso de Licenciatura em Física na UFPE no campus de Caruaru em 2009. Durante a graduação realizei vários experimentos nas cadeiras de Física experimental, e fiz várias análises baseadas nesses experimentos. Nesse processo percebi o quanto esse formato de ensino contribuiu para minha formação, pois são nesses momentos que nos sentimos parte integrante do processo e o quanto é importante o enlaçamento entre aulas teóricas e experimentais, coisa que não acontecia, nem de maneira simples, na escola de ensino médio onde estudei.

Após a conclusão do curso de Física, prestei concurso para professor de física do estado de Pernambuco e fui aprovado em primeiro lugar para a cidade que escolhi. Em 2017 comecei a trabalhar como professor do ensino médio em tempo integral, e comecei a observar as turmas e o nível de conhecimento dos alunos e o que percebi, durante esses três anos iniciais de carreira, foi a falta de conhecimentos prévios por parte dos alunos, conhecimentos simples na disciplina de matemática para manipulações de equações e a falta de conhecimento da língua portuguesa para poder fazer uma interpretação de um texto relacionado a um problema de Física, o que por sua vez dificulta o aprendizado de um novo conhecimento.

Além da falta desses conhecimentos prévios, percebi que a maioria dos estudantes não se sente motivada para participar de uma aula expositiva, onde os mesmos são exigidos a apresentar um conhecimento de matemática e português para a resolução de questões apenas teóricas, sem uma discussão devidamente aprofundada e de forma significativa dos conceitos físicos envolvidos. Percebi que o ensino pouco havia mudado em aproximadamente uma década, ou seja, o modelo de ensino tradicional continuava quase que do mesmo jeito ou com pequenas mudanças de quando eu estudava.

Esse modelo de ensino é um modelo onde os alunos são treinados para participar de um sistema baseado em decorar fórmulas e questões trabalhadas muitas vezes por listas de exercícios com a expectativa de que esses modelos de questões venham a fazer parte das provas avaliativas realizadas bimestralmente e até mesmo para avaliar a própria instituição. Além domais, para que o aluno venha a

ingressar em uma universidade é necessário que faça uma avaliação como requisito de concorrência, e esse modelo em muitas das vezes faz com que o aluno seja um agente passivo do processo de aprendizagem.

Para tentar mudar esse formato de aula, no primeiro ano do ensino médio, propus uma atividade experimental aos alunos. A proposta envolveu a montagem de um foguete usando garrafas pet, canos de PVC e uma bomba de calibrar pneus, para poder controlar a pressão, tudo isso com o objetivo de motivar os alunos com um modelo de aula diferente e com materiais de baixo custo.

Com esse experimento foi possível apresentar o movimento parabólico, de maneira tanto conceitual quanto experimental e pude perceber o quanto houve envolvimento e interação por parte dos alunos, com uma interação maior, também, nas aulas teóricas, na busca de tentar relacionar o conteúdo ensinado em sala de aula com o experimento do foguete, e foi possível perceber uma melhora significativa no aprendizado dos educandos de uma forma geral.

Com os alunos do segundo ano, desenvolvemos o experimento que denominamos de “mão hidráulica”, onde utilizamos caixas de sapatos, seringas e mangueiras finas, para mostrar o fenômeno dos vasos comunicantes. Com esse experimento foi possível abordar o conteúdo de pressão, e também foi verificado um envolvimento por parte de todos os alunos, tanto durante o experimento quanto durante as aulas teóricas, pois iriam explicar os fenômenos envolvidos para todas as turmas dos primeiros anos. Com a montagem da mão hidráulica foi percebido a empolgação dos alunos dos primeiros anos no intuito de realizarem o mesmo experimento no ano seguinte.

Entretanto, apesar de percebermos que o trabalho com experimentos pode trazer motivação e engajamento para o estudo, é preciso estar atento a outras questões quando se propõe utilizar a experimentação no processo de ensino. A professora Ana Maria Pessoa de Carvalho (2018), precursora do Ensino de Ciências por Investigação no Brasil, chama a atenção para pelo menos dois elementos, a liberdade intelectual dada aos alunos e a elaboração de um bom problema ou de uma sequência investigativa. Segundo Carvalho (2018), esses dois conceitos são essenciais para que os professores criem condições em sala de aula para os alunos interagirem com o material e construam seus conhecimentos em uma situação de ensino por investigação, apesar de que nem toda aula experimental pode ser caracterizada como uma forma de ensino por investigação.

Uma boa sequência didática precisa ter sempre objetivos de aprendizagem a serem alcançados, com estratégias avaliativas que permitam tanto aos alunos, quanto aos professores acompanhar e evidenciar se esses objetivos estão sendo alcançados. Mais uma vez vale ressaltar a importância da participação ativa do estudante, pois essa prescinde e desenvolve aprendizagens procedimentais e atitudinais, que devem ser explicitadas em toda proposta de ensino envolvendo experimentação, de modo que os mesmos expõem seus conhecimentos prévios na busca de uma solução para o problema exposto.

Assim, partindo da hipótese de que cada estudante faz uso de seus conhecimentos conceituais prévios, para compreender uma atividade, organizando, assim, suas ideias para representar as relações entre as variáveis envolvidas no problema, é possível diversificar as estratégias de ensino adotadas e contribuir para um amplo entendimento daquilo que o professor pretende alcançar na realização de um experimento. Como colocado por Millar e Driver:

O processo da experimentação depende do conhecimento prévio do estudante. A maneira como ele conduz o experimento, os fatores que são selecionados para a investigação e aqueles que são controlados não são características objetivas, mas decorrem da representação mental que o estudante tem da atividade em questão. (MILLAR; DRIVER, 1987, p.50).

No que se refere à experimentação e considerando as propostas a serem desenvolvidas no campo de competências a respeito do ensino da Física, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (OCN) sugerem que durante a formação do educando:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável (BRASIL, 2006).

Nesse sentido, com o objetivo de contribuir para uma melhor aprendizagem da Física, a experimentação, aliada aos pressupostos de um modelo de ensino investigativo, apresenta-se como uma necessária estratégia a ser aplicada. Pois, ao envolver os educandos em um ambiente no qual eles relacionem os conhecimentos do seu dia a dia com os conhecimentos científicos, aprendidos no contexto escolar,

viabilizando a interação entre conceitos novos e os conceitos prévios pode resultar em aprendizado, pois:

É preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos, fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, quando ele é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende. Essa aprendizagem se caracteriza pela interação entre os novos conhecimentos e aqueles especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (AUSUBEL; NOVAK, 1980 apud SILVA, 2018, p.12).

Nesse sentido temos que enfatizar a participação do professor nesse modelo de ensino, pois conforme Cardoso e Scarpa (2018):

As ações dos professores em aulas investigativas são fundamentais para apoiar o desenvolvimento da investigação pelos alunos, dando condições para que a aprendizagem ocorra. É o professor o responsável por orientar a investigação, fazendo uso construtivo do conhecimento prévio dos alunos, incentivando a formulação de hipóteses, promovendo condições para a busca de dados, auxiliando discussões que envolvam pequenos grupos ou a sala toda, encorajando a consideração de pontos de vista alternativos, ajudando na conexão entre as ideias dos alunos e conhecimentos cientificamente aceitos e orientando atividades nas quais os alunos reconhecem as razões de seus procedimentos (MAAß & ARTIGUE, 2013; TRIVELATO & TONIDANDEL, 2015). (CARDOSO; SCARPA, 2018, p.5).

Assim, com o objetivo de melhorar cada vez mais o processo de ensino-aprendizagem nas aulas de Física, fizemos uma pesquisa bibliográfica por artigos que tratam do ensino investigativo e propomos, nesta pesquisa, um produto educacional baseado em uma Sequência Didática (SD) para o conceito de movimentos oscilatórios com foco no sistema massa-mola e no pêndulo simples.

Todavia, devido à pandemia do Novo Coronavírus (Covid-19) e ao distanciamento social, não foi possível montar e realizar as observações de nenhum experimento físico, apesar de termos filmado a montagem e a realização de um experimento físico e enviado aos alunos. Mesmo assim, os alunos não conseguiram realizar a montagem como gostaríamos, pois, tínhamos a intenção de compararmos as diferenças dos dois experimentos, um experimento físico e outro a partir de simulação computacional.

A pandemia do Novo Coronavírus trouxe inúmeros desafios à Educação Básica, em particular à Educação Pública, pois as desigualdades socioeconômicas enfrentadas pelos estudantes da Educação Básica Pública limitaram suas

possibilidades de acesso e participação ao Ensino Remoto, que se estabeleceu em todo o Brasil a partir de março de 2020. Se as dificuldades enfrentadas para o ensino remoto já eram evidentes, a implementação de um Produto Educacional, baseado em uma SD, tornou-se um desafio ainda maior.

Desta forma, a fim de abordar os conteúdos de movimentos oscilatórios, a partir de propostas experimentais, a nossa SD fez uso da plataforma de experimentos virtuais (PhET). Objetivamos envolver os alunos em um processo de ensino-aprendizagem ativa, fazê-los refletir e participar de todo o processo, elaborar suas próprias conclusões e, assim, conseguir êxito naquilo que se busca alcançar. Logo, nos coube, por meio desta pesquisa, responder ao questionamento:

A utilização de experimentos virtuais, em condições de ensino remoto, para realização de uma Sequência Didática (SD), pode contribuir para a aprendizagem de movimentos oscilatórios em estudantes do Ensino Médio de uma escola pública?

A fim de responder ao questionamento apresentado, elaboramos os seguintes objetivos:

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma Sequência Didática (SD), utilizando plataformas virtuais de ensino para as aplicações experimentais, que possam auxiliar a aprendizagem dos conceitos de movimentos oscilatórios para estudantes do ensino médio.

1.2 Objetivos Específicos

- Utilizar ferramentas tecnológicas, como o *PHET*, *Google-Meet*, *Google-Classroom* e o *PowerPoint*, no ensino de Movimento Harmônico Simples, na busca de encontrar novas alternativas de transmitir conhecimento, por meio de um laboratório virtual.
- Fazer com que os educandos criem hipóteses e elaborem respostas para os dados coletados.

- Criar uma sequência didática onde haja debates e interação entre: aluno/aluno e aluno/professor e assim fazer com que o aluno vire um agente ativo do processo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo trazemos informações sobre o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), atividades investigativas e suas características além da importância do ensino investigativo no processo de aprendizagem. Apesar de não termos desenvolvido uma sequência de ensino por investigação, buscamos atender alguns pressupostos desta metodologia a fim de potencializar a aprendizagem em nossa Sequência Didática.

2.1 O papel do Ensino Investigativo no Processo de Aprendizagem

Sabemos que a Física tem um papel importantíssimo em nossa sociedade e no mundo, mas que não é nada fácil mostrar toda essa importância com as aulas expositivas, que se limitam a apresentação de definições e a resolução de exercícios. Pois o ensino da Física, desta forma, é bem distinto do processo de descobertas realizado pelos cientistas. Assim, uma estratégia investigativa deve despertar o interesse dos alunos, envolvendo-os de forma ativa e participativa levando-os a refletir e procurar estratégias para solucionar um determinado problema proposto pelo professor. Carvalho (2018, p.5) define como ensino por investigação, o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos:

- Pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- Falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
- Lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido;
- Escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

E diante das definições acima, Carvalho (2018) afirma que quando se avalia um modelo de ensino investigativo, não se busca verificar somente se os alunos aprenderam os conteúdos programáticos, mas se eles saberão falar, argumentar, ler e escrever sobre esses conteúdos.

Outro fato importante é que se precisa deixar claro que o processo de ensino investigativo não quer dizer que é o mesmo que uma investigação científica, pois em uma investigação científica o objetivo é encontrar respostas para perguntas ainda não respondidas, procurar responder algo novo, mas no ensino investigativo a resposta já é conhecida. Todavia, o ensino investigativo procura envolver os educandos em um ambiente desafiador e um dos fatores importantes é a liberdade que os estudantes têm no processo investigativo, além da interação entre educando/educando e educando/professor que é fundamental em um processo investigativo. Essa interação faz com que o aluno relacione seus raciocínios com o raciocínio do colega para poder resolver o problema e assim envolver os educandos em um ambiente que permita com que o eles pensem, gerando hipóteses, busquem formas de resolver o problema proposto, pois:

O ensino de ciências por investigação (EnCI) deve proporcionar o envolvimento dos estudantes com a resolução de problemas e questões; geração de hipóteses; coleta, análise e interpretação de dados; construção de conclusões; comunicação e reflexão acerca do processo investigativo; e continuidade do processo investigativo. (CARDOSO; SCARPAS, 2018, p.3).

Conforme foi relatado anteriormente, o aluno, em um processo de ensino por investigação, passa de um agente passivo para um agente ativo, desenvolvendo, assim, habilidades cognitivas e a capacidade de argumentação, a comunicação e a elaboração de estratégias para solucionar problemas. Conforme Moura (2018), Piaget destaca a importância de ter sempre um desafio a ser solucionado pelos educandos. Dessa maneira, neste momento sentindo-se desafiado, o aluno passa a criar ideias e inicia a construção do pensamento científico, ao passo que, a interação com a sala acontece de forma espontânea.

Por outro lado, o professor precisa estar preparado para poder aplicar essa metodologia, pois precisa dominar bem o conteúdo trabalhado em uma sequência investigativa, conforme Morais (2018),

O ensino de ciências, pela especificidade de seu conteúdo, exige dos professores adaptações pedagógicas que possibilitem o aprendizado. Para Moreira, et al. (2014), “As aulas expositivas têm sido um recurso pedagógico amplamente utilizado, onde muitas vezes os professores repetem mecanicamente o conteúdo dos livros didáticos, enquanto os alunos ficam ouvindo de forma passiva e copiando o conteúdo apresentado. Entretanto, durante o processo de escolarização, é fundamental que os alunos aprendam a compreender o conteúdo explanado além da teoria, conseguindo

assim levantar questões, propor soluções e analisar dados de forma crítica”. (MORAIS, 2018, p.14).

Como foi dito anteriormente, trabalhar com uma metodologia investigativa pode contribuir positivamente para a aprendizagem de uma turma totalmente heterogênea, todavia é importante frisar que trabalhar com a temática investigativa é desafiador, também, para o professor, pois o mesmo precisa traçar uma sequência bem elaborada e assim:

[...] os alunos não ficam restritos a atividades puramente lúdicas, sendo inseridos em um processo que busca a elaboração de hipóteses, análise de evidências e obtenção de conclusões. Desta forma, observa-se que este tipo de abordagem extrapola a mera execução de tarefas, trazendo a oportunidade de obtenção de novas compreensões e significados acerca do conteúdo ministrado. (MORAIS, 2018, p.15).

Consoante Nascimento e Gomes (2018), o sucesso na aplicação de uma atividade por investigação depende de estratégias e de planejamentos criados e organizados previamente pelo docente.

Ao escolher uma atividade investigativa experimental, para uma turma, o professor precisa certificar-se de que o ambiente onde os alunos estão inseridos oferece suporte para tal aplicação. Pois, como se sabe, nem todas as escolas públicas oferecem um laboratório adequado o que é um grande problema e muitas vezes desmotiva o professor a trabalhar com problemas experimentais. Segundo Nascimento e Gomes (2018), a atividade investigativa experimental propicia a interação entre os conhecimentos conceituais e procedimentais, contribuindo, assim, para a aprendizagem.

Falando da importância de uma proposta de ensinar Física seguindo uma metodologia investigativa, podemos citar a BNCC:

Para além do aprofundamento dessas temáticas, a BNCC de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe também que os estudantes ampliem as habilidades investigativas desenvolvidas no Ensino Fundamental, apoiando-se em análises quantitativas e na avaliação e na comparação de modelos explicativos. Além disso, espera-se que eles aprendam a estruturar linguagens argumentativas que lhes permitam comunicar, para diversos públicos, em contextos variados e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), conhecimentos produzidos e propostas de intervenção pautadas em evidências, conhecimentos científicos e princípios éticos e responsáveis. (BNCC, BRASIL, 2017, p.538).

Sabemos que a experimentação desafia os estudantes a procurar e encontrar formas de solucionar problemas, fazendo com que saiam de uma zona de conforto e passem de agente passivo a agente ativo do processo de ensino-aprendizagem, mas para que se consiga de fato relacionar a experimentação com um ensino investigativo Carvalho (2018) propõe que a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do professor com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema. Por isso, vamos detalhar esse construto do Ensino por Investigação proposto por Carvalho (2018) a seguir.

2.2 Grau de Liberdade Intelectual Dado ao Aluno

Para falar de grau de liberdade intelectual Carvalho (2018) apresenta em seu artigo a Tabela 1.

Tabela 1. Relação de graus de liberdade. Obs: P = professor, A = aluno.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: Carvalho (2018).

Segundo Carvalho (2018), a primeira coluna, grau de liberdade 1 (Grau 1), representa o modelo de ensino diretivo, no qual, quase sempre por meio do referencial teórico, o professor (P) mostra todos os passos do plano de trabalho, restando aos alunos (A) somente acatar o receituário proposto e obter os dados que estejam de acordo. Esse formato, na maioria das vezes, faz com que os alunos mudem seus dados coletados para não errar frente aos resultados esperados que já

estavam estabelecidos, o que coloca essa estratégia fora de uma proposta de ensino investigativo.

A segunda coluna apresenta o grau de liberdade 2 (Grau 2), nessa estratégia, apesar do professor ser mais aberto e participativo junto a seus alunos, ainda representa um ensino diretivo, pois é a resposta do professor que orienta o trabalho.

A partir dos graus de liberdade de professor e aluno apresentados na terceira coluna, grau de liberdade 3 (Grau 3), é que a autora considera um ensino por investigação, nessa coluna o professor propõe o problema, mas há uma participação maior por parte dos alunos, onde as hipóteses são discutidas, e são os alunos que buscam como fazer a experiência, sob a supervisão do professor.

A quarta e A quinta colunas, grau de liberdade 4 (Grau4) e grau de liberdade 5 (Grau 5), segundo Carvalho (2018), representam uma classe de alunos mais maduros acostumados a trabalhar em grupo e a tomar decisões para resolver os problemas, coisa que não se pode esperar para uma classe heterogênea do ensino médio, onde os alunos não conseguem resolver problemas simples de resolução de equações em muitas das vezes.

Analisando a Tabela 1, compreendemos que dois problemas tornariam quase impossível o desenvolvimento de uma SD que se encaixasse em um grau de liberdade que estivesse dentro de um ensino por investigação. O primeiro problema foi o fato dos estudantes não estarem acostumados ao trabalho em grupo e nem terem autonomia intelectual suficiente. O segundo problema foi a Pandemia, que colocou os estudantes em ensino remoto.

2.3 Elaboração de um Bom Problema

É importante o envolvimento do professor na elaboração de um bom problema, pois ele é o principal responsável por desenvolver uma metodologia que envolva os alunos em determinado problema que esteja dentro de um grau de liberdade que seja considerado como ensino por investigação, segundo Carvalho (2018):

É necessário diferenciar o 'problema' proposto para os alunos resolverem nas aulas de laboratório, nos problemas abertos de lápis e papel, e mesmo nas questões propostas em outras atividades

como, por exemplo, a que envolve História das Ciências de questões problematizadoras, muitas vezes propostas no início das sequências investigativas para dar um sentido social ao ensino. Nas aulas de Ciências, do ensino Fundamental I ao ensino Médio, a existência de problemas abertos (nível 3 e 4 de liberdade intelectual) aponta para uma atividade inovadora, principalmente no ensino das atividades experimentais e na resolução de problemas de lápis e papel (CARVALHO, 2018, p. 7).

Nesse sentido Carvalho (2018, p.5) define que um bom problema é aquele que:

- Dá condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido no mesmo;
- Dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis do mesmo;
- Dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem;
- Dá condições para que os conhecimentos aprendidos sejam utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar;
- Quando o conteúdo do problema está relacionado com os conceitos espontâneos dos alunos (Driver, Guesne, &Tiberghien, 1985), esses devem aparecer como hipóteses dos mesmos.

Por outro lado, nas aulas experimentais um bom problema é aquele que dá condições para que os alunos:

- Passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- Construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis).

