



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE - *CAMPUS* NATAL-CENTRAL
DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

THAYNARA MAYANE FERNANDES DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM
HTML/JAVASCRIPT DE UM PÊNDULO SIMPLES**

NATAL
2023

THAYNARA MAYANE FERNANDES DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM
HTML/JAVASCRIPT DE UM PÊNDULO SIMPLES**

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

Orientador: Prof. Dr. Tibério Magno de Lima
Alves

NATAL
2023

THAYNARA MAYANE FERNANDES DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM
HTML/JAVASCRIPT DE UM PÊNDULO SIMPLES**

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

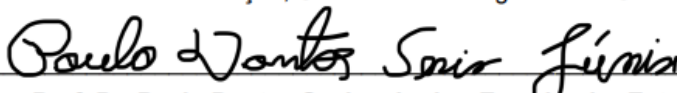
Aprovada em: 25/05/2023

Banca examinadora

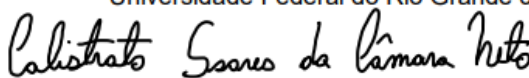


Prof. Dr. Tibério Magno de Lima Alves - Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Prof. Dr. Paulo Dantas Seson Junior, Examinador Externo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto, Examinador Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Souza, Thaynara Mayane Fernandes de.

S729d Desenvolvimento e aplicação de um simulador em HTML/Javascript de um pêndulo simples / Thaynara Mayane Fernandes de Souza. – 2023.
94 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

Orientador: Tibério Magno de Lima Alves.

1. Física - Ensino. 2. Física mecânica. 3. Pêndulo. 4. Simuladores – HTML – Javascript. I. Título.

CDU 53:37

Dedico esta dissertação aos meus pais Sandra e Zenivan, ao meu irmão Thyago e ao meu esposo Lucas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por sempre iluminar meu caminho.

Aos meus pais, Zenivan Fernandes de Medeiros e Sandra Rosa de Souza pela educação transmitida, pelo incentivo, crédito e apoio aos meus estudos.

Ao professor e orientador Tibério Magnos de Lima Alves por suas valiosas contribuições a esse trabalho e à minha formação acadêmica e profissional.

Aos professores do IFRN por compartilhar seus conhecimentos promovendo a fundamentação para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu irmão Thyago Fernandes de Souza por todo o incentivo e apoio.

Ao meu esposo e companheiro Lucas Mendes Bezerra Cabral por me incentivar, apoiar e motivar na busca pelos meus objetivos.

A minha amiga Márcia, que me acompanha desde da graduação com todo o apoio e motivação.

Aos colegas do mestrado pela companhia, discussões, alegrias e aperreios durante o período de curso.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 00.

RESUMO

A Física é a área do conhecimento que estuda os fenômenos ocorridos na natureza e é responsável por explicar suas causas e consequências. Mas, quando os conteúdos são considerados mais abstratos, ou seja, de difícil compreensão, por parte dos alunos, é preciso que o professor intervenha de modo a buscar meios que possibilitem uma melhor visualização do conteúdo e, conseqüentemente, uma aprendizagem significativa. Diante dessa realidade, o presente estudo visa somar contribuições ao Ensino de Física, por meio da implementação do uso de simuladores nas aulas de Mecânica, mais especificamente, atribuído ao ensino de conteúdos que envolvem conceitos relacionados ao Movimento Harmônico Simples (M.H.S). Com base no exposto, o objetivo geral do presente trabalho consistiu em desenvolver e descrever um produto educacional, baseado em um conjunto de simulações feitas em linguagem Javascript e HTML versão 5, com o intuito de abordar e desenvolver os conceitos de física que estão presentes no pêndulo (ou movimento do pêndulo). Buscou-se criar simuladores, os quais apresentam a resolução de questões, além de potencializar o ensino dos conceitos de física envolvendo o estudo do pêndulo, diminuindo a abstração gráfica; além disso, despertar no aluno, a sua percepção e a sua capacidade em desenvolver os conhecimentos científicos, sendo o professor mediador deste processo. Quanto aos procedimentos metodológicos, foram realizadas intervenções pedagógicas em uma turma de 1º ano do Ensino Médio, de uma escola estadual da rede pública de ensino, situada no município de Caicó-RN, a fim de pôr em prática os simuladores desenvolvidos e, principalmente, avaliar sua viabilidade no Ensino de Física. Além disso, foram aplicados questionários com os alunos a fim de verificar a satisfação dos mesmos com relação ao uso dos simuladores nas aulas de física. Para a análise dos dados, utilizou-se a abordagem qualitativa. Nos resultados, constatou-se que o uso de simuladores estimula o estudo das leis da física, facilitando na compreensão dos conceitos mais abstratos e concretos, a relacionar teoria e prática, além de possibilitar uma melhor visão dos fenômenos ocorridos no nosso dia a dia, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: ensino de física; mecânica; pêndulo; simuladores.

Abstract

Physics is an area of knowledge that studies, the phenomena occurring in nature and is responsible for explaining their causes and consequences. And, when the contents are considered more abstract, that is, difficult to understand, by the students, it is necessary that the teacher intervenes, in order to seek means that allow a better visualization of the content and, consequently, a meaningful learning. Given this reality, the present study aimed to add contributions to the Teaching of Physics, through the implementation of the use of simulators in Mechanics classes, more specifically, attributed to the teaching of contents that involve concepts related to the Simple Harmonic Movement (M.H.S). Based on the above, the general objective of this work was to develop and describe an educational product, which the construction and execution of it are based on a set of simulations made in Javascript and HTML version 5, concepts that are present in the pendulum (or pendulum movement). As specific objectives, we sought to create simulators, which present the resolution of questions, besides enhancing the teaching of the concepts of physics involving the study of the pendulum, reducing the graphic abstraction students, their perception and their ability to develop scientific knowledge, being the teacher mediator of this process. Regarding the methodological procedures, pedagogical interventions were performed in a class of 1st year of high school, a state school of the public school network, located in the municipality of Caicó-RN, in order to put into practice the simulators developed and to evaluate its feasibility in Physics Teaching. In addition, questionnaires were applied to students in order to verify their satisfaction with the use of simulators in physics classes. For data analysis, the qualitative approach was used. In the results, it was found that the use of simulators stimulates the study of the laws of physics, facilitating the understanding of more abstract and concrete concepts, to relate theory and practice, in addition to enabling a better view of the phenomena occurring in our daily lives, contributing to meaningful learning.

Key words: physics;teaching; mechanics; pendulum; simulators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica do pêndulo simples.	30
Figura 2: Forças atuantes no pêndulo simples.	30
Figura 3: Pontos de energia cinética e potencial.	38
Figura 4: Representação de forças e do vetor posição.	39
Figura 5: Plataforma de programação do editor código-fonte Notepad++ com algumas linhas de programação do simulador RG configurado para o formato HTML.	42
Figura 6: Área da simulação 1.	42
Figura 7: Área de simulação 2.	43
Figura 8: Área de simulação 3.	43
Figura 9: Resposta da aplicação da segunda questão do questionário pré-teste, aluno 1.	46
Figura 10: Resposta da aplicação da segunda questão do questionário pré-teste, aluno 2.	47
Figura 11: Resposta do aluno para a primeira alternativa da quarta questão do questionário pré-teste.	48
Figura 12: Resposta do aluno para a segunda alternativa da quarta questão do questionário pré-teste.	48
Figura 13: Decomposição das forças no pêndulo.	50
Figura 14: Resposta de um aluno.	51
Figura 15: Resposta de um aluno.	52
Figura 16: Resposta de um aluno.	52
Figura 17: Resposta de um aluno.	52
Figura 18: Resposta de um aluno.	53
Figura 19: Resposta de um aluno.	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Compreensão e aplicação de conceitos em situações concretas.	52
Gráfico 2: Relação entre teoria e simulação.	53
Gráfico 3: Fenômenos físicos mais próximos do real.	54
Gráfico 4: O uso de simuladores estimula o estudo das leis da física.	55
Gráfico 5: Simuladores viáveis ao ensino de física.	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	14
2.1	O USO DAS TICs NO ENSINO APRENDIZAGEM	14
2.2	USO DE SIMULADORES NO ENSINO DE FÍSICA	15
2.3	O HTML E LINGUAGEM “JAVASCRIPT”	23
2.4	PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE JEROME BRUNER	24
2.5	PÊNDULO SIMPLES	29
2.5.1	- Forças	30
2.5.2	- Período	31
2.5.3	- Dinâmica do Oscilador	34
2.5.4	- Conservação de Energia e Energia potencial	37
2.5.5	- Torque	38
3	O PRODUTO EDUCACIONAL	41
3.1	A CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	41
4	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	45
5	CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS	61
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	64

1 INTRODUÇÃO

A Física é uma área do conhecimento que estuda os fenômenos ocorridos na natureza e é responsável por explicar suas causas e consequências. Diante disso, faz-se necessário, e de suma relevância, que tais conhecimentos sejam perpassados, de forma consciente e responsável, por um profissional especializado na área, neste caso, o professor licenciado em Física. Contudo, sabe-se que a tarefa de ensinar não é fácil, pois exige muita dedicação e planejamento. E, quando os conteúdos são considerados mais abstratos, ou seja, de difícil compreensão, por parte dos alunos, é preciso que o professor intervenha, de modo a buscar meios que possibilitem uma melhor visualização do conteúdo e, conseqüentemente, uma aprendizagem significativa.

Muitas vezes, a Física é denominada pelos alunos com “chata” “horrível” “difícil”, dentre outros diversos adjetivos que transparece ser uma disciplina praticamente impossível de se aprender. Mas, esse é apenas mais um desafio enfrentado pelo professor de Física, no exercício de sua função. Portanto, cabe a ele desmistificar essa impressão que os alunos têm da disciplina, criando uma nova definição, em que a Física é vista como “interessante”, “instigante”, dentre outros conceitos que a valorizem. Então, é nesse sentido de inovação que o professor de Física deve repensar e refletir sobre sua prática pedagógica.

Em meio as mudanças ocorridas na sociedade, ao longo dos anos, a educação teve que se adaptar e adotar novos recursos, estratégias e métodos de ensino que atendam às necessidades atuais dos nossos jovens alunos que, nos tempos contemporâneos, estão diretamente ligadas às tecnologias. Diante dessa realidade, o presente estudo visou somar contribuições ao Ensino de Física, por meio da implementação do uso de simuladores nas aulas de Mecânica, objetivando facilitar o processo de aprendizagem dos alunos com relação ao ensino de conteúdos que envolvem conceitos relacionados ao Movimento Harmônico Simples (M.H.S).

Diante do exposto, o objetivo geral do presente trabalho consistiu em desenvolver e descrever um produto educacional, o qual a construção e a execução do mesmo são baseadas em um conjunto de simulações feitas em linguagem Javascript e HTML versão 5, com o intuito de abordar e desenvolver os conceitos de física que estão presentes no pêndulo (ou movimento do pêndulo). Como objetivos

específicos, buscou-se criar simuladores, os quais apresentam a resolução de questões, além de potencializar o ensino dos conceitos de física envolvendo o estudo do pêndulo, diminuindo a abstração gráfica; além disso, buscou-se ainda, despertar no aluno, a sua percepção e a sua capacidade em desenvolver os conhecimentos científicos, sendo o professor mediador deste processo.

Quanto aos procedimentos metodológicos, primeiramente, foi feita uma pesquisa bibliográfica, a partir da seleção de materiais tais como: artigos publicados, revistas online, monografias, sites da área da Educação, livros, dissertações de mestrado, entre outros, com a finalidade de melhor familiariza-se e compreender a temática aqui abordada. Segundo Fonseca (2002, p. 32), esse tipo de pesquisa se faz necessária em todo e qualquer trabalho acadêmico e científico, “que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto [...], e recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta”. Neste caso, utilizou-se como base teórica, os fundamentos idealizados por Carraro e Pereira (2014), Correia (2016), Filho (2010), Gomes, Franco e Rocha (2020), Heckler, Saraiva e Filho (2007), dentre outros autores que deram suas contribuições nos estudos acerca do uso de simuladores no Ensino de Física.

Em seguida, foram realizadas intervenções pedagógicas em uma turma de 1º ano do Ensino Médio, de uma escola estadual da rede pública de ensino, situada no município de Caicó-RN, a fim de pôr em prática os simuladores desenvolvidos e, principalmente, avaliar sua viabilidade no Ensino de Física. Para tanto, foram realizadas aulas expositivas-demonstrativas, em que o professor manipulou os simuladores, mostrando suas ferramentas e funções, para que os alunos pudessem entender seu funcionamento, ao mesmo tempo em que os conceitos físicos foram sendo explicados, para melhor compreensão dos alunos. Por fim, foram aplicados questionários com os alunos, a fim de verificar a satisfação dos mesmos com relação ao uso dos simuladores nas aulas de Física.

Para a análise dos dados, utilizou-se a abordagem qualitativa que “[...] não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc.”. (GOLDENBERG, 1997, p. 34). Esse tipo de abordagem não se preocupa com interpretações estatísticas e ou matemáticas, mas sim levando em consideração a subjetividade, em relação aos sujeitos investigados. No geral, esse tipo de abordagem se caracteriza por não ser

representada por números, pois busca o aprofundamento da compreensão de um grupo social, ou de uma organização, de um evento, de um sujeito, dentre outros.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O presente trabalho buscou avaliar como a utilização de um simulador poderia auxiliar no desenvolvimento do conteúdo ligado ao movimento oscilatório do pêndulo físico, tendo em vista que o ensino dos conteúdos de física vai muito além de resolução de fórmulas, por se tratar de algo presente no nosso cotidiano em diversas situações. Sobre isso, a Base Nacional Comum Curricular – BNCC diz, em uma de suas competências gerais que:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. (BRASIL, 2018, p. 9).

Tal competência está em concordância com o que estabelece os Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio - PCN+, que apresenta enfatiza:

O conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (MEC, p. 4, 2006)

De acordo com o que orienta o PCN+ - Ensino Médio, para a disciplina de Física, é necessário que o professor adote uma postura mais pedagógica, tomando como ponto de partida questionamentos que conduzam sua prática docente, de modo a contribuir com a aprendizagem significativa do aluno. Pensando nisso, o presente trabalho visou enfatizar o uso de simuladores nas aulas de Física, tendo em vistas que, estes recursos são considerados facilitadores da aprendizagem, quando se trata dos conteúdos de Física, conforme dispõe a literatura. E, é nesse contexto que as discussões deste trabalho irão ser fundamentadas.

2.1 O USO DAS TICs NO ENSINO APRENDIZAGEM

Conforme Amaral 2011, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) vem contribuindo gradativamente na ampliação das estratégias de ensino

aprendizagem, proporcionando diversas ferramentas que auxiliam os professores no desenvolvimento de aprendizagem.

Dessa forma, o sistema de ensino tem ganhado novos rumos e possibilidades e assim sendo enriquecido com novas técnicas que visam um melhor desenvolvimento intelectual dos alunos.

Atualmente o ensino exige dos professores uma postura diante da resolução dos problemas e com isso ele precisa buscar meios para a evolução dos alunos. A partir desta premissa, percebemos que a TIC é capaz de trazer um problema ao aluno, no qual o mesmo terá que procurar a melhor forma de solucionar utilizando essas ferramentas de ensino (BROSSEAU, 2008).

Temos muitos recursos disponíveis na internet que ainda são pouco utilizados de forma a auxiliar no ensino aprendizagem, já que são mais utilizados para uso pessoal, como no caso das redes sociais. De fato, é um recurso bastante rico de oportunidades e com diferentes conceitos na área da educação pouco explorado. De acordo com Kenski,

Em educação, as tecnologias eletrônicas de comunicação funcionam como importantes auxiliares. Em verdade, elas já se ocupam de muitas funções educativas, a maioria delas fora dos sistemas regulares de ensino. As pessoas de todas as idades que têm acesso ao computador e à Internet utilizam esses recursos para se informar, trocar ideias, discutir temas específicos etc. Esses momentos, porém, de comunicação, de lazer e de autoinstrução, com base em interesses pessoais, raramente são orientados ou aproveitados nas atividades de ensino (2009, p. 69).

Portanto a inserção das tecnologias de informação e comunicação é de suma importância para o desenvolvimento escolar, bem como nas práticas educativas promovendo diversos saberes em várias áreas da educação.

2.2 USO DE SIMULADORES NO ENSINO DE FÍSICA

A qualidade do ensino ofertado nas escolas brasileiras, em especial nas públicas, é um tema que gera bastantes discussões, como é o caso da precariedade nas instalações, a falta de laboratórios de ciências, o despreparo por parte de alguns professores e elevadas cargas horárias, restando assim poucas horas disponíveis para o planejamento de atividades mais elaboradas, o que conseqüentemente, acarretam em metodologias de ensino que não despertam o interesse dos alunos, tornando assim as aulas monótonas e cansativas, como ressalta Schneider (2013).

Partindo dessas discussões e apoiando-se no que diz Tomanik (2015, p. 11), sente-se a necessidade de inserir, no processo de ensino-aprendizagem, “ferramentas que auxiliem o futuro professor a ser capaz de desenvolver um ensino científico, que desenvolva nos estudantes a capacidade de observação, análise, raciocínio e autonomia no tratamento de um problema”.

Frente a esses problemas enfrentados pelo ensino e com o avanço da ciência, acredita-se que o uso das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTIC's) é uma alternativa viável na busca de suprir algumas das dificuldades, as quais foram citadas aqui, em detrimento a um ensino pautado na autonomia do aluno e nos avanços tecnológicos em que vivemos mediante as transformações e evolução da sociedade, atualmente e futuramente, considerando o fato de que estes recursos já fazem parte do cotidiano de todos, tanto alunos como professores, que buscam cada vez mais atualizarem-se mediante as transformações e necessidades da sociedade nos tempos contemporâneos.

Sobre o ensino de Física, especificamente, faz-se necessário que o professor busque meios que venham a despertar o interesse do aluno, para que o mesmo se torne ativo em seu processo de aprendizagem, que passe a questionar, argumentar e refletir, tomando para si uma postura mais autônoma. Mesmo com essas e outras dificuldades, o professor deve ser aquele que orienta e questiona, instigando os alunos em uma busca constante pela construção do seu conhecimento, e não apenas ser aquele que promove uma educação bancária cuja mesma é conceituada por Freire (1987) como uma educação na qual não existe diálogo entre educador e educando, e sim, depósitos de conteúdos na cabeça do aluno. Esses depósitos partem daquele que tudo sabe, o professor, para aqueles que nada sabem, os alunos.

Considerando que a disciplina de Física, geralmente, é vista como algo desagradável para os alunos, devido às diversas fórmulas, os grandes cálculos, a matemática mais aprofundada, e até mesmo por existir alguns conceitos e conteúdos mais abstratos, cujos mesmos chegam a serem de difícil compreensão para os alunos, além de outros fatores a mais, como destacam Moreira (2009) e Tomanik (2015), alguns pesquisadores da área vêm discutindo e desenvolvendo seus estudos voltados para a prática pedagógica do professor de Física em sala de aula, buscando novos métodos, estratégias, ferramentas de ensino, entre outros recursos que venham a facilitar o processo de ensino-aprendizagem em Física.

Diante disso, percebe-se a importância de o professor de Física pensar em alternativas que possibilitem o aluno à construção do conhecimento, principalmente se os conteúdos estudados forem relacionados com o seu cotidiano, o que pode facilitar a compreensão de determinados conceitos presentes na Física. Tais conceitos são, geralmente, considerados de difícil compreensão para os alunos, por serem abordados de forma tradicional, portanto, cabe ao professor buscar ferramentas que possam auxiliar e facilitar a aprendizagem do aluno. O processo de ensino-aprendizagem encontra-se, na maioria das vezes, norteado por estratégias tradicionalistas que não levam o aluno a refletir e relacionar os conteúdos pragmáticos com o que vivencia na prática, no seu cotidiano.

É comum, no dia a dia do Ensino de Física, o professor fazer uma pequena apresentação sobre o assunto a ser estudado, usando fórmulas matemáticas e resolvendo problemas, numa abordagem que, na maioria das vezes, não vem acompanhada de atividades experimentais ou demonstrações em laboratório. Por outro lado, quando as atividades de laboratório são realizadas, há uma tendência em se utilizar roteiros fechados, o que não incentiva momentos de reflexão nem o aprofundamento de discussões acerca dos conteúdos (ARAÚJO *apud* SANTOS, 2016, p.2).

Isso ocasiona a fragmentação da aprendizagem fazendo com que o aluno apenas decore momentaneamente aqueles conteúdos, fomentando assim um ensino mecânico, definida por Moreira (2013, p.52) “como a aprendizagem de informações sem significados a serem reproduzidas em curto prazo, ou seja, decorar”. Do ponto de vista cognitivo essas informações, praticamente, foram internalizadas sem a devida interação com os conhecimentos prévios dos alunos. Daí surge a necessidade de se optar por estratégias que visem à aprendizagem significativa, aquela que é duradoura e que tenha sentido para o aluno.

Diante desse contexto, são citados os recursos tecnológicos, tais como: computadores, *smartphones*, câmeras fotográficas digitais, dentre outros aparelhos eletrônicos, como sendo de grande viabilidade para as aulas de Física, pois os professores podem desfrutar de um grande leque de possibilidades quanto ao uso dessas ferramentas para ensinar determinados conteúdos da área, de maneira menos abstrata, propiciando uma visão mais ampla do fenômeno estudado, assim como, dependendo do recurso utilizado, proporciona uma maior interatividade e aproximação do aluno, tornando-o mais participativo durante as aulas. Com base nisso, acredita-se

que o uso de simuladores, especificamente, apresenta importantes contribuições para o Ensino de Física, conforme ressaltam Gomes, Franco e Rocha (2020), Carraro e Pereira (2014), Heckler, Saraiva e Filho (2007), Filho (2010), Correia (2016), Souza (2015), cujas informações principais dos trabalhos desenvolvidos por estes autores, acerca dessa temática, encontram-se brevemente descritas no quadro 1, abaixo.

