



Sequência Didática para aplicação de uma simulação em Movimento
Harmônico Simples (MHS)

Guilherme Henrique Guimarães Beraldo

Orientador: Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos

Maceió
Novembro/2022

Sequência Didática para aplicação de uma simulação em Movimento Harmônico Simples (MHS)

Guilherme Henrique Guimarães Beraldo

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

Orientador: Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos

Maceió
Novembro/2022

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

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale CRB4 - 661

- B483s Beraldo, Guilherme Henrique Guimarães.
Sequência didática para aplicação de uma simulação em movimento harmônico simples (MHS) / Guilherme Henrique Guimarães Beraldo. – 2022.
55 f. : il.
- Orientador: Frederico Salgueiro Passos.
Dissertação (mestrado profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Sociedade Brasileira de Ensino de Física. Maceió, 2022.
- Bibliografia: f. 40.
Apêndices: f. 41-55.
1. Física – Estudo e ensino. 2. Movimento harmônico simples. 3. Simulação.
4. Sequência didática. 5. Aprendizagem. I. Título.

CDU: 53: 37.015.2

Dedico esta dissertação aos meus avôs, em especial ao meu avô que faleceu no ano de 2019, meus pais, irmãos e a todos aqueles que estiveram me apoiando neste sonho.

Agradecimentos

Agradeço a meu orientador Frederico Salgueiro Passos, pelo apoio e por todo conhecimento transmitido.

Agradeço ao meu irmão Fabricio Arcanjo Guimarães que sempre que eu pensava em desistir me incentivava a continuar.

Agradeço a minha mãe por todo apoio e todo incentivo que me deu nessa caminhada.

Agradeço ao meu amigo Denilson de Moraes Silva, que sem o mesmo não seria capaz de finalizar este trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos que sempre me incentivavam a continuar.

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

RESUMO

Este trabalho trata de uma sequência didática baseada nas teorias de aprendizagem de Ausubel e de Rogers, com foco na criação de uma sequência didática voltada para a utilização de uma simulação em Visual Python. A simulação de Visual Python nos traz o conteúdo de movimento harmônico simples. Discute-se as vantagens de se utilizar as simulações para a aprendizagem dos alunos, a aprendizagem mais humanizada com base em Rogers. Discutimos sobre a utilização dos mapas conceituais como processo de avaliação, pois os mesmos podem nos mostrar como os alunos adquirem os subsunçores que são as ancoragens necessárias para que os alunos possam compreender os conteúdos.

Este trabalho tem a intenção de realizar uma sequência didática para o conteúdo de Movimento Harmônico Simples (MHS), baseado nas relações dos conteúdos do primeiro anos e as suas relações com o MHS.

Palavras-chave: Ensino de Física, Movimento Harmônico Simples, Simulação.

ABSTRACT

This work deals with a didactic sequence based on the learning theories of Ausubel and Rogers, focusing on the creation of a didactic sequence focused on the use of a simulation in Visual Python. The Visual Python simulation brings us the content of simple harmonic motion. The advantages of using simulations for student learning, a more humanized learning based on Rogers, are discussed. We discussed the use of conceptual maps as an evaluation process, as they can show us how students acquire the subsumers that are the necessary anchorages so that students can understand the contents.

This work intends to carry out a didactic sequence for the content of Simple Harmonic Movement (MHS), based on the relations of the contents of the first years and their relations with the MHS.

Keywords: Physics education, Simple Harmonic motion, Simulation

Sumário

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivos específico	3
Capítulo 2	Revisão de Literatura	4
Capítulo 3	Metodologia Pedagógica	9
3.1	Carl Rogers e o Ensino Humanista	11
3.2	Ausubel e a Aprendizagem Significativa	19
3.2.1	Subsunçor	14
3.2.2	Tipos de Aprendizagem Significativa	15
3.2.2.1	Aprendizagem Representacional	15
3.2.2.2	Aprendizagem Conceitual	15
3.2.2.3	Aprendizagem Proposicional	16
Capítulo 4	A Física do Movimento Harmônico Simples	17
4.1	Movimento Periódico	17
4.1.1	Amplitude	18
4.2	Movimento Harmônico Simples	18
4.2.1	Relação entre MHS e Movimento Circular	20
4.2.2	Relação entre MHS e Movimento Circular	21
4.2.3	Equação da energia mecânica para um MHS	22
4.2.4	Sistema Amortecido	23
Capítulo 5	Produto Educacional	26
5.1	Primeiro Encontro	26
5.2	Segundo Encontro	27
5.3	Terceiro Encontro	28
5.4	Quarto Encontro	30
5.5	Quinto Encontro	31
5.6	Sexto Encontro	34
5.7	Simulação	34
Capítulo 6	Conclusão	36
Apêndice A	Questionário de Sondagem	38
Apêndice B	Proposta de Sequência Didática para o Ensino Médio	39
Apêndice C	O Código	52
Referências Bibliográficas		55

Capítulo 1

Introdução

Antes de iniciar as discussões neste trabalho, gostaria de realizar um breve relato em relação ao que me levou a realizar este produto. Quando iniciei o mestrado minha ideia inicial era realizar uma peça de teatro utilizando o livro “Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano” de Galileu Galilei, dias antes das aulas começarem, tudo foi paralisado devido aos primeiros casos de COVID-19. Como professor atuante na rede privada, tive que me reformular rapidamente, pois tivemos apenas 5 dias de paralisação e retornamos as atividades de forma remota, através de aplicativos que poucos possuem conhecimento. Devido ao aumento dos casos de COVID, as aulas permaneceram remotas durante todo o ano. Observei que existia uma grande dificuldade de participação dos alunos as aulas. Uma dificuldade que tive como professor foi em fazer a leitura se os alunos estavam ou não compreendendo os conteúdos, pois em sua maioria os mesmos não ligavam as câmeras e não respondiam perguntas direcionadas aos estudantes. O tempo foi passando e tive em meu segundo período a matéria de Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental, com esta matéria tive mais uma vez que me reinventar, pois a única ferramenta que possuía alguma habilidade era as simulações interativas conhecidas como PHET. Alguns colegas durante a matéria trouxeram ferramentas em que não possuía nenhum ou pouco conhecimento. Conforme fui me desenvolvendo na matéria surgiu a ideia de criar simulação para representar conceitos que muitas vezes são extremamente abstratos para os alunos. Percebi que essa criação de simulações não iria servir apenas para a utilização em sala de aula presencial, mas também seria uma grande oportunidade de utilizar com meus alunos nas aulas remotas.