Com isso, e em concordância com o que foi dito até aqui, vemos o quanto é importante o envolvimento do professor junto a uma nova proposta de ensino-aprendizagem, e o quanto é importante buscar sempre novas formas diferentes de se trabalhar os conteúdos de Física para alcançar o ensino-aprendizagem e se

certificar de que o problema proposto está de acordo com o que foi defendido anteriormente.

Baseado no que foi dito até aqui sobre ensino investigativo, sequência de ensino investigativo e na busca de se conseguir novas ferramentas que auxiliem os professores de Física em suas aulas, de maneira que a aprendizagem seja eficaz, nos deparamos com as seguintes questões:

- É possível envolver uma classe heterogênea com uma proposta de sequência de ensino investigativo?
- É possível trabalhar o ensino-aprendizagem dos conteúdos de Física, a partir de uma sequência investigativa?

Com essas questões em mente, desenvolvemos um produto educacional, na forma de uma sequência investigativa, relacionada ao conteúdo de movimentos oscilatórios, onde utilizamos as simulações computacionais do PhET para apresentar experimentos relacionados ao sistema massa-mola e ao pêndulo simples, além das ferramentas: *Google-Meet* e *PowePoint*, que foi essencial para podermos aplicar nossa sequência didática em modo remoto por conta da pandemia vivida no momento.

Nossa sequência foi planejada e executada conforme está detalhada no nosso produto educacional (PE) **apêndice C**. Seguimos todos os passos que detalhamos na nossa metodologia (**tópico 4**) deste trabalho. Confesso que me surpreendi com os resultados obtidos com nossa SD, pois para uma classe totalmente heterogênea, onde no pré-teste tivemos uma quantidade muito baixa de acertos, para as questões relacionadas ao sistema massa-mola e ao pêndulo simples, nos surpreendemos com os resultados obtidos no pós-teste, com uma quantidade alta de acertos nos respectivos temas, como pode ser visto no **Gráfico 1** da sessão 5.8, após a aplicação da SD, o que nos leva a concluir que o aprendizado obtido foi bastante satisfatório para movimentos harmônicos simples.

3 MOVIMENTO OSCILATÓRIO

Em nosso dia a dia nos deparamos com vários tipos de movimentos que são considerados periódicos. Ao tocar uma corda de violão produzimos um movimento oscilatório que consiste em uma frequência fundamental. Assim em uma orquestra existe várias frequências fundamentais e vários harmônicos, que se sobrepõem e se propagam no ar, além dos instrumentos musicais vários outros corpos podem adquirir movimentos considerados como oscilatórios, pois segundo Alonso e Finn (1992):

Uma partícula tem um movimento oscilatório (vibratório) quando se move periodicamente em torno de uma posição de equilíbrio. O movimento de um pêndulo é oscilatório. Um peso, unido a uma mola esticada, começa a oscilar quando se solta a mola. Os átomos de um sólido, ou de uma molécula, vibram uns em relação aos outros. Os elétrons numa antena emissora, ou receptora, oscilam rapidamente (ALONSO; FINN, 1992,p.153).

Ainda segundo o Alonso e Finn (1992), de todos os movimentos oscilatórios, o mais importante é o **movimento harmônico simples (MHS)**. Sabemos o quanto é importante o conhecimento de movimentos oscilatório, quando estudamos os fenômenos ondulatórios.

3.1 Movimento Harmônico Simples

Em um movimento oscilatório temos um parâmetro importante que é a **frequência**, ou seja, o número de oscilações completadas por segundo, onde usamos a letra f , como simbologia e sua unidade é, no Sistema Internacional (SI), **hertz (Hz)**, onde:

$$1\text{hertz} = 1\text{Hz} = 1\text{oscilação por segundo} = 1\text{s}^{-1}$$

Ainda relacionado ao movimento harmônico simples temos outra grandeza, que é o período, simbolizado pela letra T , e sua unidade no SI é o segundo, e que é o tempo necessário para que o movimento se repita. O período se relaciona com a frequência através da fórmula:

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

Para uma partícula em movimento harmônico simples, ao longo de um eixo OX e deslocamento X em relação a origem do sistema de coordenadas, temos que uma função do tempo $x(t)$, para representar esse movimento é dada por:

$$x(t) = A\cos(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

Onde a quantidade entre parênteses é conhecida como ângulo de fase, A é uma constante e representa a amplitude inicial do movimento, ω é a frequência angular, que também é constante e φ é a fase inicial do movimento, ou seja, para $t = 0$. Poderíamos ter representado a equação anterior através de um seno. Sabemos que a função cosseno se repete a cada vez que o ângulo ωt aumenta de 2π , logo:

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

Como a frequência é o inverso do período, temos;

$$f = \frac{1}{T} = \omega/2\pi \quad (4)$$

Derivando a equação da posição da partícula encontramos sua velocidade:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \quad (5)$$

E que varia periodicamente entre os valores $+\omega A$ e $-\omega A$.

Derivando a equação da velocidade encontramos sua aceleração:

$$\alpha(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) \quad (6)$$

E que varia periodicamente entre os valores $+\omega^2 A$ e $-\omega^2 A$.

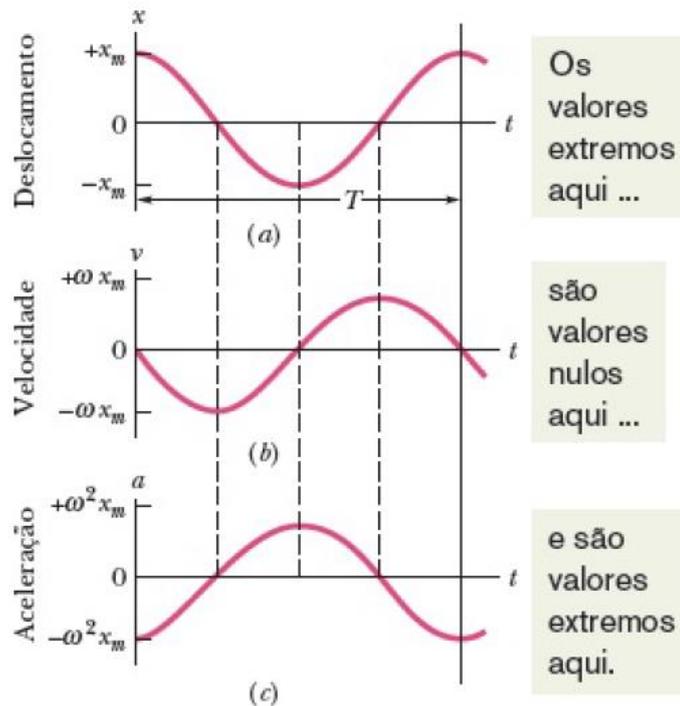
Dessa forma a aceleração pode ser dada, a partir da equação anterior, como:

$$\alpha(t) = -\omega^2 x(t) \quad (7)$$

Ou seja, vemos que a aceleração, no movimento harmônico simples, é proporcional ao negativo do deslocamento, ou seja, a aceleração age sempre com o objetivo de trazer a partícula para o ponto de equilíbrio e que se relacionam pelo

quadrado da frequência angular. O Gráfico 1 representa: a) O deslocamento $x(t)$ de uma partícula que executa um MHS com ângulo de fase ϕ igual a zero; (b) A velocidade $v(t)$ da partícula e (c) A aceleração $a(t)$ da partícula.

Gráfico 1 - Gráfico de deslocamento, da velocidade e da aceleração, para uma partícula em MHS. (a) O deslocamento $x(t)$ de uma partícula oscilando em um MHS com ângulo de fase ϕ igual a zero. O período T corresponde a uma oscilação completa. (b) A velocidade $v(t)$ da partícula. (c) A aceleração $a(t)$ da partícula.



Fonte: Halliday (2009, p. 89).

3.2 Força e Energia no Movimento Harmônico Simples

Como sabemos, pela segunda lei de Newton, a resultante das forças que atuam em um corpo é representada por $F = ma$ e para um corpo com MHS sua aceleração é dada por $a = -\omega^2 x$, logo:

$$F = -m\omega^2 x = -kx \quad (8)$$

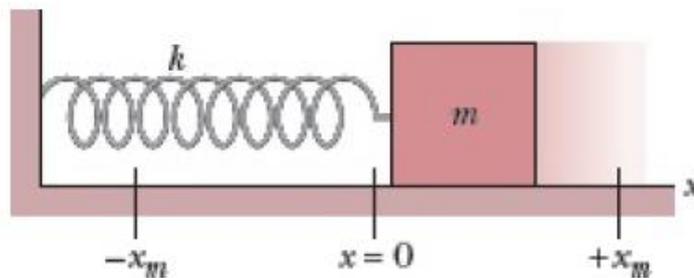
Onde,

$$k = m\omega^2 \quad \text{ou} \quad \omega = \left(\frac{k}{m}\right)^{1/2} \quad (9)$$

A equação (8) indica que no movimento harmônico a força é proporcional e oposta ao deslocamento. A força que aparece na equação (8) é semelhante a que vemos quando estudamos o conceito de molas, conforme a figura 1:

Figura 1 - Oscilador bloco-mola. Um oscilador harmônico linear simples. Não há atrito com a superfície.

O bloco executa um movimento harmônico simples quando é puxado ou empurrado a partir da posição $x = 0$ e depois liberado.



Fonte: Halliday (2009, p. 90).

Ou seja, a equação (8) aplicada ao caso apresentado na figura 2 é conhecida como a lei de Hooke. Com o resultado encontrado para a equação (9), podemos encontrar um novo modelo para representar o período e a frequência do movimento, dados respectivamente por;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (10)$$

Sabemos que todo corpo que tem movimento, carrega consigo energia do tipo cinética, que relacionando ao movimento oscilatório pode ser representada dada por:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi) = kA^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi) \quad (11)$$

Usando a identidade trigonométrica para $\text{sen}^2\theta = 1 - \cos^2\theta$, temos:

$$E_c = \frac{1}{2}kA^2[1 - \cos^2(\omega t + \varphi)] = \frac{1}{2}k[A^2 - A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)] = k(A^2 - x^2) \quad (12)$$

Com isso vemos que a energia cinética é mínima para $x=A$, ou seja, nos extremos dos movimentos e é máxima para $x=0$, ou seja, na origem que é o mesmo que o ponto de equilíbrio. Além da Energia Cinética é possível analisar como se comporta a Energia Potencial para o caso do MHS:

$$\int_0^{E_p} dE_p = \int_0^x kx' dx$$

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \quad (13)$$

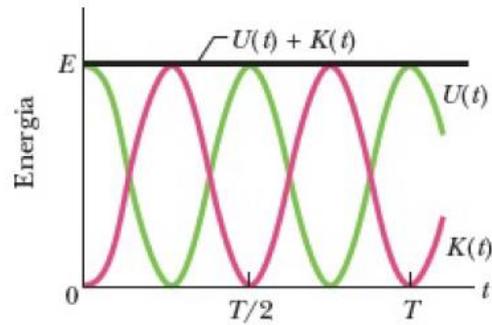
Como vemos pela equação 13, a energia potencial é máxima para o deslocamento máximo da partícula e zero para o ponto onde a partícula fica em equilíbrio. Isto quer dizer que no ponto máximo da oscilação, quando o corpo inverte o sentido do movimento, ou seja, quando sua velocidade é nula e, conseqüentemente, sua energia cinética é nula, a sua energia potencial será máxima. Tendo em vista que a energia mecânica é dada pela soma das energias potencial e cinética. Logo temos:

$$E = E_p + E_c = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}k(A^2 - x^2) = \frac{1}{2}kA^2 \quad (14)$$

Pela equação (14), vemos que a energia mecânica do sistema é uma constante, e que ao longo de uma oscilação existe um intercâmbio, entre energia potencial e energia cinética, conforme a figuras 2 e a figura 3:

Figura 2 - Representação da energia mecânica para o MHS.

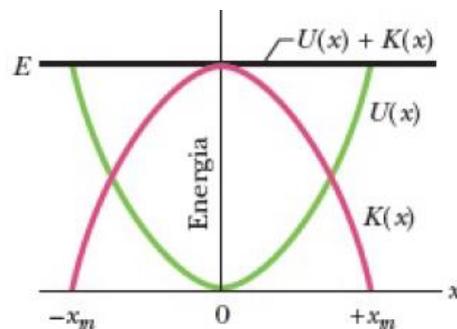
Energia potencial $u(t)$, energia cinética $K(t)$ e energia mecânica E em função do tempo t para um oscilador harmônico linear. Observe que todas as energias são positivas e que a energia potencial e a energia cinética passam por dois máximos em cada período.



Fonte: Halliday (2009, p. 93).

Figura 3 - Representação da energia mecânica para o MHS.

Energia potencial $U(x)$, energia cinética $K(x)$ e energia mecânica E em função da posição x para um oscilador harmônico linear de amplitude x_m . Para $x = 0$, a energia é toda cinética; para $x = \pm x_m$, a energia é toda potencial.



Fonte: Halliday (2009, p. 93).

A seguir vamos estudar o caso específico da oscilação dos pêndulos.

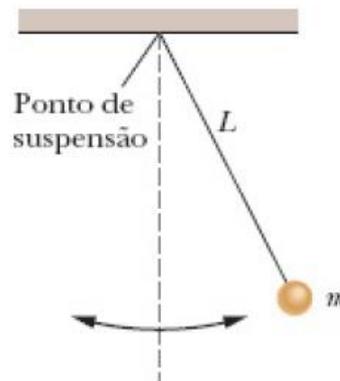
3.3 Pêndulos

Sabemos que o estudo dos pêndulos é uma parte fundamental para a análise de movimentos periódicos. Vamos falar de dois tipos de pêndulo: o pêndulo simples e o pêndulo físico cujo qual se aproxima mais da realidade.

3.4 Pêndulo Simples

O pêndulo simples é considerado “ideal” porque se faz algumas considerações como, por exemplo, considerar que ele é constituído de um fio longo, fino, inextensível e de massa desprezível. Se uma das extremidades deste fio for pendurada em um suporte e na outra extremidade for fixada uma massa (m), então, quando esta massa é posta a balançar, vamos obter o MHS de um Pêndulo Simples, conforme é apresentado na figura 4.

Figura 4 - Um pêndulo simples.

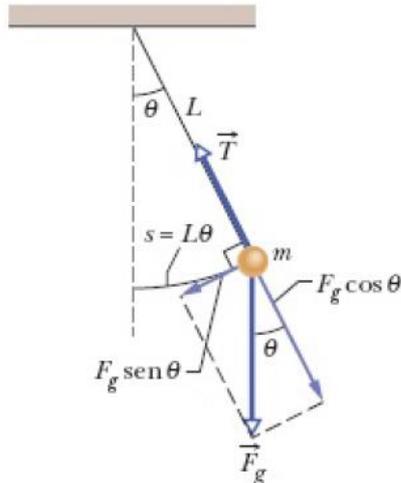


Fonte: Halliday (2009, p. 96).

Ao tirar o sistema da posição de equilíbrio e soltá-lo, a massa m entrará em movimento devido à aceleração da gravidade g e existirá uma força restauradora que tende a levá-lo novamente a sua posição de equilíbrio, conforme a figura 5:

Figura 5 - Representação das forças que atuam sobre um pêndulo simples.

As forças que agem sobre o peso são a força gravitacional \vec{F}_g e a tração \vec{T} do fio. A componente tangencial $\vec{F}_g \sin\theta$ da força gravitacional é a força restauradora que tende a levar o pêndulo de volta para a sua posição central.



Fonte: Halliday (2009, p. 96).

A força restauradora F_t é a componente da força gravitacional \vec{F}_g , que é perpendicular ao comprimento L do fio, logo:

$$F_t = -F_g \text{ sen}\theta = mg \text{ sen}\theta \quad (15)$$

Onde o sinal negativo indica que a força age no sentido de reduzir θ . Conforme a equação 13 do apêndice A deste trabalho, o torque gerado por uma força é representado por: $\tau = rF_t$. Para a figura 6 o braço de alavancar é igual a L , logo o torque pode ser representado da seguinte forma:

$$\tau = -L(F_g \text{ sen}\theta) \quad (16)$$

Conforme equação 18 do apêndice A, $\tau = I\alpha$, onde I é o momento de inercia do sistema. Igualando as equações e considerando o caso para pequenos ângulos, no caso para ângulos abaixo dos 10° , onde podemos fazer a aproximação: $\text{sen}\theta \approx \theta$, temos:

$$-L(mg\theta) = I\alpha \quad (17)$$

$$\alpha = -\frac{mgL}{I}\theta \quad (18)$$

Essa equação nos diz que a aceleração do pêndulo é proporcional ao deslocamento angular θ com o sinal oposto, ou seja, no sentido contrário ao deslocamento de θ , no sentido de trazer a massa para a posição de equilíbrio, e é

equivalente a equação 7, onde $a(t) = -\omega^2 x(t)$, característica do MHS. Logo comparando a equações 18 que trata de um deslocamento angular com a equação 7, que se refere a um deslocamento linear, temos:

$$-\omega^2 \theta = -\frac{mgL}{I} \theta \quad (19)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{mgL}{I}} \quad (20)$$

Conforme a equação (3), podemos escrever:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (21)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgL}} \quad (22)$$

Considerando o pêndulo ideal, ou seja, considerando que toda a sua massa está concentrada na extremidade inferior a uma distância L do ponto fixo, que seu fio é ideal e usando o resultado da equação 10 do apêndice A, onde é mostrado que o momento de inércia é dado por, $I = mL^2$, podemos escrever o período de um pêndulo simples ideal da seguinte forma:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mL^2}{mgL}} \quad (23)$$

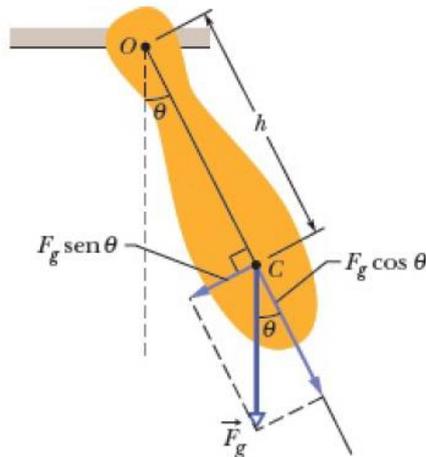
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (24)$$

3.5 Pêndulo Físico

Quando falamos de pêndulos simples, apresentamos uma esfera contendo uma massa e suspensa por um fio de massa desprezível além de fazermos várias aproximações, mas o que encontramos no mundo real são pêndulos com uma configuração, como é mostrado na figura 6, onde é apresentado um corpo com uma configuração de massa não homogênea.

Figura 6 - Um pêndulo físico.

O torque restaurador é $hF_g \sin \theta$. Quando $\theta = 0$, o centro de massa C está situado diretamente abaixo do ponto de suspensão O .



Fonte: Halliday (2009, p. 97).

Com isso o momento de inércia fica cada vez mais complicado de ser obtido com precisão. No entanto na figura 53, do apêndice A deste trabalho, ilustramos o momento de inércia de alguns corpos. Também precisamos ressaltar que para o pêndulo simples fizemos aproximação para o ângulo, o que não é tão fácil e tão exato. Contudo, temos no mundo real pêndulos físicos que, para pequenas oscilações, podemos considerar o período T dado pela equação (22).

Na nossa sequência investigativa, utilizando o PhET, apresentamos o experimento do pêndulo simples.

4 METODOLOGIA

Este capítulo explana o roteiro seguido durante todo o processo da aplicação do produto educacional (apêndice B), no formato de uma sequência didática (SD), onde foi utilizado a plataforma virtual PhET para a realização das simulações experimentais, além das plataformas: *Google-Meet*, *Google-Classroom* e *PowerPoint*.

4.1 Desenvolvimento da Pesquisa e do Produto Educacional

Para o desenvolvimento deste trabalho fizemos uma pesquisa bibliográfica em diversos artigos e dissertações de mestrado além de livros relacionados ao ensino de Física por investigação, a seguir apresentaremos os principais artigos que tomamos como base para formular nossa sequência investigativa:

Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação;

Atividades Investigativas na Educação Científica: Dimensões e Perspectivas em Diálogos com o ENCI;

A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação;

A Relação entre o Conhecimento Conceitual e o Desempenho de Estudantes em Atividades Investigativas;

Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas;

Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular.

A partir daí, elaboramos o produto educacional relacionado a Movimentos Harmônicos Simples. A prática investigativa que embasa a presente pesquisa busca contextualizar o ensino por meio de uma Sequência Didática (SD) relacionada ao conteúdo de movimentos oscilatórios em ensino remoto.