Quadro 1: Trabalhos que abordam o uso de simuladores no Ensino de Física

Autores/Ano	Títulos	Objetivos
Heckler, Saraiva e Filho (2007)	Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica.	Apresentar os conteúdos de óptica de uma forma mais atraente e ilustrativa do que os simples exercícios propostos ou as meras descrições de fenômenos efetuadas na maioria das aulas tradicionais, propiciando assim o maior envolvimento dos alunos nas aulas de Física.
Filho (2010)	Simulações computacionais para o Ensino de Física básica: uma discussão sobre produção e uso.	Apresentar os pressupostos teóricos para a produção de aplicativos computacionais para o Ensino de Física, bem como os padrões de produção destes aplicativos e um relato com avaliação preliminar de seu uso em ambiente escolar.
Carraro e Pereira (2014)	O uso de simuladores virtuais do PHET como metodologia de Ensino de Eletrodinâmica.	Socializar os resultados da implementação da produção didático-pedagógica utilizando os simuladores virtuais do PhEt, a fim de contribuir para a melhoria da aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica.
Souza (2015)	Uso de simulações computacionais no ensino de conceitos de força e movimento no 9º ano do ensino fundamental.	Apresentar o desenvolvimento de um produto educacional com o uso do simulador PHET no ensino de noções de mecânica para o 9º ano do Ensino Fundamental.
Correia (2016)	O uso de simuladores no ensino de Física: estudo da corrente induzida por meio de atividade investigativa.	Avaliar a eficácia do uso do Simulador Phet (<i>Physics Education Technology</i>) da <i>University of Colorado Boulder</i> , disponível para uso livre, nas aulas de Física, para o Ensino Médio.
Gomes, Franco e Rocha (2020)	Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no Ensino da Física.	Buscar o entendimento da utilização dos simuladores computacionais para uma aprendizagem significativa, no que se refere ao ensino de Física.

Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode-se notar, os simuladores são utilizados para o ensino de conteúdos diversos da Física, tais como: Mecânica, Óptica e Eletrodinâmica,

Eletromagnetismo, dentre outros aspectos que contribuem para o processo de aprendizagem dos alunos, nesta área do conhecimento.

No trabalho de Heckler, Saraiva e Filho (2007), durante a análise dos resultados de sua pesquisa, os autores constataram que, os simuladores permitem a compreensão de um grande número de fenômenos em um curto intervalo de tempo e, ainda, fornece um *feedback*¹ instantâneo aos alunos. Ao analisar os comentários dos alunos, perceberam também que o material é relevante para a grande maioria dos alunos, proporcionando um ambiente que estimula, motiva e envolve o processo de aprendizagem, onde os alunos participam ativamente na aquisição de informações e na construção do conhecimento. Além disso, um ponto muito positivo foi o fato de que 95% dos alunos participantes da pesquisa se sentiram mais interessados nas aulas de Física, com o uso dos simuladores. Diante do exposto, os autores enfatizam a necessidade de os professores de Física estarem sempre buscando recursos que possibilitem aos alunos questionar, pensar, discutir, pesquisar, tornando-se mais autônomos em seu processo de aprendizagem.

Já o trabalho realizado por Filho (2010), o autor desenvolveu um conjunto de aplicativos de simuladores computacionais, os quais foram disponibilizados para a comunidade docente e discente, com a finalidade de contribuir com o processo de ensino-aprendizagem de Física. De acordo com Filho (2010), tais recursos foram testados e considerados viáveis, mediante aos objetivos almejados, por serem considerados aplicativos limpos, que permitem múltiplos níveis de interação, aproveitam ao máximo o processo de visualização científica, podem ser recombinaados com outros materiais didáticos, podem ser reutilizados em diferentes contextos e compor materiais didáticos potencialmente significativos. Portanto, concluiu-se que o uso dos simuladores, em sala de aula, é uma abordagem que facilita a modelagem matemática, pois fornece imagens visuais relevantes para a resolução de exercícios e, ainda, promove a interação aluno-aluno e professor-aluno, o que vem a ser de grande viabilidade para uma aprendizagem significativa.

¹ **Feedback** é uma palavra inglesa que significa **realimentar** ou *dar resposta* a um determinado pedido, ou acontecimento (*feed* = alimentar e *back* = de volta). Está presente tanto no meio empresarial como nas relações humanas. Basicamente, o *feedback* consiste em alguém entregar algo (trabalho, serviço, produto e até mesmo atitudes ou conversas) e receber uma resposta quanto a isso. Disponível em: < <https://www.significados.com.br/feedback/>>. Acesso em: 15 de nov. 2022.

O trabalho desenvolvido por Carraro e Pereira (2014), é resultado de um curso de formação continuada para docentes, acerca da implementação do uso de simuladores virtuais do PhET² nas aulas de Física. Durante o desenvolvimento de tal proposta, o autor avaliou diversos aspectos, os quais são essenciais para o processo de ensino-aprendizagem nesta área do conhecimento, principalmente, no que trata, do aprendizado dos alunos como, por exemplo, sua participação durante a realização das atividades, sua motivação para estudar Física, seu desempenho escolar, desenvoltura em apresentações de seminários e produção de pequenas redações respondendo a perguntas do cotidiano. A partir disso, foi possível perceber que os simuladores virtuais do PhET apresentam grandes contribuições tanto para o professor, em seu processo de ensino, como também e, principalmente, para o aluno, em seu processo de aprendizagem. De acordo com os autores, durante e após a implementação de tais recursos, nas aulas de Física, foi possível constatar que as atitudes dos alunos mudaram, eles começaram a mostrar um maior interesse pelo aprendizado da Física e mostraram-se mais receptivos ao trabalho docente desenvolvido. Essa mudança de atitude teve um impacto positivo na aprendizagem dos alunos. Portanto, a disponibilização de cursos de formação continuada para professores de Física se faz necessária para que, novas práticas sejam implementadas, contribuindo, assim, para a aprendizagem e sucesso educacional do aluno.

No trabalho de Souza (2015), os autores produziram uma sequência didática, a partir de roteiros de atividades a serem executadas através dos simuladores virtuais do PhET, pelo fato de que estes recursos são considerados viáveis para a compreensão de fenômenos físicos reais ou conceituais e, ainda, permite que os aprendizes modifiquem as condições para melhor observação e análise. Diante disso, o autor constatou uma grande satisfação, por parte dos alunos, na resolução de problemas com roteiro de atividades que interagem coletivamente de forma cooperativa, o que facilitou o estabelecimento de relações entre o conhecimento novo e o prévio em suas estruturas cognitivas.

² Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade do Colorado em Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As Sims PhET baseiam-se em extensa pesquisa em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde eles aprendem através da exploração e da descoberta. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 15 de nov. 2022.

Já no trabalho realizado por Correia (2016), buscou-se verificar a eficácia do uso do simulador Phet, cujo fenômeno trabalhado foi corrente induzida, devido ao fato de que os alunos investigados apresentavam dificuldades de inter-relacionar as grandezas físicas envolvidas no fenômeno em questão. No tocante, constatou-se uma maior disposição dos alunos em participarem das aulas de Física, o que já foi um grande começo. Além disso, ao serem abordados a partir de um caráter investigativo, tais recursos são ainda mais eficazes, pois possibilitam aos alunos refletirem sobre possíveis soluções, a partir dos seus conhecimentos prévios, o que os leva à construção do novo conhecimento. Contudo, ressalta-se a necessidade de um grau mais elevado de planejamento, por parte do professor, para que a aula, de fato, seja produtiva e os objetivos almejados sejam alcançados, contribuindo, assim, para uma aprendizagem significativa.

Por fim, o trabalho de Gomes, Franco e Rocha (2020) destaca a viabilidade das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação - TDCIs no Ensino Física, considerando o fato de que as tecnologias são poderosas no âmbito educacional, pois possibilitam a expressão criativa dos sujeitos e as formas como eles adquirem conhecimento. Dentre tais recursos, os autores citam os simuladores como um recurso viável para encurtar a distância entre os fenômenos naturais e a vida, devido sua interatividade e, portanto, colaborando promover com o aprimoramento do aprendizado de conhecimentos básicos nas aulas de Física.

O grande diferencial entre usar o simulador do pêndulo, em relação a experiência real é que, a maioria das escolas públicas não dispõem de um laboratório de ciências e, tampouco, de equipamentos experimentais para tal prática, como é o caso do pêndulo. Contudo, ainda há a possibilidade de construí-lo com materiais de baixo custo, porém, o simulador é um recurso mais prático e, acima de tudo, atrai a atenção dos alunos por se tratar de uma tecnologia, tendo em vista que, atualmente, os jovens encontram-se muito ligados a estas ferramentas e possuem habilidades que facilitam seu manuseio.

Por outro lado, não podemos deixar de mencionar algumas dificuldades existentes neste processo como, por exemplo, o fato de que, alguns alunos, por falta de acesso aos recursos tecnológicos no seu dia a dia, devido às precariedades financeiras de sua família, acabam não desenvolvendo as mesmas habilidades e facilidades de manuseio que os demais alunos que já têm esse acesso, o que pode acarretar no atraso educacional destes alunos. Entretanto, nessas situações, cabe ao

professor dar maior atenção a este público, orientando-os ao manuseio correto do simulador.

2.3 O HTML E LINGUAGEM “JAVASCRIPT”

Conforme Linux Dictionary V 0.16, HTML é um conjunto de convenções para marcação de partes de um documento, para quando for acessado por outro programa, cada parte apareça com um formato distinto. HTML significa Hyper Text Markup Language e é a linguagem de autoria usado para criar documentos na World Wide Web.

As páginas serão reproduzidas por navegadores instalados nos dispositivos de seus usuários. Estes navegadores tem a capacidade de ler a linguagem HTML, e a partir dela renderizar, que é o processo que se obtém um produto final de um processo digital, na tela o conteúdo das páginas, como textos, tabelas, formulários de entrada de dados, entre outros. (SILVA, 2007).

As primeiras versões do HTML foram criadas com a facilidade de regras sintáticas flexíveis, e dessa forma ajudando aqueles que possuem pouco conhecimento com a navegação na Web. Já nos dias atuais a sintaxe do HTML é muito mais inflexível, permitindo um código mais preciso. De acordo com Macedo (2004)

[...] Um documento HTML é composto de dois tipos de texto: as informações, que serão exibidas, e as tags (elementos de marcação), que definirão como os navegadores irão apresentar as informações contidas nas páginas do site, como por exemplo, a tag “<title>” que representa o título do documento. Algumas tags podem possuir atributos que definem suas características ou propriedades (MACEDO, 2004). Pode ser interpretado por diversos navegadores, por exemplo, Internet Explore (Microsoft), Firefox (Mozilla), Chomos (Google) e outros. (MACEDO,2004, p. 6)

Portanto o HTML utiliza diversas tags para o seu bom funcionamento e assim definir as estruturas dos textos. Ela possui cabeçalhos; tabelas e parágrafos. Cada tag é definida através do uso da fórmula **<A>** e ****. São chamadas de tags de “abertura” e “fechamento”, respectivamente.

O Javascript foi criado por Brendan Eich na década de 90, usada juntamente com o HTML para rodar no Netscape navigator, após um ano a Microsoft adquiriu o javas e assim ajudou uma das tecnologias mais significativas e utilizadas na internet e com essa fusão as páginas da web ficaram mais dinâmicas e com maior interação para os usuários.

Javascript é uma linguagem que oferece interação em tempo real com usuários de uma página web. Ele continua avançando cada vez mais em seu número de usuários e é uma das principais linguagens da web atualmente. Ele permite que o usuário possa interagir com a página. (POWERS, 2008).

De acordo Morrison (2008), essa linguagem permite a manipulação de tudo que é renderizado por um navegador, também é capaz de capturar praticamente todas as ações do usuário em uma página web.

O Javascript é considerado um “meio de comunicação” entre o usuário e a página, é lido, renderizado e executado dentro do navegador. Portanto, trabalha ao lado do usuário na maioria de suas utilizações. (MORRISON, 2008).

Temos dois tipos de linguagem de programação para as aplicações Web que são: Client e Server Side. O Javascript utiliza o tipo Client já que o computador do usuário irá gerar e interpretar os resultados. O Javascript é utilizado para diversos fins, entretanto o mais comum ainda é em navegadores. Um código em **Javascript** pode estar introduzido em documentos HTML e ser decifrado pelo navegador.

A utilização das tecnologias abordadas, mostraram-se capazes de suprir as necessidades no desenvolvimento de um simulador que auxilia no desenvolvimento do conteúdo ligado ao movimento oscilatório do pêndulo físico. Com o uso dessas tecnologias, até então, pouco aplicadas, nos auxiliou a enxergar uma forma prática de criar esse simulador e assim um novo ambiente para o ensino da física.

2.4 PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE JEROME BRUNER

Nos tempos contemporâneos, é crescente o quantitativo de trabalhos que tratam questões referentes ao processo de ensino e aprendizagem no âmbito educacional que visam entender os principais desafios e dificuldades enfrentados por professores para ensinar e também pelos alunos em aprender, o que gera diversas discussões, na tentativa de propor soluções viáveis a este processo que possa amenizar tais empecilhos e, assim, professores e alunos obtenham maior desempenho em suas funções que é ensinar e aprender, respectivamente.

Diante desse contexto, destaca-se as contribuições do psicólogo Jerome Seymour Bruner para o desenvolvimento do sujeito, cujo mesmo enfatiza a resolução de problemas como estratégia de ensino eficaz, tanto para a prática docente como também para o aprendizado do aluno.

Nesse sentido, Bruner (1973b) propõe uma teoria da aprendizagem que se constrói a partir de regras que fornecem a melhor forma de adquirir conhecimento e, por ser apresentada dessa forma, permite analisar criticamente esse "modelo". Apresenta-se de forma normativa porque especifica certos critérios a serem atendidos e deve apresentar critérios abrangentes que possam ser usados com diferentes programas de ensino. Bruner (1973b) nos questiona sobre a necessidade de uma teoria da aprendizagem, e o campo da psicologia tem proposto diversas teorias que tratam do ensino e do desenvolvimento, mas é interessante ressaltar que essas teorias são descritivas e não prescritivas, como aponta o psicólogo, portanto, eles lidam com as consequências do evento, conforme explicita:

[...] a maioria das crianças de seis anos não possui ainda a noção de reversibilidade. Uma teoria de aprendizagem, por seu lado, deveria esforçar-se para oferecer a melhor maneira de dar às crianças aquela noção. Preocupa-se, em resumo, em como algo a ensinar pode ser mais bem aprendido, isto é, em melhorar e não em descrever o ensino. (BRUNER, 1973b, p. 48).

Diante do exposto, vale salientar que a análise em questão não ameniza a relevância das teorias psicológicas que lidam com a aprendizagem e o desenvolvimento para a teoria do ensino, mas sim que elas devem abordar não apenas a aprendizagem, mas também questões de desenvolvimento. Dessa forma, a aprendizagem por através da resolução de problemas, proposta por Bruner, ocorre quando o professor apresenta ao aluno todas as ferramentas necessárias para permitir que ele descubra por si mesmo o que considera importante aprender. Os princípios da teoria de aprendizagem de Bruner giram em torno da disposição de apresentar conteúdo, sequência e reforço nas estruturas mais eficazes para a aprendizagem (motivação).

De acordo com Bruner (1973b), a teoria do ensino possui quatro características principais, as quais são:

1ª - Uma teoria de ensino deve distinguir as experiências mais eficazes para inserir as disposições de aprendizagem de um indivíduo - aprendizagem em geral ou qualquer situação. Por exemplo, como a relação com o meio ambiente afeta a vontade de aprender das crianças?

2ª - deve explicitar como um conjunto de conhecimentos deve ser estruturado para que os alunos aprendam melhor.

3ª - a teoria de ensino deve referir-se à ordem mais eficaz de aprendizagem das matérias a serem estudadas.

4ª - a teoria deve focar na natureza e aplicação de recompensas e punições no processo de ensino e aprendizagem.

Os debates sobre as tendências que influenciam a curiosidade intelectual são frequentes e muitas vezes envolvem as seguintes questões: cultura, motivação e fatos pessoais. Segundo Bruner, essas relações são as mais importantes para a aprendizagem, em que se pode destacar a relação professor-aluno. Sobre isso, Bruner ressalta:

[...] Tratando-se de relação entre pessoas em que um possui algo que falta ao outro, há sempre, no caso, um problema de autoridade. A forma dessa relação de autoridade se reflete na natureza da aprendizagem, no grau em que o estudante desenvolve uma habilidade independente, na medida em que ele confia na capacidade própria para trabalhar sozinho, e assim por diante. As relações entre quem ensina e quem aprende repercutem sempre na aprendizagem. E desde que o processo do ensino é essencialmente social - principalmente nos seus primeiros estágios, quando abrange, no mínimo, um professor e um aluno -, é claro que uma criança que tem que ir à escola deve ter um mínimo de conhecimentos sociais para poder participar do processo de aprendizagem escolar. (BRUNER, 1973b, p. 50).

Diante do exposto, faz-se importante mencionar que, fatores como classe social, sexo, idade e cultura também afetam a atividade intelectual. No caso das tradições culturais, estas podem influenciar no desenvolvimento do indivíduo, contudo, ressalta-se que, tais diferenças não devem ser consideradas dificuldades no processo de ensino, mas sim, um desafio, em que o professor deve-se buscar, nas teorias de aprendizagem, a melhor maneira de atingir objetivos de ensino relacionadas a cada uma destas diferenças.

Esses fatores são cruciais para a construção de teorias de ensino, mas Bruner (1973b) chama a atenção para um fator em particular, a tendência de explorar alternativas, pois, de certa forma, essa exploração de alternativas já está em processo, quando se trata da resolução de problemas no ensino. Segundo Bruner (1973b), três aspectos resumem essa abordagem de meios alternativos, todos referentes ao controle do comportamento de pesquisa, a saber: ativação, manutenção e orientação. Em suma, isso significa que explorar alternativas requer algo para você começar, algo para mantê-lo em movimento e algo para evitar que você se perca.

A ativação é um alto grau de incerteza, pois rotinas incertas levam a sentimentos de confusão e angústia, o que reduz a propensão a explorar. Já na exploração, sua manutenção exige que as vantagens das alternativas exploradas superem os riscos envolvidos. Sobre a manutenção, Bruner (1973b, p. 51) menciona: “[...] aprender qualquer coisa com o auxílio de um instrutor, desde que o ensino seja eficiente, deverá implicar menos perigo ou sacrifício que fazê-lo por conta própria [...]”. E, por fim, tem-se a direção que, de acordo com Bruner (1973b), tem por finalidade fornecer uma direção plausível para explorar alternativas depende de duas considerações: o objetivo da tarefa e a importância de encontrar alternativas para atingir esse objetivo. Sobre isso, o psicólogo destaca:

Para dar direção à exploração, em resumo, o objetivo da tarefa precisa ser conhecido, com alguma aproximação, e a verificação das alternativas deverá sempre informar a posição com referência ao referido objetivo. Mas resumidamente ainda, a direção se apoia no conhecimento dos resultados das experiências de alguém, e a instrução deve mostrar-se superior à aprendizagem “espontânea”, ao garantir e maior grau tal conhecimento (BRUNER, 1973b, p. 51).

Com base nisso, o psicólogo enfatiza que qualquer conhecimento pode ser generalizado o suficiente para qualquer aluno entender. Uma vez que cada forma de domínio de conhecimento pode ser construída a partir de três variáveis, todas relacionadas à capacidade do aluno de dominar o tópico relevante, forma de representação, apresentação, economia e eficácia. Portanto, esses três aspectos se apresentam de formas diferentes de acordo com a idade e o currículo dos alunos.