Neste trabalho iremos abordar a utilização de uma simulação computacional em linguagem Visual Python, para o ensino do conceito de “Movimento Harmônico Simples” (MHS). Esta ideia surgiu durante o curso de atividades computacionais para o Ensino Médio e Fundamental, quando foi mostrado alguns tipos de instrumentos computacionais que facilitariam a compreensão dos alunos. Um desses instrumentos foi o Visual Python, que consiste basicamente na criação de códigos de programação que serão transformados em uma simulação com imagens e movimentos, podendo assim,

trazer para os alunos uma visualização do fenômeno “que por muitas vezes não pode ser efetivamente exposto em um laboratório de física.” (Passos, Frederico. 2022)

Com advento da tecnologia e com as dificuldades geradas pela pandemia do COVID-19 na educação, torna-se cada vez mais claro a necessidade que nós, professores, tenhamos a habilidade de gerar um interesse nos alunos utilizando todos os artifícios possíveis para isso. Durante o período de pandemia, tivemos que nos capacitar e encontrar ferramentas capazes de transformar as nossas aulas mais atrativas para os alunos. Diante de que as aulas não poderiam ser realizadas de forma presencial, encontramos outras alternativas para que os alunos pudessem compreender os conceitos.

Nesse contexto, o Visual Python (VPython) nos traz uma possibilidade de criar uma simulação mais adequada para utilizarmos durante as nossas aulas e nos permite criar e moldar a simulação adequando-a dinamicamente à aula ministrada, ao contrário de outras ferramentas computacionais que possuem apenas comandos pré-determinados.

A ideia de utilizar o MHS foi escolhida, pois é um conceito que muitas vezes é levado aos alunos de forma confusa e simplista, gerando um fortalecimento dos conceitos prévios dos alunos que muitas vezes são incorretos. Com a simulação que iremos tratar aqui poderemos mostrar sistemas sem amortecimento e sistemas semi amortecido. De maneira que o aluno possa compreender com exatidão o processo de funcionamento de sistemas massa-mola.

Neste trabalho estaremos alinhados as propostas que a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) nos propõem.

1.1 Objetivos

A realidade das escolas particulares de pequenos bairros do estado de Alagoas em sua maioria não possuem laboratórios de Ciências, esta é uma triste realidade que dificulta bastante o ensino de Ciências como a Física que requer uma observação do fenômeno, para que os alunos possam compreender como surgiu as representações de equações e gráficos, pois dessa forma os alunos possuem a sensação de que a Física não é aplicada no mundo real. Pensando nisso, este trabalho tem como objetivo a realização de uma sequência didática que é constituída de uma simulação onde o aluno irá observar a mesma.

Essa simulação irá permitir que o aluno realize algumas investigações. Além disso a simulação trará a representação gráfica do movimento, relacionando assim o que

ocorre no experimento em uma outra linguagem, que muitas vezes é vista pelos alunos como algo que não representa o mundo real.

1.1.2 Objetivo Geral

Elaborar uma sequência didática utilizando uma simulação na linguagem Visual Python em que o professor de Física do Ensino Médio possa utilizar nas suas aulas. A simulação irá abarcar o conteúdo de MHS, como um instrumento em que os alunos possuem em suas mãos no seu dia a dia, que são os seus smartphones.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

Nos dias atuais com o surgimento do COVID-19, se fez necessário a realização de modificações nos métodos de ensino, diante da impossibilidade da realização das aulas presenciais. Um das principais modificações que foram realizadas foi a utilização das aulas remotas para os alunos do nível médio.

Nas aulas de Física tivemos um grande avanço da utilização de simulações como Visual Python e PHET, pois essas ferramentas tornaram as aulas mais dinâmicas. Neste contexto, abordaremos neste trabalho uma sequência didática para o assunto: Movimento Harmônico Simples (MHS). A sequência didática tem como base a utilização de uma simulação em Visual Python.

2.1 Sequência Didática

Quando pensamos em realizar a organização de uma aula logo nos vem a cabeça o seguinte questionamento: Por onde devo iniciar? A resposta mais simples para essa pergunta é que devemos iniciar realizando o planejamento, porém temos diversas maneiras de realizar tal planejamento. Aqui nós iremos propor que uma ótima forma para fazer isso é realizando uma sequência didática, que de modo simples e numa resposta direta, sequência didática (doravante SD) é um modo de o professor organizar as atividades de ensino em função de núcleos temáticos e procedimentos (Araújo, 2013).

A SD quando planejada tem como dever atingir um objetivo, mas não pode ser qualquer objetivo. Esse objetivo deve atender as necessidades do aluno (Lima, 2018). Portanto, se preciso levar um novo conhecimento para meu aluno se faz necessário a criação de uma estratégia de passo a passo, de maneira que o mesmo seja capaz de entender o conteúdo que eu, professor, estou lhe oferecendo portanto é de grande importância criar as sequência de forma a facilitar a aquisição do conhecimento por parte do aluno, para isso é importante que a didática seja a mais adequada para usar em sala. Segundo Lima (2018), “Em termos pedagógicos, a sequência didática é dividida em três partes: abertura, desenvolvimento e fechamento.”