A sequência didática proposta procura evidenciar o estudo relacionado a movimentos oscilatórios, bem como o seu papel e sua importância para a sociedade. A fim de verificar os conhecimentos prévios dos estudantes, sobre os conceitos envolvidos no movimento oscilatório, elaboramos um pré-teste e após o desenvolvimento da SD aplicamos um pós-teste, ambos estão disponíveis no Produto Educacional (apêndice B).

Ao elaborar as atividades envolvendo o conteúdo de oscilações, seguimos os pressupostos de uma sequência didática de caráter investigativo a partir dos experimentos na plataforma do PhET e por meio de questões propostas em um pré-teste e em um pós-teste, além da utilização do *Google-meet* e do *PowerPoint* para a explanação dos conceitos matemáticos.

Para aplicar nossa SD, tivemos como participantes alunos do segundo ano do ensino médio da escola estadual EREM João Batista de Vasconcelos, onde é aplicado o ensino médio em tempo integral. A atividade foi planejada com o objetivo de fazer com que os alunos pensassem e interagissem para avaliar e solucionar os problemas propostos.

O nosso produto educacional seguiu da seguinte forma:

- 1- Foi aplicado um pré-teste com o objetivo de coletar informações relacionadas ao conhecimento dos alunos sobre movimentos oscilatórios.
- 2- Utilizamos a plataforma do PhET para apresentar e analisar o sistema massa-mola.
- 3- Utilizamos a plataforma do PhET para apresentar e analisar o pêndulo simples.
- 4- Foi feita uma explanação dos cálculos matemáticos relacionados aos movimentos oscilatórios, com um foco maior no sistema massa-mola e no pêndulo simples, além de outros movimentos periódicos.
- 5- Foi aplicado um pós-teste com o objetivo de avaliar a aprendizagem dos conteúdos de movimentos oscilatórios.

Para dar início a nossa metodologia foi feito um pré-teste com questões abertas relacionadas ao sistema massa-mola e ao pêndulo simples, onde as questões foram pensadas e formuladas com base em situações do dia a dia dos estudantes, com o objetivo de fazer os estudantes: pensar e expor seus pontos de vista e relacionar os conhecimentos já estudados anteriormente, tanto no âmbito escolar como no âmbito cultural e de nos mostrar o quanto cada aluno compreendia sobre o conteúdo e o que poderíamos fazer ao elaborar uma sequência de caráter investigativo, pois a nossa sequência, utilizando o PhET como laboratório virtual, teria que ser pensada com base nas respostas dos alunos, para assim suprir as deficiências encontradas.

5 APLICAÇÃO E DISCUSSÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O pré-teste (item 5 do produto educacional - PE) e o pós teste (item 6 do produto educacional - PE) encontrados no apêndice B deste trabalho, foram aplicados via *Google-Meet* a uma turma de 13 alunos do segundo ano do ensino médio, onde elaboramos 5 questões de caráter dissertativas para o pré-teste e 10 questões também de caráter dissertativas para o pós-teste, onde todas as questões do pós-teste foram diferentes das do pré-teste. Todas as questões foram relacionadas a movimentos oscilatórios, com um foco maior no sistema massa-mola e no pêndulo simples, com situações do dia a dia dos estudantes.

As aplicações do pré-teste e a do pós-teste, foram feitas de maneira síncrona, onde o professor e autor deste trabalho utilizou o compartilhamento de tela, por meio do *Google-Meet*, com todos os alunos ao mesmo tempo e foi lendo uma por uma das questões e esperando até que o ultimo aluno respondesse essa questão para assim passar para questão seguinte. Os alunos respondiam em seus cadernos e logo após o término da aplicação, todos os alunos tiraram fotografias das questões e as enviaram via *Google-Classroom*.

5.1 Resultados Obtidos com a Aplicação do Pré-Teste

Para todo o processo da aplicação e elaboração do pré-teste objetivamos fazer os estudantes pensar e expor seus pontos de vista e relacionar os conhecimentos já estudados anteriormente, tanto do âmbito escolar como do âmbito cultural, possibilitando que cada estudante pudesse se manifestar livremente e, assim, nos mostrar o quanto conhecia sobre o conteúdo de oscilações e o que deveríamos priorizar ao elaborar uma sequência de caráter investigativo.

Questão 1: No nosso dia a dia nos deparamos com vários tipos de movimentos oscilatórios (periódicos). Com suas palavras classifique o que são esses movimentos.

As respostas obtidas para a questão 1 evidenciaram que os alunos tinham pouca ou nenhuma compreensão sobre o que são movimentos oscilatórios.

Observamos que 3 deles enviaram uma resposta categórica informando “não sei”, como podemos ver na figura 7.

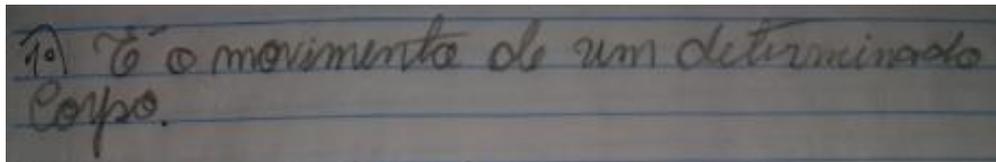
Figura 7 - Resposta da questão 1, discursiva do Pré-teste.

A photograph of a handwritten response on lined paper. The text is written in blue ink and reads "8. não sei".

Fonte: O Autor (2021).

Outros 7 estudantes esboçaram uma resposta, todavia ela não estava adequada ou não mostrava indícios de compreensão do que são os movimentos oscilatórios, como podemos ver na figura 8.

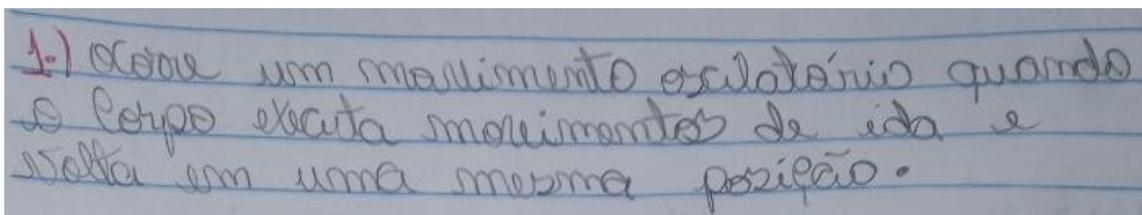
Figura 8 - Resposta da questão 1, discursiva do Pré-teste.

A photograph of a handwritten response on lined paper. The text is written in dark ink and reads "10) É o movimento de um determinado corpo.".

Fonte: O Autor (2021).

Apenas outros 3 estudantes apresentaram respostas onde havia algum indício de compreensão ou algum conhecimento prévio de movimento oscilatório, como podemos ver no exemplo apresentado na figura 9.

Figura 9 - Resposta da questão 1, discursiva do Pré-teste.

A photograph of a handwritten response on lined paper. The text is written in red ink and reads "1-) ocorre um movimento oscilatório quando o corpo executa movimentos de ida e volta em uma mesma posição.".

Fonte: O Autor (2021).

Questão 2: Um balanço é constituído conforme a figura 10:

Figura 10 - Representação do movimento de um balanço ao ser agitado, realizando um vai e vem entorno do seu ponto de equilíbrio.

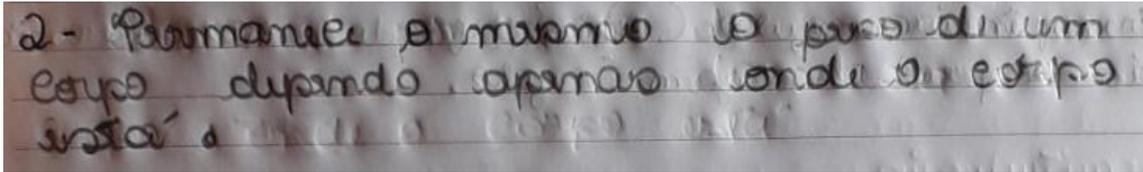


Fonte: <https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-trajeto-do-movimento-do-balan%C3%A7o-da-corda-isolado-image41032266>.

Você calculou o tempo que uma pessoa leva para ir da posição A até a posição B e retornar à posição A e anotou. Se uma pessoa com o dobro do peso da pessoa anterior sentar no mesmo balanço esse tempo que você havia calculado anteriormente **umenta, diminui** ou **permanece o mesmo**? Justifique sua resposta.

As respostas obtidas para a questão 2 evidenciam, assim como na questão 1, que o entendimento dos alunos era muito vago ou nenhum sobre os fenômenos oscilatórios. Observamos que apenas 3 estudantes apresentaram respostas corretas e que em apenas 2 dessas respostas foram apresentadas justificativas e que pode ser considerado que havia algum indicio de compreensão ou algum conhecimento prévio de movimento oscilatório, como podemos ver na figura 11, e 1 resposta sem justificativa como podemos ver na figura 12, que podemos considerar que o aluno pode não possuir nenhum conhecimento sobre o assunto.

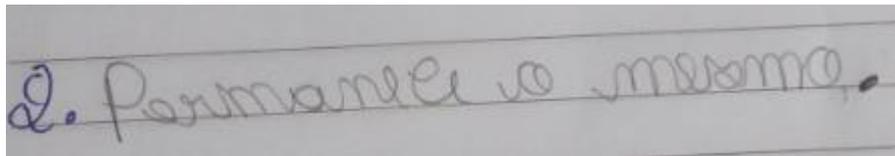
Figura 11 - Resposta da questão 2, discursiva do Pré-teste.



2 - Permanece o mesmo. O peso de um corpo depende apenas onde o corpo está e não o período.

Fonte: O Autor (2021).

Figura 12 - Resposta da questão 2, discursiva do Pré-teste.

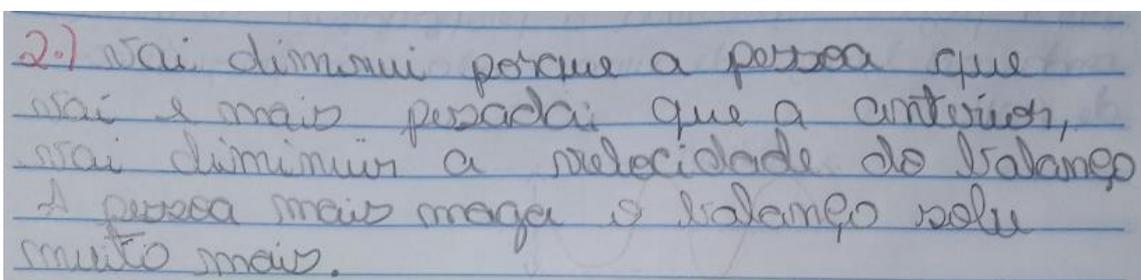


2. Permanece o mesmo.

Fonte: O Autor (2021).

Outros 10 estudantes esboçaram uma resposta, todavia ela não estava adequada ou não mostrava indícios de compreensão do que são os movimentos oscilatórios, e como podemos ver pela figura 13, esses alunos tentaram relacionar o conceito de massa com peso e velocidade, buscando justificar suas respostas com os conceitos da dinâmica Newtoniana já vista no primeiro ano do ensino médio.

Figura 13 - Resposta da questão 2, discursiva do Pré-teste.



2.1) Vai diminuir porque a pessoa que vai a mais pesada que a antena, vai diminuir a velocidade do balanço. A pessoa mais magra o balanço vai muito mais.

Fonte: O Autor (2021).

Questão 3: Considerando que o movimento da figura 14, é comparado com o de um pêndulo simples para qualquer posição, podemos afirmar que: uma pessoa que se balança entre as posições A e B, tem um tempo **maior, menor ou igual** a uma pessoa que se balança entre as posições C e D? Justifique sua resposta.

Figura 14 - Representação do movimento de um balanço ao ser agitado, realizando um vai e vem entorno do seu ponto de equilíbrio.



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-trajeto-do-movimento-do-balan%C3%A7o-da-corda-isolado-image41032266>

As respostas obtidas para a questão 3 mostraram que os alunos não possuíam um conhecimento relacionados a movimentos oscilatórios. Observamos que 12 alunos enviaram uma resposta, todavia ela não estava adequada ou não mostrava indícios de compreensão do que são movimentos oscilatórios, como podemos ver nas figuras 15 e 16, além de um dos alunos não ter apresentado nenhuma resposta, o que não podemos afirmar nada sobre.

Figura 15 - Resposta da questão 3, discursiva do Pré-teste.

3.) Não, porque o B e A está mais longe do que D e E estão. B e A está no tempo maior e D e E tempo menor.

Fonte: O Autor (2021).

Figura 16 - Resposta da questão 3, discursiva do Pré-teste.

3. maior, porque tem uma altura maior que as posições C e D.

Fonte: O Autor (2021).

Questão 4: Seja de 5 segundo o tempo que uma pessoa gasta para sair da posição A, da figura 17, ir até a posição B e voltar a posição A, se dobrarmos o tamanho da corda do balanço esse tempo será **maior, menor ou igual** a 5 segundos? Justifique sua resposta.

Figura 17 - Representação do movimento de um balanço ao ser agitado, realizando um vai e vem entorno do seu ponto de equilíbrio.

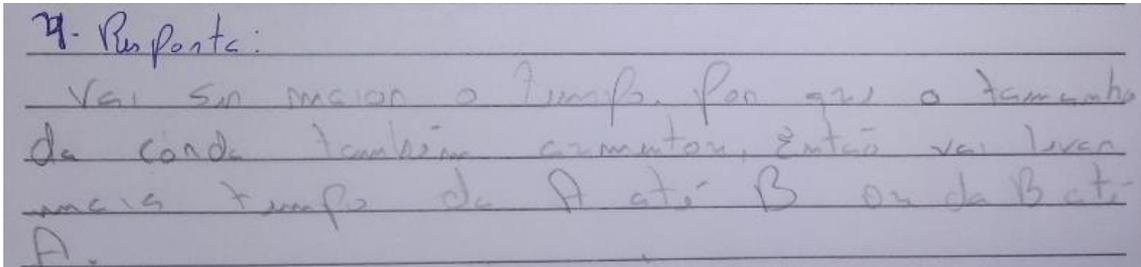


Fonte: <https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-trajeto-do-movimento-do-balan%C3%A7o-da-corda-isolado-image41032266>.

As respostas obtidas para a questão 4 evidenciaram que os alunos tinham pouca ou nenhuma compreensão sobre o que são movimentos oscilatórios. Observamos que 1 aluno apresentou uma resposta onde foi identificado indício de compreensão de conhecimento oscilatório ou que o mesmo usou algum

conhecimento do seu cotidiano para resolver o problema proposto, como podemos ver em sua resposta apresentada na figura 18.

Figura 18 - Resposta da questão 4, discursiva do Pré-teste.

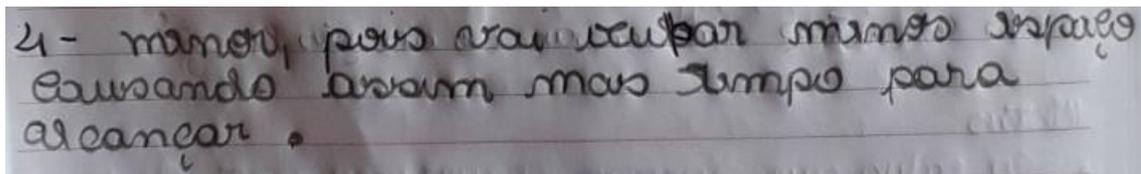


4- Resposta:
 Vai ser maior o tempo, por que o tamanho da corda também aumentou, então vai levar mais tempo de A até B ou de B até A.

Fonte: O Autor (2021).

Outros 12 estudantes esboçaram uma resposta, todavia ela não estava adequada ou não mostrava indícios de compreensão do que são os movimentos oscilatórios, como podemos ver nas figuras 19 e 20.

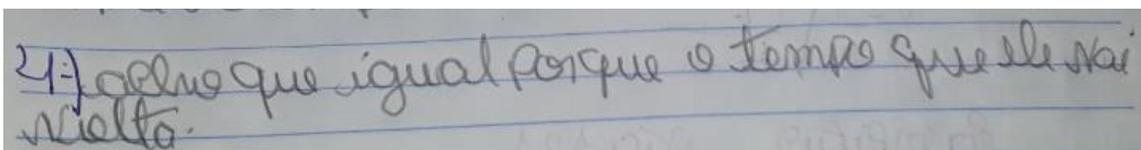
Figura 19 - Resposta da questão 4, discursiva do Pré-teste.



4- menor, pois vai ocupar menos espaço causando assim mais tempo para alcançar.

Fonte: O Autor (2021).

Figura 20 - Resposta da questão 4, discursiva do Pré-teste.

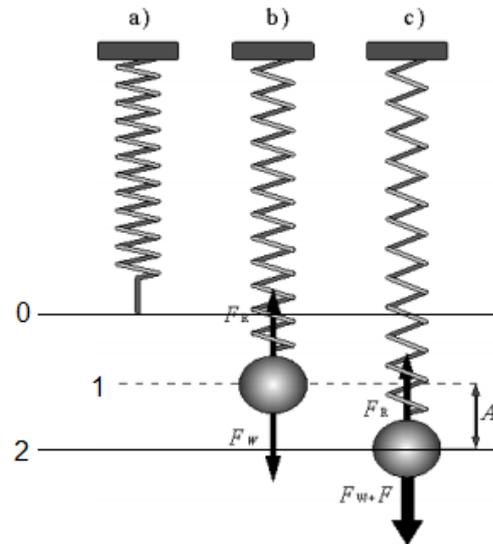


4) acho que igual porque o tempo que ele vai voltar.

Fonte: O Autor (2021).

Questão 5: Considere iguais, as massas das esferas e as constantes elásticas das molas da figura abaixo.

Figura 21 - Representação do sistema massa-mola na vertical.



Fonte:

http://www.uel.br/pessoal/renatoikeoka/pages/arquivos/Fisica%20Aplicada%20a%20Engenharia%20II/Oscilador_harmonico.pdf.

Qual esfera leva mais tempo para sair da posição onde se encontra, subir até a posição 0 e voltar a posição inicial, a esfera da figura B ou a esfera da figura C? Justifique sua resposta.

As respostas obtidas para a questão 5 evidenciaram que os alunos não tinham um conhecimento definido sobre movimentos oscilatórios, em particular o sistema massa-mola, e tentaram usar os conhecimentos do seu cotidiano para responder à questão. Os 13 alunos apresentaram respostas, todavia elas não estavam adequadas ou não mostravam indícios de compreensão do que são os movimentos oscilatórios, como podemos ver nas figuras 22, 23 e 24.

Figura 22 - Resposta da questão 5, discursiva do Pré-teste.

5:) A esfera que vai levar mais tempo é a C porque a B está mais perto da posição 0.

Fonte: O Autor (2021).

Figura 23 - Resposta da questão 5, discursiva do Pré-teste.

5º) Transfera "B". Porque a C está numa pressão maior do que a B

Fonte: O Autor (2021).

Figura 24 - Resposta da questão 5, discursiva do Pré-teste.

5º) R= na minha opinião a B por que assim leva mais tempo por conta da viscosidade, por que vai ter que descer um pouco mais, para depois subir.

Fonte: O Autor (2021).

5.2 Conclusão do Professor com Relação a Aplicação do Pré -Teste

Procuramos identificar, através do resultado do pré-teste, as deficiências dos estudantes para traçarmos estratégias metodológicas e assim organizar nossa Sequência Didática (SD), utilizando a plataforma PhET, junto com o *Google-Meet* e o *PowerPoint*, e assim criar um ambiente onde os alunos pudessem pensar e interagir, expondo suas ideias, e dessa forma sanar as lacunas encontradas e aprimorar os conhecimentos pré-existente relacionados ao movimento oscilatório, no que se refere ao sistema massa-mola e ao pêndulo simples.

Identificamos com os resultados do pré-teste que os educandos não possuíam um conhecimento bem definido sobre movimentos oscilatórios, como foi mostrado nas respostas coletadas, e tentaram relacionar o problema com a experiência vivida no seu dia a dia, que já era algo que estávamos esperando, conforme foi citado na fundamentação teórica desse trabalho traz e o fato do estudante tentar responder à pergunta utilizando experiências vividas em seu cotidiano para resolver algum problema.