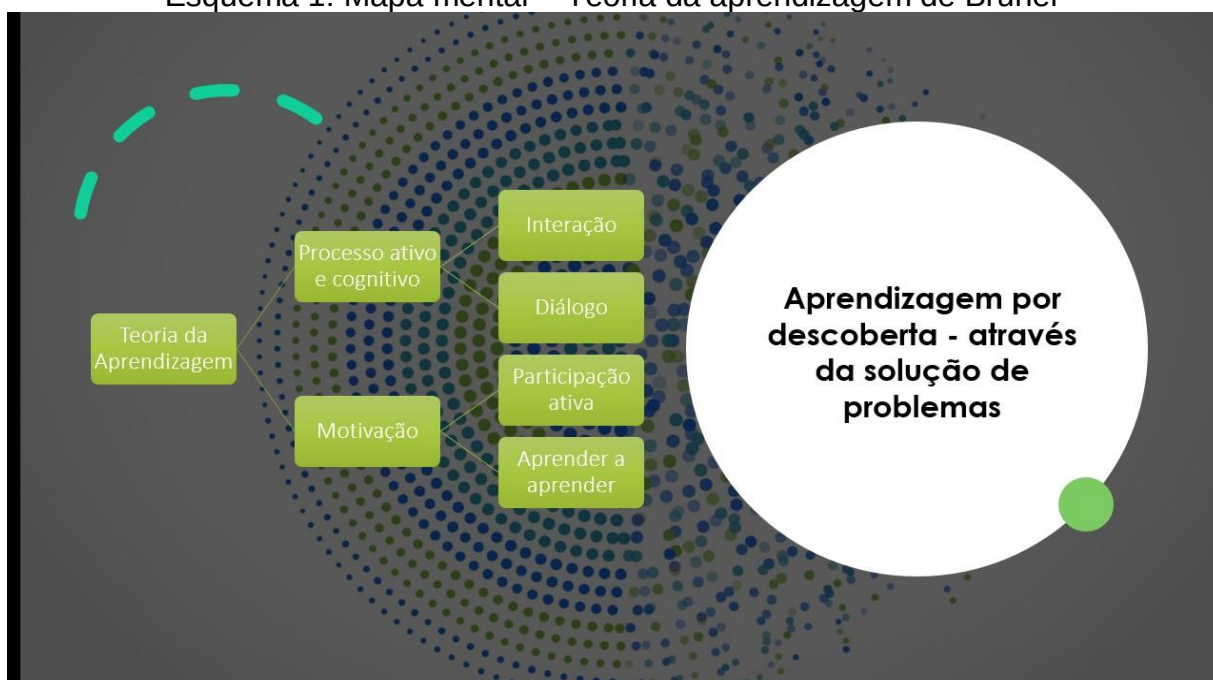
No que trata da representação, Bruner (1973b) afirma que existem três tipos: ativa, icônica e simbólica. A primeira trata-se do agrupamento de práticas adequadas para alcançar determinado resultado. Já a segunda corresponde ao conjunto de ilustrações diagramas/esquemas que representam determinados conceitos, porém, não os definem por completo. E a terceira refere-se ao conjunto de hipóteses, fundamentos e metáforas, os quais são decorrentes de um sistema de signos regidos por lei para criar ou recriar suposições e teorias. Sobre tais tipos de representações, Bruner (1973b) cita como exemplo:

[...] Pode-se, para maior conveniência, tornar concreta a distinção entre eles empregando uma balança de travessão, [...] Crianças muito novas podem naturalmente agir como base nos “princípios” da balança estabelecendo comparação com sua aptidão para brincar nas gangorras: sabem que para abaixar seu lado, tudo o que têm a fazer é deslocar-se para fora do centro. Os mais velhos podem representar a balança, para si mesmo, seja por um

modelo “imagens” das balanças podem ser requisitadas, com mais e mais detalhes irrelevantes, como nos diagramas típicos dos livros de iniciação à física. Temos finalmente que uma balança poderá ser descrita em linguagem concreta, sem o auxílio de diagramas, ou, melhor ainda, matematicamente, com base na lei dos momentos de Newton [...]. (BRUNER, 1973b, p. 52).

Para melhor compreensão, segue um mapa mental sobre a teoria de aprendizagem de Bruner:

Esquema 1: Mapa mental – Teoria da aprendizagem de Bruner



Fonte: Elaborado pela autora.

Além da representação, o filósofo também menciona a economia e a potência efetiva como formas de domínio do conhecimento. Logo, tem-se que a economia leva em conta a quantidade de informação a ser mantida na mente e processada para a compreensão. Quanto mais dados armazenar, mais etapas para processar os dados, portanto, menor será a economia de custos. De acordo com Bruner (1973b, p. 53): “[...] é mais econômico generalizar a Guerra Civil Americana como uma “luta contra a escravidão” do que como uma “luta entre a expansão das regras industriais e o controle da política econômica federal por regras baseadas em classes.]”. Por fim, o filósofo cita a potência efetiva, que está relacionada ao valor criativo dos grupos de preposições que ele aprendeu, enfim, representa a capacidade do aluno de conectar tópicos aparentemente díspares. Com base nisso, Bruner (1973a) afirma que qualquer conteúdo pode ser efetivamente ensinado, de maneira

intelectualmente honesta, para qualquer criança, seja qual for seu estágio de desenvolvimento.

2.5 PÊNDULO SIMPLES

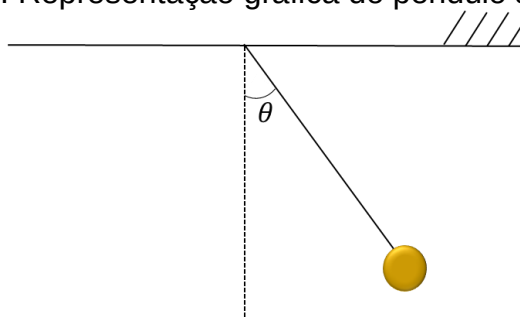
Neste capítulo faremos uma breve digressão matemática sobre pêndulo simples determinando período, a partir da consideração de pequenos ângulos fazendo com que seja considerado como um oscilador harmônico e assim determinar o período de oscilação dentre outras grandezas como velocidade e aceleração. Além disto, abordaremos também como se comporta a energia total desse sistema, isto é, como a energia se conserva e a partir da conservação do momento linear e angular conseguir chegar também na equação para um oscilador harmônico. Para isso, iniciaremos com um ligeiro arcabouço histórico do desenvolvimento dos estudo sobre o pêndulo simples de Galileu (1554 – 1642).

Podemos primeiramente, definir um pêndulo como sendo um “sistema constituído de uma massa suspensa num ponto fixo que oscila um plano em torno de um eixo sob ação da gravidade.” (p.172, Roditi). Historicamente, temos conhecimento dos inúmeros experimentos desenvolvidos por Galileu na mecânica, dentre eles também a participação no desenvolvimento das leis do pêndulo simples, como mostra

“no caso das leis do pêndulo, foi em 1581 (ou em 1583) que Galileu foi levado a descobri-las ao observar, quando assistia à missa na Catedral de Pisa, que o período de oscilações de um candelabro (lanterna decorativa) colocado em movimento pelo vento não dependia do fato de que tais oscilações fossem rápidas ou lentas.” (p.112, FARIAS E BASSALO)

Galileu percebeu que essas oscilações, apesar de possuírem amplitudes diferentes, sempre levavam o mesmo tempo de ida e volta, ou seja a oscilação completa. Como destaca Barcelos (p. 89, 2013): “o pêndulo simples, para pequenas amplitudes, é um oscilador harmônico”, com isso, podemos dizer que um pêndulo simples é “aquele constituído por um corpo puntiforme de massa m , suspenso por um fio inextensível, de comprimento l , cuja massa é nula, e que se move num plano vertical ao eixo de rotação.” (p.172. Roditi). Podemos representar graficamente como

Figura 1: Representação gráfica do pêndulo simples



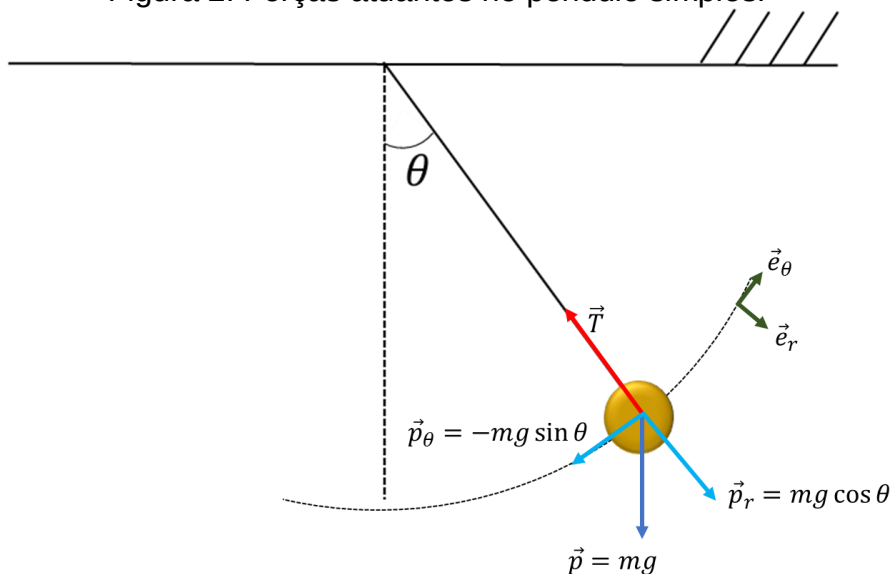
Fonte: Elaborado pela autora.

Tendo conhecimento de tal sistema, agora partiremos para análise das forças que atuam sobre a partícula.

2.5.1 - Forças

Aqui explanaremos quais forças atuam sobre esse sistema e suas respectivas decomposições.

Figura 2: Forças atuantes no pêndulo simples.



Fonte: Elaborado pela autora

Note, na figura, que a única coordenada livre é o θ . Deste modo, podemos escrever

$$P_{\theta} = mg \cos \theta. \quad (1)$$

$$P_r = -mg \sin \theta. \quad (2)$$

Sendo assim, faremos agora os cálculos necessários para encontrar o período de oscilação partindo da segunda lei de Newton.

2.5.2 - Período

Considere um corpo de massa m interagindo com a Terra e com fio. A partir da segunda lei de Newton $\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$, onde a derivada temporal da velocidade é aceleração. Podemos escrever a resultado a partir da decomposição das forças, temos que

$$-mg \sin \theta = m \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad (3)$$

ou ainda, ao anular a massa, lembrando que pela definição a massa m é nula. Obtemos

$$-g \sin \theta = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad (4)$$

note que o sinal negativo dessa equação, mostra que a força é restauradora. Agora considere o arco descrito pela trajetória de oscilação, como mostra a figura anterior. Então, lembrando que o arco s corresponde ao ângulo θ sobre o círculo e l o comprimento do fio,

$$s = l\theta. \quad (5)$$

Podemos ainda escrever a velocidade em termos da derivada temporal do arco, o que nos resultará

$$v = \frac{ds}{dt} = l \frac{d\theta}{dt}, \quad (6)$$

igualando esta equação com a equação (4), temos então (ao efetuar a derivada da velocidade ficamos com uma derivada segunda do arco)

$$l \frac{d^2\theta}{dt^2} = -g \sin \theta, \quad (7)$$

ou ainda,

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0. \quad (8)$$

Fazendo uma aproximação para pequenos ângulos, o desenvolvimento da função seno é dada por

$$\sin \theta \approx \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \dots \quad (9)$$

e para variações suficientemente pequenas para θ , temos que $\sin \theta \approx \theta$, conseguimos então escrever a equação anterior como sendo

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \theta = 0. \quad (10)$$

Desta forma, obtemos uma equação do tipo diferencial do oscilador harmônico. Com isso, para pequenas amplitudes, é possível escrever na forma

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (11)$$

Para escrever o período do pêndulo simples, basta lembrarmos da relação velocidade angular com período dada por $\omega = \frac{2\pi}{T}$, assim

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (12)$$

Esse é o período para um pêndulo simples. Que depende do comprimento do fio e da gravidade. O comprimento do fio é dado em (m) e o período em (s). Perceba ainda que o período não depende da amplitude nem da massa, como foi o resultado obtido por Galileu, essa propriedade é conhecida como isocronismo. Agora, evidentemente que a frequência é simplesmente dada por

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (13)$$

Para que torne possível realizar medidas em laboratório, é necessário escrever as grandezas físicas em termos daquelas mensuráveis, então conseguimos escrever a gravidade em termos de tais grandezas ao manipular as duas últimas equações, de forma que

$$g = (2\pi)^2 f^2 l, \quad (14)$$

sabendo ainda que a frequência é definida como o número de oscilações n pelo tempo t de cada oscilação, ou seja

$$f = \frac{n}{t}, \quad (15)$$

dessa maneira

$$g = 4\pi^2 \frac{n^2}{t} l. \quad (16)$$

Com esse resultado, podemos substituir na equação da tração e escrevê-la em termos do tempo t .

Uma questão interessante é que aproximação harmônica apresenta dois problemas básicos, como salienta Claudio e Suppes (2009) “o primeiro é o fato dela produzir resultados numéricos bastante imprecisos se a amplitude de oscilação estiver fora do chamado regime de pequenas oscilações” que pode ser dito como o “intervalo de amplitudes dentro do qual o período de oscilação harmônica difere menos de 1% do valor exato”, e ainda mostra um segundo problema, no qual consiste que “a aproximação harmônica descreve o pêndulo como um sistema cujo período não

depende da amplitude de oscilação” o que entra em desacordo com o pêndulo real dito anisocronismo, onde o período cresce monotonicamente com amplitude. Então é possível corrigir se usarmos a aproximação de serie de potências do $\sin \theta$,

$$\sin \theta \approx \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} \dots \quad (16)$$

e assim escrever o período na forma

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{16} \theta_{máx}^2 + \frac{11}{3072} \theta_{máx}^4 + \frac{25}{18432} \theta_{máx}^6 \right). \quad (17)$$

Percebe-se que as correções vão diminuindo a cada novo termo. Desta forma, conseguimos um cálculo mais preciso ao adicionarmos mais um termo de erro, como o termo seguinte da expansão. Assim, como ressalta Nussenzveig (2002) “assim para amplitudes maiores, o pêndulo deixa de isócrono: o período depende da amplitude e cresce com θ .”

2.5.3 - Dinâmica do Oscilador

Voltando para a equação do tipo oscilador harmônico, ou seja, uma equação diferencial,

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2\theta = 0, \quad (18)$$

esta é uma equação diferencial de segunda ordem, onde podemos perceber que é homogênea e de coeficientes constantes. Conseguimos generaliza-la se escrevermos na forma

$$a \frac{d^2X(t)}{dt^2} + b \frac{dX(t)}{dt} + cX(t) = 0, \quad (19)$$

e temos as seguintes soluções para uma equação deste tipo (Machado, p. 103, 2004)

$$X(t) = c_1 e^{r_1 t} + c_2 e^{r_2 t}, \text{ se } r_1 \neq r_2, \quad (20)$$

$$X(t) = c_1 e^{rt} + c_2 t e^{rt}, \text{ se } r_1 = r_2, \quad (21)$$

Sendo o r , solução da equação

$$ar^2 + br + c = 0. \quad (22)$$

Comparando esta última equação com nossa equação diferencial do tipo oscilador harmônico, podemos concluir a partir de seus coeficientes que

$$a = 1; b = 0 \text{ e } c = \omega^2, \quad (23)$$

logo, é possível escrever

$$r^2 + \omega^2 = 0, \quad (24)$$

isso implica que

$$r = \pm \sqrt{-\omega^2}. \quad (25)$$

Perceba ainda que a quantidade $\omega^2 > 0$, uma vez que depende do comprimento e gravidade que também são grandezas positivas. Sendo assim, temos que

$$r = \pm i\omega \quad \begin{cases} r_1 = i\omega \\ r_2 = -i\omega \end{cases} \quad (26)$$

Então, a solução da EDO, possa a ter a seguinte forma

$$\theta(t) = c_1 e^{i\omega t} + c_2 e^{-i\omega t}, \quad (27)$$

se utilizarmos a fórmula de Euler, reescrevemos

$$\theta(t) = c_1[\cos(\omega t) + i \sin(\omega t)] + c_2[\cos(\omega t) - i \sin(\omega t)], \quad (28)$$

colocando os termos semelhantes em evidência,

$$\theta(t) = (c_1 + c_2) \cos(\omega t) - (c_1 - c_2)i \sin(\omega t), \quad (29)$$

renomeando os termos constantes na forma $(c_1 + c_2) = \theta_0 \cos \delta$ e $(c_1 - c_2)i = \theta_0 \sin \delta$, onde o delta é uma constante. Substituindo na equação anterior

$$\theta(t) = \theta_0[\cos \delta \cdot \cos(\omega t) - \sin \delta \cdot \sin(\omega t)], \quad (30)$$

por relação de trigonometria temos que $\cos(a + b) = \cos a \cdot \cos b - \sin a \cdot \sin b$, dessa forma nossa solução passa a ser escrita como

$$\theta = \theta_0 \cos(\omega t + \delta). \quad (31)$$

Onde θ_0 é a amplitude do movimento e o δ é a fase inicial. As condições iniciais são determinadas por

$$\begin{cases} \theta(0) = \theta \\ \left. \frac{d\theta}{dt} \right|_{t=t_0} \end{cases} \quad (32)$$

Desta forma, para a velocidade angular, basta derivar a equação anterior e então encontramos

$$v = \frac{d\theta}{dt} = -\theta_0 \omega \sin(\omega t + \delta), \quad (33)$$

e ainda a aceleração, lembrando que a para a aceleração angular do pêndulo denotada por $\alpha(t) = \frac{d^2\theta}{dt^2}$, então

$$\alpha(t) = -\omega^2 \theta(t). \quad (34)$$

Assim é possível conhecer a dinâmica do pêndulo simples.

2.5.4 - Conservação de Energia e Energia potencial

Como vimos no início deste capítulo, a força que age sobre o pêndulo tem caráter conservativa, dessa maneira a energia de tal sistema, isto é $E = K + U$, se conserva. Dessa forma, vamos conhecer para o sistema do pêndulo simples como é dado essa conservação. Partindo da equação acima da derivada segunda, e sabendo que a derivada temporal pode ser escrita como $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$, então

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0, \quad (35)$$

Note que a energia potencial é dada por $U = mgh$, mas no ponto onde h é a altura massa logo após a posição de equilíbrio é $h = l(1 - \cos \theta)$, então a energia potencial nesse ponto é

$$U = mgl \cos \theta. \quad (36)$$

Logo da equação acima podemos escrever

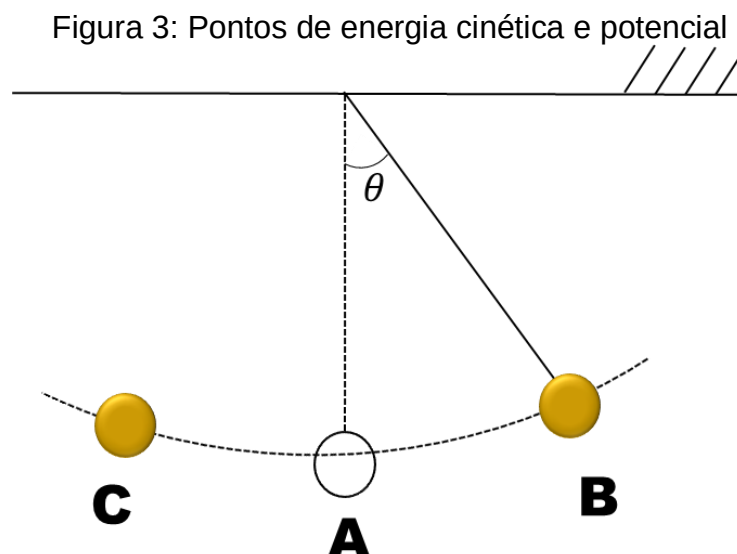
$$E = K + U. \quad (37)$$

Onde K é a energia cinética dada por $K = \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2$. Assim a energia total é dada por:

$$E = \frac{1}{2}l^2\dot{\theta}^2 + mgl \cos \theta. \quad (38)$$

Uma característica interessante do pêndulo simples é que ao oscilar indefinidamente, como salienta Nussenzveig (p.109, 2002) “a energia total se conserva, oscilando entre a forma puramente potencial em C e B, onde a partícula

para instantaneamente, e a forma puramente cinética em A, onde a velocidade é máxima.”



Fonte: Elaborado pela autora

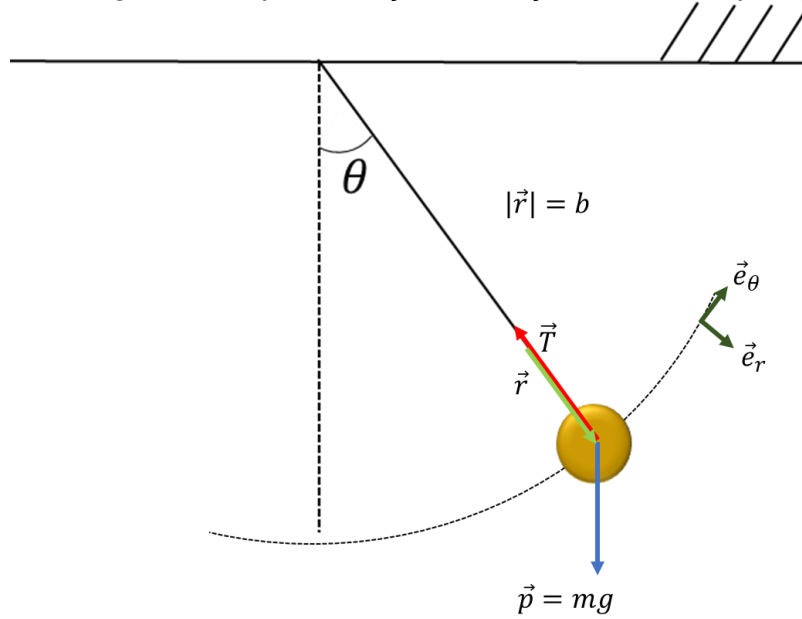
Observa-se ainda que “se a oscilação do pêndulo envolvesse uma força de atrito no ponto onde o pêndulo está preso ao teto, ou uma força de arrasto devido ao ar, E não seria conservada e o pêndulo acabaria parando.” (Halliday, 2021)

2.5.5 - Torque

Lembrando das definições, temos que para o momento linear que o princípio de conservação como diz Barcelos (2013) que “se a resultante das forças que atuam sobre a partícula for nula, seu momento linear é constante”, já para o momento angular o seu princípio de conservação nos informa que “se o torque da força resultante é nulo, o momento angular da partícula é constante.”

Desta forma, graficamente podemos representar as forças atuando e o vetor posição da seguinte maneira

Figura 4: Representação de forças e do vetor posição



Fonte: Elaborado pela autora

Dizemos ainda que o ponto para posição de equilíbrio é quando o $\theta = 0$. Então, lembrando que o torque é dado por

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}, \quad (39)$$

ou ainda $\tau = r_{\perp}F$, o torque passa a ser escrito como

$$\tau = -b(F_g \sin \theta). \quad (40)$$

o sinal negativo representa o torque agindo no sentido contrário a abertura do θ , o b aqui representa o comprimento do fio, ou seja, o braço da alavanca. Sabendo ainda que o torque pode ser escrito em termos do momento de inércia e aceleração angular, na forma $\tau = I\alpha$, e a força sendo a peso, podemos reescrever a equação anterior como sendo

$$I\alpha = -b(mg \sin \theta). \quad (41)$$

Se, novamente utilizarmos a aproximação do $\sin \theta \approx \theta$, então obtemos

$$\alpha = -\frac{mgb}{I}\theta. \quad (42)$$

Podemos ver desta equação que a aceleração angular do pêndulo depende do deslocamento angular de forma diretamente proporcional, mas com sinal oposto. Ou seja, quando o pêndulo se move para a direita, a aceleração para esquerda aumenta até o peso parar de subir para direita e então começa a se mover para esquerda. E quando o pêndulo está à esquerda da posição de equilíbrio, a aceleração age na direção contrária e sucessivamente fazendo o pêndulo oscilar.