Uma Sequência didática, em algumas ocasiões pode se assemelhar com um plano de aula, porém se difere na forma que o conteúdo deve ser organizado.(Lima, 2018) A SD tem como função principal levar o aluno a aquisição do conhecimento, e se finaliza com uma síntese do conteúdo apresentado, sendo acompanhado de uma avaliação para que seja possível verificar se o aluno foi capaz de compreender o conteúdo abordado.

Segundo Zabala (1998) sequências didáticas são:

[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos [...] (ZABALA, 1998 p. 18)

2.2 Tecnologia Digital de Informação e Comunicação (TDIC)

As transformações que a tecnologia vem realizando em nossas vidas, afetam a nossa maneira de pensar, agir e viver. O que no passado era apenas considerado ficção e tem se tornado realidade no nosso dia a dia.

Nossos estudantes que levam o nome de Nativos Digitais pois, já nasceram inseridos em uma sociedade tecnológica, já fazem uso de smartphones, notebooks, para utilizar as redes sociais, de forma a se comunicar se informar e até mesmo aprender.

A BNCC orienta que :

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BRASIL, 2017, p. 9).

Desta maneira a BNCC contempla a utilização das TDIC para a formação de competências e habilidades relacionadas a cultura digital (TOLEDO,2021). Tendo em vista que o alunos devem utilizar essas ferramentas de forma crítica e consciente, dentro da sociedade. Na competência específica de número 3 em Ciências da Natureza, temos:

Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando

procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).
(BRASIL, 2017, p. 553).

Quando inclui-se as TDIC na prática docente estamos na busca de promover uma aprendizagem mais significativa dos componentes curriculares, alinhando o processo de ensino-aprendizagem com a realidade do estudante, buscando desta maneira um maior engajamento nos conteúdos a serem estudados (TOLEDO, 2021), neste trabalho iremos utilizar simulações em Visual Python que contemplam o conceito das TDIC, além disso estaremos realizando uma ligação com as ideias propostas pela BNCC.

A utilização de TDIC potencializa a possibilidade de uma aprendizagem significativa por parte do estudante, pois a TDIC traz para sala de aula um mundo que o aluno está adaptado e possui interesse.

2.3 Simulações como sequência didática

Neste presente trabalho será contemplado alguns pensadores da educação para a elaboração da sequência didática proposta nesta dissertação, um deles será Carl Roger que é um dos pensadores humanistas, em seguida, será utilizado Ausubel com a ideia da ressignificação dos conceitos prévios dos alunos.

Como dito acima Carl Roger com uma vertente mais humanista, trará a importância da compreensão da realidade do indivíduo e de suas vivências para o aprendizado do aluno.

Nós como professores devemos nos ater a capacidade de absorção do aluno diante do conteúdo tratado, logo se faz necessário que sejamos capazes de identificar quais são os seus conhecimentos prévios, por isso é tão importante a realização de um questionário de sondagem antes de iniciarmos cada conteúdo, por exemplo.

Nesse mundo tecnológico, onde tudo que os alunos desejam encontrar está mais acessível, fez com que o método tradicional de quadro e giz se tornasse cada vez menos interessante para o aluno.

“Tradicionalmente os métodos baseados na aplicação do giz e quadro negro, das aulas dialogadas, tornam-se cansativos e desmotivantes causando falhas no processo, que não poderão ser corrigidas num curto espaço de tempo.”(Costa, eteal.)

Essa nossa perda de aprendizagem acaba gerando uma dificuldade para a formação do estudante, diante desta situação nós, professores, necessitamos nos adaptar e criar formas mais atrativas para que o aluno não perca o seu interesse, e uma dessas formas é a utilização das tecnologias.

“A informática se torna um ponto forte de apoio para minimizar essas dificuldades ou até mesmo resolve-las dependendo da situação aplicada. O uso do computador cria condições para o aluno construir seu conhecimento por meio da criação de ambientes de aprendizagem para uma melhor visualização e interação com assunto apresentado, facilitando a construção do conhecimento. Neste contexto computacional a Realidade Virtual desponta como o melhor instrumento para criação de cenários imaginados, podendo resolver o grande problema de abstração de alguns conteúdos, como por exemplo a Física, área extremamente carentes de procedimentos de simulação.” (costa. Etal.)

Como podemos observar na citação acima, a Física ainda possui uma grande carência em relação a simulações, e as mesmas são muito eficientes em tornar possível a visualização de situações problemas que necessitam um nível mais alto de abstração.

Quando tratamos de simulações virtuais, devemos sempre levar em consideração a sua real relevância para o desenvolvimento do aluno.

“Ao tratar de simulações virtuais, espera-se que as mesmas sejam elaboradas levando em consideração fundamentos educacionais, computacionais e de usabilidade, que sejam resultado de procedimentos que se preocupam com a aprendizagem dos alunos, a fidedignidade do conteúdo científico, a interação dos alunos com a interface gráfica, enfim, que representem um recurso com finalidade de promover situações de aprendizagem...”(Costa, Macia, etal., 2021)

Como relatado na citação acima neste trabalho temos como intuito fazer com que a simulação contida nesta sequência didática facilite a aprendizagem dos alunos.

A nossa ideia quando buscamos criar a simulação é facilitar a visualização do nosso aluno, pois muitos dos mesmos possuem uma dificuldade relativa quando se diz respeito a questão de abstrações. Para Costa:

“Por princípio, simulação computacional já se configura como uma estratégia facilitadora da aprendizagem, uma vez que atende ao princípio de diversificação dos recursos didáticos. Essa diversificação pode promover uma predisposição para a aprendizagem, dado que os estudantes se sentem motivados pela variedade de representações.” (Costa, Macia, etal, 2021)

A utilização de computadores e simulações, vem sendo utilizado em educação já algum tempo.