Na sequência didática procuramos estimular os estudantes a pensar um pouco mais e a criar hipóteses e interagir tanto com os colegas quanto com o professor.

5.3 Sequência Didática Utilizando a Plataforma PhET

Durante toda a nossa sequência didática procuramos relacionar as questões vistas no pré-teste com os experimentos do PhET, de forma que os alunos eram questionados e postos em situações onde teriam que sair da posição de agente passivo e começar a participar da aula sendo agora um agente ativo do processo, com uma interação entre alunos e professor chegar par chegar na solução do problema proposto. Para tanto, começamos com o sistema massa-mola, em seguida expomos o pêndulo simples e para finalizar foi apresentado aos alunos o desenvolvimento matemático de ambos os sistemas, junto com o conceito de período e frequência de um sistema oscilatório, através das plataformas do *Google-Meet* e do *PowerPoint*.

5.4 O Sistema Massa-Mola Utilizando o PhET como Laboratório Virtual

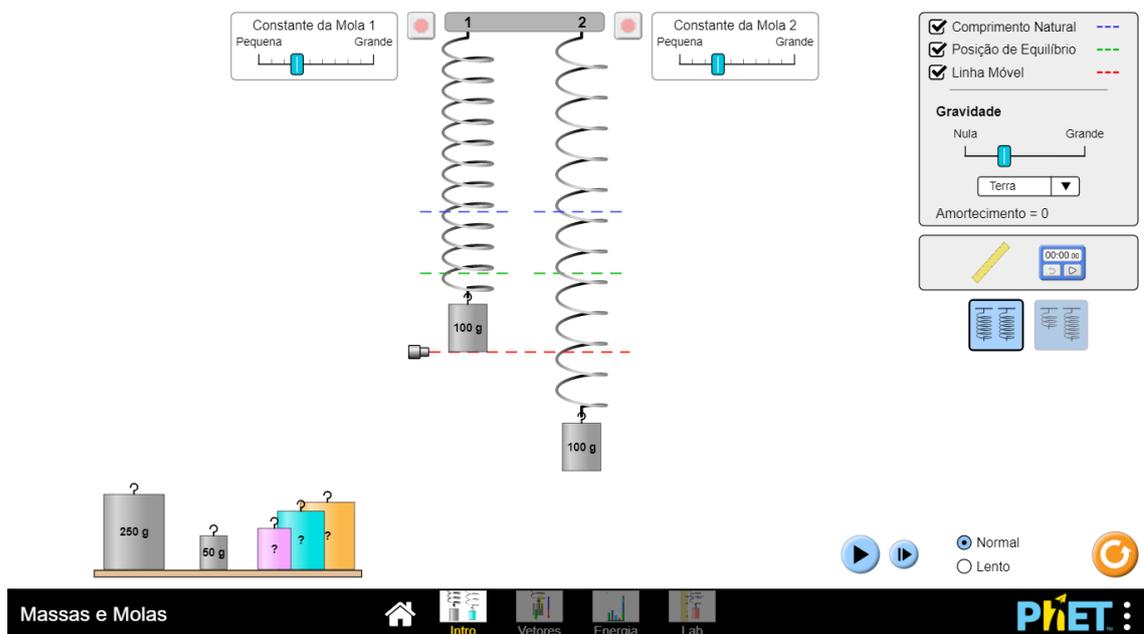
Utilizando o PhET, para o sistema massa-mola, foi mostrado aos educandos como o sistema funcionava e quais variáveis poderiam ser modificadas e daí então mostrando que o sistema levaria um tempo para completar um ciclo e que esse tempo tinha um nome específico.

Com o objetivo de tirar os alunos de uma posição passiva e colocá-los em uma posição ativa, foram feitos alguns questionamentos relacionados aos tempos que o sistema levaria completar uma oscilação e quais variáveis poderiam interferir nesse tempo. Em seguida com o objetivo de envolver os alunos, fazendo com que houvesse interação e participação por parte de todos, foram feitas comparações entre as respostas dos estudantes e seguimos até o momento em que se chegou em um entendimento por parte de todos, onde foi possível entender por parte dos alunos que a amplitude da mola não interferia no seu período, desde que não se danificasse-a para o caso real. A não dependência do tempo com a amplitude foi uma surpresa por parte dos estudantes, pois no pré-teste todos colocaram a amplitude como ponto principal desse tempo. Foi possível entender que as variáveis

como: massa, constante elástica da mola e a gravidade local são as principais responsáveis pela mudança do tempo.

A seguir são mostradas as figuras e as perguntas que utilizamos para seguir com nossa sequência investigativa.

Figura 25 - Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.

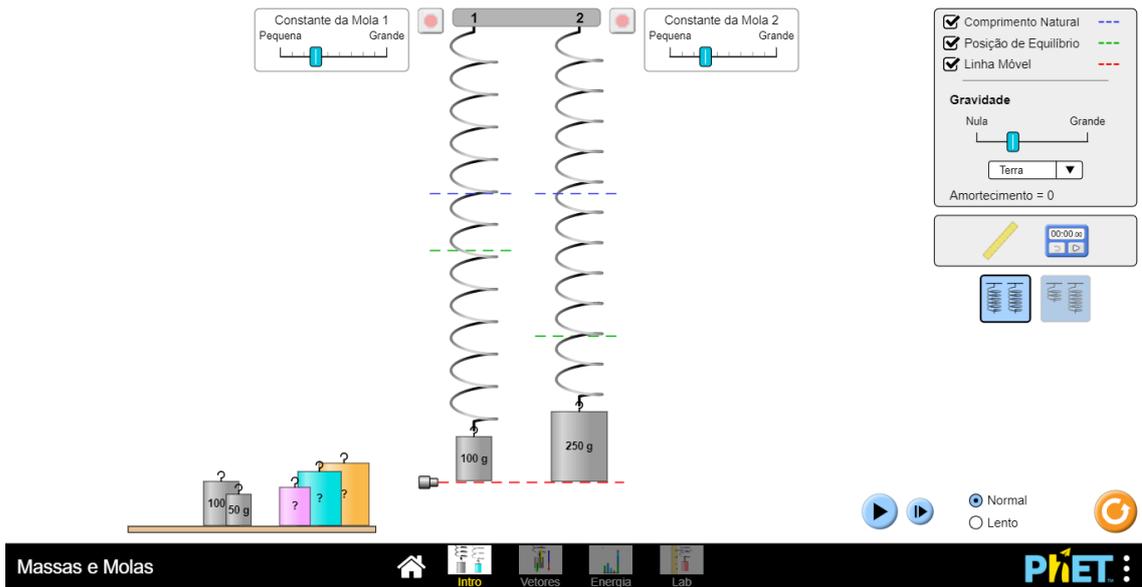


Fonte: Print da tela do simulador PhET.

A partir daí com o objetivo de dar liberdade para que cada aluno pudesse expor seu ponto de vista foram feitas as seguintes perguntas:

- i) Quais variáveis podem modificar o tempo que o sistema leva para completar um ciclo, massa, constante elástica das molas ou amplitude?
- ii) Qual sistema terá um tempo maior para completar um ciclo o que tem uma amplitude maior ou o que tem uma amplitude menor?
- iii) Qual sistema terá um tempo maior para completar um ciclo o que tem uma massa maior ou o que tem uma massa menor?

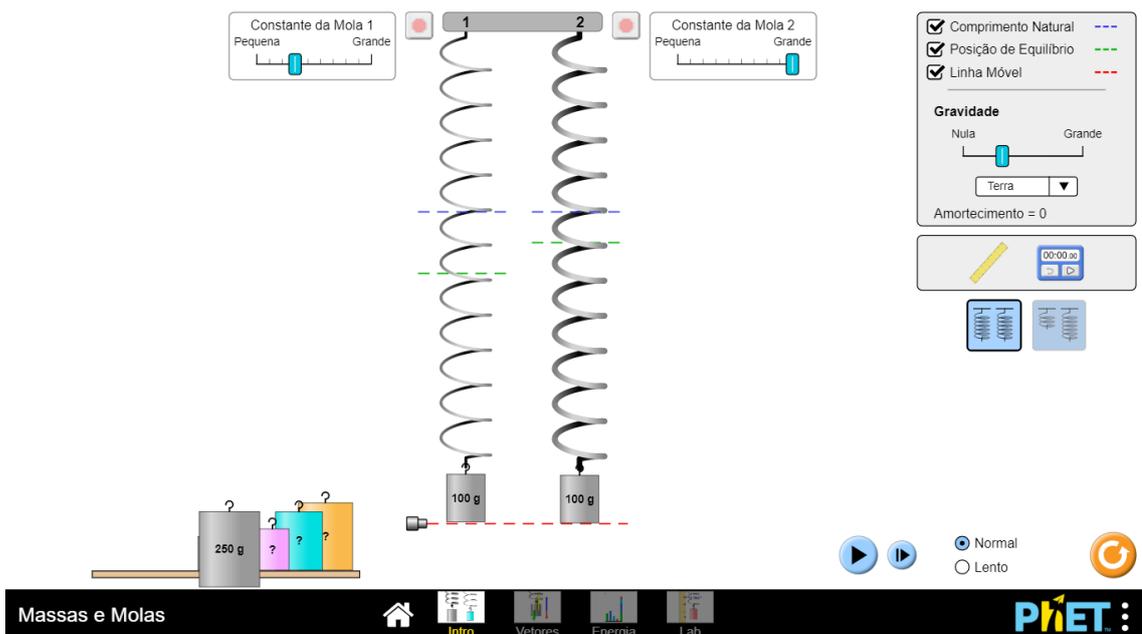
Figura 26 - Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

- iv) Qual sistema terá um tempo maior para completar um ciclo o que tem uma constante elástica maior ou o que tem uma constante elástica menor?

Figura 27 - Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

Para todas essas perguntas foram coletadas as respostas de cada aluno, foram feitas comparações em forma de debate e o professor mostrou, utilizando o programa PhET, como o sistema se comportava com as modificações de cada

variável e nesse momento surgiram vários questionamentos e curiosidades por parte dos alunos, tentando relacionar o experimento com o pré-teste aplicado anteriormente e foi percebido que a maioria dos alunos demonstrou curiosidade e interesse de compreender melhor o problema, aprimorando assim seus conhecimentos. A partir daí buscamos chegar a um entendimento para cada resultado apresentado nas simulações e assim esclarecer as dúvidas de cada aluno.

5.5 O Pêndulo Simples Utilizando o PhET como Laboratório Virtual

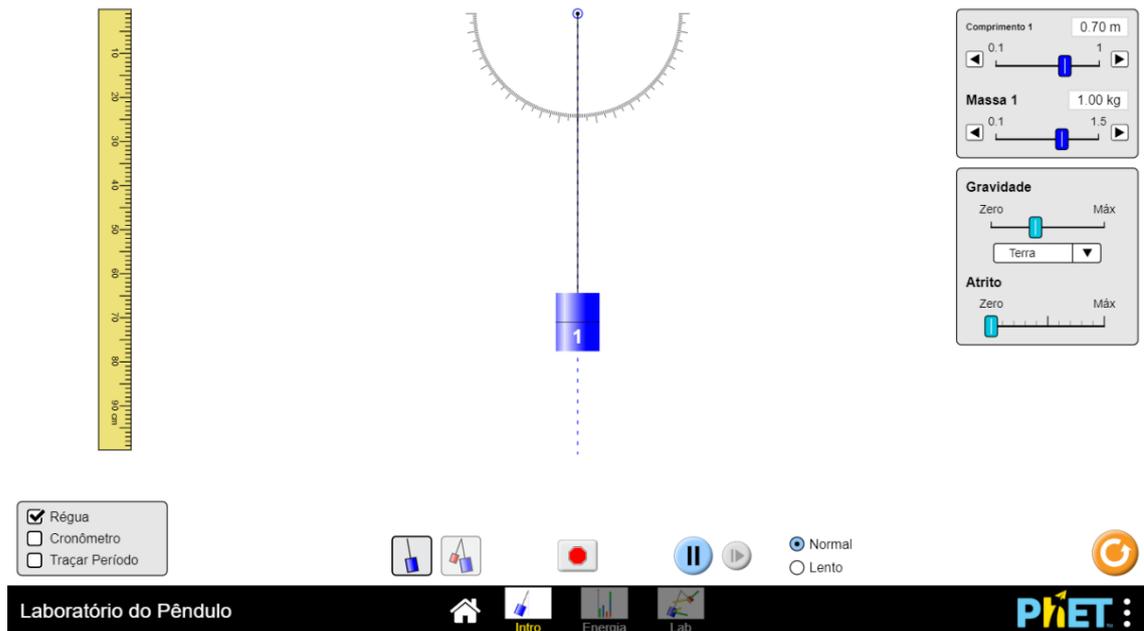
Utilizando o PhET, para o pêndulo simples, buscamos seguir uma sequência investigativa, assim como foi feita no sistema massa-mola, onde foi mostrado aos educandos como o sistema funcionava e quais variáveis poderiam ser modificadas. Daí, então, mostramos que o sistema levaria um tempo para completar um ciclo e que esse tempo teria um nome específico, assim como no sistema massa-mola.

Com o objetivo de tirar os alunos de uma posição passiva e colocá-los em uma posição ativa foram feitos alguns questionamentos relacionados ao tempo para que o sistema pudesse completar uma oscilação e quais variáveis poderiam interferir nesse tempo. Em seguida com o objetivo de envolver os alunos, fazendo com que houvesse interação e participação por parte de todos, foram feitas comparações entre as respostas dos estudantes, onde se criou um debate e seguimos até o momento em que se chegou a um entendimento por parte de todos, sendo possível entender que a amplitude angular, desde que não ultrapasse uma angulação maior que 10° , não interferiria no tempo, o que foi explicado que esse fenômeno é mais fácil de ser observado para um sistema real. Também foi possível se entender que a massa não interfere no tempo, o que foi uma surpresa por parte de todos, pois no pré-teste todos colocaram a massa como ponto principal nesse movimento. Foi possível demonstrar e explicar a dependência do período com o comprimento do fio, por meio de uma comparação com uma pista circular e também se conseguiu demonstrar que havia uma dependência com a gravidade.

A seguir são mostradas as figuras e as perguntas que utilizamos para seguir com nossa sequência investigativa.

- i) O que significa a posição mais baixa da figura?

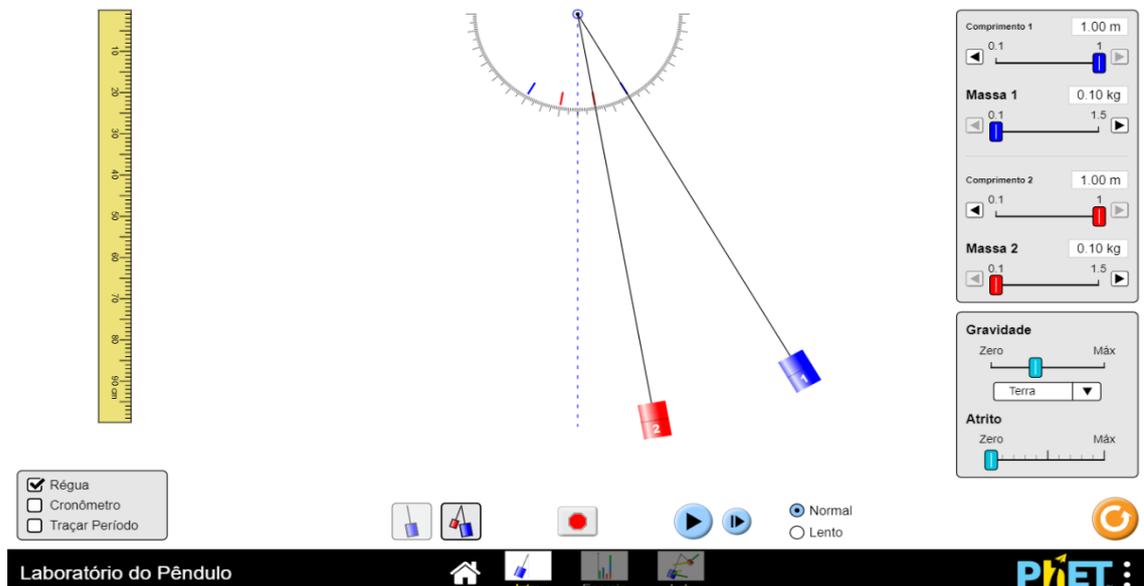
Figura 28 - Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

- ii) Qual ou quais variáveis pode modificar o tempo que o sistema leva para sair da posição inicial e até uma outra posição e retornar à posição inicial?
- iii) Qual pêndulo terá um tempo menor de retorno, o que tem uma amplitude menor ou o que tem uma amplitude maior?

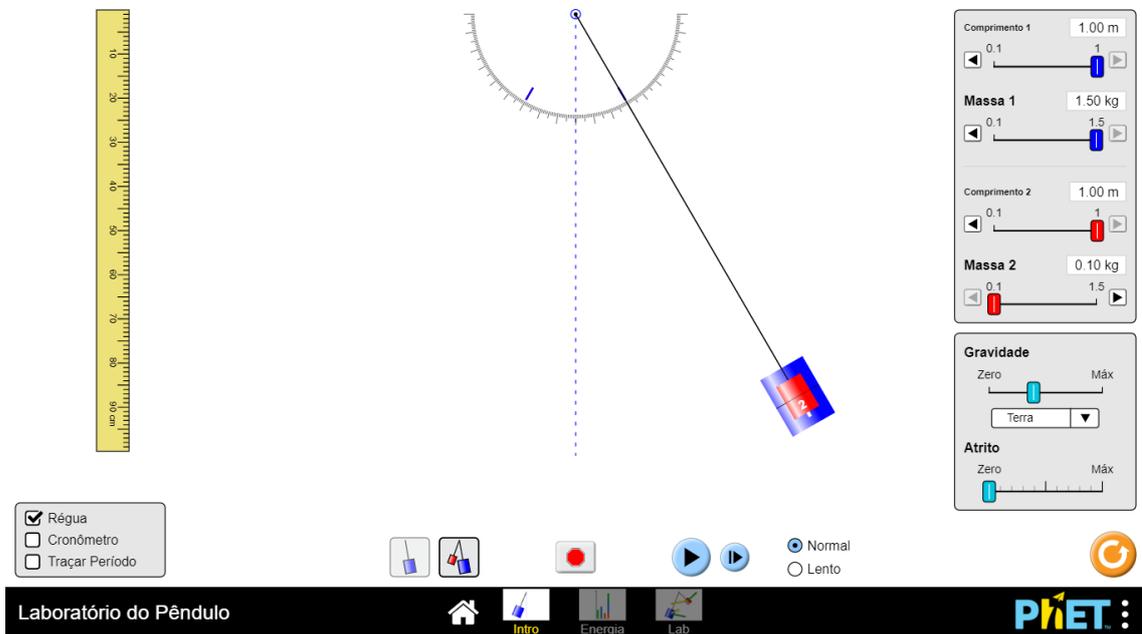
Figura 29 - Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

- iv) Uma massa maior aumenta o tempo, diminui ou não interfere?

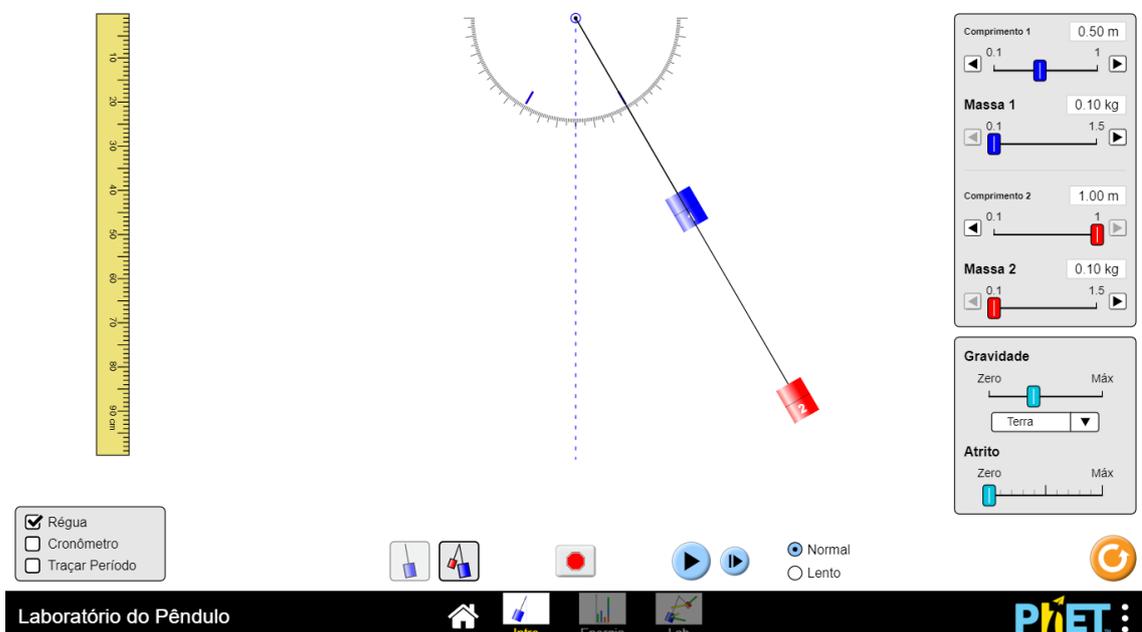
Figura 30 - Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

- v) Um comprimento maior do fio aumenta o tempo, diminui ou não interfere?