Conseguimos expressar também a frequência angular e o torque em termos do momento de inércia como sendo, respectivamente

$$\omega = \sqrt{\frac{mgb}{I}}, \quad (43)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgb}}. \quad (44)$$

Onde toda a massa do pêndulo está concentrada no peso da massa m . E perceba ainda que se escrevermos o momento de inércia $I = mr^2$, lembrando que $|\vec{r}| = b$, então

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{b}{g}}. \quad (45)$$

Voltamos para a equação (12), do pêndulo para pequenas oscilações no MHS.

3 O PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo discutimos os simuladores de pêndulo simples, como foi utilizado e discutido. O material didático aqui apresentado é dado como sugestão para a aplicação deste. Foram elaborados e trabalhados três simuladores, onde cada um desses aborda um conceito físico envolvendo o pêndulo, tais como período e frequência, forças e energias.

3.1 A CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

As simulações foram construídas em linguagem Java script e HTML versão que pode ser acessado através desse link <https://harmonious-paletas-d91216.netlify.app/> e pode ser escolhido qual simulador utilizar no momento da aula. Essa ferramenta foi elaborada com a função de auxiliar na aprendizagem, facilitando o acesso a situações vistas de maneira prática. Foram utilizadas em ambientes com recursos de multimídia, no qual o professor tem acesso com mais facilidade e isso acarreta na utilização e manuseio do simulador não dependendo da necessidade de um laboratório no ambiente escolar para atender a demanda de turmas com um elevado número de alunos.

Na elaboração dos simuladores educacionais foi utilizado a linguagem de programação do "*Java script*" na HTML versão 5 com o editor *Notepad ++*. Utilizamos do elemento tag Canvas para a montagem das formas geográficas (quadrados. Círculos, etc.) e inserir imagens e alguns caracteres necessários para a realização das simulações. Na figura abaixo, apresento a página da programação dos simuladores.

Figura 5: Plataforma de programação do editor código-fonte Notepad++ com algumas linhas de programação do simulador RG configurado para o formato HTML.

```

C:\Users\thayn\Downloads\Codigo-pendulo\Codigo-pendulo> simulacao_1_perodo_frequencia > JS MyLibrary.js > ...
1 //RETA ENTRE DOIS PONTOS
2 function linhareta(px1,py1,px2,py2,linha,cor){
3   ctx.beginPath();
4   ctx.moveTo(px1, py1);
5   ctx.lineTo(px2, py2);
6   ctx.lineWidth = linha;
7   ctx.strokeStyle = cor;
8   ctx.stroke();
9 }
10
11 function desenharSetaHorizontal(px1, py1, px2, py2, linha, cor){
12   linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
13   ctx.beginPath();
14   ctx.moveTo(px2,py2-3);
15   ctx.lineTo(px2,py2);
16   ctx.lineTo(px2,py2+3);
17   ctx.fill();
18 }
19
20 function desenharSetaVertical(px1, py1, px2, py2, linha, cor){
21   linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
22   ctx.beginPath();
23   ctx.moveTo(px2+5,py2);
24   ctx.lineTo(px2,py2+10);
25   ctx.lineTo(px2-5,py2);
26   ctx.fill();
27 }

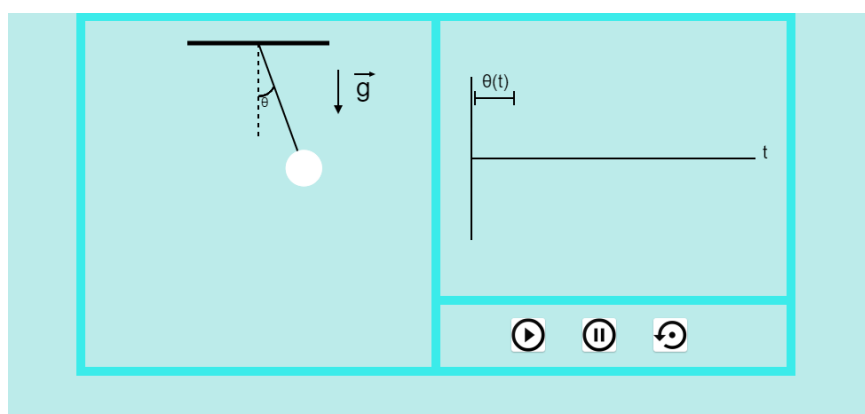
```

Fonte: Elaborado pela autora

A descrição completa das linhas de programação desse simulador está disponível no produto.

Foram construídos três simuladores com o intuito de facilitar a compreensão do conteúdo de forma prática aos educandos. O primeiro simulador representado na figura 2 aborda o período e a frequência que está dividido em três campos: campo da simulação, o campo do gráfico período e frequência e o campo dos botões de manuseio.

Figura 6: Área da simulação 1.

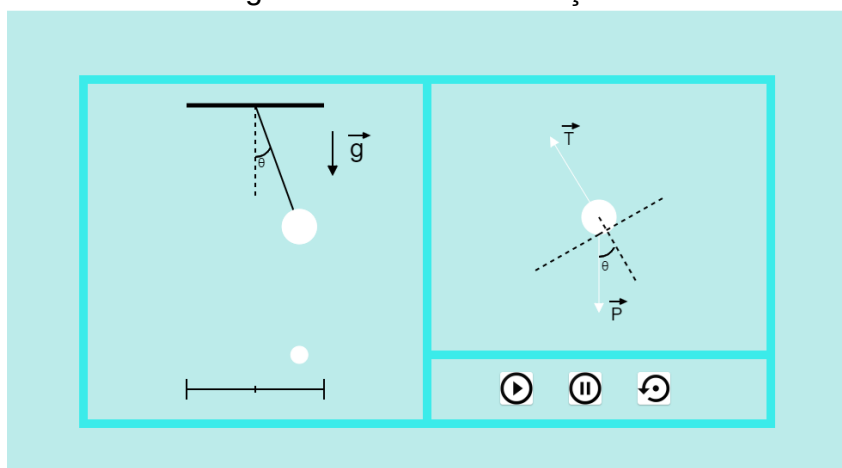


Fonte: Elaborado pela autora

O segundo simulador representado na figura 3 segue com uma abordagem da decomposição das forças, também está dividido em três campos: campo da simulação que faz uma associação para pequenos ângulos com o Movimento Harmônico Simples (MHS), o campo da decomposição das forças e o campo dos botões de manuseio. No momento que o pêndulo muda de posição, ou seja, realiza

uma oscilação a bolinha localizada no final da área da simulação vai se movimentar sobre a barra indicando a relação com o MHS. Após cada oscilação surgirá um diagrama de forças no campo superior do lado esquerdo da simulação a qual se observa a força peso, força de tração e a decomposição das forças que vai mudando proporcionalmente com a oscilação.

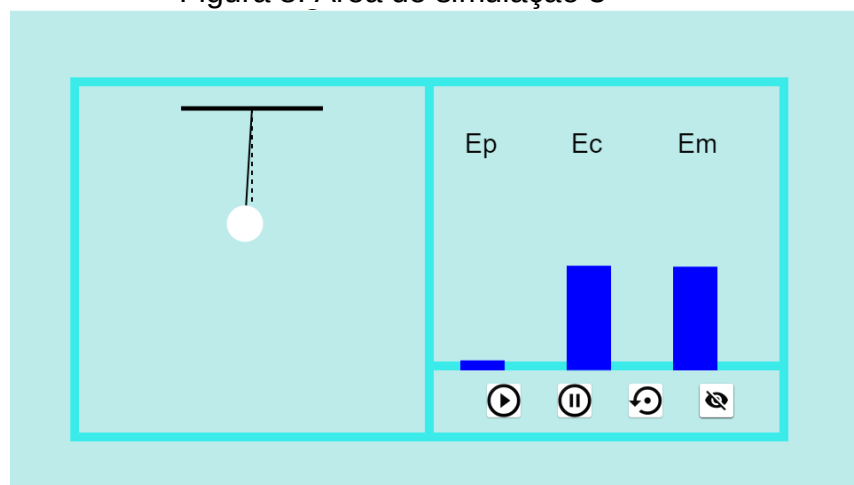
Figura 7: Área de simulação 2



Fonte: elaborado pela autora

Na terceira simulação apresenta-se a associação do pêndulo com as energias presentes no movimento oscilatório que ele realiza, segue na mesma estrutura de organização, sendo o diferencial agora os gráficos da variação de energia quanto ao movimento realizado pelo pêndulo.

Figura 8: Área de simulação 3



Fonte: elaborado pela autora.

No quadrado acima dos botões, estão presentes os gráficos das energias: energia potencial (E_p), energia cinética (E_c) e energia mecânica (E_m), formados por barras que vão variar de acordo com as oscilações. Nessa região é exibida uma relação das energias com a oscilação, na medida em que aumenta a barra representante da energia o gráfico nos mostra que possui um maior tipo de energia no determinado ponto da oscilação, assim, quando a barra diminui temos uma menor energia.

4 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação da unidade didática apresentada e detalhada no apêndice A do referido trabalho, foi desenvolvida em turma de 40 alunos, através de aulas expositivas, com uso de projeção da tela do computador na lousa, com ênfase no diálogo entre professor e alunos. Foi utilizado nas aulas simulações onde os alunos puderam visualizar o funcionamento do simulador, bem como o conteúdo apresentado e aliado a abordagem feita na fundamentação teórica puderam esclarecer as dúvidas sobre os conteúdos apresentados.

No decorrer das aulas contaram ainda com ajuda de questionários que buscava tanto na fase inicial, que consistia no momento antes da aplicação do simulador, como durante a aplicação do mesmo “testar os conhecimentos”. Essa aplicação teve como objetivo instigar a curiosidade, interatividade, e a aprendizagem entre os estudantes usando simuladores, aliado a isso os dados obtidos também foram utilizados para avaliar o uso de simulações no ensino de Física.

A execução da unidade didática foi desenvolvida no decorrer de 9 aulas de 50 minutos cada, na qual pode-se transcorrer com os conceitos, aplicações dos simuladores e questionários, podendo este variar de acordo com o nível da turma a ser aplicado. A turma no geral tinha um certo conhecimento sobre o conteúdo, portanto a aplicação se tornou tranquila. O desenvolvimento do trabalho foi feito na Escola Estadual em Tempo Integral José Augusto (Anteriormente Centro Educacional José Augusto) que é uma escola estadual de ensino médio em tempo integral do estado do Rio Grande do Norte localizada em Caicó.

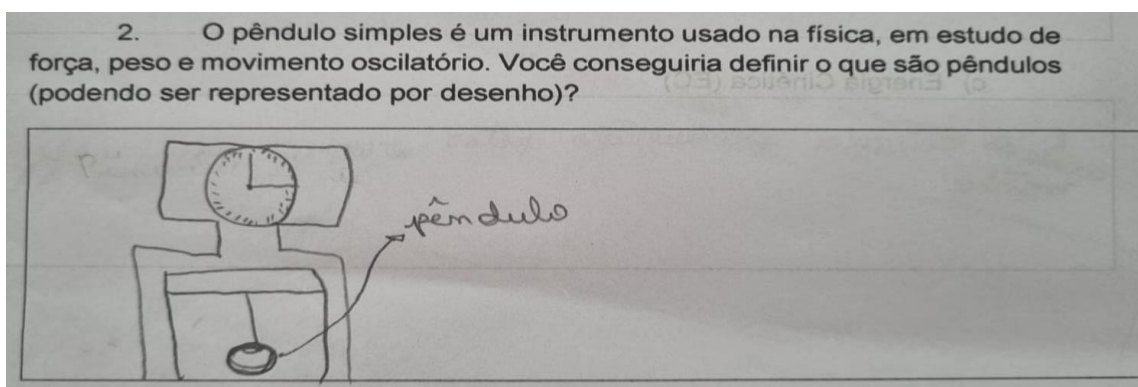
Atualmente, percebemos que os profissionais da educação estão adquirindo o discernimento da busca por novos métodos de se fazer educação. O uso de simuladores abre novas possibilidades no processo de ensino e aprendizagem das mais variadas formas, pois possibilita o desenvolvimento de aulas explicativas nas quais aproxima o aluno do conteúdo através da simulação do que está sendo apresentado, algo que na maioria das vezes só era visto por meio de figuras ou fotos nos livros, o que tornava a situação mais complicada de entender.

Diante disso, foram aplicadas as simulações de método explicativo e de forma que os alunos conseguissem compreender o conteúdo visualizando o movimento e as definições tornando a educação mais prazerosa. A aplicação foi dividida em momentos para que facilitasse a divisão dos conteúdos.

Na primeira aula desenvolvida houve a aplicação do questionário pré-teste que está no apêndice A. Inicialmente foi apresentado aos alunos o que seria feito e o motivo pelo qual eles estariam respondendo o questionário, diante disso foi solicitado o preenchimento do mesmo que buscou o conhecimento prévio que tinham com relação ao conteúdo que será abordado no decorrer da aplicação dos simuladores. Vale salientar que mediante as respostas apresentadas pode-se verificar que os conteúdos tinham sido bem absorvidos pelos alunos nos estudos anteriores. Na primeira questão perguntava-se o que eles compreendiam sobre o movimento oscilatório, a grande maioria respondeu de forma simples como apresentado abaixo

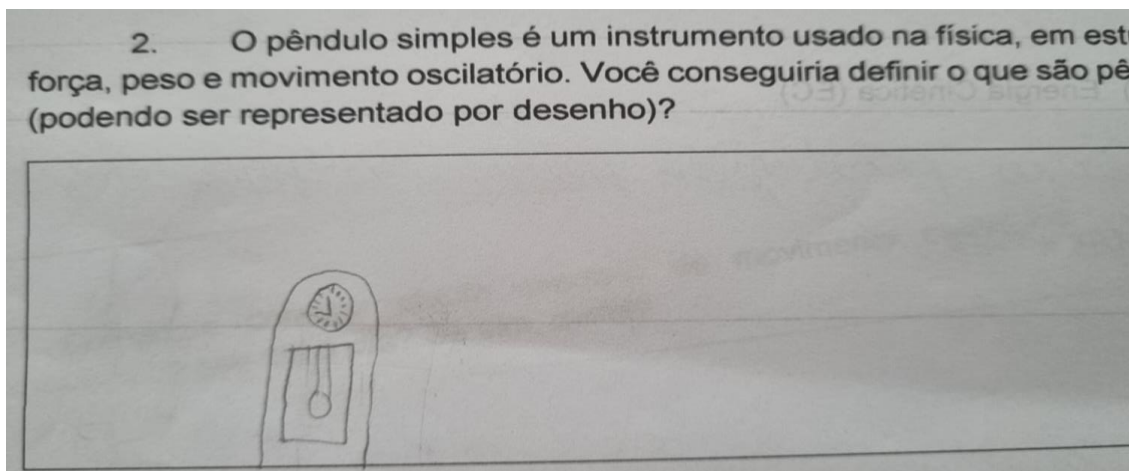
Já na questão seguinte os alunos conseguiram definir o que são pêndulos e essa representação poderia ser através de imagem e a grande maioria associou o pêndulo a um relógio colocando a resposta através de imagens.

Figura 9: Resposta da aplicação da segunda questão do questionário pré-teste, aluno 1.



Fonte: elaborado pela autora

Figura 10: Resposta da aplicação da segunda questão do questionário pré-teste, aluno 2.



Fonte: elaborado pela autora

Na terceira questão deveria fazer a associação do movimento oscilatório com o cotidiano, alguns responderam que não tinha relação. Outros continuaram associando funcionamento dos relógios de pêndulo. Percebe-se que eles pensaram um pouco mais para desenvolver as questões, pois temos muitos outros exemplos, que pode apresentar associação com o conteúdo, tais como:

- Quando puxamos uma régua para trás e soltamos;
- Quando tocamos uma corda de violão;
- Quando abrimos a porta.

Exemplos simples que são usados corriqueiramente, mas eles deixaram passar despercebido.

Já na quarta questão os alunos precisariam conceituar sobre os tipos de energias que estavam envolvidas no movimento do pêndulo, sendo elas Energia Potencial Gravitacional, Energia Mecânica e a Energia Cinética.

Na primeira alternativa eles apresentaram o conceito para a Energia Potencial Gravitacional, que está associada à altura em que um corpo se encontra suspenso em uma região do campo gravitacional não nulo. Sendo assim o objetivo foi alcançado com relação as respostas dos alunos como exposto logo abaixo.

Figura 11: Resposta do aluno para a primeira alternativa da quarta questão do questionário pré-teste.

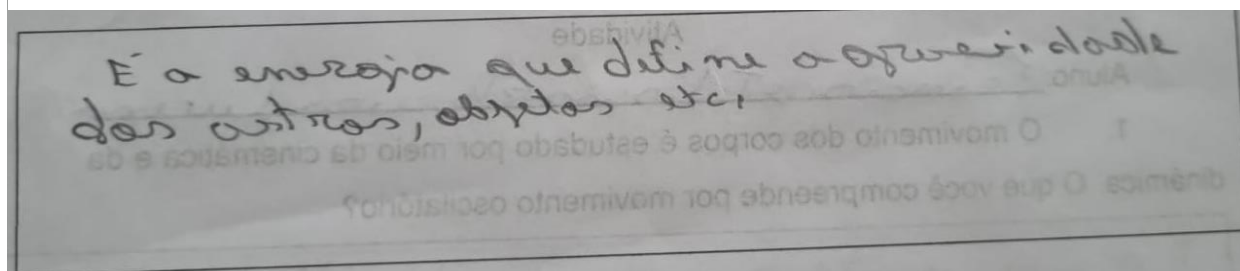
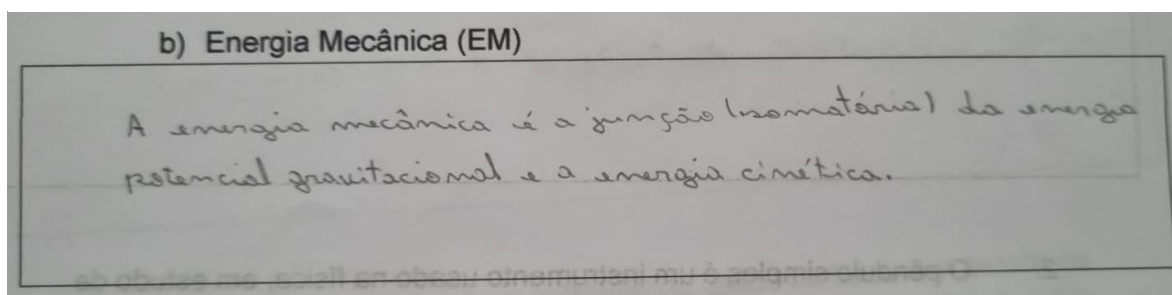


Figura: elaborado pela autora

Na segunda alternativa da questão quatro solicitava o conceito de Energia Mecânica, na qual os alunos associaram ao cálculo matemático.

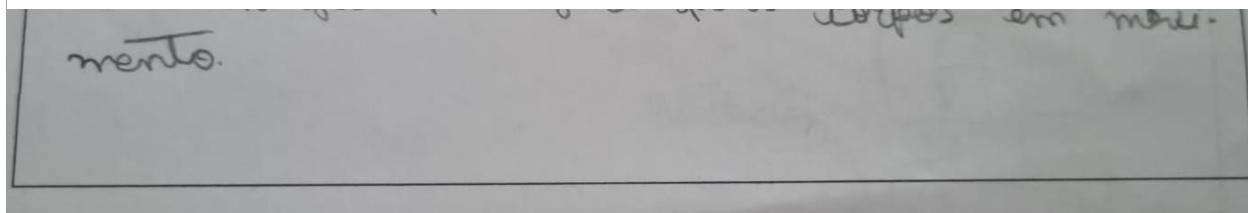
Figura 12: Resposta do aluno para a segunda alternativa da quarta questão do questionário pré-teste.



Fonte: elaborado pela autora

Na terceira e última alternativa questionava-se aos alunos sobre a Energia Cinética onde todos os alunos associaram a energia do movimento dos corpos, sendo assim entendeu-se que sobre as energias eles tinham bastante conhecimento.

Figura 12: Resposta do aluno para a segunda alternativa da quarta questão do questionário pré-teste.



Fonte: elaborado pela autora

No segundo momento houve uma explicação teórica com a aplicação do simulador 1, no qual foram abordadas duas grandezas físicas diretamente relacionadas ao número de voltas por unidade de tempo do movimento sendo elas período e frequência. Dando ênfase a aplicação desses conteúdos associados ao pêndulo simples.

Dando seguimento a aula foi apresentado aos alunos o simulador e o que iríamos abordar com ele, determinando cada sessão e dando explicações que estão descritas no apêndice A. Expondo a eles que o pêndulo tinha uma relação com os relógios que eles associaram no primeiro momento quando foram questionados. Os alunos ficaram bastante interessados pois não sabiam que existiam essa relação do pêndulo com os conceitos de período e frequência abordados durante a aula.

Sendo assim, conceitua-se período e frequência como sendo fenômenos que se repetem com conformidade durante o movimento. Enquanto o período é o tempo para que uma oscilação ocorra, a frequência é a quantidade de vezes que um fenômeno acontece a cada unidade de tempo. E os alunos conseguiram fazer a associação do movimento do pêndulo com os conceitos, fazendo a repetição da simulação várias vezes para que fossem observadas as ondas se formando no quadrado ao lado.