“Tem-se utilizado a informática em educação basicamente em duas grandes linhas para o próprio ensino de informática e computação e para desenvolver o ensino de diferentes áreas de conhecimento isto é como um recurso didático auxiliar.”(Yammamoto, 2001)

O intuito dessa dissertação é desenvolver um processo no qual exista uma diferenciação do modelo tradicional de aula gerando, assim, um maior interesse dos alunos diante do universo que poderá ser aberto para os mesmos, por meio das possibilidades ofertadas pela programação.

Um fator preponderante para escolha deste tipo de simulação é que o aluno pudesse modificar o código, foi a maneira encontrada para que o mesmo tivesse o primeiro contato com uma das linguagens de programação mais disseminadas, o Python. A “distribuição em larga escala de simulações e animações computacionais no Ensino de Física torna-se possível pelas novas linguagens desenvolvidas para internet.” (Felipe, Geraldo etal, 2005)

A utilização de simulações computacionais não é algo que gera grande dificuldade para os discentes, pois “como é observado nos trabalhos de Moraes e Webber (2017) e Kenski (2007), os quais relatam que as crianças já nascem inseridas e influenciadas em um ambiente tecnológico onde tudo e todos estão conectados” (apud. Almeida, 2021, p.2)

Capítulo 3

Metodologias Pedagógicas

Neste trabalho utilizamos como base para a construção do projeto a metodologia de Ausubel, para o autor, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva, ou seja, para que um conhecimento seja adquirido o aluno deve realizar conexões entre o atual conceito que está sendo aprendido e os conceitos que o mesmo possuía. Ele chama os conceitos prévios que os alunos devem possuir de subsunçores. Logo, entende-se como subsunçores: os esteios ou pilares, para o suporte de ancoragem de um novo conhecimento que se deseja reter. (Ausubel, 1978). O professor deve identificar previamente quais os subsunçores que os alunos devem possuir para que sejam capazes de apreender o novo conteúdo, ou seja, é necessário que o professor realize um questionário de sondagem. Pois desta maneira o professor conhecerá os subsunçores que os alunos possuem.

Como fica claro abaixo o ponto de vista de Ausubel:

“Para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrário e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio” (PELIZZARI et al., 2002, p. 38).

Pode-se perceber que o aluno só adquire um novo conhecimento quando o mesmo está disposto a isso, porém este aluno só estará disposto a aprender algo novo se o mesmo identificar que o conteúdo irá acrescentar algo a suas experiências prévias. Na visão Ausubeliana o movimento de aprender ocorre quando o aprendiz agrega o novo conhecimento aos seus conceitos preexistentes, que são adquiridos com as experiências que o aluno possui.

Aprendizagem significativa tem o intuito de incentivar que o estudante aplique o conhecimento de forma prática, buscando, assim, uma integração com maior facilidade,

desta forma o aprendizado possuíra um significado e uma utilidade para a realidade do estudante, gerando assim uma nova ancoragem para novos conhecimentos.

Na visão de Ausubel a aprendizagem é uma via de mão dupla como podemos perceber abaixo:

“Aprender significativamente é o principal objetivo, de modo que os padrões dogmáticos são quebrados e a relação professor/aluno se transforma em uma relação mestre/aprendiz, sem a rigidez de papéis pré-fixados. Há, então, flexibilização da participação dos atores na medida em que o aprendiz é também mestre e vice-versa” (AUSUBEL, 2006).

Percebemos que o aprendiz pode se tornar mestre, pois não possuímos uma rigidez onde um é detentor de todo o conhecimento, e o outro não possui nada a ser levado em consideração. O professor na aprendizagem significativa deve levar em consideração os aprendizdos prévios que o aluno possui na elaboração de seu plano de aula, pois apenas a partir dos conhecimentos prévios o aluno poderá realmente gerar uma aprendizagem real e significativa.

Outro pensador que contribuiu para nossa visão mais humanizada da educação, onde temos o aluno como detentor de conhecimentos prévios que o capacitaram a compreensão dos novos assuntos. O autor humanista que iremos utilizar neste trabalho de Carl Rogers, o mesmo nós fala que existem 10 Princípios para uma aprendizagem completa.

- “1. Seres humanos têm uma potencialidade natural para aprender.*
- 2. A aprendizagem significativa ocorre quando a matéria de ensino é percebida pelo aluno como relevante para seus próprios objetivos.*
- 3. A aprendizagem que envolve mudança na organização do eu - na percepção de si mesmo - é ameaçadora e tende a suscitar resistência.*
- 4. As aprendizagens que ameaçam o eu são mais facilmente percebidas e assimiladas quando as ameaças externas se reduzem a um mínimo.*
- 5. Quando é pequena a ameaça ao eu, pode-se perceber a experiência de maneira diferenciada e a aprendizagem pode prosseguir.*
- 6. Grande parte da aprendizagem significativa é adquirida através de atos.*
- 7. A aprendizagem é facilitada quando o aluno participa responsabilmente do processo de aprendizagem.*

8. *A aprendizagem auto-iniciada que envolve a pessoa do aprendiz como um todo - sentimentos e intelectos - é mais duradoura e abrangente.*

9. *A independência, a criatividade e a autoconfiança são todas facilitadas, quando a autocrítica e a auto-avaliação são básicas e avaliação feita por outros é de importância secundária.*

10. *A aprendizagem socialmente mais útil, no mundo moderno, é a do próprio processo de aprender, uma contínua abertura à experiência e à incorporação, dentro de si mesmo, do processo de mudança.”* (Moreira, Marco Antônio, 1999, p. 141)

Vamos refletir um pouco mais em relação ao princípio 6, quando o mesmo fala que a aprendizagem é melhor adquirida através dos atos, ou seja os nossos estudantes possuem uma melhor compreensão dos assuntos quando os mesmos colocam a mão na massa, ou seja realizando as descobertas a partir da vivência. Uma maneira de se obter essa vivência é através da realização de experimentos, ou mesmo através das simulações que é o que o nosso trabalho vem propor.