Figura 31 - Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

Como no caso do sistema massa-mola, para o pêndulo simples foram coletadas as respostas de cada estudante e a partir daí houve debates relacionados a cada pergunta onde o professor procurou sanar todas as dúvidas apresentadas pelos alunos e chegar juntos a um entendimento satisfatório com a compreensão por parte de todos.

Constatamos, também, que houve um envolvimento significativo por parte dos estudantes, onde tentaram relacionar todos os passos com o pré-teste aplicado anteriormente.

5.6 Utilização do *PowerPoint* e da Plataforma *Google-Meet* para a Aula Teórica Relacionada a Movimentos Oscilatórios

Por fim, tivemos uma aula de caráter totalmente teórico, onde fizemos as demonstrações das equações matemáticas para o sistema massa-mola e para o pêndulo simples, onde foi revelado o nome para o tempo que o sistema leva para completar um ciclo, que no caso é chamado de Período e sua relação com a frequência. Foi mostrado aos alunos que as equações matemáticas relacionam a dependência de cada sistema com cada variável, além de mostrar suas limitações e, assim, sendo necessário fazer aproximações para se chegar as conclusões.

5.7 Conclusão do Professor

Durante toda a aplicação da sequência, constatamos que houve um envolvimento dos alunos com a metodologia empregada. Foi verificado, também, a interação entre os alunos e entre os alunos com o professor, satisfazendo, assim, um dos objetivos específicos desse trabalho. Constatamos que surgiram muitos momentos de aprendizagem, onde foi possível sanar todas as dúvidas apresentadas pelos alunos, apesar de em muitas delas, não ter sido tão simples de ser resolvidas.

Na apresentação das demonstrações das equações, percebemos a dificuldade dos estudantes com relação às manipulações matemáticas, o que também não foi nem uma surpresa, pois se sabe o quanto os alunos em geral têm uma deficiência com essa disciplina, que é um fator que reflete bastante na disciplina de Física.

Contudo, buscamos meios e estratégias dentro da nossa metodologia para conseguir atingir o envolvimento por parte dos alunos e, assim, conseguir a aprendizagem dos conceitos trabalhados, conforme é comprovado com os resultados da aplicação do pós-teste, apresentados a seguir.

5.8 Resultados Obtidos com a Aplicação do Pós-Teste.

Procuramos diferenciar as questões aplicadas no pós-testes das questões aplicadas no pré-teste, para evitar possíveis compartilhamentos de respostas por parte dos alunos. Entretanto, mantemos o mesmo objetivo de fazê-los pensar, expor e relacionar os conhecimentos aprendidos durante a aplicação da SD e, assim, manifestar-se livremente mostrando o quanto conhecia e o quanto a SD contribuiu para a aprendizagem dos conteúdos de oscilações.

Questão 1: Uma pessoa ao observar o movimento de um pneu em um carro, percebe que o mesmo completa 25 voltas a cada 5 segundos. Qual é (a) a frequência e (b) o período de movimento desse pneu?

As respostas obtidas para a questão 1 mostraram que os alunos tinham conhecimento e que compreendiam o que é movimento oscilatório, além de demonstrarem confiança na manipulação matemática. Observamos que 8 alunos apresentaram respostas onde havia conhecimento sobre movimento oscilatório além de conseguirem fazer as manipulações matemáticas necessárias, como podemos ver na Figura 32a e 32b, onde apresentamos as respostas dadas por dois alunos.

Figura 32 - Respostas da questão 1, discursiva do Pós-teste.

a)

$$30.20 \quad 5f = 25.1$$

$$f = \frac{25}{5}$$

$$f = 5 \text{ Hz}$$

b)

$$5T = 25.1$$

$$T = \frac{25}{5}$$

$$T = 0.2 \text{ s}$$

1-) $25 = \frac{5}{f}$

$$f = \frac{5}{25} = 0.2$$

$5f = 25$

$$f = \frac{25}{5} = 5$$

Fonte: O Autor (2021).

Outros 5 estudantes esboçaram uma resposta, todavia ela não estava correta, mas não foi identificada uma ausência de conhecimento oscilatório, pois o que houve foi uma certa inversão nas manipulações matemáticas, como podemos observar pela Figura 33.

Figura 33 - Resposta da questão 1, discursiva do Pós-teste.

1a) ~~$f = 25$~~

$$F = 0,2 \text{ Hz} \quad F = \frac{1}{T} \rightarrow F = \frac{1}{5} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ Hz}$$

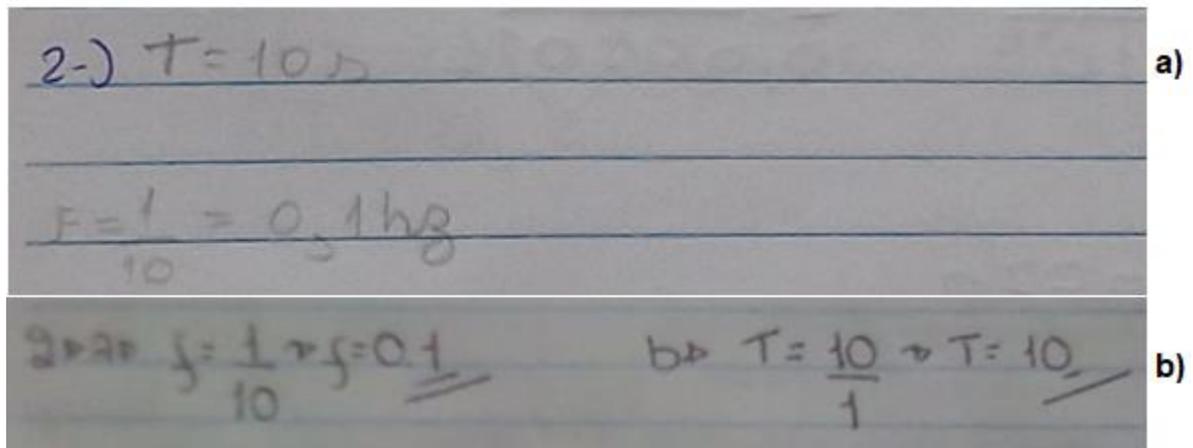
$$P = 5 \text{ s} \quad P = \frac{1}{F} = \frac{1}{0,2} = 5$$

Fonte: O Autor (2021).

Questão 2: Rajadas de vento fazem uma antena de telecomunicação oscilar para frente e para trás completando ciclos a cada 10s. Qual é (a) a sua frequência e (b) o seu período?

As respostas obtidas na questão 2 nos mostram, assim como na questão 1, que os alunos adquiriram conhecimento sobre o que é movimentos oscilatórios, além de demonstrarem que conseguem fazer manipulações matemática. Observamos que 8 alunos apresentaram respostas onde havia conhecimento sobre movimento oscilatório além de conseguirem fazer as manipulações matemáticas necessárias, sendo os mesmos que haviam respondido à questão 1. Como podemos ver na Figura 34a e na Figura 34b, onde apresentamos as respostas dadas por dois alunos.

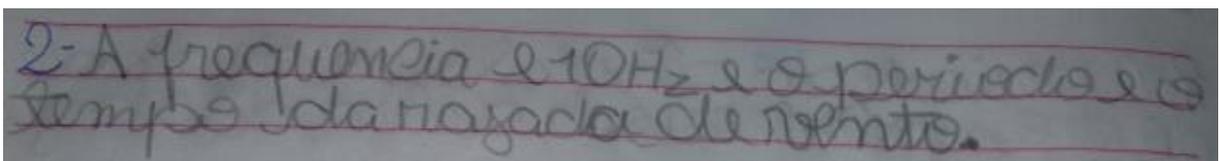
Figura 34 - Respostas da questão 2, discursiva do Pós-teste.



Fonte: O Autor (2021).

Outros 5 estudantes, esboçaram uma resposta, todavia ela não estava correta, mas não foi identificada uma ausência completa dos conceitos sobre o movimento oscilatório, como podemos ver na Figura 35.

Figura 35 - Resposta da questão 2, discursiva do Pós-teste.

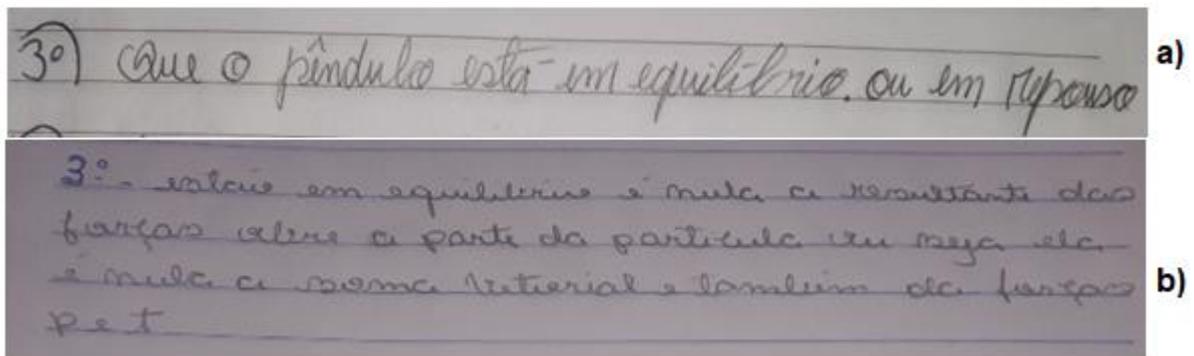


Fonte: O Autor (2021).

Questão 3: O que significa a posição mais baixa de um pêndulo?

As respostas obtidas para a questão 3 evidenciaram que os alunos tinham conhecimento sobre o que são movimentos oscilatórios. Observamos que 10 estudantes apresentaram respostas satisfatórias com relação ao conhecimento de movimentos oscilatórios, como podemos ver pelo exemplo na Figura 36a e 36b, onde são apresentadas as respostas de dois alunos, e na Figura 36b, o aluno relaciona equilíbrio as forças que estão atuando no corpo.

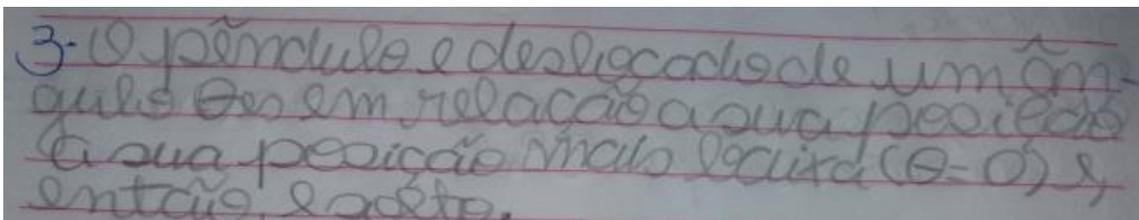
Figura 36 - Respostas da questão 3, discursiva do Pós-teste.



Fonte: O Autor (2021).

Outros 3 alunos esboçara uma resposta, todavia ela não estava adequada ou não mostrava indícios de compreensão com relação ao que foi pedido na questão, como podemos ver pela Figura 37.

Figura 37 - Resposta da questão 3, discursiva do Pós-teste.



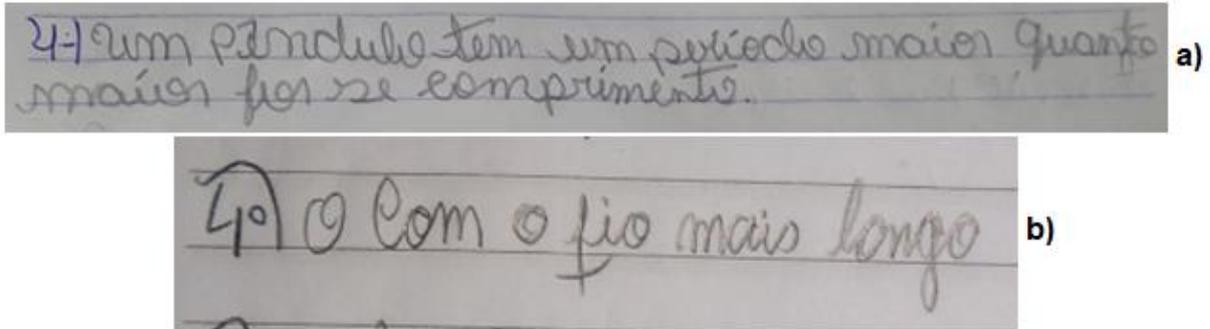
Fonte: O Autor (2021).

Questão 4: Qual pêndulo possui o período mais longo, um com um fio mais curto ou um com um fio mais comprido?

As respostas obtidas para a questão 4 evidenciaram que os alunos tinham conhecimento sobre o que são movimentos oscilatórios. Observamos que 11

estudantes apresentaram respostas satisfatórias, demonstrando compreensão com relação ao conhecimento de movimentos oscilatórios, analisando as respostas da Figura 38a e 38b, onde são apresentadas as respostas de dois alunos.

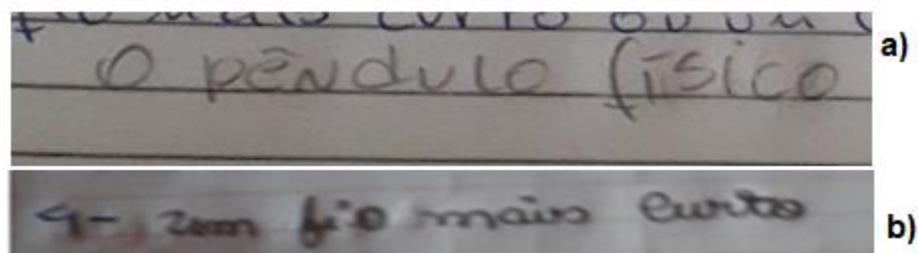
Figura 38 - Respostas da questão 4, discursiva do Pós-teste.



Fonte: O Autor (2021).

Outros 2 estudantes esboçaram uma resposta, todavia ela não estava correta do ponto de vista do conceito físico, mas não podemos considerar que os alunos não possuíam algum conhecimento relacionado a movimentos oscilatórios, mas sim, que pode ter havido uma certa desorganização com relação a pergunta e a resposta por parte desses alunos, como podemos perceber pelos exemplos da Figura 39a e 39b, onde são apresentadas as duas respostas dadas por esses dois alunos.

Figura 39 - Respostas da questão 4, discursiva do Pós-teste.



Fonte: O Autor (2021).

Questão 5: Qual pêndulo possui o período mais longo, um com uma massa maior ou um com uma massa menor?

As respostas obtidas para a questão 5 evidenciaram que os alunos tinham conhecimento sobre o que são movimentos oscilatórios. Observamos que 7

estudantes apresentaram respostas onde há a demonstração de conhecimento com relação ao assunto, como podemos ver pela Figura 40.

Figura 40 - Resposta da questão 5, discursiva do Pós-teste.

5-) Eles possuem o mesmo período

Fonte: O Autor (2021).

Outros 6 estudantes apresentaram uma desorganização de informação com relação e pergunta e a sua resposta, mas não demonstraram uma falta de conhecimento com relação ao assunto de movimentos oscilatórios, como podemos perceber pelo exemplo da Figura 41a e 41b, onde expressamos as respostas dadas por dois alunos.

Figura 41 - Respostas da questão 5, discursiva do Pós-teste.

a) Pêndulo simples

b) com fio mais curto

Fonte: O Autor (2021).

Questão 6: Ao pendurar um peso em uma mola percebe-se que o mesmo balança para cima e para baixo ao longo de uma distância de 10 centímetros, duas vezes por segundo. Qual é a sua frequência? Seu período? Sua amplitude? Dica: faça o desenho.

As respostas obtidas para a questão 6 evidenciaram que os alunos tinham conhecimento sobre o que são movimentos oscilatórios. Observamos que 7 alunos responderam corretamente demonstrando conhecimento relacionado a movimentos oscilatórios, além de conseguir fazer as manipulações matemáticas corretamente, como podemos ver pela Figura 42.

Figura 42 - Resposta da questão 6, discursiva do Pós-teste.

6-) $\frac{2}{1} = \frac{1}{T}$ $F = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ Hz}$

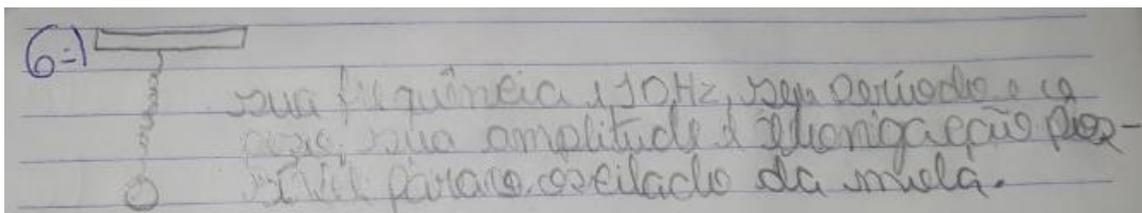
$2T = 1$ Amplitude é 10 cm

$T = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ s}$

Fonte: O Autor (2021).

Outros 4 estudantes apresentaram uma resposta, todavia ela não estava correta, mas que não pode ser considerado que esses alunos não possuíam nenhum conhecimento com relação ao assunto de movimentos oscilatórios, mas o que podemos perceber pelo exemplo da Figura 43 é que pode ter havido uma desorganização de informação com relação a interpretação da questão. E 2 alunos não apresentaram nenhuma resposta, o que não podemos afirmar nada com relação a algum conhecimento que eles possam trazer consigo mesmos.

Figura 43 - Resposta da questão 6, discursiva do Pós-teste.



Fonte: O Autor (2021).

Questão 7: Qual sistema massa-mola possui um período mais longo, um com uma massa maior ou um com uma massa menor?

As respostas obtidas para a questão 7 evidenciaram que os alunos tinham conhecimento sobre o que são movimentos oscilatórios. Observamos que 9 alunos responderam corretamente demonstrando conhecimento de movimentos oscilatórios relacionados ao sistema massa-mola, como podemos ver pela Figura 44.

Figura 44 - Resposta da questão 7, discursiva do Pós-teste.

A photograph of a student's handwritten answer on lined paper. The text reads "7º Com a massa maior" in cursive handwriting.

Fonte: O Autor (2021).

Outros 4 estudantes esboçaram respostas, todavia elas não estavam adequadas ou não mostravam indícios de compreensão de quais variáveis o período de um sistema massa-mola é dependente, mas pelas equações existe uma relação direta do período com a massa, e uma inversão do período com o tempo o que pode causar uma confusão na hora de responder uma questão como essa, o aluno estar bem concentrado para não cometer um erro simples, como o que é mostrado na Figura 45.

Figura 45 - Resposta da questão 7, discursiva do Pós-teste.

A photograph of a student's handwritten answer on lined paper. The text reads "7º Com a massa maior" in cursive handwriting.

Fonte: O Autor (2021).

Questão 8: O período de um pêndulo depende da massa da bola ou do comprimento do fio?