Assim como também foi demonstrado matematicamente a definição para que eles conseguissem fazer alguns cálculos caso fosse necessário sobre o período, podendo variar o comprimento do fio e/ou o campo gravitacional, como mostra a equação (12).

No terceiro momento aplicado em duas aulas, apresentando aos alunos de forma científica as forças que estavam presentes no pêndulo fazendo a associação com a segunda Lei de Newton e para observar o que os alunos tinham de conhecimento prévio sobre o que iria ser apresentado com a ajuda do simulador. Eles foram questionados primeiramente se no movimento oscilatório era possível observar alguma força atuante e alguns ficaram pensativos e sem querer responder, mas alguns responderam sim ou não de forma simplória, mas um me chamou atenção que disse o seguinte:

Aluno A: “De certa forma sim, quando é afastado da sua posição inicial e abandonado em seguida de uma certa altura a força da gravidade atuará”.

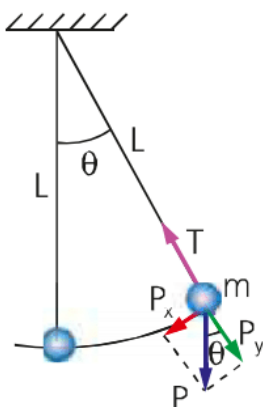
E dando seguimento os alunos foram questionados se existiria atrito na situação do pêndulo suspenso e a grande maioria ou todos responderam que não, deixando claro que eles tinham em mente que o atrito precisaria de algum contato a outra superfície para existir. Posteriormente, todos responderam sim ao serem interrogados sobre o desprezo da resistência do ar no movimento oscilatório.

Ainda diante do levantamento sobre os conhecimentos prévios, os alunos responderam se a força-peso e a força de tração se seriam anuladas quando o pêndulo encontrasse no seu estado de repouso, os alunos meio em dúvida, mas alguns seguiam na mesma do sim ou não, outros ainda deram algumas justificativas e umas delas foi:

Aluno B: “Pois entram na posição de equilíbrio”.

E assim encerrou-se os questionamentos prévios para então dar seguimento com os conceitos que estavam presentes no simulador e fazendo a decomposição das forças como apresentado no apêndice A deste trabalho e associando com o desenho abaixo

Figura 13: Decomposição das forças no pêndulo



Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/pendulo>

No quarto momento com os alunos aconteceu a aplicação do simulador III no qual se refere as energias que estão envolvidas no pêndulo, aplicação está também descrita no apêndice A. Foram desenvolvidas 2 aulas inicialmente com questionamentos sobre o que eles entendiam e lembravam sobre as energias e suas

características e na medida dos questionamentos os alunos iam respondendo de forma oral.

Aluno A: Existem vários tipos de energias

Aluno B: Energia cinética que está relacionada ao movimento.

Aluno C: Energia que envolve a gravidade e a queda livre.

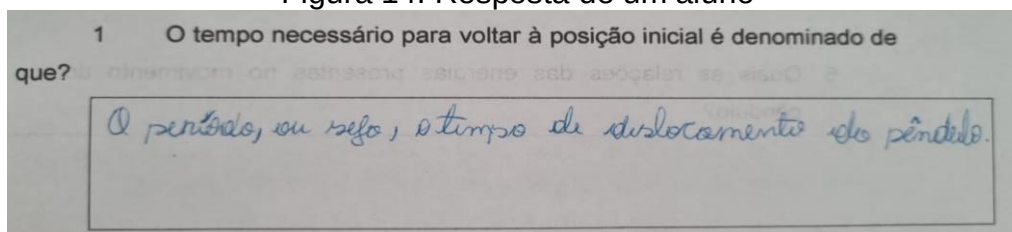
Então diante dos questionamentos foi observado que os alunos estavam conscientes dos tipos de energias na medida das respostas foram feitas as anotações e aprimoramento das características de forma científica já que os alunos estavam muito no coloquial, assim como organizando as fórmulas matemáticas para cada uma das energias, a qual eles não se recordavam.

Posterior aos questionamentos e explicações foi apresentado o terceiro simulador fazendo umas indagações sobre qual tipo de energia permanece constante e quais que ficavam variando, os alunos ficaram curiosos em saber quais seriam, sendo posteriormente apresentados a eles com a aparição das letras de representação das energias que aparecem na simulação. Com isso o professor fez as suas explicações quanto ao sistema de conservação, mostrando que a energia mecânica da partícula será a que permanece constante baseado nas forças conservativas, ela consegue variar sua modalidade e não o seu valor.

Já no quto momento foi aplicado um questionário de avaliação disponível no final do apêndice A, composto seis questões que foram construídas de acordo com os conceitos que foram apresentados em sala, são questões abertas que eles conseguiram expressar com suas palavras e fazer os cálculos necessários na formulação das repostas.

Na primeira questão os alunos responderam sobre o movimento oscilatório na medida que foram questionados sobre o que seria o tempo necessário para voltar à posição inicial.

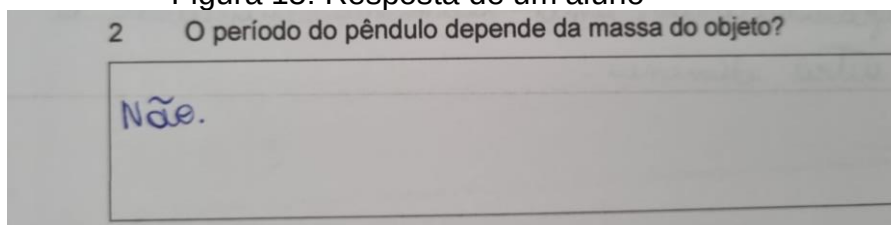
Figura 14: Resposta de um aluno



Fonte: elaborado pela autora

A segunda questão os alunos puderam responder sobre a massa do objeto do pêndulo se o movimento depende dessa massa e todos responderam que não, mostrando assim que o conteúdo ficou bem absorvido por eles.

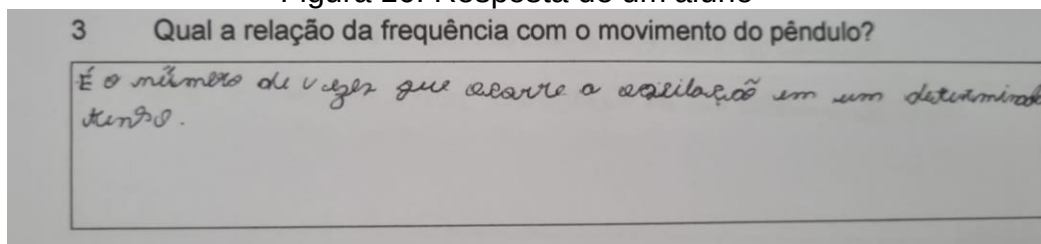
Figura 15: Resposta de um aluno



Fonte: elaborado pela autora

Já na terceira questão eles responderam a relação da frequência com o movimento realizado pelo pêndulo apresentado na simulação, diante do que foi abordado em sala todos responderam com facilidade essa questão.

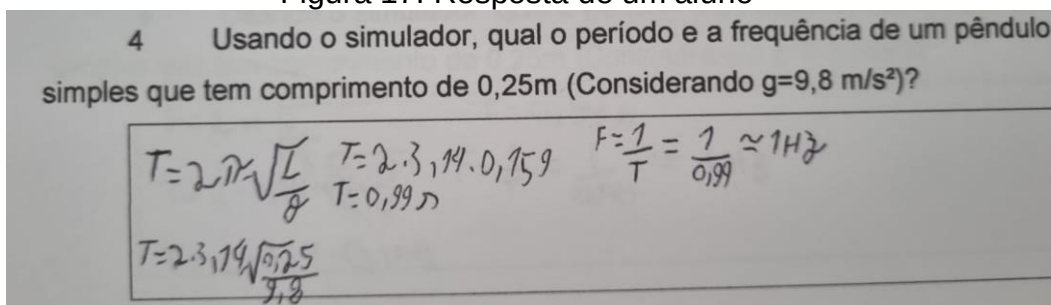
Figura 16: Resposta de um aluno



Fonte: elaborado pela autora

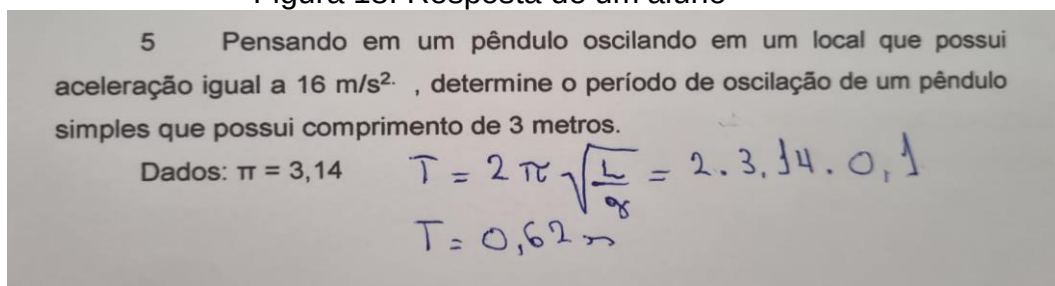
Na quarta e na quinta questão os alunos colocaram em prática com os cálculos matemáticos utilizando a equação do período em termos do comprimento e gravidade (Equação 12) apresentada na utilização do segundo simulador

Figura 17: Resposta de um aluno



Fonte: elaborado pela autora

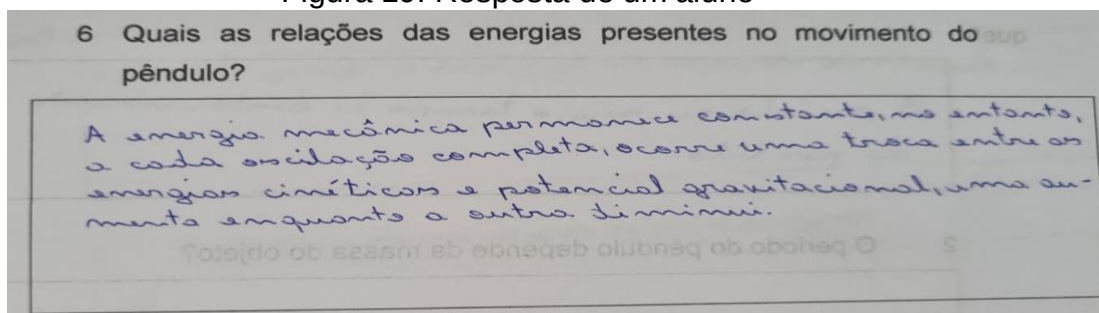
Figura 18: Resposta de um aluno



Fonte: elaborado pela autora

Para finalizar o questionamento feito foi sobre as energias apresentados no último simulador, para que eles relacionassem as energias presente no movimento do pêndulo.

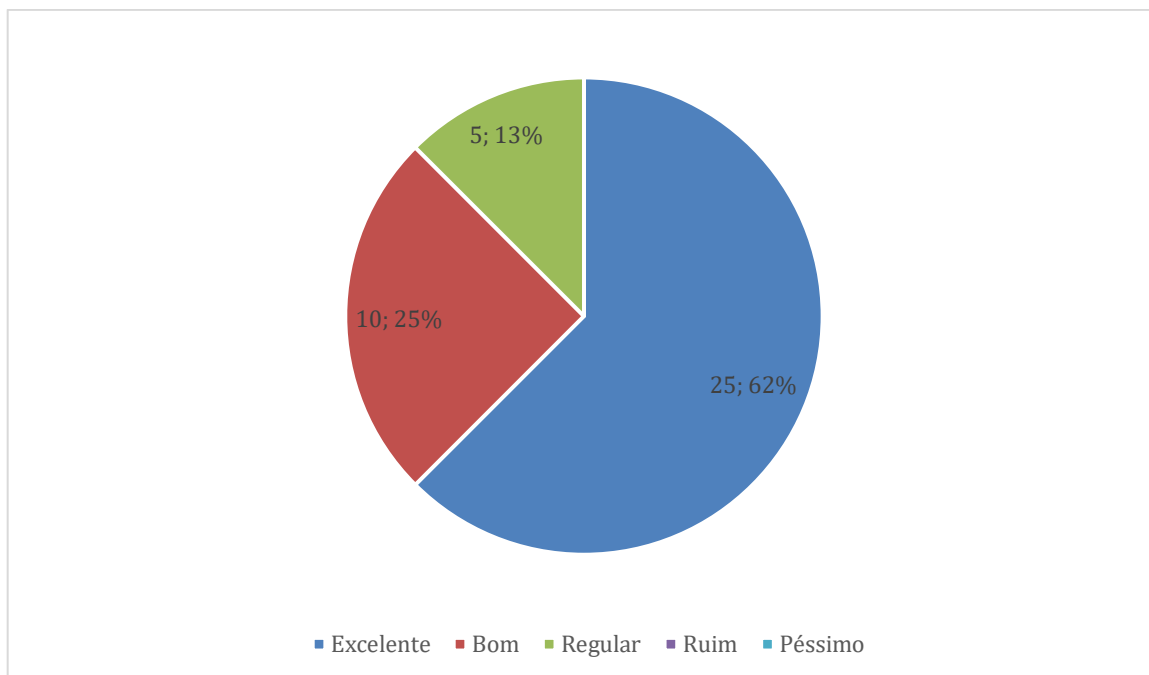
Figura 19: Resposta de um aluno



Fonte: elaborado pela autora

No sexto momento foi feita uma avaliação sobre o uso de simuladores no ensino de Física, em que se buscou, inicialmente, saber se tal recurso promove a compreensão e aplicação de conceitos em situações concretas, conforme pode-se observar no Gráfico 1, abaixo:

Gráfico 1: Compreensão e aplicação de conceitos em situações concretas

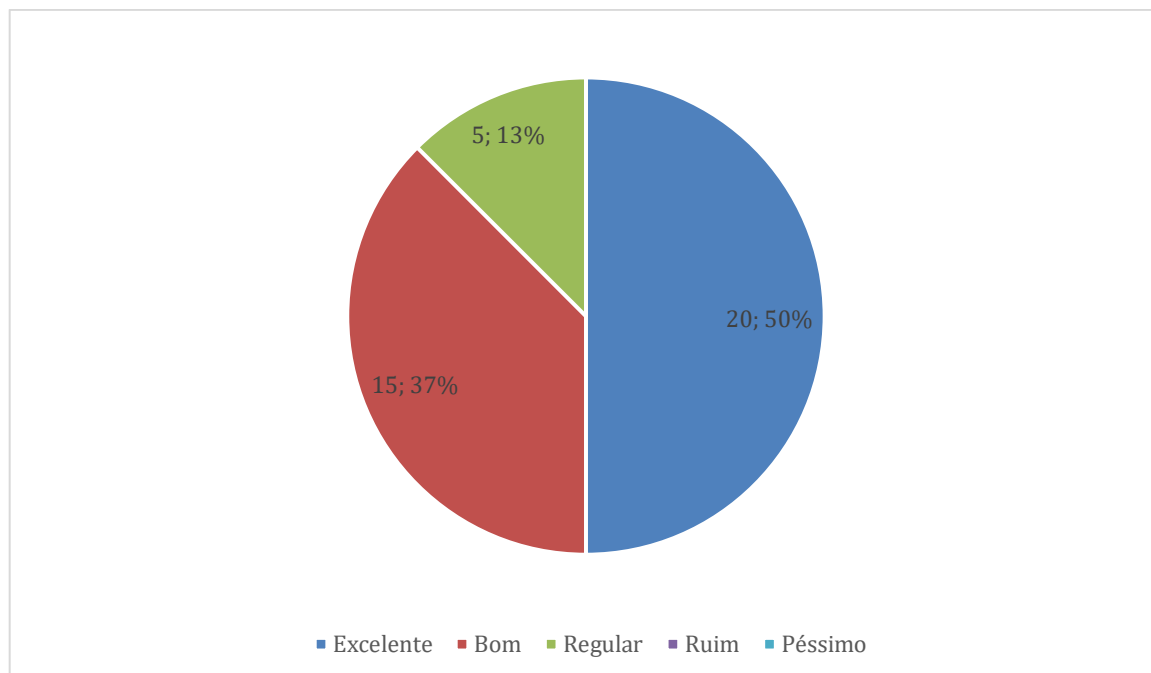


Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode-se notar, a maioria dos alunos afirmaram que os simuladores, no ensino de física, são “excelentes”, para facilitar a compreensão dos conteúdos, bem como de sua aplicação no cotidiano, pois, geralmente, grande parte dos alunos não conseguem entender ou imaginar situações reais, no nosso dia a dia, em que os conceitos físicos estão inseridos, dificultando, assim, a compreensão destes. Contudo, a partir de uma visualização prática, é possível diminuir essa distância entre a teoria e realidade, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

Em seguida, foi questionado aos alunos se a teoria estudada juntamente com a simulação realizada, ajuda na compreensão dos conteúdos, cujas respostas podem ser analisadas a partir do Gráfico 2, a seguir:

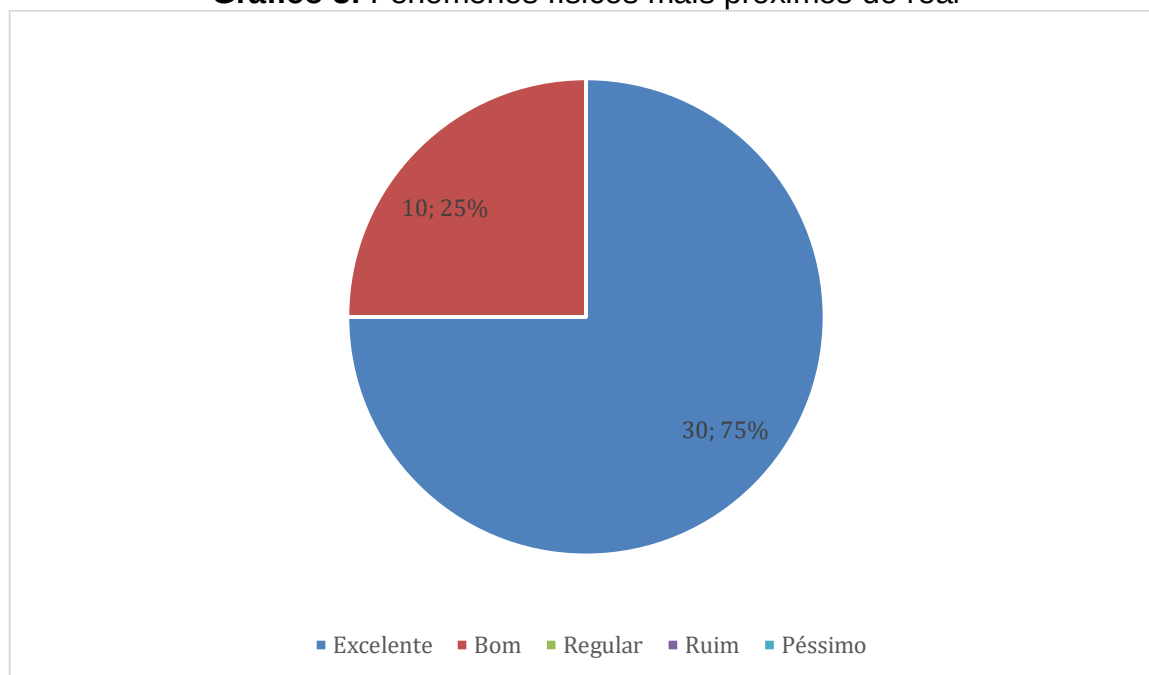
Gráfico 2: Relação entre teoria e simulação



Fonte: Elaborado pela autora.

Diante do exposto, percebe-se que, metade dos alunos participantes da pesquisa afirmam, com excelência, que a teoria e a simulação, quando trabalhadas juntas, contribuem para melhor compreensão dos conteúdos. Nesse contexto, faz-se importante ressaltar que, não só a teoria e nem só a prática, neste caso, o uso de simuladores, mas sim, ambas juntas são viáveis ao processo de aprendizagem da física, pois possibilitam uma melhor visualização da situação. Entretanto, não se pode deixar de mencionar que essa satisfação não é maioria, pois a outra metade dos alunos não se mostram totalmente satisfeitos, o que nos leva a acreditar que o uso dos simuladores deve ser ainda mais estimulado, por parte dos professores, para que estes alunos possam, assim como os demais, compreenderem essa relação entre a teoria e a prática, por meio da simulação.