3.1 Carl Rogers e o Ensino Humanista

Carl Ransom Rogers, nascido em 08 de janeiro de 1902, psicólogo americano, contribui em diversas áreas do conhecimento sendo uma delas a educação, é um dos pensadores da educação humanista. Neste trabalho utilizaremos suas contribuições à educação para que possamos ter um contato mais humanizado com o aluno de forma que os conceitos de aprendizagem significativa de Ausubel possam ser maximizados.

Para Rogers a aprendizagem é apenas adquirida quando o aprendiz é dono da descoberta, como vemos neste trecho do seu livro tornar-se pessoa: *“Sinto que o único aprendizado que influencia significativamente o comportamento é o aprendizado auto descoberto, auto apropriado.(Rogers, p.318) ”* Pode-se perceber que Rogers vê o professor como um mediador para a aprendizagem do aluno, e não como um detentor do conhecimento que irá absorver, apenas, transpor o conhecimento.

Rogers ainda nos traz a ideia de que o estudante, muitas vezes, não consegue identificar uma relação entre os conteúdos ministrados em sala de aula com os acontecimentos da sua realidade, o que faz com que o aluno perca o interesse na descoberta e na aprendizagem.

“O estudante que segue um curso universitário (podemos trazer para o ensino básico) normal, de modo particular as aulas obrigatórias, está preparado para encarar o curso como uma experiência em que sua

expectativa é manter-se passivo ou cheio de ressentimento, ou as duas coisas ao mesmo tempo, uma experiência cuja ligação com os seus próprios problemas ele muitas vezes não vê.”(Rogers, 1965, p.330)

Contanto, para Rogers quando o professor é capaz de mostrar ao aluno o conteúdo em questão, deve-se mostrar que ele possui uma relação direta com os seus problemas reais, pois desta forma o aluno mantém o interesse em aprender. “[...] Desse modo, uma das condições quase sempre presentes é um desejo indefinido e ambivalente de aprender ou de se modificar, desejo que provém de uma dificuldade percebida no encontro com a vida.” (Rogers, 1965, p. 324). O aluno sempre possui as duas potencialidades: a de aprender e a de ignorar o conteúdo a ser aprendido, o que o faz optar por um deles é a necessidade que ele possui em utilizar o seu conhecimento para a vida.

Rogers sempre teve como principal ponto de vista que o professor não deve ser um transmissor de conhecimento, mas sim um facilitador. Rogers acredita que o estudante sempre possui o desejo de aprender e que o professor seja a pessoa a qual o aluno deva buscar. Em seu livro “torna-se livre”, ele enfatiza o que foi citado anteriormente, como mostrado no trecho abaixo.

“A aprendizagem pode ser facilitada, segundo parece, se o professor for congruente. Isso implica que o professor seja a pessoa que é e que tenha uma consciência plena das atitudes que assume. A congruência significa que ele aceita seus sentimentos reais. Torna-se então uma pessoa real nas relações com seus alunos. Pode irritar-se, mas é igualmente capaz de ser sensível ou simpático. Porque aceita esses sentimentos como seus, não tem necessidade de impô-los aos seus alunos, nem insiste para que estes reajam da mesma forma. O professor é uma pessoa não a encarnação abstrata de uma exigência curricular ou um canal estéril através do qual o saber passa de geração em geração.” (Rogers, 1965, p. 331)

Rogers mostra que o professor é considerado um ser humano que possui sentimentos e que é capaz de entendê-los e lidar com os mesmos. Assim, o professor poderá auxiliar o aluno no seu processo, pois o professor não é uma máquina que está ali programada para informar e transmitir os conhecimentos gerados pelo mundo até o presente momento.

Com esta visão mais humanizada adotada para a elaboração desta dissertação, ao qual é sabido que os alunos, em muitos momentos, consideram o conhecimento

Físico desnecessário para suas vidas. Devido a isto, é muito comum que os alunos não possuam os conceitos prévios necessários para a realização de uma evolução na aprendizagem deles. Partindo deste pressuposto, optou-se por utilizar o método de aprendizagem significativa de Ausubel.

“Quando aquele que ensina é capaz de compreender as reações do estudante no seu íntimo, de perceber a maneira como nele repercute o processo pedagógico, aí a probabilidade de uma aprendizagem autêntica torna-se ampliada.” (Rogers, 2009, p.18)

3.2 Ausubel e a Aprendizagem Significativa

Diferente de Rogers que tem como intuito em sua teoria da aprendizagem abranger os 3 tipos de aprendizagens, que são: aprendizagem representativa, aprendizagem conceitual e aprendizagem proposicional. Ausubel tem o seu principal enfoque na aprendizagem cognitiva.

Ausubel é representante do cognitivismo, e como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem (Moreira, p.152) tem como principal conceito a ideia de os novos conhecimentos serem ancorados em conhecimentos já obtidos anteriormente.