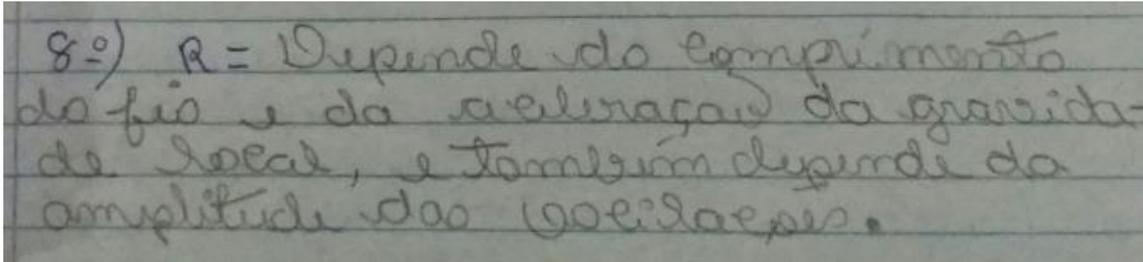
As respostas obtidas para a questão 8 evidenciaram que os alunos tinham conhecimento sobre o que é um pêndulo simples e de como ele funciona. Observamos que 13 alunos, no caso, todos apresentaram uma resposta satisfatória para a questão, como podemos ver na Figura 46 e na Figura 47, na qual o aluno justificou de maneira correta.

Figura 46 - Resposta da questão 8, discursiva do Pós-teste.

A photograph of a student's handwritten answer on lined paper. The text reads "8º Depende do comprimento do fio" in cursive handwriting.

Fonte: O Autor (2021).

Figura 47 - Resposta da questão 8, discursiva do Pós-teste.



8º) R = Depende do comprimento do fio e da aceleração da gravidade local, e também depende da amplitude das oscilações.

Fonte: O Autor (2021).

Questão 9: O período de um pêndulo depende do ângulo inicial?

As respostas obtidas para a questão 8 evidenciaram que os alunos tinham conhecimento sobre o que é um pêndulo simples e de como ele funciona. Observamos que 13 alunos, no caso, todos apresentaram uma resposta satisfatória para a questão, como podemos ver na Figura 48 e Figura 49.

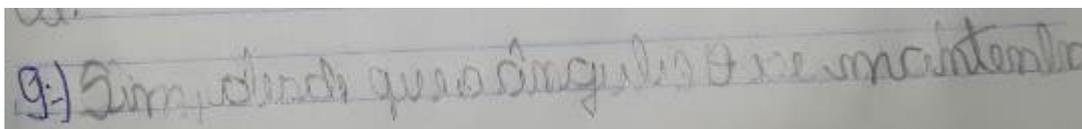
Figura 48 - Resposta da questão 9, discursiva do Pós-teste.



9º) Sim

Fonte: O Autor (2021).

Figura 49 - Resposta da questão 9, discursiva do Pós-teste.



9º) Sim, porque o período não depende do ângulo inicial.

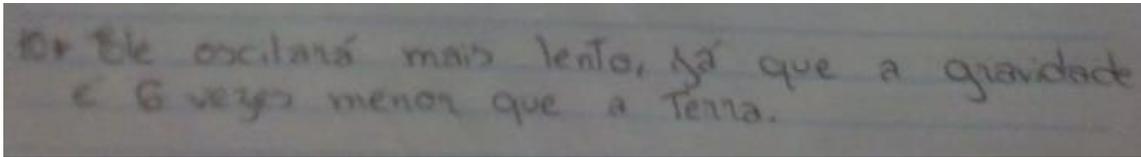
Fonte: O Autor (2021).

Questão 10: O relógio de pêndulo antigo de seu avô marca perfeitamente o tempo. Então ele é levado por uma nave até a lua, onde a aceleração da gravidade é seis vezes menor que aqui na terra. Ele funcionará mais rápido, mais lento ou da mesma maneira que antes quando estava aqui na terra? Explique.

As respostas obtidas para a questão 10 evidenciaram que os alunos tinham conhecimento sobre o que é um pêndulo simples e de como ele funciona. Observamos que 12 alunos apresentaram uma resposta satisfatória para a questão,

onde relacionaram de maneira correta que o período se comporta de maneira inversa a aceleração da gravidade, como podemos ver na Figura 50 e na Figura 51.

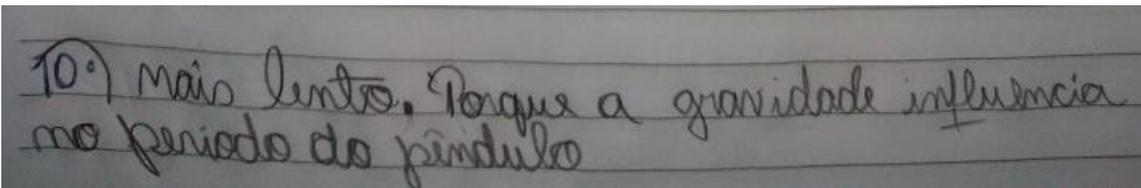
Figura 50 - Resposta da questão 10, discursiva do Pós-teste.



Ele oscilará mais lento, já que a gravidade é 6 vezes menor que a Terra.

Fonte: O Autor (2021).

Figura 51 - Resposta da questão 10, discursiva do Pós-teste.



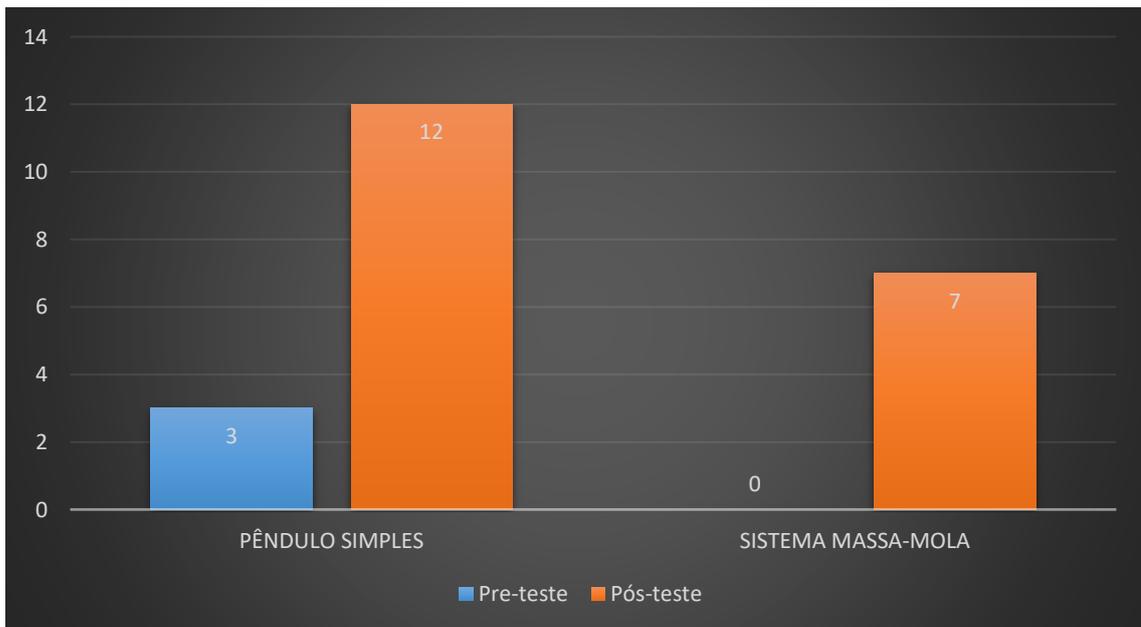
10º) mais lento. Porque a gravidade influencia no período do pêndulo

Fonte: O Autor (2021).

Para a questão 10 apenas um aluno não apresentou resposta, o que não podemos concluir se o mesmo não tem conhecimento sobre o pêndulo simples ou se o mesmo não conseguiu organizar suas ideias relacionadas à interpretação da questão.

Para termos uma ideia de como os alunos entendiam o assunto de movimentos oscilatórios, antes de aplicarmos nossa sequência e após a aplicação da nossa sequência investigativa, construímos o Gráfico 2, onde fizemos uma comparação do número de acertos, entre questões do mesmo conteúdo físico, para o pré-teste e para o pós-teste, onde utilizamos duas questões de cada teste para fazermos as comparações. Comparamos a questão 2 do pré-teste com a questão 10 do pós-teste, pois as duas estavam relacionadas com o pêndulo simples, para a o sistema massa-mola comparamos a questão 5 do pré-teste com a questão 6 do pós-teste, o gráfico a seguir mostra essa comparação, onde no pré-teste tivemos 3 acertos para a questão 2 e no pós-teste tivemos 12 acertos para a questão 10. Para a questão 5 do pré-teste não tivemos nenhuma resposta correta, já no pós-teste tivemos 7 acertos.

Gráfico 2 - Demonstração da comparação dos resultados do pré-teste com o resultado do pós-teste.



Fonte: O Autor (2021).

5.8.1 Conclusão do Professor Relacionada ao Pós-Teste e a Sequência Didática

Constatamos com a aplicação do pós-teste que houve um ganho significativo por parte de todos os alunos, com relação ao conteúdo de oscilação, pois alunos que não conseguiram responder nada no pré-teste, conseguiram responder questões envolvendo manipulações matemáticas no pós-teste, o que nos mostra que nossa sequência didática gerou resultado positivo com relação ao ensino-aprendizagem para o conteúdo de Física que trabalhamos.

Contudo, sabemos que sempre podemos melhorar e aprimorar nossa sequência e assim garantir um resultado ainda mais satisfatório, pois não se tem um método infalível, e o que buscamos são caminhos para melhorar a cada dia mais o aprendizado de conceitos por parte dos estudantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação fundamenta-se na aplicação de uma Sequência Didática, para ensino de Movimento Harmônico Simples de modo remoto. Assim, a partir de uma pesquisa bibliográfica de livros e artigos, encontramos novas alternativas de ensinar conteúdos de Física a partir de uma metodologia diferente da tradicional e nesse sentido montamos e aplicamos nosso Produto Educacional.

Desta forma, buscamos relacionar o conhecimento prévio dos alunos, e como esse conhecimento poderia influenciar seu entendimento referente ao movimento oscilatório. Planejamos quais passos deveríamos tomar ao montar nossa sequência didática, tomando como base alguns princípios do ensino por investigação, e assim proporcionar um aprendizado contendo compreensão e construção dos conceitos físicos, através de um envolvimento com a participação de todos.

Ao aplicar o pré-teste e coletar os resultados, percebemos que os educandos não possuíam um conhecimento bem definido sobre os conceitos físicos de oscilações relacionados ao sistema massa-mola e ao pêndulo simples. No entanto, percebemos que os alunos buscaram relacionar seus conhecimentos do dia a dia e suas intuições para responder cada questão. Ao aplicar o pós-teste, evidenciamos uma evolução considerável por parte dos educandos, pois ficou claro nas respostas de cada estudante a forma como procuraram relacionar e descrever os conceitos físicos aplicados em cada questão e dessa forma pudemos considerar que obtemos um crescimento conceitual no ensino-aprendizado sobre movimentos oscilatórios.

Na aplicação da SD percebemos que o professor precisa estar sempre focado e envolvido com essa nova metodologia de ensino, pois, muita das vezes, ao fazer uma pergunta e deixar o estudante pensar, seguíamos como se estivéssemos trabalhando de forma tradicional e por pouco não passávamos a resposta para o aluno, comprovando o que foi citado na nossa fundamentação teórica, para o caso do ensino por investigação. Nesse sentido, o ensino investigativo se torna uma investigação também para o professor que organiza as suas aulas, pois é preciso elaborar bem as perguntas, ou seja, é preciso investigar cada pergunta que será abordada na sequência, e assim conduzir os alunos a pensar e refletir sobre suas observações.

Nosso objetivo com a nossa sequência é causar um desequilíbrio na forma de construção do conhecimento por parte do aluno e com isso fazer com que eles construam hipóteses e mapas mentais que os levem a um entendimento do assunto trabalhado.

Pudemos perceber que nossa metodologia gerou um resultado bastante satisfatório. Todavia, entendemos que, ao ser aplicada por outros professores, pode carecer de modificações, conforme a realidade do meio e das características dos seus alunos, mas observamos uma melhoria considerável, conforme foi demonstrado na aplicação e discussão dos resultados do pós-teste (item 6 do produto educacional - PE) deste trabalho.

Portanto, podemos afirmar, baseados nos nossos resultados, que conseguimos alcançar todos os nossos objetivos citados na introdução item 1, a partir da utilização dessa nova metodologia. Verificamos ainda, que uma forma integrante de ensino, onde o aluno deixa de ser apenas um receptor de informações e passar a participar, a gerar e entender essas informações, sendo assim um agente ativo desse processo, junto a seus colegas e professores, pode contribuir significativamente para um melhor aprendizado dos conteúdos de Física que se deseja trabalhar.

REFERÊNCIAS

ALONSO, M.; FINN, E. J. **FÍSICA - Volume único**, Addison Wesley Longman Ltd, São Paulo, 1992.

BRASIL. [Ministério da Educação (2018)]. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, Edital 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=85121-bncc-ensino-medio&category_slug=abril-2018-pdf&Itemid=30192> Acesso em: 28 de Agosto. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2006.

CARDOSO, M. J. C.; SCARPAL, D. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. RBPEC 18(3), 1025–1059. Dezembro, 2018 | pg1027.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Atividades Investigativas na Educação Científica: Dimensões e Perspectivas em Diálogos com o ENCI. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC 18(3), 819–849. Dezembro, 2018.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC 18(3), 765–794. Dezembro, 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**.8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, vol 2. 2009.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**.8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, vol 1. 2009.

MILLAR, R; Driver, R. Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14(1), 23–62. <https://doi.org/10.1080/03057268708559938>.

MORAIS, Julbert Ferre. **O Ensino de física por Investigação no Ensino de Ciências nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental I: uma aplicação no ensino dos sentidos da visão, audição e tato.** 2018. Dissertação (Mestrado) - Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, Alfenas, MG, 2018.

MOURA, Fábio Andrade. **Ensino de Física por Investigação: uma proposta para o ensino de empuxo para alunos do ensino médio.** 2018. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Pará, Belém-Pará, 2018.

NASCIMENTO, R. D; GOMES, A. D. T. A Relação entre o Conhecimento Conceitual e o Desempenho de Estudantes em Atividades Investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** - RBPEC 18(3), 935–965. Dezembro, 2018.

SASSERON, Lúcia Helena. **Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC 18(3), 1061–1085. Dezembro, 2018.

SILVA, José Cícero Dias da. **Condução de calor através de um fio de cobre finito sob condições de contorno constantes.** 2018. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2018.

SILVA, Maíra Batistoni; GEROLIN, Eloísa Cristina; TRIVELATO, Silvia L Frateschi. **A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC 18(3), 905–933. Dezembro, 2018.

STRIEDER, Roseline Beatriz; WATANABE, Graciella. **Atividades Investigativas na Educação Científica: Dimensões e Perspectivas em Diálogos com o ENCI.**

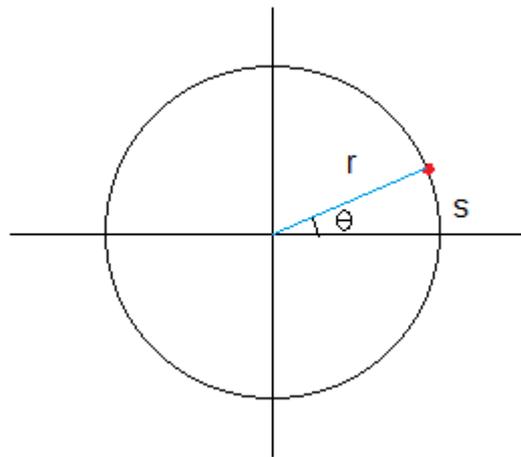
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - RBPEC 18(3), 819–849.
Dezembro, 2018.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene, **Física para Cientistas e Engenheiros** - Vol. 1, 5a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

APÊNDICE A – ROTAÇÕES

Neste apêndice traremos um desenvolvimento relacionado ao assunto de rotações, onde faremos algumas demonstrações matemáticas e deduziremos algumas equações necessárias para o entendimento e deduções de algumas equações do movimento oscilatório que faz parte do tópico 3 desta dissertação.

Figura 52 - Representação do movimento circular de uma partícula.



Fonte: O Autor (2021).

Conforme a figura 54 e usando os conceitos de geometria, onde o r é constante, podemos relacionar o comprimento do arco s ao ângulo θ , por:

$$s = r \operatorname{sen}\theta \quad (\text{ângulo em radianos}) \quad (1)$$

Para ângulos muito pequenos podemos fazer a aproximação: $\operatorname{sen}\theta \cong \theta$, conforme a tabela 2 para ângulos e senos de ângulos.

Tabela 2 - Ângulos e senos de ângulos.

Ângulo (Graus)	Ângulo em Radianos	Senos do Ângulo	Diferença Percentual (%)
0	0,0000	0,0000	0,0
1	0,0175	0,0175	0,0
2	0,0349	0,0349	0,0
3	0,0524	0,0523	0,0
5	0,0873	0,0872	0,1
10	0,1745	0,1736	0,5
15	0,2618	0,2588	1,2
20	0,3491	0,3420	2,1
30	0,5236	0,5000	4,7

Fonte: SERWAY; JEWTT (2011, p. 423).

Logo com essa aproximação podemos reescrever a equação 1 como se segue:

$$s = r \theta \text{ (ângulo em radianos)} \quad (2)$$

Derivando essa equação com relação ao tempo, temos:

$$\frac{ds}{dt} = r \frac{d\theta}{dt} \quad (3)$$

Considerando o sentido anti-horário como positivo a equação 3 é toda positiva. A taxa de variação temporal do ângulo $d\theta/dt$ é chamada de velocidade angular instantânea da partícula e representada por ω , isto é:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

A taxa de variação espacial ds/dt é a velocidade linear da partícula ao longo da circunferência, isto é:

$$v = \frac{ds}{dt}$$

Logo a equação fica:

$$v = r\omega \text{ (ângulo em radianos)} \quad (4)$$

Derivando a equação 4 em relação ao tempo, temos:

$$dv = r \frac{d\omega}{dt}$$

Como sabemos a derivada de uma velocidade corresponde a uma aceleração, logo:

$$a = r\alpha \quad (\text{ângulo em radianos}) \quad (5)$$

Onde fizemos $a = dv/dt$ e $\alpha = d\omega/dt$.