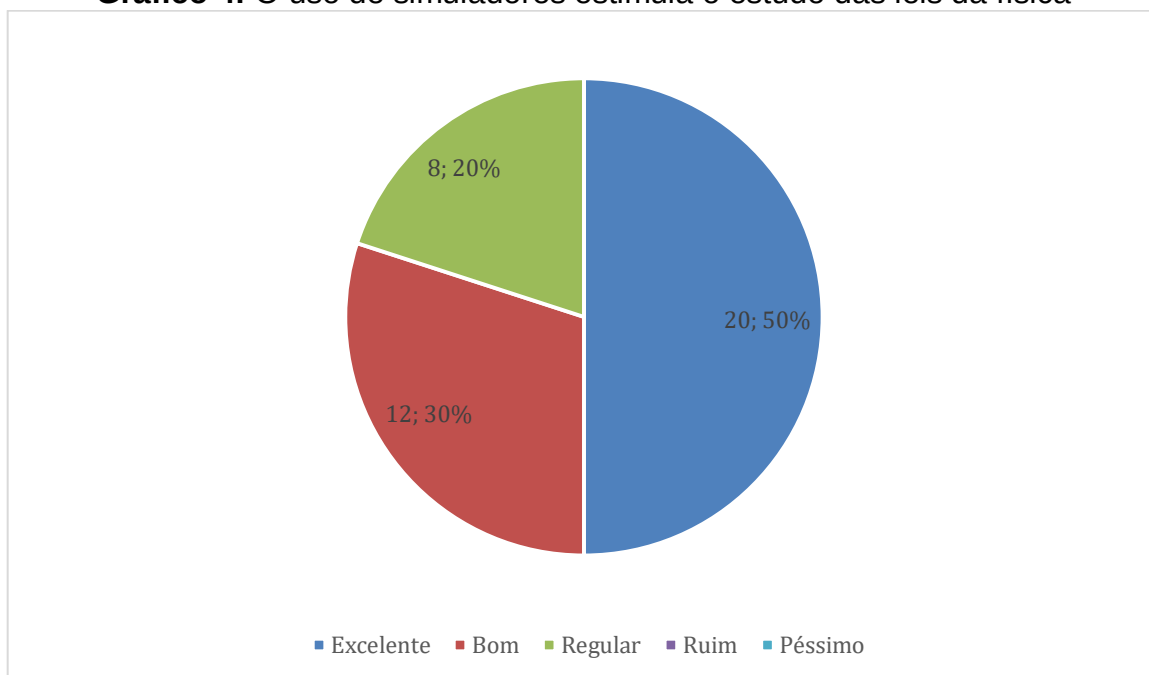
Dando continuidade, buscou-se saber dos alunos se as simulações tornam os fenômenos físicos mais próximos do real, conforme mostra o Gráfico 3, adiante:

Gráfico 3: Fenômenos físicos mais próximos do real

Fonte: Elaborado pela autora.

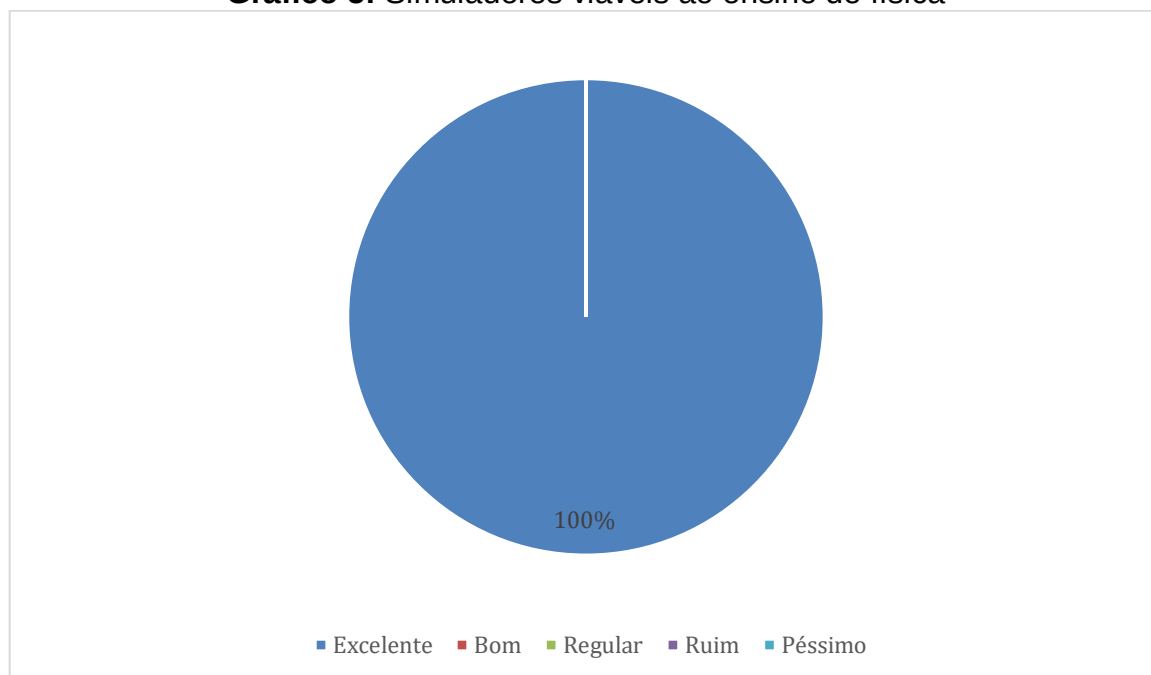
Como se pode ver, uma fração de $\frac{3}{4}$ dos alunos afirmam que sim, através do termo “excelente”, o que implica dizer que o uso de simuladores facilita a compreensão dos conteúdos de física com situações reais. O que vem a ser de fundamental importância para o ensino desta disciplina, pois, na maioria das vezes, conforme já mencionado, os alunos têm dificuldade de identificar os fenômenos físicos no cotidiano. Então, tem-se que, através dos simuladores é possível fazer essa associação mais facilmente.

Logo mais, foi questionado aos alunos se o uso de simuladores os estimula ao estudo das leis da física, cujas respostas podem ser observadas a partir do Gráfico 4, abaixo:

Gráfico 4: O uso de simuladores estimula o estudo das leis da física

Fonte: Elaborado pela autora.

Diante dos dados mostrados no gráfico acima, é perceptível que, metade dos alunos são estimulados ao estudo das leis da física, quando há uso dos simuladores nas aulas. Contudo, é fato que, a outra metade não se mostra tão estimulada, logo, faz-se necessário que os professores de física busquem alcançar essa satisfação total, contemplando todos os alunos, ou a maioria deles, para que, assim, a participação ativa dos alunos, nas aulas de física, seja cada vez maior, o que contribui, positivamente, para o aprendizado dos mesmos. Corroborando com isso, o Gráfico 5, a seguir, mostra que, de modo geral, os simuladores são viáveis ao ensino de física.

Gráfico 5: Simuladores viáveis ao ensino de física

Fonte: Elaborado pela autora.

Como pode-se notar, foi unânime a resposta dos alunos quanto a esse questionamento, o que nos leva a entender que, de fato, os simuladores ajudam na compreensão dos conceitos mais abstratos e concretos, a relacionar teoria e prática, além de possibilitar uma melhor visão dos fenômenos ocorridos no nosso dia a dia. Mesmo que, em algumas situações os alunos não se mostraram completamente satisfatórios com o uso dos simuladores nas aulas, considera-se que sua aplicação é bastante viável, pois estimula a participação dos alunos nas aulas, o que vem a ser essencial para o processo de aprendizagem dos mesmos.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho objetivou desenvolver e descrever um produto educacional, o qual a construção e a execução do mesmo são baseadas em um conjunto de simulações feitas em linguagem Javascript e HTML versão 5, com o intuito de abordar e desenvolver os conceitos de física que estão presentes no pêndulo (ou movimento do pêndulo). Para tanto, foram realizadas pesquisas teóricas, sobre a temática abordada, a fim de melhor compreender os conceitos físicos envolvidos, bem como identificar as principais dificuldades no processo de ensino-aprendizagem desta disciplina.

Em meio aos estudos realizados, na literatura, foi possível constatar que, nos tempos contemporâneos, as Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTICs) têm sido bastante utilizadas no ensino de física, por serem consideradas ferramentas facilitadoras da aprendizagem. Diante desse contexto, verificou-se, ainda, que o uso de simuladores vem sendo mais adotados pelos professores de física, em suas aulas, com a finalidade de atrair a atenção dos alunos e estimular sua participação nas aulas.

Então, a autora deste trabalho desenvolveu um simulador para o estudo do pêndulo e seus movimentos, na pretensão de reduzir a abstração gráfica desde fenômeno e, assim, facilitar a compreensão dos alunos, acerca dos fenômenos físicos envolvidos, sendo o professor mediador deste processo. Com base nos objetivos pretendidos, tal recurso foi testado e mostraram-se viáveis, pois possibilitaram maior interação entre os sujeitos envolvidos, alunos-alunos, alunos-professor, o que favorece a aquisição de novos conhecimentos. Além disso, também possibilitou uma melhor visualização dos fenômenos físicos envolvidos, o que facilitou a interpretação de questões e resolução de exercícios, favorecendo, assim, uma aprendizagem significativa.

Quanto à percepção dos alunos participantes desta pesquisa, a maioria afirmou “excelência”, no uso dos simuladores nas aulas de física. Diante desse contexto, os resultados mostraram que tais ferramentas facilitam a aplicação dos conceitos em situações concretas, por meio de visualizações práticas, faz a ponte entre a teoria e a realidade. Em relação à teoria e simulação, tendo em vista que, ambos, ao serem trabalhados juntos, permitem uma melhor visualização da situação. Além disso, os fenômenos físicos tornam-se mais próximos da realidade

e, isso é crucial para o ensino da física, pois na maioria das vezes, como mencionado anteriormente, os alunos têm dificuldade em identificar fenômenos físicos na vida cotidiana. Portanto, com o simulador, essa associação pode ser estabelecida com mais facilidade. Dessa forma, foi possível perceber que o uso de simuladores estimula o estudo das leis da física, facilitando na compreensão dos conceitos mais abstratos e concretos, a relacionar teoria e prática, além de possibilitar uma melhor visão dos fenômenos ocorridos no nosso dia a dia, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

De modo geral, conclui-se que o presente trabalho foi de suma relevância para a formação acadêmica e profissional desta autora que, atua no Ensino Médio em uma escola pública do município de Caicó-RN e, portanto, o processo de desenvolvimento desta pesquisa, bem como os resultados obtidos, irá contribuir significativamente para a prática docente. A partir do simulador produzido, será possível realizar diversas aulas mais dinâmicas e interativas, além de poder compartilhar tal recurso com outros professores de física, para que estes, também possam adotá-lo em suas aulas, a fim de estimular a participação dos alunos nos estudos das leis da física e, ainda, contribuir com seu desempenho educacional na referida disciplina.

REFERÊNCIAS

- AMARAL E. M. H; ÁVILA, B; ZEDNIK, H; TAROUÇO, L. **Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica**. RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 9 n. 2, 2011.
- BARCELOS NETO, J. **Mecânicas newtoniana, lagrangiana e hamiltoniana**. 2ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.
- BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas: conteúdos e métodos do ensino**. São Paulo: Editora Ática 1º ed. 2008. 128p.
- BRUNER, J. S. **Uma Nova Teoria de Aprendizagem**. 2ª ed. Rio de Janeiro. Bloch. 1973b. 162 p.
- CARRARO, F. L; PEREIRA, R. F. **O uso de simuladores virtuais do PHET como metodologia de Ensino de Eletrodinâmica**. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE. Cadernos PDE, Volume I, 2014.
- CLAUDIO G, C; SUPPES, P. **O cálculo de alta precisão do período do pêndulo simples**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, p. 2701.1-2701.6, 2009.
- CORREIA, G. C. S. **O uso de simuladores no ensino de Física: estudo da corrente induzida por meio de atividade investigativa**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização Ensino de Ciências por Investigação do Centro de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais – Montes Claros, 2016.
- FARIAS, R. F; BASSALO, J. M. F. **Para gostar de ler a história da Física**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.
- FILHO, G. F. S. **Simulações Computacionais para o Ensino de Física Básica: Uma Discussão sobre Produção e Uso**. Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2010. 77p.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra. 1987.
- GOMES, E. C.; FRANCO, X. L. S. O.; ROCHA, A. S. **Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no Ensino da Física**. Araguaína, TO: EDUFT, 2020.
- HALLIDAY, D. **Fundamentos da Física, vol. 1: Mecânica**. 10 ed. Rio de Janeiro: LCT, 2021.
- HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. S. O. **Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de Óptica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 267-273, (2007).
- KENSKI, V M.: **Tecnologias e ensino presencial a distância**. 7ª edição-2009. São Paulo: Papirus, 2003.

MACEDO, M. S. **Construindo sites adotando padrões web**. Ciência Moderna. Rio de Janeiro. 2004. 249p.

MACHADO, K. D. **Equações diferenciais aplicadas a Física**. 3ªed. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2004.

MEC. **PCN + - Ensino médio**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Física. Brasília, MEC/Semtec, 2006

MOREIRA, J. S. **A modelagem computacional como uma ferramenta auxiliar no ensino de física**. Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2009.

MOREIRA, J. S. **Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS**. In: Temas de ensino e formação de professores de ciências. Org. Silva, M. G da; Mohr, A; Fernandes, M; Araújo, F de. Natal/RN: EDUFRN, 2012. Cap. 3, p. 45-55.

MORRISON, M. **Use a cabeça: JavaScript**. Alta Books, 2008. (Use a cabeça!). ISBN9788576082132.

Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=oKZtPgAACAAJ>

NGUYEN, B. **Linux Dictionary V 0.16**. Disponível em: <http://www.tldp.org/LDP/Linux-Dictionary/html/index.html>

NUSSENZVEIG, H. M. **Física Básica 1: Mecânica**. 2002

NUSSENZVEIG, H. M. **Física Básica 2: Flúidos, oscilações e ondas calor**. 2002

POWERS, S. **Learning JavaScript: Add Sparkle and Life to Your Web Pages**. O'Reilly Media, 2008. ISBN 9780596554378. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=3On-moJDuo0C>

RODITI, Itzhak. **Dicionário Houaiss de física**. Objetiva, 2005.

SANTOS, R. P. **Sequencia didática para o ensino de cinemática através de vídeo análise baseado na teoria da aprendizagem significativa**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Volta Redonda, RJ, 2016, 116p.

SCHNEIDER, J. F. **Laboratório de Física I: livro de práticas**. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2013. 145p.

SILVA, M. S. **Construindo Sites com CSS e (X)HTML: Sites controlados por folhas de estilo em cascata**. Novatec, 2007. ISBN 9788575221396. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=5esa-ohk-tMC>

SOUZA, G. M. R.. **Uso de simulações computacionais no ensino de conceitos de força e movimento no 9º ano do ensino fundamental**. 2015. 192p.

TOMANIK, M. O uso do software Modellus na formação inicial dos licenciandos em Física dentro da abordagem metodológica da sala de aula invertida. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. (2015).

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

Este apêndice contém na íntegra o texto referente ao produto educacional. De forma que ele se faz suficiente para que um professor possa manusear caso tenha interesse em utilizar a proposta, o professor conhecerá na próxima página todo o texto do produto assim como a proposta de aplicação.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA - SBF
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

THAYNARA MAYANE FERNANDES DE SOUZA

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR EM
HTML/JAVASCRIPT DE UM PÊNDULO SIMPLES**

Natal/RN
2022

Thaynara Mayane Fernandes de Souza

Orientador: **Prof. O Dr. Tibério Magno de Lima Alves**

Produto educacional apresentado no Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), polo 10, como parte de requisito necessário para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Natal - RN
2022

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	3
2. PRODUTO EDUCACIONAL	4
2.1 O simulador	4
3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA	10
3.1 Organizações das aulas	10
3.2 Desenvolvimentos dos momentos	11

1. APRESENTAÇÃO

Este trabalho consiste na apresentação de um produto educacional, o qual a construção e a execução do mesmo são baseadas em um conjunto de simulações feitas em linguagem Javascript e HTML versão 5, com o intuito de abordar e desenvolver os conceitos de física que estão presentes no pêndulo (ou movimento do pêndulo). Em decorrência dessa proposta, surge uma sequência didática, pautada na aplicação e coleta de dados sobre o produto. Essa intervenção pode ser realizada em um laboratório didático ou tão somente nas salas de aulas. Assim, surge uma sequência didática como proposta de aplicação e de coleta de dados do produto.

Com isso, o produto abordará os conceitos sobre as oscilações que envolvem os movimentos dos pêndulos, o período, a frequência, as forças atuantes e a relação das energias. Sendo distribuído e organizado em uma sequência didática de 9 aulas.

Baseado no que está sendo proposto, busca-se com o uso de simuladores aliado às atividades teóricas, os quais apresentam a resolução de questões, potencializar o ensino dos conceitos de física envolvendo o estudo do pêndulo, diminuindo a abstração gráfica.

Esperamos desse modo, despertar no aluno, com o auxílio do professor, a sua percepção e a sua capacidade em desenvolver os conhecimentos científicos.

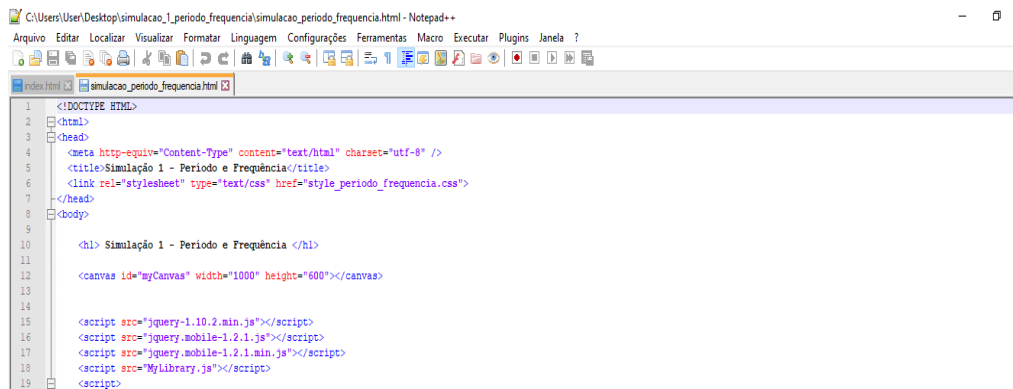
2. PRODUTO EDUCACIONAL

2.1 O simulador

As simulações foram construídas em linguagem Javascript e HTML versão 5. Essa ferramenta foi elaborada com a função de auxiliar na aprendizagem, facilitando o acesso a situações vistas de maneira prática. Será utilizada em ambientes com recursos de multimídia, no qual o professor tem acesso ao mesmo e irá manusear o simulador não dependendo da necessidade de um laboratório no ambiente escolar para atender a demanda de turmas com um elevado número de alunos.

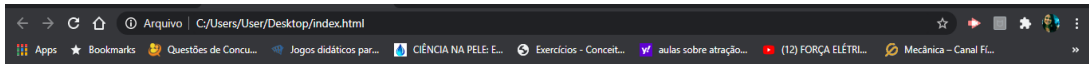
Na elaboração dos simuladores educacionais foi utilizado a linguagem de programação do "Javascript" na HTML versão 5 com o editor *Notepad ++*. Utilizamos do elemento tag Canvas para a montagem das formas geográficas (quadrados. Círculos, etc.) e inserir imagens e alguns caracteres necessários para a realização das simulações. Na figura abaixo, apresento a página da programação dos simuladores.

Figura 1: ambiente de programação



O simulador pode ser acessado através desse link <file:///C:/Users/User/Desktop/Mestrado/index.html> e tendo como a opção de escolher qual simulação utilizar em cada momento de aula:

- Simulação 1: Período e frequência;
- Simulação 2: Forças no pêndulo;
- Simulação 3: Energias



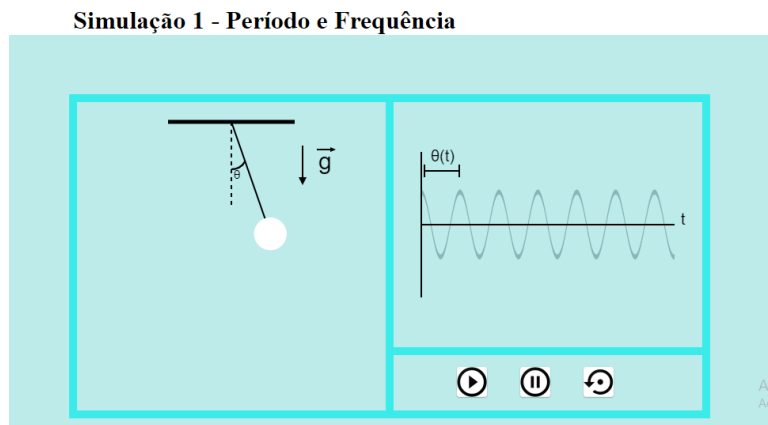
Escolha uma das simulações por meio dos links.

[Simulação 1 - Período e Frequência](#)

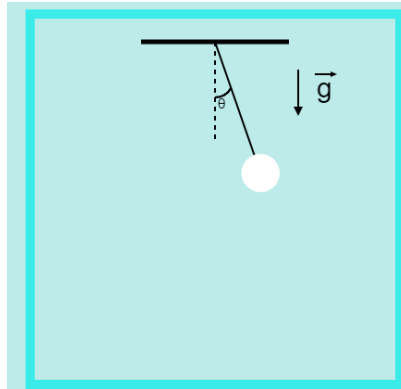
[Simulação 2 - Forças no Pêndulo](#)

[Simulação 3 - Energias](#)

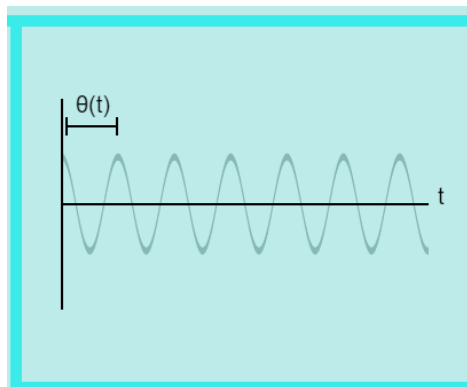
Foram construídos três simuladores. O primeiro aborda o período e a frequência que está dividido em três campos: campo da simulação, o campo do gráfico período e frequência e o campo dos botões de manuseio.



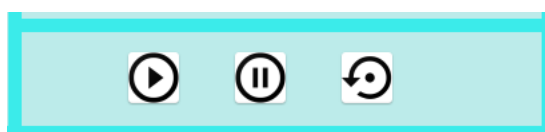
O campo da simulação corresponde ao quadrado maior no lado direito onde observa-se o pêndulo em movimento. Nessa região, antes do movimento, são exibidos uma barra fixa, um fio de massa desprezível, uma partícula de massa desprezível, o ângulo formado quando gera algum movimento na simulação e a representação da indicação da existência da gravidade. O movimento é iniciado, aumenta a velocidade da oscilação, pausa do movimento e o retorno dele são acionados pelos botões de manuseio.