Como representante do cognitivismo, Ausubel crítica a forma mecanizada do aprendizado:

“Para ele os conteúdos assimilados por repetição mecânica e os assimilados de forma significativa são representados e organizados mentalmente de forma diferenciada nas estruturas psicológicas e cognitivas dos alunos.”(Revista Pedagógica -Unoeste – Chapecó - 1999)

Para Ausubel a memorização e o aprender, são concepções distintas, ou seja, para ele o aluno que realiza processos massivos de repetições em muitos momentos realiza apenas o processo de memorização, e não de aprendizagem, pois quando o aluno adquire o conhecimento o mesmo terá um significado e será ancorado há outros conhecimentos. São processos marcadamente diferentes e, quando apresentam semelhanças, os efeitos os distinguem (Ausubel, 1980)

Basicamente a teoria da aprendizagem significativa tem como seu ponto principal utilizar conhecimentos prévios que os alunos possuem para ancoragem dos

novos conhecimentos, mas isso não quer dizer que seja algo simples, pois muitas vezes o professor terá dificuldades para identificar esses conhecimentos prévios, e muitas vezes estes mesmos não serão suficientes para aprendizagem dos alunos e dessa forma será necessário a criação de organizadores prévios, para que as ancoragens possam existir.

A tremenda eficiência inerente à aprendizagem significativa deve-se a suas duas principais características – a sua não arbitrariedade e a sua substantividade. (Ausubel, 1980, p.33) Isso demonstra que a aprendizagem possui um método que faz com que os conceitos que os alunos já possuem, pois queremos que os mesmos possam dar um ressignificado para este, de forma a compreender uma nova aplicação. Ainda podemos perceber que a aprendizagem significativa se importa em desenvolver uma aprendizagem em que o aluno possa perceber a sua utilidade.

Essas ancoragens são chamadas por Ausubel de subsunçores, estes subsunçores serão os responsáveis pela diferenciação de uma aprendizagem meramente mecânica de uma aprendizagem significativa.

3.2.1 *Subsunçor*

Para entendermos melhor o principal conceito da teoria significativa de Ausubel utilizaremos algumas explicações que estão presentes na literatura.

“Os subsunçores são estratégias cognitivas que permitem ao indivíduo, por meio de aprendizagens anteriores, já estáveis de caráter mais genérico, absorver novos conhecimentos específicos ou subordinados aos anteriores.”(Revista Pedagógica - Unoeste – Chapecó, 1999, p. 20)

Como dito na citação acima, os subsunçores são capazes de fazer o aluno a adquirir um novo conhecimento realizando de tal forma, que a interação do subsunçor que o aluno possui, com o novo conhecimento adquirido gera uma ressignificação. Lembrando que isto pode ocorrer sempre que um subsunçor já existente tenha contato com o novo conhecimento.

Segundo Moreira e Masini:

“Isso Significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangente e bem desenvolvidos, dependendo da frequência com que ocorre a aprendizagem significativa em conjunção com um dado subsunçor.” (Moreira, 1982, p.8)

Fica explícito, portanto, que os subsunçores são os agentes transformadores na Teoria Significativa Ausuberiana (TSA), pois a partir dos mesmos os novos conhecimentos serão ancorados e irão gerar uma aprendizagem.

É relevante ressaltar que os subsunçores não devem ser escolhidos de forma arbitrária pelos professores, é necessário que eles identifiquem, dentro do conteúdo que será ministrado, os conhecimentos prévios que os alunos devem possuir, pois apenas dessa forma que a ancoragem será realizada de maneira adequada, gerando assim uma aprendizagem para vida do aluno. Entretanto, quando o estudante não possuir os subsunçores é necessário que o professor realize uma revisão para que eles adquiram.

3.2.2 Tipos de Aprendizagem Significativa

As aprendizagens significativas que Ausubel relata são: Aprendizagem Representacional, Aprendizagem de Conceitos e Aprendizagem Proposicional. Iremos dividir esta seção em 3 subseções que iremos discutir cada um dos respectivos tipos.

3.2.2.1 Aprendizagem Representacional

No livro Psicologia Educacional de Ausubel, Novak e Hanesian, eles relatam a Aprendizagem Representacional da seguinte forma:

“O tipo de aprendizagem significativa mais básica, que inclusive condiciona todos os outros aprendizados significativos, é a aprendizagem representacional, que implica aprender o significado de símbolos particulares (de um modo geral, palavras) ou aprender o que eles representam.”(Ausubel, 1980, p.31)

A aprendizagem representacional nos traz basicamente a ideia de que para aprendermos qualquer conceito que seja é necessário sabermos os significados dos símbolos mais primitivos. Por exemplo, se formos aprender a somar devemos saber o significado deste símbolo “+”, que apesar de ser um símbolo de simples compreensão se não adquirirmos o conhecimento dele será impossível somar.

Como ele relata ,de forma mais geral deve-se saber os significados das palavras isoladamente para apenas depois ressignificarem as mesmas quando estas fizerem parte de um contexto maior.

3.2.2.2 *Aprendizagem de Conceito*

A aprendizagem de conceitos basicamente está relacionada com a aprendizagem de conceitos. “Os conceitos (unidades genéricas ou idéias categóricas) são também representados por símbolos particulares, assim como o são outras formas de unidades referenciais”. (Ausubel, 1980, p.40) os conceitos que os alunos irão adquirir se tornam de fundamental importância diante da necessidade de os alunos possuírem os conceitos bem definidos.

É essencial destacar que a aprendizagem de conceitos e a representacional possuem uma relação entre si, relata Ausubel.

“...convém falarmos sobre a relação entre a aprendizagem de conceitos e a aprendizagem representacional. Já que os conceitos, como também objetos ou situações, são representados por palavras ou nomes, aprender o que o significante significa (aprender qual é o conceito representado por um significante novo, ou aprender o que o novo significante tem o mesmo significado do conceito) é o tipo mais complexo da aprendizagem representacional.” (Ausubel, 1980, p.40)

Como podemos perceber apesar de termos uma separação em 3 formas de se aprender significativamente estas, se relacionam entre si, gerando assim uma completude das mesmas.