A velocidade escalar da partícula ao longo da circunferência é sempre perpendicular ao raio, logo é uma velocidade tangencial a trajetória, consequentemente a aceleração, também é, logo a equação 5 é dada por:

$$a_t = r\alpha \quad (\text{ângulo em radianos}) \quad (6)$$

Energia Cinética de Rotação

Um corpo rígido como um disco girando em torno de um eixo fixo possui uma energia cinética, mas não podemos tratar o disco como uma única partícula, pois o centro de massa de um disco em movimento circular possui velocidade zero, o que não permite considera-lo como uma única partícula, logo sua energia seria zero. Mas se considerarmos o disco como um conjunto de partículas em movimento temos que cada partícula associada a uma distância do centro de rotação possui uma velocidade escalar diferente, logo podemos somar todas essas energias e encontrar a energia cinética de rotação total, dada por:

$$K = \sum_1^i \frac{1}{2} m_i v_i^2 \quad (7)$$

Onde m_i é a massa da partícula de ordem i e v_i é a velocidade da partícula. Fazendo a substituição da velocidade escalar para a velocidade angular, onde $v = \omega r$, temos:

$$K = \sum_1^i \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega \quad (8)$$

$$K = \frac{1}{2} \omega^2 \left(\sum_1^i m_i r_i^2 \right) \quad (9)$$

Assim, a velocidade angular é a mesma para todas as partículas de um disco em movimento. Como vemos a grandeza entre parênteses depende de como a massa do corpo se distribui ao longo do eixo de rotação e é chamada de **momento de inércia** de um corpo em relação ao eixo de rotação, representada pela letra I . Logo podemos escrever o momento de inércia como:

$$I = \sum_1^i m_i r_i^2 \quad (10)$$

E a energia cinética de rotação relacionada ao momento de inércia pode ser escrita da seguinte forma:

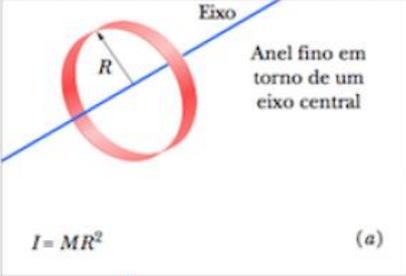
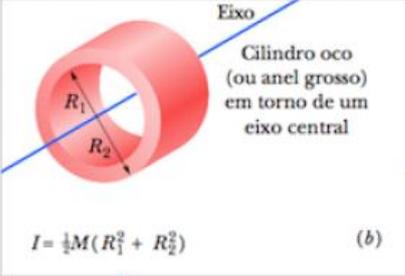
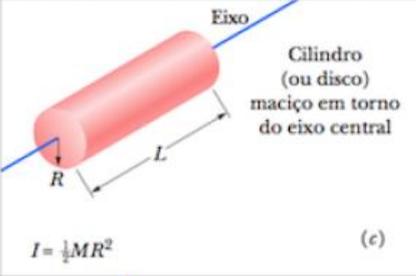
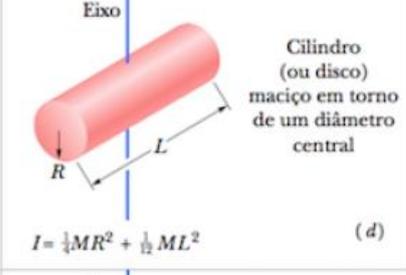
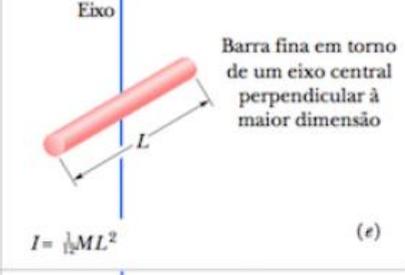
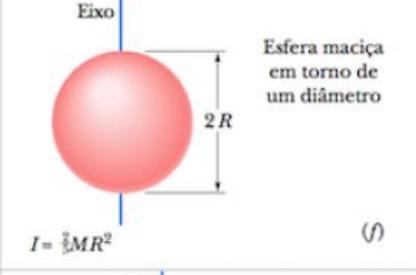
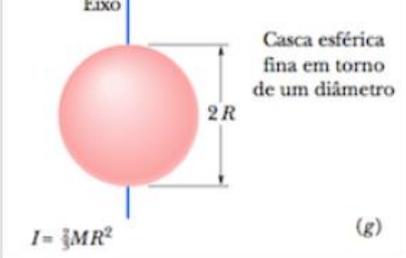
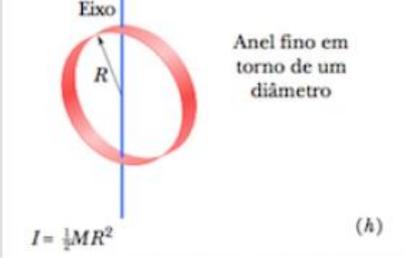
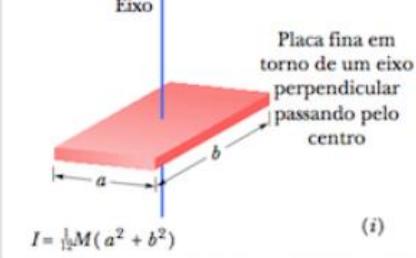
$$K = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (11)$$

Para corpos contínuos, constituído de um continuo de elementos de massa muito pequenos, trocamos o somatório, usado para o momento de inércia, por uma integral:

$$I = \int r^2 dm \quad (12)$$

A figura 53 mostra o momento de inércia de nove objetos utilizando essa integral.

Figura 53 - Representação do momento de inércia de alguns corpos rígidos.

 <p>Anel fino em torno de um eixo central</p> <p>$I = MR^2$ (a)</p>	 <p>Cilindro oco (ou anel grosso) em torno de um eixo central</p> <p>$I = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$ (b)</p>	 <p>Cilindro (ou disco) maciço em torno do eixo central</p> <p>$I = \frac{1}{2}MR^2$ (c)</p>
 <p>Cilindro (ou disco) maciço em torno de um diâmetro central</p> <p>$I = \frac{1}{2}MR^2 + \frac{1}{12}ML^2$ (d)</p>	 <p>Barra fina em torno de um eixo central perpendicular à maior dimensão</p> <p>$I = \frac{1}{12}ML^2$ (e)</p>	 <p>Esfera maciça em torno de um diâmetro</p> <p>$I = \frac{2}{5}MR^2$ (f)</p>
 <p>Casca esférica fina em torno de um diâmetro</p> <p>$I = \frac{2}{3}MR^2$ (g)</p>	 <p>Anel fino em torno de um diâmetro</p> <p>$I = \frac{1}{2}MR^2$ (h)</p>	 <p>Placa fina em torno de um eixo perpendicular passando pelo centro</p> <p>$I = \frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$ (i)</p>

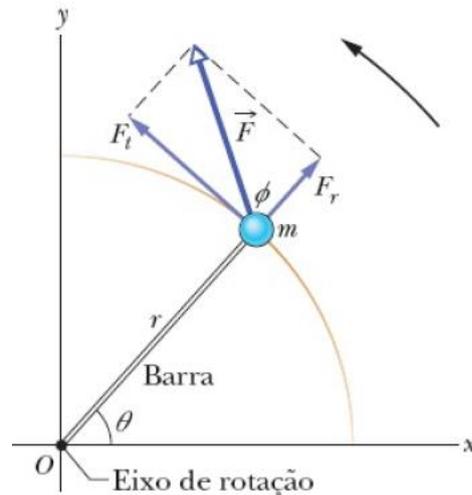
Fonte: Halliday (2009, pág. 272).

A Segunda Lei de Newton Para Rotações

Segundo o Halliday, o torque é uma tendência de rotação ou torção em torno de um eixo que um corpo sofre quando é submetido a uma força \vec{F} . Se a força é aplicada em um ponto dado por um vetor posição em relação ao eixo, o módulo do torque é dado por:

$$\tau = rF_t = r \perp F = rF \text{sen } \phi \quad (13)$$

Figura 54 - Representação das forças que geram o torque em uma partícula. Um corpo rígido simples, livre para girar em torno de um eixo que passa por O, é formado por uma partícula de massa m presa na extremidade de uma barra de comprimento r e massa desprezível. A aplicação de uma força \vec{F} faz o corpo girar.



Fonte: Halliday (2009, pág. 276).

Considerando a situação da figura 54, na qual o corpo rígido é constituído por uma partícula de massa m na extremidade de uma barra, de massa desprezível, de comprimento r . A barra pode se mover apenas girando em torno de um eixo, perpendicular ao plano do papel, que passa pela outra extremidade da barra. Isso significa que a partícula descreve uma trajetória circular com o centro no eixo de rotação, e sendo \vec{F} a força resultante aplicada na partícula.

Como a partícula se move em uma trajetória circular ao longo de um plano, a força resultante gera duas componentes, uma na direção radial F_r e outra na direção perpendicular ao movimento F_t (a componente que é tangente à trajetória circular) pode acelerar a partícula ao longo da trajetória, com uma aceleração a_t , conforme a segunda lei de Newton:

$$F_t = ma_t \quad (14)$$

Substituindo esse resultado na equação 13 para o torque, temos:

$$\tau = F_t r = ma_t r \quad (15)$$

Conforme equação 6, temos, $a_t = r\alpha$, logo substituindo temos:

$$\tau = m(r\alpha)r = (mr^2)\alpha \quad (16)$$

A grandeza entre parênteses do lado direito é chamada de momento de inércia da partícula em torno do eixo de rotação, logo:

$$\tau = I\alpha \text{ (ângulo em radianos)} \quad (17)$$

Para a situação em que várias forças agem sobre a partícula, podemos generalizar a equação para um torque resultante, dada por:

$$\tau_{res} = I\alpha \quad (\text{ângulo em radianos}) \quad (18)$$

APÊNDECE B - PRODUTO EDUCACIONAL

**Sequência Didática Usando PhET para Ensino de Movimento do Sistema
Massa-Mola e do Pêndulo Simples no Ensino Remoto.**

JOSÉ RODRIGUES DA SILVA

Orientadora:

Profa. Dra. Kátia Calligaris Rodrigues

Caruaru, Fevereiro de 2021.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	82
2	OBJETIVOS.....	82
2.1	Objetivo geral.....	82
2.2	Objetivos Específicos.....	83
3	ESTRUTURAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E O CRONOGRAMA DAS AULAS.....	83
3.1	Temas abordados e cronogramas da sequência aplicada.....	83
4	APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE.....	84
4.1	Sequência didática utilizando a plataforma PhET.....	85
4.2	O sistema massa-mola utilizando o PhET como laboratório virtual.....	85
4.3	O pêndulo simples utilizando o PhET como laboratório virtual.....	88
4.4	Exposição da parte matemática do movimento oscilatório.....	91
5	PRÉ-TESTE.....	93
6	PÓS-TESTE.....	96

1 INTRODUÇÃO

Este produto educacional faz parte da dissertação de mestrado “**Sequência Didática Usando PhET para Ensino de Movimento do Sistema Massa-Mola e do Pêndulo Simples no Ensino Remoto.**” com autoria de José Rodrigues da Silva sob a orientação da professora doutora Kátia Calligaris Rodrigues. A dissertação investigou a aprendizagem dos conceitos relacionados a movimentos oscilatórios a partir da elaboração e implementação de uma Sequência Didática utilizando o PHET no Ensino Remoto no segundo ano do Ensino Médio.

Sabe-se que aulas práticas, no âmbito experimental, têm um papel importantíssimo no ensino-aprendizagem, pois assim os alunos procuram relacionar seu conhecimento teórico e de seu cotidiano na procura de explicações para solucionar o problema proposto, e essa metodologia, permitindo uma relação mais próxima entre a teoria e a prática, favorece um envolvimento melhor do aluno com os conteúdos trabalhados. Foi percebido que com essa metodologia apresentada no âmbito experimental, na qual o professor apresenta um problema, fornece algumas pistas e procura incentivar e interagir junto aos alunos para que elaborem hipóteses e façam levantamentos de informações para encontrarem a solução, houve um ganho de envolvimento e de aprendizado dos conteúdos trabalhados pelos participantes. Dessa forma, há uma tendência de que os alunos consigam fazer uma relação entre os conteúdos trabalhados em sala de aula e como esse conteúdo pode ser aplicado na prática.

Com base nas informações relacionadas anteriormente e em experiências apresentadas por vários artigos, podemos concluir que é de suma importância a aplicação de aulas experimentais como uma forma de relacionar conceitos teóricos com prática, nas aulas de Física, mas que muitas das vezes ficam comprometidas por conta da estrutura das escolas e pelos custos de materiais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma ferramenta apoiada em uma sequência didática (SD) que possa auxiliar os professores do ensino médio na aplicação dos conceitos de movimentos oscilatórios.

2.2 Objetivos específicos

- Utilizar ferramentas tecnológicas, como o PHET, no ensino de Movimento Harmônico simples, na busca de encontrar novas alternativas de transmitir conhecimento, por meio de um laboratório virtual.
- Fazer com que os educandos criem hipóteses e elaborem respostas para os dados coletados.
- Criar uma sequência didática onde haja debates e interação entre: aluno/aluno e aluno/professor e assim fazer com que o aluno vire um agente ativo do processo.

3 ESTRUTURAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E O CRONOGRAMA DAS AULAS

Após a leitura e análise dos artigos e livros citados na nossa fundamentação teórica relacionada, tanto a temas de ensino por investigação quanto de movimentos oscilatórios, organizamos nossa sequência didática como se segue:

3.1 Temas abordados e cronogramas da sequência aplicada

- i) Sistema massa-mola;
- ii) Pêndulo simples;
- iii) Movimento circular uniforme (MCU);
- iv) Movimentos oscilatórios.

Esses temas foram abordados em 6 aulas de 50 minutos cada e a Tabela 3 a seguir mostra de maneira esquemática e a quantidade de aulas para a aplicação de cada tema.

Tabela 3 - Cronograma da aplicação das etapas da sequência.

SEQUÊNCIA APLICADA	DURAÇÃO DAS AULAS
Aplicação do pré-teste	1 aula
Sistema massa-mola utilizando a plataforma PhET	1 aula
Pêndulo simples utilizando a plataforma PhET	1 aula
Desenvolvimento matemático do sistema massa-mola utilizando a plataforma <i>Google-Meet</i> e o programa <i>PowerPoint</i>	1 aula
Desenvolvimento matemático do pêndulo simples utilizando a plataforma <i>Google-Meet</i> e o programa <i>PowerPoint</i>	1 aula
Aplicação do pós-teste	1 aula

Fonte: O Autor (2021).

Ressaltamos que esta foi à nossa maneira de aplicar essa sequência didática, mas que eventuais aplicações, por outros professores que venham a se interessarem por ela, podem carecer de eventuais alterações conforme a realidade da sua escola e do grau de dificuldade de todos os envolvidos com relação aos temas abordados.

4 APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE

Inicialmente foi feita a aplicação de um pré-teste a uma turma de 13 alunos do segundo ano do ensino médio, onde utilizamos a plataforma do *Google-Meet* como ferramenta. Elaboramos 5 questões de caráter dissertativas relacionadas ao sistema massa-mola e ao pêndulo simples, tentado relacioná-las com situações do dia a dia dos estudantes, com o objetivo de fazê-los pensar e expor seus pontos de vista e

relacionar os conhecimentos já estudados anteriormente, tanto do âmbito escolar quanto do âmbito cultural, possibilitando que cada estudante se manifestar-se livremente e assim nos mostrar o quanto conhecia sobre o conteúdo de oscilações e o que deveríamos priorizar ao elaborar uma sequência didática de caráter investigativo.

4.1 Sequência didática utilizando a plataforma PhET

Durante a sequência didática procuramos relacionar as questões vistas no pré-teste com os experimentos do PhET, de forma que os alunos eram questionados e postos em situações onde teriam que sair da posição de agente passivo e comesçassem a participar da aula e, assim, fazer parte da solução do problema proposto.

Para tanto começamos com o sistema massa-mola, em seguida expomos o pêndulo simples e para finalizar foi apresentado aos alunos o desenvolvimento matemático de ambos os sistemas junto com o conceito de período e frequência de um sistema oscilatório

4.2 O sistema massa-mola utilizando o PhET como laboratório virtual

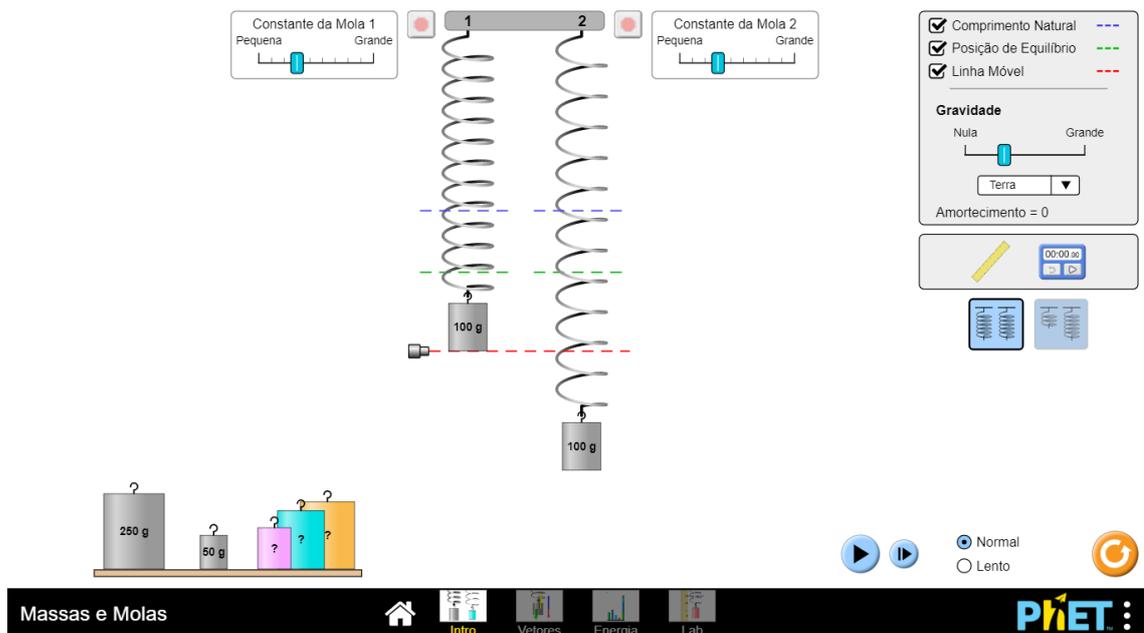
Utilizando o PhET, para o sistema massa-mola, buscamos seguir uma sequência investigativa, onde foi mostrado aos educandos como o sistema funcionava e quais variáveis poderiam ser modificadas e daí então mostrando que o sistema levaria um tempo para completar um ciclo.

Com o objetivo de tirar os alunos de uma posição passiva e colocá-los em uma posição ativa foram feitos alguns questionamentos relacionados ao tempo para que o sistema pudesse completar uma oscilação e quais variáveis poderiam interferir nesse tempo, como será mostrado nas perguntas relacionadas a cada uma das figuras apresentadas neste texto. Em seguida com o objetivo de envolver os alunos, fazendo com que houvesse interação e participação por parte de todos. Foram feitas comparações entres as respostas dos estudantes e seguimos até o momento em que se chegou a um entendimento por parte de todos, onde foi possível entender por parte dos alunos que a amplitude da mola não interfere no seu período, desde que não a danifique para o caso real, a não dependência desse tempo com a

amplitude foi uma surpresa por parte dos estudantes, pois no pré-teste todos colocaram a amplitude como ponto principal nesse tempo. Foi possível entender que as variáveis como: massa, constante elástica da mola e a gravidade local são as principais responsáveis pela mudança desse tempo.

A seguir são mostradas as figuras e as perguntas que utilizamos para seguir com nossa sequência investigativa, onde foi apresentada a Figura 56 e com o objetivo de dar liberdade para que cada aluno pudesse expor seu ponto de vista foram feitas as seguintes perguntas:

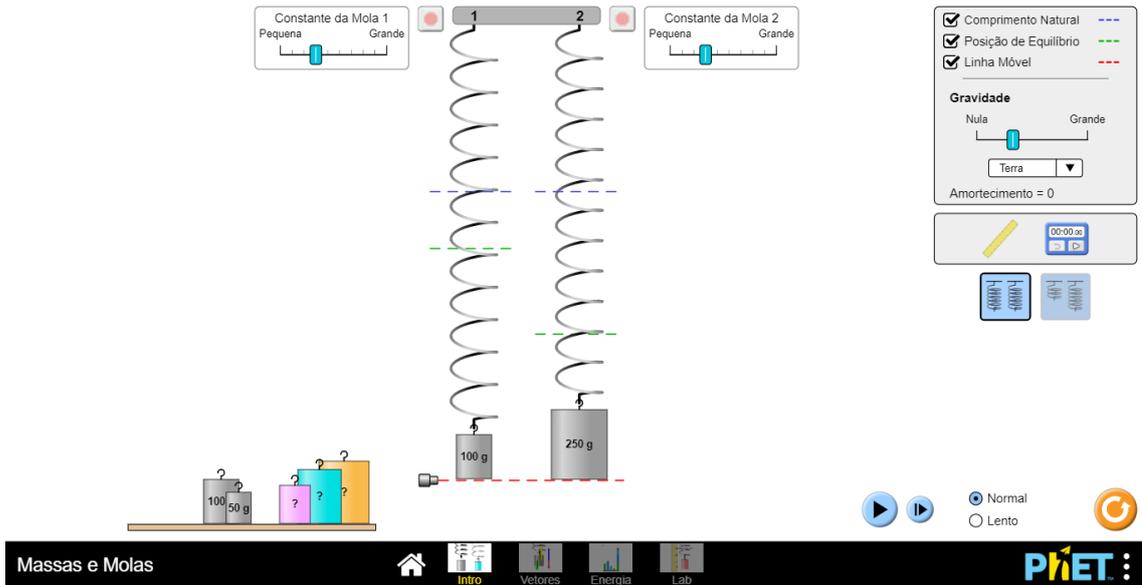
Figura 55 - Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

- i) Quais variáveis podem modificar o tempo que o sistema leva para completar um ciclo, massa, constante elástica das molas ou amplitude?
- ii) Qual sistema terá um tempo maior para completar um ciclo o que tem uma amplitude maior ou o que tem uma amplitude menor?
- iii) Qual sistema terá um tempo maior para completar um ciclo o que tem uma massa maior ou o que tem uma massa menor?