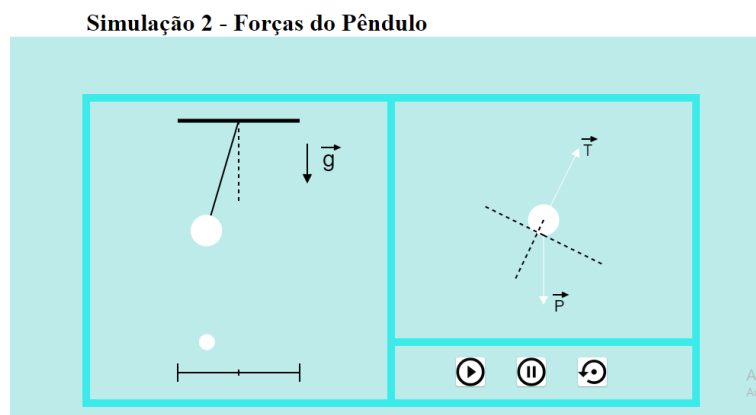
Após cada oscilação, no campo da simulação, surgirá uma onda no canto superior esquerdo que é a visualização gráfica do período e da frequência que são formadas após oscilações completas ou não a depender do movimento gerado em função do tempo.



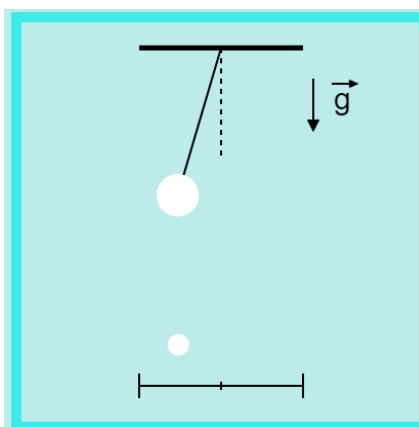
O campo inferior, do lado esquerdo, corresponde à área em que estão contidos os botões controladores do movimento, o primeiro botão do lado direito é o de iniciar o movimento, o do meio corresponde a pausar ou finalizar o movimento e o último do canto esquerdo serve para reiniciar o movimento. A cada clique que é dado no botão iniciar, a velocidade do movimento é aumentada e observado um movimento mais rápido de oscilação.



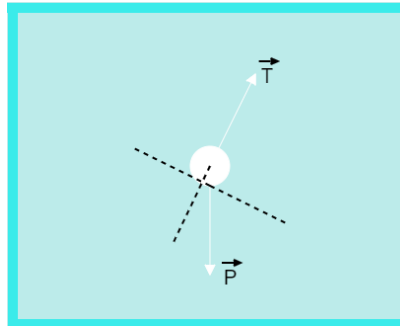
Na simulação dois corresponde às forças atuantes no pêndulo, o simulador está dividido em três campos: campo das simulações, campo do diagrama das forças e o campo dos botões.



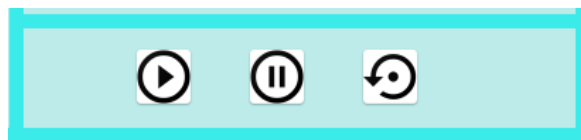
O campo da simulação corresponde ao quadrado maior do lado direito onde se observa o pêndulo em movimento assim como também a relação com o Movimento Harmônico Simples (MHS). Nessa região antes de iniciar a oscilação é possível observar uma barra fixa, um fio e uma partícula de massas desprezíveis que corresponde ao pêndulo, já no canto inferior da simulação a barra corresponde a relação do MHS. No momento que o pêndulo varia, ou seja, realiza uma oscilação a bolinha vai se movimentar sobre a barra indicando a relação com o MHS.



Após cada oscilação surgirá um diagrama de forças no campo superior do lado esquerdo da simulação a qual se observa a força peso, força de tração e a decomposição das forças que vai mudando proporcionalmente com a oscilação.

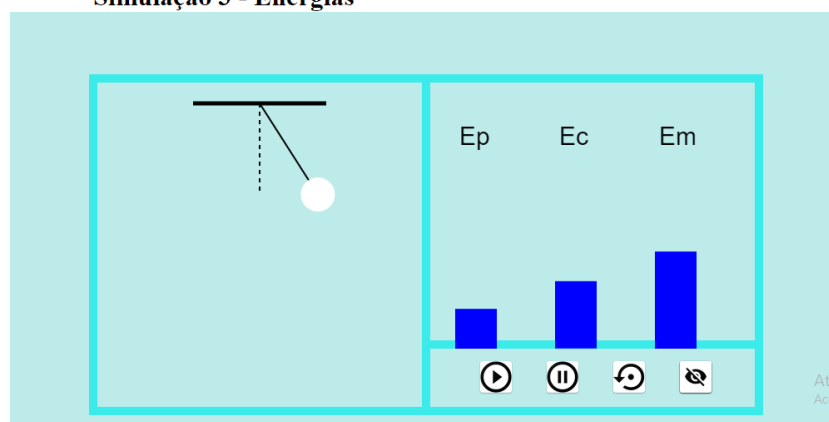


O campo inferior do lado esquerdo corresponde à área em que estão contidos os botões controladores do movimento. O primeiro botão do lado direito é o de iniciar o movimento, o do meio corresponde a pausar ou finalizar o movimento e o último do canto esquerdo serve para reiniciar o movimento. A cada clique que é dado no botão iniciar, a velocidade do movimento é aumentada e observado um movimento mais rápido de oscilação.



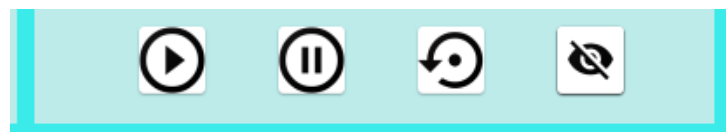
A terceira simulação está organizada em três campos: campo da simulação, campo dos gráficos das energias e campo dos botões de comando da simulação.

Simulação 3 - Energias

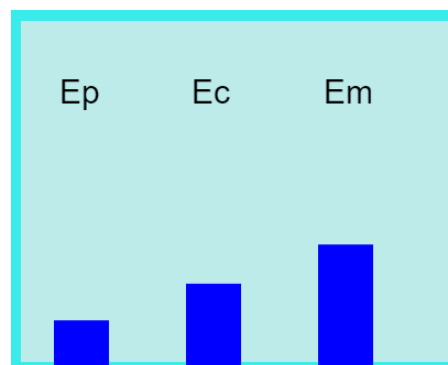


O campo da simulação condiz com a área da direita o quadrado maior. Nessa região é exibido o pêndulo formado por uma barra fixa, um fio e uma partícula

de massas desprezíveis. Esta partícula se movimenta de acordo com o comando que é dado através dos botões localizados na parte inferior do lado esquerdo, sendo o primeiro botão, da esquerda para a direita, caracterizado para dar play na oscilação na simulação, o botão do lado é o de pausar ou encerrar a oscilação, o terceiro botão convém a reiniciar o movimento e o último botão do lado esquerdo caracteriza-se para omitir as letras que representam os tipos de energias que ajuda nos questionamentos a ser feito aos alunos.



No quadrado abaixo dos botões, estão presentes os gráficos das energias: energia potencial (E_p), energia cinética (E_c) e energia mecânica (E_m), formados por barras que vão variar de acordo com as oscilações. Nessa região é exibida uma relação das energias com a oscilação, na medida em que aumenta a barra representante da energia o gráfico nos mostra que possui um maior tipo de energia no determinado ponto da oscilação, assim, quando a barra diminui temos uma menor energia.



3. ,SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nas simulações o docente poderá abordar os seguintes conteúdos:

Na simulação I

- Período
- Frequência

Na simulação II

- Força peso
- Força de tração
- Decomposição das forças
- Movimento Harmônico Simples (MHS)

Na Simulação III

- Energia cinética
- Energia potencial gravitacional
- Energia mecânica

Para todas as simulações, iremos trabalhar com o movimento oscilatório exemplificado no pêndulo que é formado por um fio de massa desprezível e inextensível capaz de fazer oscilações em torno de uma posição fixa e uma partícula de massa puntiforme presa em uma das extremidades desse fio.

3.1 Organizações das aulas

Esta sequência didática engloba uma organização de seis momentos executados junto aos alunos.

Momentos	Tempo estimado	Recurso utilizado	Procediment o metodológico
1º	1 aula de 50 minutos.	-Questionário pré-teste; -Multimídia; -PowerPoint;	Aplicação do questionário pré-teste e explanação do conteúdo, discussão e problematização.

2º	2 aulas de 50 minutos.	-Simulador; - Multimídias.	Aplicação do simulador I.
3º	2 aulas de 50 minutos.	-Simulador; - Multimídias.	Aplicação do simulador II.
4º	2 aulas de 50 minutos.	-Simulador; - Multimídias.	Aplicação do simulador III.
5º	2 aulas de 50 minutos.	Material impresso	Avaliação

3.2 Desenvolvimentos dos momentos

1º momento

Duração: 1 aula de 50 minutos.

Objetivos

- Identificar o entendimento dos estudantes em relação às oscilações: Pêndulo simples;
- Reconhecer os fenômenos que envolvem as oscilações dos pêndulos.

Metodologia

No primeiro momento, sugere-se ao professor que seja realizada uma explanação do conteúdo que será apresentado questionando os educandos com algumas situações que estão propostas abaixo relacionadas ao movimento oscilatório (pêndulo).

Questionário 1

1. O movimento dos corpos é estudado por meio da cinemática e da dinâmica. O que você compreende por movimento oscilatório?

2. O pêndulo simples é um instrumento usado na física, em estudo de força, peso e movimento oscilatório. Você conseguiria definir o que são pêndulos (podendo ser representado por desenho)?

3. Consegue detectar algum exemplo de movimento oscilatório (pêndulo simples) no seu dia-a-dia? Se sim, quais?

4. Durante a oscilação do pêndulo simples podemos dizer que existe uma transformação de energia. Defina as energias abaixo:

a) Energia Potencial Gravitacional (EPG)

b) Energia Mecânica (EM)

c) Energia Cinética (EC)

2º momento

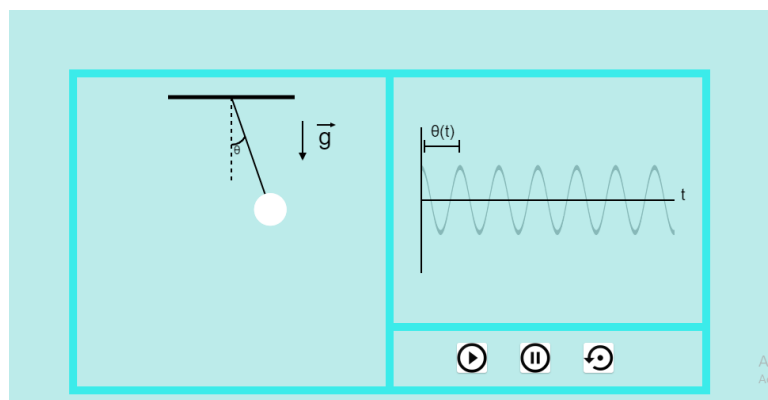
Duração: 2 aulas de 50 minutos.

Objetivos

- Realizar movimentos oscilatórios;
- Utilizar o simulador I (Período e Frequência)

Metodologia

No segundo momento, há uma proposta de aula expositiva utilizando o simulador 1 para abordar a frequência e o período dos objetos através da oscilação do pêndulo.



O pêndulo simples é um sistema mecânico que consiste em uma massa puntiforme, ou seja, um corpo com dimensões insignificantes, presa a um fio de massa desprezível e inextensível capaz de oscilar em torno de uma posição de equilíbrio. Sabendo disso, mostre com o simulador que o pêndulo em movimento oscila de um lado para o outro e volta ao ponto de partida, isso é o que podemos chamar de um ciclo ou vibração completa.

O período de um pêndulo é o tempo que ele gasta em uma oscilação completa. Até os dias atuais, o pêndulo é utilizado em relógios de pêndulo, tendo essa oscilação característica para marcação do tempo. Independente da massa do corpo utilizado no pêndulo, o período pode ser calculado por:

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

Onde:

T – Período (s)

l – comprimento do fio (m)

g – campo gravitacional (m/s^2)

3º momento

Duração: 2 aulas de 50 minutos.

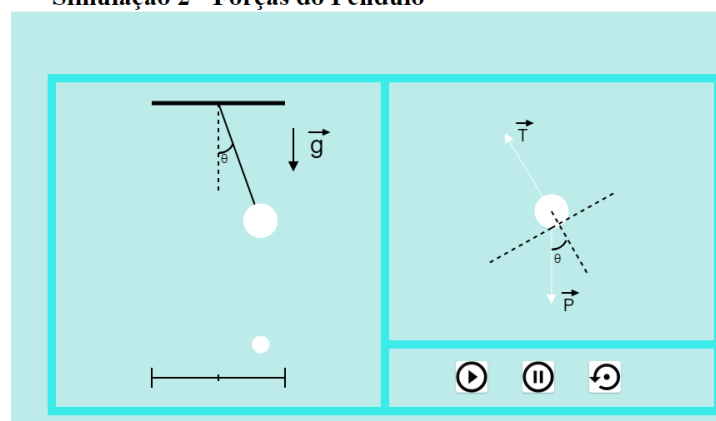
Objetivos

- Conceituar as forças presentes na simulação;
- Explicar a decomposição das forças;
- Relacionar com a Lei de Newton;
- Força centrípeta
- Manusear o simulador II (Forças).

Metodologia

Em um terceiro momento, com os alunos, serão ministradas aulas utilizando o segundo simulador com o objetivo de explicar cientificamente as forças que constituem o movimento do pêndulo simples e relações matemáticas aplicando a segunda Lei de Newton.

Simulação 2 - Forças do Pêndulo



Observando o ponteiro de um relógio analógico, percebe-se que eles são equilibrados em um ponto e possuem tamanhos fixos. O ponteiro da hora demora 12 horas para completar uma volta, o dos minutos demora 60 minutos e o dos segundos, 3600 segundos para completar a sua volta. Seguindo este exemplo e comparando com o movimento apresentado no simulador. Responda:

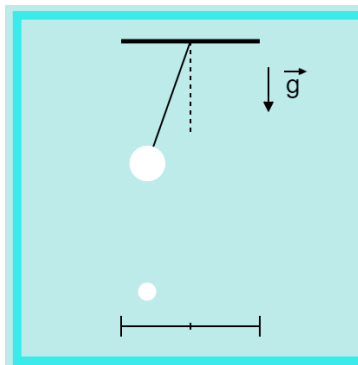
1. No movimento oscilatório é possível observar alguma força atuante? Explique

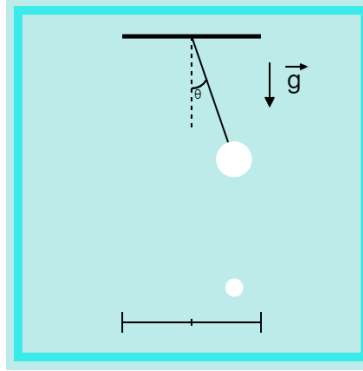
2. Existe força de atrito nessa situação?

3. A resistência do ar pode ser desprezada no movimento oscilatório?

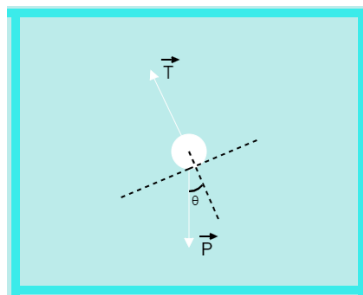
4. A força-peso e a força de tração elas se anulam quando o pêndulo se encontra em repouso?

Posterior aos questionamentos, inicia-se a utilização do simulador, como também, a explicação dos conteúdos envolvendo o que está sendo estudado. Desta forma apresenta-se aos alunos o simulador em oscilação e observar os pontos mais altos da trajetória, sendo importante notar que, despreza-se a dissipação de energia e o pêndulo oscila no mesmo ângulo para ambos os lados como mostrado nas figuras abaixo:





Em um ponto genérico, ou seja, escolhido no momento da aula, pode-se observar no quadro ao lado da simulação o esboço do diagrama das forças.



O peso foi decomposto nos eixos radial e tangencial do movimento. Como o movimento é sempre curvilíneo, deve haver uma força centrípeta na direção radial no sentido do centro da trajetória. Assim:

$$T - P_X = F_{ct}$$

A componente X do peso exerce o papel de força tangencial, que pela segunda Lei de Newton, pode ser escrita como o produto da aceleração tangencial pela massa:

$$P_X = F_t = a_t \cdot m$$

No ponto mais alto da trajetória do pêndulo, o móvel está invertendo o sentido do movimento e, portanto, a energia mecânica é puramente a energia potencial gravitacional, pois a energia cinética é nula.

Sabendo que

$$F_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Conclui-se que a força centrípeta também será nula. Assim,

$$T - P_y = F_{cp} = 0$$

$$T = P_y = p \cdot \cos\theta$$

E, novamente

$$P_x = p \cdot \sin\theta = F_t = a_t \cdot m$$

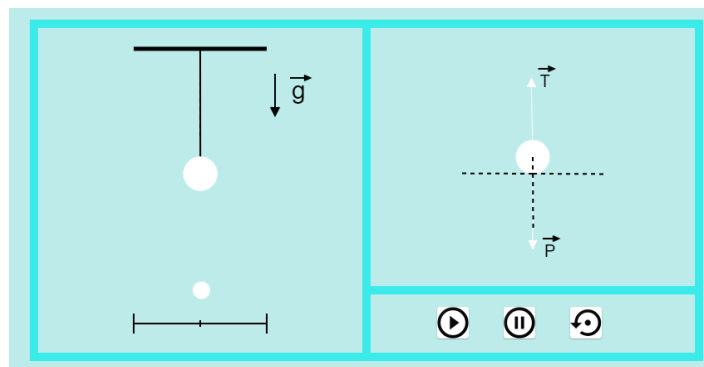
Ponto mais baixo deixa de existir a componente x do peso

$$(P_y = P, P_x = 0, \theta = 0)$$

Assim, no instante em que ele passa pelo ponto mais baixo, do gráfico apresentado na figura a seguir, não há força tangencial. Esse instante também é o de mais tração no fio e de maior velocidade do móvel.

$$T - P = F_{cp}$$

$$a_t = 0$$



4º momento

Duração: 2 aulas de 50 minutos.

Objetivos

- Conceituar as energias envolvidas no pêndulo simples.
- Manusear a simulação III (As energias)

Metodologia

Neste momento, trago como sugestão uma breve retomada com os conceitos das energias, questionando os alunos a cerca de:

- Lembra dos tipos das energias?
- Como se caracterizam?

Diante dos questionamentos, começa-se a abordagem dos tipos de energias envolvidas no movimento oscilatório do pêndulo simples, pois já devem ter visto o conteúdo dos tipos de energias a serem trabalhadas com a utilização do simulador.

Uma das energias a serem abordadas com o simulador do movimento oscilatório do pêndulo é a energia cinética que é a energia associada ao movimento dos corpos, ou seja, qualquer corpo em movimento é capaz de realizar trabalho, logo, possui energia, que nesse caso é denominada de cinética, a qual podemos observar no movimento oscilatório do pêndulo no simulador. A unidade no sistema internacional é Joule (J) e pode ser calculada mediante a seguinte expressão para energia cinética:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Onde:

Ec: energia cinética, também pode ser representada pela letra K (J)

m: massa do corpo (kg)

v: velocidade do corpo (m/s)

A partir disso, conclui-se que se duplicarmos, a massa de um corpo a sua energia cinética também irá duplicar se mantivermos sua velocidade. Por outro lado, quando a velocidade for duplicada por estar elevada ao quadrado a sua energia cinética será quadruplicada e sua massa permanece constante. Relacionando, assim, ao movimento do simulador no qual se consegue aumentar a velocidade clicando mais de uma vez no botão de play.

Aplicando ainda as energias envolvidas no pêndulo simples, surge a energia potencial gravitacional, que é medida pelo trabalho realizado pelo seu peso para ir de uma posição (mais elevada) à outra (mais abaixo), que é visto no movimento de vem e vai do pêndulo da simulação. Assim, é necessário aplicar uma força externa para elevar esse objeto a massa desprezível do pêndulo até uma determinada altura no ponto mais alto que pode ser observado no simulador a partícula que tem maior energia potencial, pois quando a partícula liberada desce sua energia a qual será convertida em energia cinética, pois entrou em movimento e quando o corpo está em movimento a energia transformada em energia cinética.

Portanto, a energia potencial gravitacional da partícula observada no simulador está associada com a sua posição, com a sua massa e com a força gravitacional. A força da gravidade varia com a altura, assim considera-se a aceleração da gravidade na Terra de $9,8 \text{ N/Kg}$ que possui uma variação pequena que pode ser considerada como sendo uma constante.