3.2.2.3 *Aprendizagem de Proposicional*

Na aprendizagem proposicional não nos atemos apenas à formação do significado da palavra isoladamente e não consideramos que a soma dos significados seja o seu significado final. Para Ausubel:

“Na aprendizagem proposicional, a tarefa de aprendizagem significativa não se reduz ao aprendizado do que representam as palavras isoladamente ou à combinação das mesmas; refere-se, antes de tudo, ao aprendizado do significado de novas ideias expressas de forma proposicional.” (Ausubel, 1980, p. 40)

A aprendizagem conceitual e a aprendizagem proposicional faz parte de um tipo de aprendizagem mais complexo diferente da aprendizagem representacional que se aproxima da aprendizagem automática.

“... A aprendizagem representacional aproxima-se geralmente da forma automática e a aprendizagem

conceitual ou proposicional pode atingir formas mais complexas de aprendizagem significativa.” (Ausubel, 1980, p. 41)

Capítulo 4

4. A Física do Movimento Harmônico Simples

Este capítulo está destinado a auxiliar o professor com a compreensão do MHS, e o planejamento das aulas, pois estes conteúdos devem estar na sequência didática.

Para que o MHS ocorra são necessárias algumas circunstâncias, ele se dá sempre que a força que age sobre o corpo tenha uma propriedade que damos o nome de comportamento elástico. A essa força deve ser uma força central de origem restauradora. É dado o nome de força elástica ou força harmônica.

4.1 Movimento Periódico

Os movimentos periódicos (que apresentam período constante bem definido) que também são movimentos oscilatórios (que apresentam amplitude constante e bem definida), possuem uma regularidade em suas repetições. Estes movimentos são vastos na Física, se estendem desde a Mecânica ao Eletromagnetismo, e estão presentes no nosso dia a dia, temos como exemplos: O movimento de um Pêndulo de um relógio de parede, os movimentos dos astros do universo ou até mesmo o movimento vibratório de moléculas em um sólido.

Podemos dizer que um movimento se repetiu se depois de um determinado período de tempo (T) ele estiver na mesma posição anterior e com a mesma velocidade vetorialmente podemos dizer que:

$$\vec{v}(T + t) = \vec{v}(t), \quad (1)$$

$$\vec{r}(T + t) = \vec{r}(t). \quad (2)$$

O intervalo de tempo decorrido entre esses dois momentos é chamado de período do movimento que representamos pela letra T .

Uma grandeza, que é importante para que possamos compreender alguns fenômenos é nomeada como frequência que será representada pela letra f . Definimos a frequência desse movimento como o inverso do período, isto é:

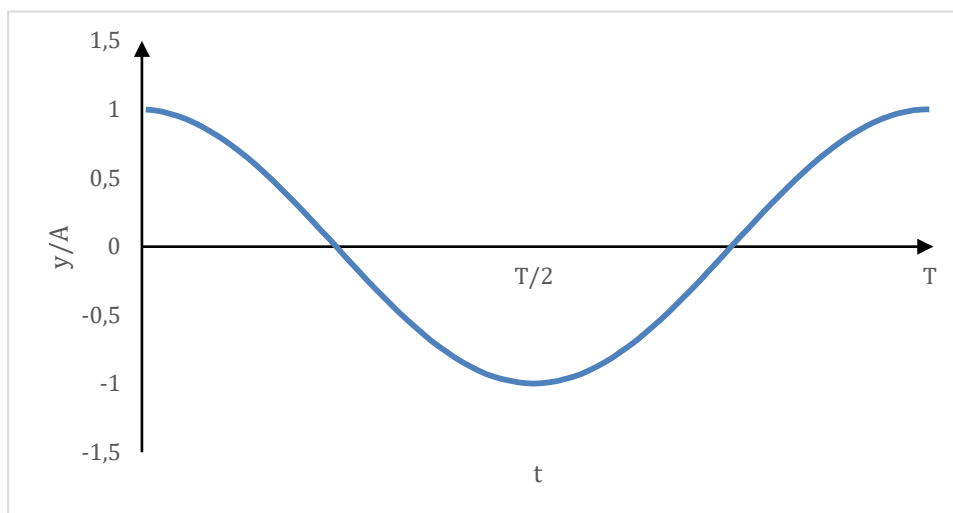
$$f = \frac{1}{T} \quad (3)$$

Por essa relação fica claro que a frequência determina o número de voltas que o corpo dá em unidades de tempo. A unidade de medida da frequência no Sistema Internacional de unidades (SI) é o Hz.

4.1.1 Amplitude

Chama-se de amplitude (A) o deslocamento máximo obtido pelo corpo em relação à posição de equilíbrio, independentemente do sinal, ou seja, o que levamos em consideração é o módulo total do deslocamento. Um ciclo é formado como podemos observar no gráfico abaixo.

Figura 1: Gráfico da Amplitude do MHS



Fonte: Autor – 2022

A posição de equilíbrio é a posição média do oscilador e corresponde à uma elongação nulo, isto é, a força que atua sobre o oscilador é nula neste ponto. No exemplo representado na figura anterior, a posição de equilíbrio foi definido como a origem das coordenadas.