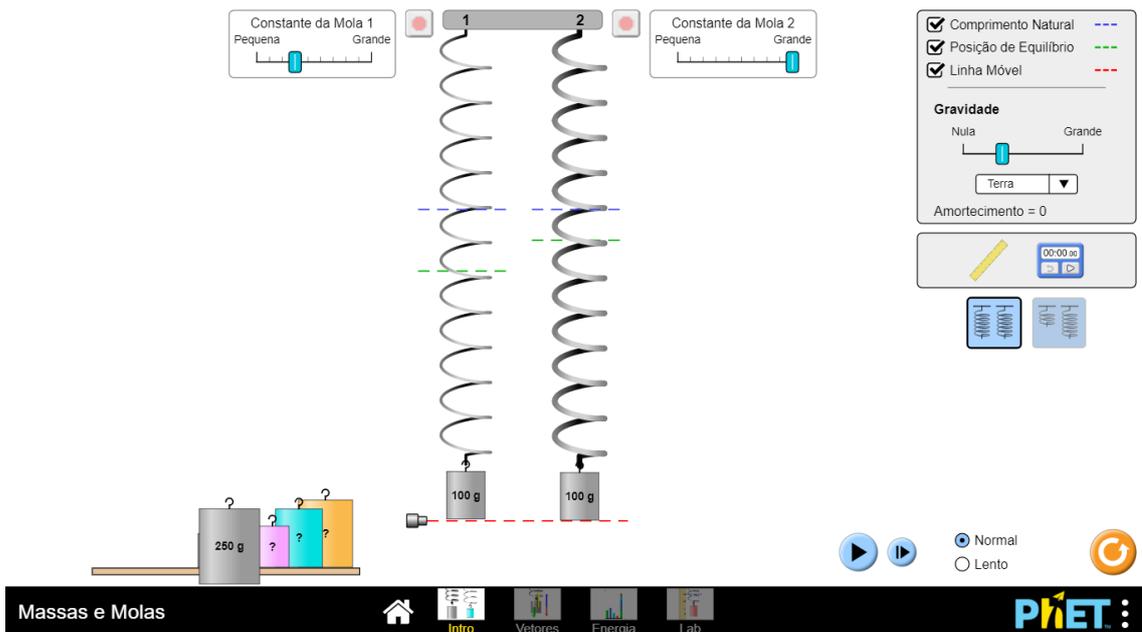
Figura 56 - Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

- iv) Qual sistema terá um tempo maior para completar um ciclo o que tem uma constante elástica maior ou o que tem uma constante elástica menor?

Figura 57 - Medições do período de um sistema massa-mola no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

Para todas essas perguntas foram coletadas as respostas de cada aluno e o professor mostrou, utilizando o programa PhET, como o sistema se comportava com as modificações de cada variável e nesse momento surgiram vários questionamentos e curiosidades por partes dos alunos tentando relacionar o experimento com o pré-teste aplicado anteriormente e foi percebido que a maioria dos alunos demonstrou curiosidade e interesse de compreender melhor o problema, aprimorando assim seus conhecimentos. A partir daí buscamos chegar junto com os alunos em um entendimento para cada resultado apresentado pelas simulações e assim esclarecer as dúvidas de cada aluno.

4.3 O pêndulo simples utilizando o PhET como laboratório virtual

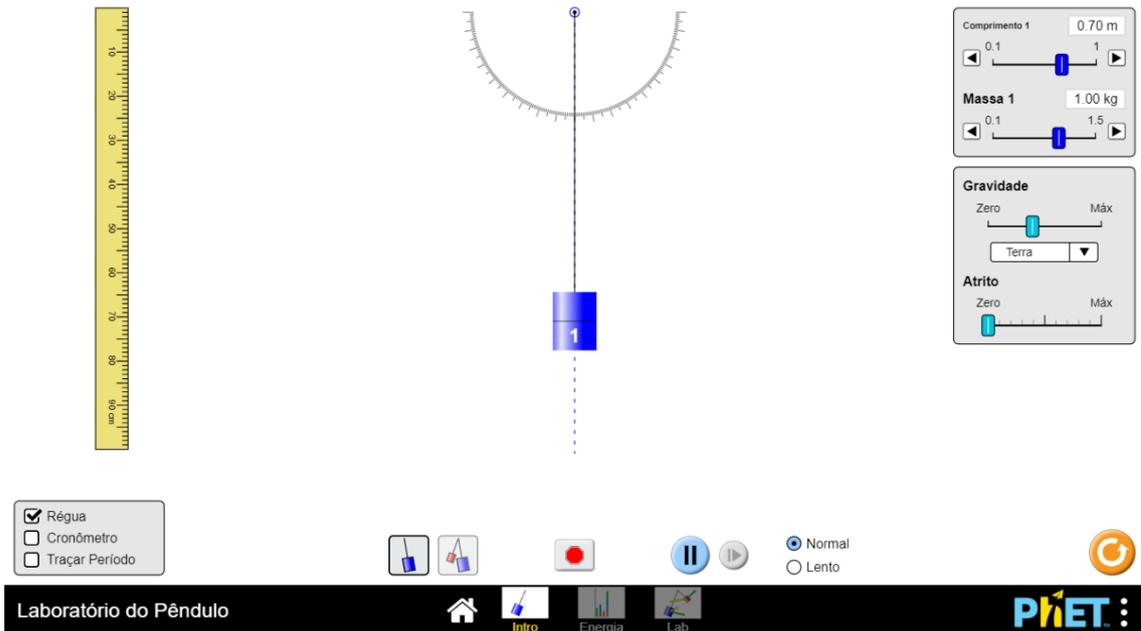
Utilizando o PhET, para o pêndulo, buscamos seguir uma sequência investigativa, assim como foi feita no sistema massa-mola, onde foi mostrado aos educandos como o sistema funcionava e quais variáveis poderiam ser modificadas e daí então mostrando que o sistema levaria um tempo para completar um ciclo.

Com o objetivo de tirar os alunos de uma posição passiva e colocá-los em uma posição ativa foram feitos alguns questionamentos relacionados ao tempo para que o sistema pudesse completar uma oscilação e quais variáveis poderiam interferir nesse tempo, como será mostrado nas perguntas relacionadas a cada uma das figuras abaixo. Em seguida com o objetivo de envolver os alunos, fazendo com que houvesse interação e participação por parte de todos, foram feitas comparações entre as respostas dos estudantes e seguimos até o momento em que se chegou em um entendimento por parte de todos, onde foi possível entender por parte dos alunos que a amplitude angular, desde que não ultrapasse uma angulação maior que 10° , não interferiria nesse tempo, o que foi explicado que esse fenômeno é mais fácil de ser observado para um sistema real. Também foi possível se entender que a massa não interfere nesse tempo, o que foi uma surpresa por parte de todos, pois no pré-teste todos colocaram a massa como ponto principal nesse movimento. Foi possível demonstrar e explicar a dependência do período com o comprimento do fio por meio de uma comparação com uma pista circular e também se conseguiu demonstrar que havia uma dependência com a gravidade.

A seguir são mostradas as figuras e as perguntas que utilizamos para seguir com nossa sequência investigativa.

- v) O que significa a posição mais baixa da figura?

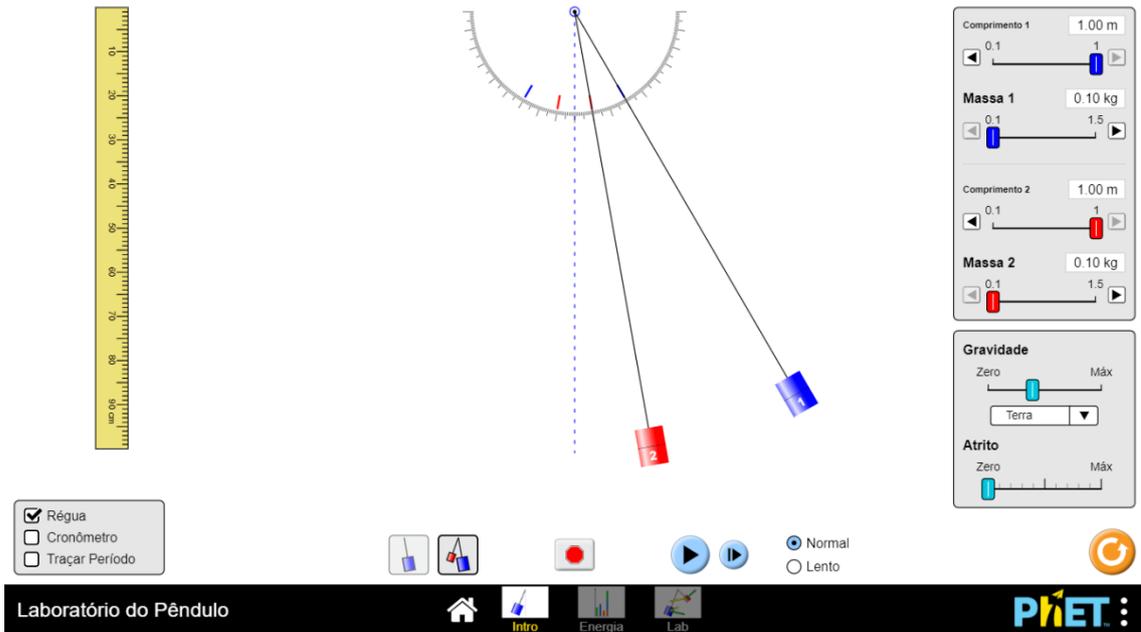
Figura 58 - Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

- vi) Qual ou quais variáveis pode modificar o tempo que o sistema leva para sair da posição inicial e até uma outra posição e retornar à posição inicial?
- vii) Qual pêndulo terá um tempo menor de retorno, o que tem uma amplitude menor ou o que tem uma amplitude maior?

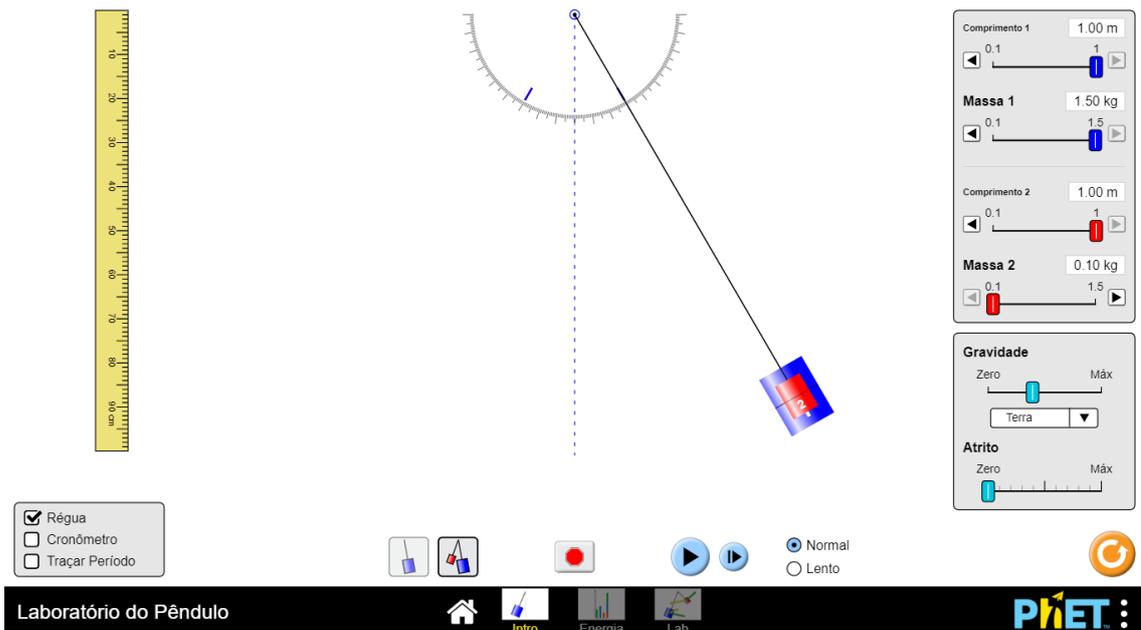
Figura 59 - Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

viii) Uma massa maior aumenta o tempo, diminui ou não interfere?

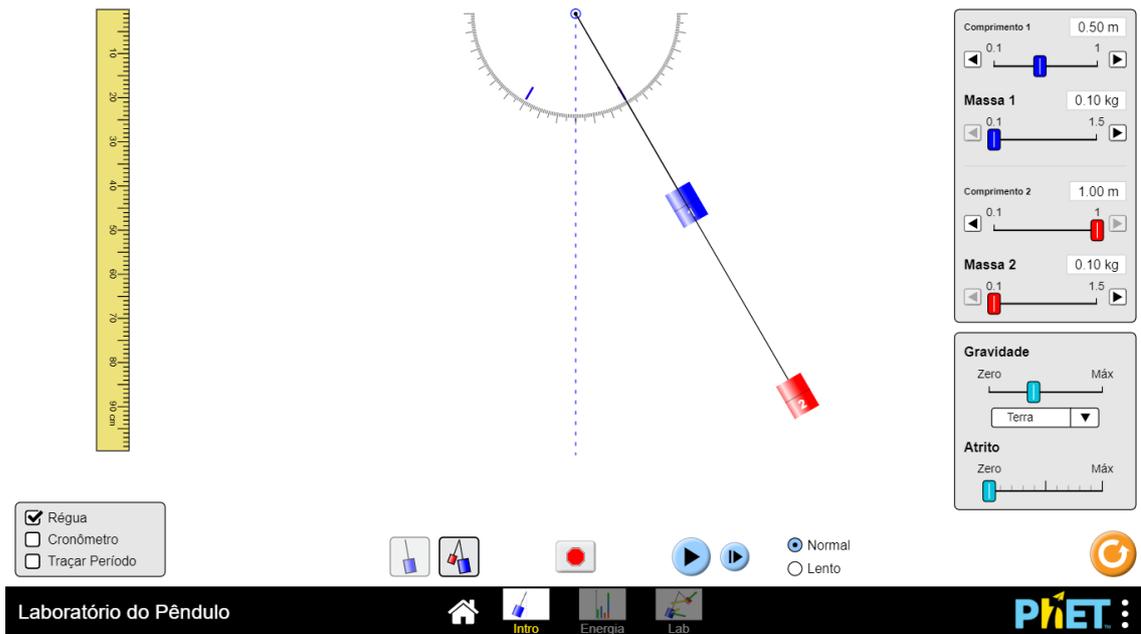
Figura 60 - Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

ix) Um comprimento maior do fio aumenta o tempo, diminui ou não interfere?

Figura 61 - Medições do período de um pêndulo simples no simulador PhET.



Fonte: Print da tela do simulador PhET.

Como no caso do sistema massa-mola para o pêndulo foram coletadas as respostas de cada estudante e a partir daí houve debates relacionados a cada pergunta onde o professor procurou sanar todas as dúvidas apresentadas pelos alunos e chegar juntos a um entendimento satisfatório.

Constatamos, também, que houve um envolvimento significativo por parte dos estudantes, onde tentavam relacionar todos os passos com o pré-teste aplicado anteriormente.

4.4 Exposição da parte matemática do movimento oscilatório

Para concluir, foi feita uma explanação do desenvolvimento matemático para mostrar as equações do movimento de um sistema massa-mola e do movimento de um pêndulo simples, discutindo com os alunos cada passo do desenvolvimento e sendo feitas algumas perguntas durante o desenvolvimento para que os alunos pudessem pensar e participar do desenvolvimento, deixando de ser um agente passivo do desenvolvimento e junto com os demais poder levantar hipóteses para tentar solucionar o problema e dessa forma assumir um papel ativo.

Durante o desenvolvimento foram feitas algumas aproximações para poder obter a expressão para o movimento do pêndulo, e daí abriu-se um parêntese para discutir as diferenças encontradas entre o modelo do PhET e o modelo experimental

construído em sala de aula, para que os estudantes percebessem que em um modelo real o fio contém massa que não pode ser desprezada e que há atritos nas junções do fio com a massa e com o suporte, além da resistência do ar, tanto no fio quanto na massa suspensa.

5 PRÉ-TESTE

NOME DA ESCOLA:		
ALUNO:		TURMA _____
PROFESSOR:		
DISCIPLINA:		NOTA _____

1. No nosso dia a dia nos deparamos com vários tipos de movimentos oscilatórios (periódicos). Com suas palavras classifique o que são esses movimentos.
2. Um balanço é constituído conforme a figura abaixo.



Retirado: <https://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-trajeto-do-movimento-do-balan%C3%A7o-da-corda-isolado-image41032266>

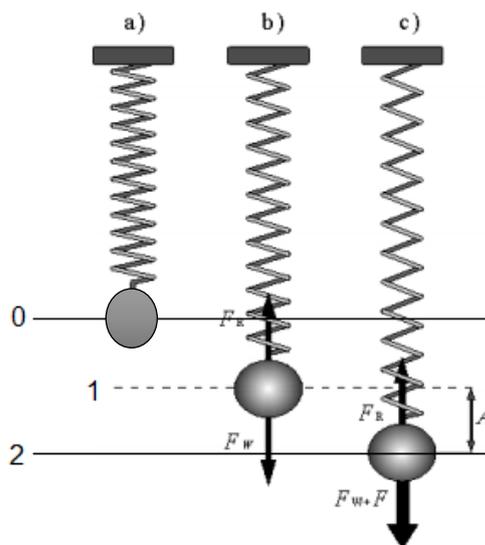
Você calculou o tempo que uma pessoa leva para ir da posição A até a posição B e retornar à posição A e anotou. Se uma pessoa com o dobro do peso da pessoa anterior sentar no mesmo balanço esse tempo que você

havia calculado anteriormente **umenta, diminui** ou **permanece o mesmo**? Justifique sua resposta.

3. Considerando que o movimento da figura 1, é comparado com o de um pêndulo simples para qualquer posição, podemos afirmar que: uma pessoa que se balança entre as posições A e B, tem um tempo **maior, menor ou igual** a uma pessoa que se balança entre as posições C e D? Justifique sua resposta.

4. Seja de 5 segundo o tempo que uma pessoa gasta para sair da posição A da figura 1 e ir até a posição B e voltar a posição A, se dobrarmos o tamanho da corda do balanço esse tempo será **maior, menor ou igual** a 5 segundos? Justifique sua resposta.

5. Considere iguais, as massas das esferas e as constantes elásticas das molas da figura abaixo.



Retirado:

http://www.uel.br/pessoal/renatoikeoka/pages/arquivos/Fisica%20Aplicada%20a%20Engenharia%20II/Oscilador_harmonico.pdf

Qual esfera leva mais tempo para sair da posição onde se encontra, subir até a posição 0 e voltar a posição inicial, a esfera da figura B ou a esfera da figura C? Justifique sua resposta.

6 PÓS-TESTE

NOME DA ESCOLA:		
ALUNO:		TURMA_____
PROFESSOR:		
DISCIPLINA:		NOTA_____

1. Uma pessoa ao observar o movimento de um pneu em um carro, percebe que o mesmo completa 25 voltas a cada 5 segundo. Qual é (a) a frequência e (b) o período de movimento desse pneu?
2. Rajadas de vento fazem uma antena de telecomunicação oscilar para frente e para trás completando ciclos a cada 15s. Qual é (a) a sua frequência e (b) o seu período?
3. O que significa o *período* de um pêndulo?
4. Qual pêndulo possui o período mais longo, um com um fio mais curto ou um com um fio mais comprido?
5. Qual pêndulo possui o período mais longo, um com uma massa maior ou um com uma massa menor?
6. Ao pendurar um peso em uma mola percebe-se que o mesmo balança para cima e para baixo ao longo de uma distância de 10 centímetros, duas vezes por segundo. Qual é a sua frequência? Seu período? Sua amplitude?
7. Qual sistema massa-mola possui um período mais longo, um com uma massa maior ou um com uma massa menor?
8. O período de um pêndulo depende da massa da bola ou do comprimento do fio?
9. O período de um pêndulo depende do ângulo inicial?
10. O relógio de pêndulo antigo de seu avô marca perfeitamente o tempo. Então ele é levado por uma nave até a lua, onde a aceleração da gravidade é seis vezes menor que aqui na terra. Ele funcionará mais rápido, mais lento ou da mesma maneira que antes quando estava aqui na terra? Explique.