Então podemos assim calcular esta energia potencial gravitacional da seguinte maneira:

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

Onde:

E_{pg} - Energia potencial gravitacional (J)

m – Massa (kg)

g – gravidade (N/Kg)

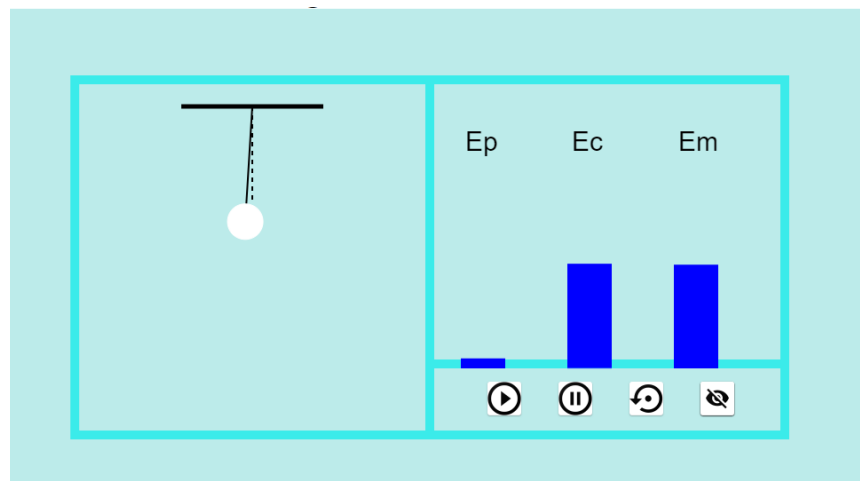
h - Altura (m)

Para, concluirmos, os tipos de energias que possui no movimento oscilatório do pêndulo, trago a energia mecânica que é produzida pelo trabalho de um corpo que pode ser transferida entre os corpos. A energia mecânica corresponde ao somatório da energia cinética, produzido pelo movimento da partícula, com a energia potencial gravitacional, produzida pela posição da partícula em relação a um referencial da simulação.

Então, podemos calcular da seguinte maneira:

$$E_m = E_c + E_{pg}$$

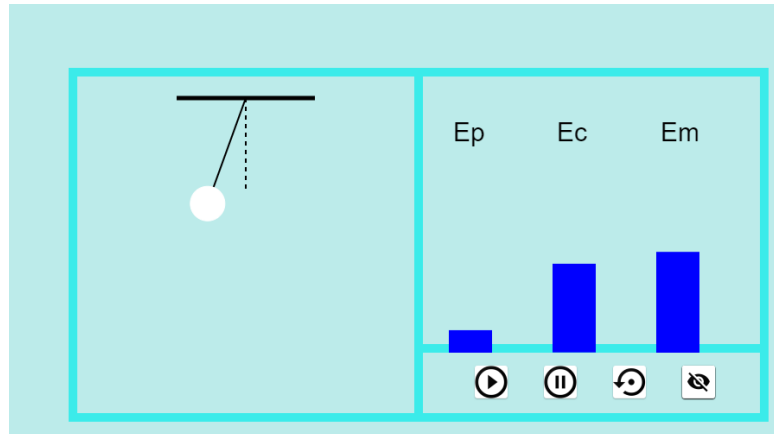
Trago como sugestão apresentar a simulação sem apertar no botão de aparecer às letras que abreviam os tipos de energias e introduzindo com um questionamento aos alunos:



1. Qual a energia que permanece constante durante a oscilação?
2. Quais são as energias que ficam variando na oscilação entre máximas e mínimas?

Segue-se explicando aos alunos o que ocorre nas oscilações, que durante o movimento do pêndulo simples, temos três tipos de energias envolvidas no pêndulo

simples, sendo elas: energia mecânica, energia potencial gravitacional e energia cinética. Desta forma colocar os alunos para perceber que umas dessas energias ficam constantes e outras duas ficam oscilando.



Trata-se de um sistema de conservação e a energia mecânica advém de um sistema isolado (naquele em que não há atrito) baseado nas forças conservativas (que conserva a energia mecânica do sistema), sua resultante permanecerá constante. Ou seja, a energia mecânica da partícula será constante, uma vez que a mudança ocorrerá somente na modalidade de energia e não o seu valor.

5º momento

Duração: 2 aulas de 50 minutos.

Objetivos

- Avaliar

Metodologia

Sugere-se ao professor que faça uma avaliação final para que busque verificar a aprendizagem dos alunos e se eles conseguiram assimilar os conceitos físicos das simulações realizadas.

Questionário de avaliação

- 1 O tempo necessário para voltar à posição inicial é denominado de que?

- 2 O período do pêndulo depende da massa do objeto?

3 Qual a relação da frequência com o movimento do pêndulo?

4 Usando o simulador, qual o período e a frequência de um pêndulo simples que tem comprimento de 0,25m (Considerando $g=9,8 \text{ N/Kg}$

5 Pensando em um pêndulo oscilando em um local que possui aceleração igual a 16 N/Kg , determine o período de oscilação de um pêndulo simples que possui comprimento de 3 metros.

Dados: $\pi = 3,14$

6 Quais as relações das energias presentes no movimento do pêndulo?

Este questionário tem como objetivo saber a sua opinião em relação às aulas com a utilização do simulador. Sua colaboração é de grande importância, pois com suas respostas, o professor terá condições de avaliar suas necessidades e desejos,

para o aperfeiçoamento de sua aprendizagem. É de grande valia a franqueza nas respostas para que o professor possa aperfeiçoar o nível de suas aulas.

O referido questionário servirá também de subsídios na minha dissertação de mestrado intitulada “DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SIMULADOR DO PÊNDULO SIMPLES PARA O ENSINO DE MECÂNICA.”

Quadro 2 : Avaliação da utilização de simuladores

Avaliação sobre a utilização de simuladores como recursos didáticos no ensino de Física.	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
1. Promove a compreensão de conceitos e a aplicação destes em situações concretas?					
2. Relacionar a teoria com a simulação, promove sua compreensão?					
3. Torna os fenômenos físicos mais próximos do real por meio da simulação?					
4. Estimula a observação a partir das leis da Física pelo uso do simulador em situações do dia-a-dia?					
5. Corroborou com os fatos e princípios estudados anteriormente?					

O produto foi construindo a partir das linhas de programação abaixo.

```

1 //RETA ENTRE DOIS PONTOS
2 function linhareta(px1,py1,px2,py2,linha,cor){
3   ctx.beginPath();
4   ctx.moveTo(px1, py1);
5   ctx.lineTo(px2, py2);
6   ctx.lineWidth = linha;
7   ctx.strokeStyle = cor;
8   ctx.stroke();
9 }
10
11 function desenharSetaHorizontal(px1, py1, px2, py2, linha, cor){
12   linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
13   ctx.beginPath();
14   ctx.moveTo(px2,py2-3);
15   ctx.lineTo(px2+7,py2);
16   ctx.lineTo(px2,py2+3);
17   ctx.fill();
18 }
19
20 function desenharSetaVertical(px1, py1, px2, py2, linha, cor){
21   linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
22   ctx.beginPath();
23   ctx.moveTo(px2+5,py2);
24   ctx.lineTo(px2,py2+10);
25   ctx.lineTo(px2-5,py2);
26   ctx.fill();
27 }
28
29 //RETA ENTRE DOIS PONTOS ROTACIONADA
30 function linharetarotacao(px1,px2,py,linha,cor,rotacao,x0,y0){
31   ctx.save();

```

```

JS MyLibrary.js X
C:\Users> thajn > Downloads > Codigo-pendulo > Codigo-pendulo > simulacao_1_perodo_frequencia > JS MyLibrary.js > ...
32 ctx.translate(x0,y0);
33 ctx.rotate(rotacao*Math.PI/180);
34 ctx.translate(-x0,-y0);
35 //
36 ctx.beginPath();
37 ctx.moveTo(px1,py);
38 ctx.lineTo(px2,py);
39 ctx.lineWidth = linha;
40 ctx.strokeStyle = cor;
41 ctx.stroke();
42 //
43 ctx.restore();
44 }
45
46 // CIRCULO PREENCHIDO
47 function circuloPreenchido(px,py,raio,espessura,cor1,cor2){
48 ctx.beginPath();
49 ctx.arc(px,py,raio,0,2*Math.PI,true);
50 ctx.fillStyle = cor1;
51 ctx.fill();
52 ctx.lineWidth = espessura;
53 ctx.strokeStyle = cor2;
54 ctx.stroke();
55 }
56
57
58 // CIRCUNFERENCIA
59
60 function circunferencia(px,py,raio,espessura,cor){
61 ctx.beginPath();
62 ctx.arc(px, py,raio,0,2*Math.PI,true);

```

```

JS MyLibrary.js X
C:\Users> thajn > Downloads > Codigo-pendulo > Codigo-pendulo > simulacao_1_perodo_frequencia > JS MyLibrary.js > ...
62 ctx.arc(px, py,raio,0,2*Math.PI,true);
63 ctx.lineWidth = espessura;
64 ctx.strokeStyle = cor;
65 ctx.stroke();
66
67
68 }
69
70 // RETANGULO VAZADO
71 function retanguloVazado(x0,y0,w,h,linha,cor){
72 ctx.beginPath();
73 ctx.rect(x0, y0, w, h);
74 ctx.lineWidth = linha;
75 ctx.strokeStyle = cor;
76 ctx.stroke();
77 }
78
79 // LINHA PONTILHADA
80 function linhaPontilhada(x0,y0,comprimento,rotacao, cor){
81 var passo = 5;
82 ctx.save();
83 ctx.translate(x0,y0);
84 ctx.rotate(rotacao*Math.PI/180); // Entre com o valor em graus
85 ctx.translate(-x0,-y0);
86 //
87 ctx.beginPath();
88 for (i = 0; i<comprimento; i++){
89 ctx.moveTo(x0 + 10*i, y0);
90 ctx.lineTo(x0+10*i+passo, y0);
91 }

```

```

JS MyLibrary.js X
C: > Users > thayn > Downloads > Codigo-pendulo > Codigo-pendulo > simulacao_1_periodo_frequencia > JS MyLibrary.js > linhapontilhada

85 ctx.translate(-x0,-y0);
86 //
87 ctx.beginPath();
88 for (i = 0; i<=comprimento; i++){
89     ctx.moveTo(x0 + 10*i, y0);
90     ctx.lineTo(x0+10*i+passo, y0);
91 }
92 ctx.lineWidth = 2;
93 ctx.strokeStyle = cor;
94 ctx.stroke();
95 //
96 ctx.restore();
97 }
98
99 function gerarTexto(posX, posY, font, nome, cor){
100     ctx.font = font;
101     ctx.fillStyle = cor;
102     ctx.fillText(nome, posX, posY);
103     ctx.stroke();
104 }
105
106

```

```

JS MyLibrary.js JS MyLibrary_forcas_pendulo.js X
C: > Users > thayn > Downloads > Codigo-pendulo > Codigo-pendulo > simulacao_2_forcas_pendulo > JS MyLibrary_forcas_pendulo.js > ...

1 //RETA ENTRE DOIS PONTOS
2 function linhareta(px1,py1,px2,py2,linha,cor){
3     ctx.beginPath();
4     ctx.moveTo(px1, py1);
5     ctx.lineTo(px2, py2);
6     ctx.lineWidth = linha;
7     ctx.strokeStyle = cor;
8     ctx.stroke();
9 }
10
11 function desenharSetaHorizontal(px1, py1, px2, py2, linha, cor){
12     linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
13     ctx.beginPath();
14     ctx.moveTo(px2,py2-3);
15     ctx.lineTo(px2+7,py2);
16     ctx.lineTo(px2,py2+3);
17     ctx.fill();
18     ctx.strokeStyle = cor;
19     ctx.stroke();
20 }
21
22 function desenharSetaVerticalBaixo(px1, py1, px2, py2, linha, cor){
23     linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
24     ctx.beginPath();
25     ctx.moveTo(px2+5,py2);
26     ctx.lineTo(px2,py2+10);
27     ctx.lineTo(px2-5,py2);
28     ctx.fill();
29     ctx.strokeStyle = cor;
30     ctx.stroke();
31 }

```

```

30 |   ctx.stroke();
31 | }
32 |
33 | function desenharSetaVerticalCima(px1, py1, px2, py2, linha, cor, rotacao){
34 |   console.log(cor);
35 |   linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
36 |   ctx.save();
37 |   ctx.translate(px2,py2);
38 |   ctx.rotate(rotacao*Math.PI/180);
39 |   ctx.translate(-px2,-py2);
40 |   ctx.strokeStyle = cor;
41 |   ctx.fillStyle = cor;
42 |   ctx.beginPath();
43 |   ctx.moveTo(px2+5,py2);
44 |   ctx.lineTo(px2,py2-10);
45 |   ctx.lineTo(px2-5,py2);
46 |   ctx.fill();
47 |
48 |   ctx.stroke();
49 |   ctx.restore();
50 |   //
51 | }
52 |
53 | //RETA ENTRE DOIS PONTOS ROTACIONADA
54 | function linharetarotacao(px1,px2,py,linha,cor,rotacao,x0,y0){
55 |   ctx.save();
56 |   ctx.translate(x0,y0);
57 |   ctx.rotate(rotacao*Math.PI/180);
58 |   ctx.translate(-x0,-y0);
59 |   //
60 |   ctx.beginPath();

```

```

59 |   //
60 |   ctx.beginPath();
61 |   ctx.moveTo(px1,py);
62 |   ctx.lineTo(px2,py);
63 |   ctx.lineWidth = linha;
64 |   ctx.strokeStyle = cor;
65 |   ctx.stroke();
66 |   //
67 |   ctx.restore();
68 | }
69 |
70 | // CIRCULO PREENCHIDO
71 | function circuloPreenchido(px,py,raio,espessura,cor1,cor2){
72 |   ctx.beginPath();
73 |   ctx.arc(px,py,raio,0,2*Math.PI,true);
74 |   ctx.fillStyle = cor1;
75 |   ctx.fill();
76 |   ctx.lineWidth = espessura;
77 |   ctx.strokeStyle = cor2;
78 |   ctx.stroke();
79 | }
80 |
81 |
82 | // CIRCUNFERENCIA
83 |
84 | function circunferencia(px,py,raio,espessura,cor){
85 |   ctx.beginPath();
86 |   ctx.arc(px, py,raio,0,2*Math.PI,true);
87 |   ctx.lineWidth = espessura;
88 |   ctx.strokeStyle = cor;
89 |   ctx.stroke();

```

```

JS MyLibrary.js JS MyLibrary_forcas_pendolojs X
C:\Users> thajn > Downloads > Codigo-pendulo > Codigo-pendulo > simulacao_2_forcas_pendolo > JS MyLibrary_forcas_pendolojs > ...
108   ctx.strokeStyle = cor;
109   ctx.stroke();
110 }
111 //RETOANGULO VAZADO
112 function retangulovazado(x0,y0,w,h,linha,cor){
113   ctx.beginPath();
114   ctx.rect(x0, y0, w, h);
115   ctx.lineWidth = linha;
116   ctx.strokeStyle = cor;
117   ctx.stroke();
118 }
119 //LINHA PONTILHADA FRENTE
120 function linhaPontilhada(x0,y0,comprimento,rotacao, cor){
121   var passo = 5;
122   ctx.save();
123   ctx.translate(x0,y0);
124   ctx.rotate(rotacao*Math.PI/180); // Entre com o valor em graus
125   ctx.translate(-x0,-y0);
126   //
127   ctx.beginPath();
128   for (i = 0; i<=comprimento; i++){
129     ctx.moveTo(x0 + 10*i, y0);
130     ctx.lineTo(x0+10*i+passo, y0);
131   }
132   ctx.lineWidth = 2;
133   ctx.strokeStyle = cor;
134   ctx.stroke();
135   //

```

```

JS MyLibrary.js JS MyLibrary_forcas_pendolojs X
C:\Users> thajn > Downloads > Codigo-pendulo > Codigo-pendulo > simulacao_2_forcas_pendolo > JS MyLibrary_forcas_pendolojs > ...
119   //
120   ctx.restore();
121 }
122 //LINHA PONTILHADA PARA FRENTE e PARA TRÁS
123 function linhaPontilhadaCompleta(x0,y0,comprimento,rotacao, cor){
124   var passo = 5;
125   ctx.save();
126   ctx.translate(x0,y0);
127   ctx.rotate(rotacao*Math.PI/180); // Entre com o valor em graus
128   ctx.translate(-x0,-y0);
129   //
130   ctx.beginPath();
131   for (i = 0; i<=comprimento; i++){
132     ctx.moveTo(x0 + 10*i, y0);
133     ctx.lineTo(x0+10*i+passo, y0);
134   }
135   for (i = 0; i<=comprimento; i++){
136     ctx.moveTo(x0 - 10*i, y0);
137     ctx.lineTo(x0-10*i-passo, y0);
138   }
139   ctx.lineWidth = 2;
140   ctx.strokeStyle = cor;
141   ctx.stroke();
142   //
143   ctx.restore();
144 }
145 function gerarTexto(posX, posY, font, nome, cor){
146   ctx.font = font;

```

```

JS MyLibrary.js JS MyLibrary_forcas_pendolojs X
C:\Users> thajn > Downloads > Codigo-pendulo > Codigo-pendulo > simulacao_2_forcas_pendolo > JS MyLibrary_forcas_pendolojs > ...
135   }
136   for (i = 0; i<=comprimento; i++){
137     ctx.moveTo(x0 - 10*i, y0);
138     ctx.lineTo(x0-10*i-passo, y0);
139   }
140   ctx.lineWidth = 2;
141   ctx.strokeStyle = cor;
142   ctx.stroke();
143   //
144   ctx.restore();
145 }
146 function gerarTexto(posX, posY, font, nome, cor){
147   ctx.font = font;
148   ctx.fillStyle = cor;
149   ctx.fillText(nome, posX, posY);
150   ctx.stroke();
151 }
152 }
153 }
154 }

```

```

1  //RETA ENTRE DOIS PONTOS
2  function linhareta(px1,py1,px2,py2,linha,cor){
3      ctx.beginPath();
4      ctx.moveTo(px1, py1);
5      ctx.lineTo(px2, py2);
6      ctx.lineWidth = linha;
7      ctx.strokeStyle = cor;
8      ctx.stroke();
9  }
10
11 function desenharSetaHorizontal(px1, py1, px2, py2, linha, cor){
12     linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
13     ctx.beginPath();
14     ctx.moveTo(px2,py2-3);
15     ctx.lineTo(px2+7,py2);
16     ctx.lineTo(px2,py2+3);
17     ctx.fill();
18 }
19
20 function desenharSetaVertical(px1, py1, px2, py2, linha, cor){
21     linhareta(px1, py1, px2, py2, linha, cor);
22     ctx.beginPath();
23     ctx.moveTo(px2+5,py2);
24     ctx.lineTo(px2,py2+10);
25     ctx.lineTo(px2-5,py2);
26     ctx.fill();
27 }
28
29 //RETA ENTRE DOIS PONTOS ROTACIONADA
30 function linharetarotacao(px1,px2,py,linha,cor,rotacao,x0,y0){
31     ctx.save();

```

```

31     ctx.save();
32     ctx.translate(x0,y0);
33     ctx.rotate(rotacao*Math.PI/180);
34     ctx.translate(-x0,-y0);
35     //
36     ctx.beginPath();
37     ctx.moveTo(px1,py);
38     ctx.lineTo(px2,py);
39     ctx.lineWidth = linha;
40     ctx.strokeStyle = cor;
41     ctx.stroke();
42     //
43     ctx.restore();
44 }
45
46 // CIRCULO PREENCHIDO
47 function circulo preenchido(px,py,raio,espessura,cor1,cor2){
48     ctx.beginPath();
49     ctx.arc(px,py,raio,0,2*Math.PI,true);
50     ctx.fillStyle = cor1;
51     ctx.fill();
52     ctx.lineWidth = espessura;
53     ctx.strokeStyle = cor2;
54     ctx.stroke();
55 }
56
57 // CIRCUNFERENCIA
58 function circunferencia(px,py,raio,espessura,cor){
59     ctx.beginPath();

```

```

JS MyLibrary.js JS MyLibrary_forcas_pendulo.js JS MyLibrary_energias.js X
C:\Users\thayn\Downloads\Codigo-pendulo\Codigo-pendulo\simulacao_3_energias> JS MyLibrary_energias.js > desenharSetaVertical

61     ctx.beginPath();
62     ctx.arc(px, py, raio, 0, 2*Math.PI, true);
63     ctx.lineWidth = espessura;
64     ctx.strokeStyle = cor;
65     ctx.stroke();
66
67 }
68
69
70 //RETANGULO VAZADO
71 function retanguloVazado(x0,y0,w,h,linha,cor){
72     ctx.beginPath();
73     ctx.rect(x0, y0, w, h);
74     ctx.lineWidth = linha;
75     ctx.strokeStyle = cor;
76     ctx.stroke();
77 }
78
79 //RETANGULO Preenchido
80 function retanguloPreenchido(x0,y0,w,h,linha,cor){
81     ctx.clearRect(x0, y0, w, h);
82     ctx.beginPath();
83     ctx.rect(x0, y0, w, h);
84     ctx.lineWidth = linha;
85     ctx.fillStyle = cor;
86     ctx.fill();
87     ctx.strokeStyle = cor;
88     ctx.stroke();
89 }
90

```

```

JS MyLibrary.js JS MyLibrary_forcas_pendulo.js JS MyLibrary_energias.js X
C:\Users\thayn\Downloads\Codigo-pendulo\Codigo-pendulo\simulacao_3_energias> JS MyLibrary_energias.js > desenharSetaVertical

90
91 //LINHA PONTILHADA
92 function linhaPontilhada(x0,y0,comprimento,rotacao, cor){
93     var passo = 5;
94     ctx.save();
95     ctx.translate(x0,y0);
96     ctx.rotate(rotacao*Math.PI/180); // Entre com o valor em graus
97     ctx.translate(-x0,-y0);
98     //
99     ctx.beginPath();
100     for (i = 0; i<=comprimento; i++){
101         ctx.moveTo(x0 + 10*i, y0);
102         ctx.lineTo(x0+10*i+passo, y0);
103     }
104     ctx.lineWidth = 2;
105     ctx.strokeStyle = cor;
106     ctx.stroke();
107     //
108     ctx.restore();
109 }
110
111 function gerarTexto(posX, posY, font, nome, cor){
112     ctx.font = font;
113     ctx.fillStyle = cor;
114     ctx.fillText(nome, posX, posY);
115     ctx.stroke();
116 }
117
118

```