4.2 Movimento Harmônico Simples

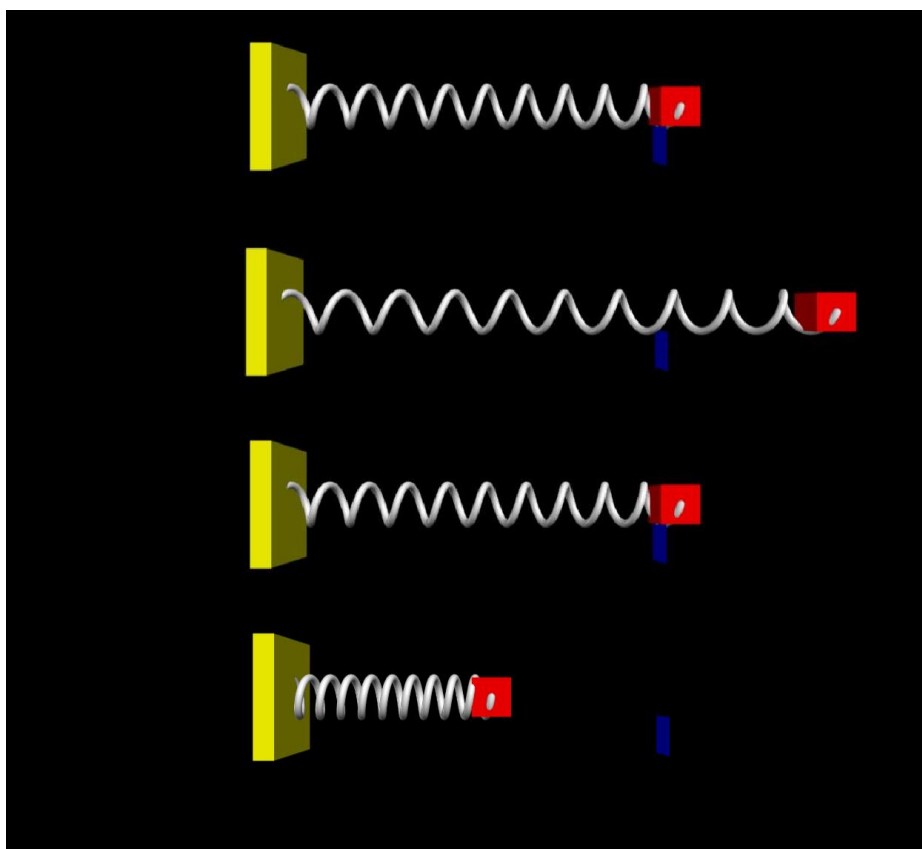
Como citado anteriormente, para que um esteja em um MHS, temos que possuir uma força restauradora da forma com a que conhecemos com Lei de Hooke, ou seja:

$$F = -Kx, \quad (4)$$

onde K é uma constante de proporcionalidade conhecida como constante elástica da mola. No SI, a sua unidade de medida é N/m, pois a força no sistema internacional é dada por Newton, que é representado pela letra N.

O sinal negativo da fórmula garante que a força sempre será no sentido contrário da elongação x , que é a posição da partícula a partir do ponto de equilíbrio do sistema massa-mola (figura 2).

Figura 2: Representação de um sistema massa – mola



Fonte: Autor – 2022.

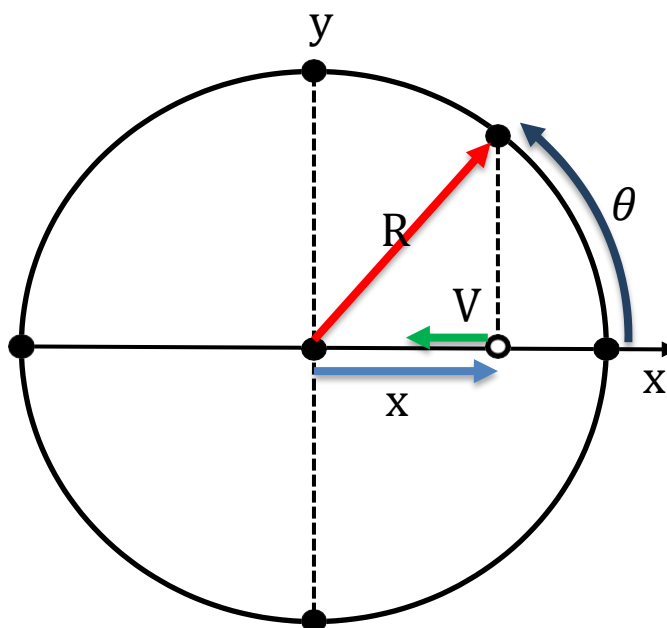
Esse comportamento nos materiais reais é melhor observado como aproximação de uma mola harmônica em movimentos que possuem deslocamentos com valores pequenos. Conforme aumentamos o deslocamento do corpo, a força restauradora não tem um comportamento linear. Tem um comportamento não linear, pois a capacidade de

restauração da mola, se perde conforme a distensão da mola aumenta. Além de um determinado valor da elongação, ocorre a ruptura do material (Módulo 1 Licenciatura em ciências – USP/Univesp, p. 254).

4.2.1 Relação entre MHS e Movimento Circular

Nesta seção vamos mostrar a relação entre o movimento circular e o MHS, para que seja mais facilmente compreendida as equações que serão trabalhadas mais à frente. A figura a seguir, nos mostra uma representação de um movimento circular.

Figura 3: Representação de um movimento harmônico simples como projeção de um movimento circular.



Fonte: Autor - 2022

Na figura acima podemos observar a existência de algumas relações entre o movimento circular e o movimento harmônico simples, pois o movimento harmônico se repete em um determinado período e o mesmo possui uma velocidade angular que é o que podemos calcular a partir da razão entre a variação do ângulo e o tempo.

Como podemos observar temos acima a representação do Raio (R), velocidade linear do MHS (V) e a elongação (x). Na projeção do movimento circular na horizontal sobre o eixo x , vemos que a amplitude do movimento é o valor do raio R que

definiremos como o valor de A . Mas por trigonometria simples, vemos que a posição, ou elongação, do oscilador pode ser dada como:

$$x = A \cos \theta \quad (5)$$

4.2.2. Equação do movimento para um oscilador harmônico simples

Podemos obter a equação do movimento para um oscilador harmônico simples fazendo a igualdade da equação de força newtoniana $F = m \frac{d^2x}{dt^2}$ com a força da Lei de Hooke. Desse modo,

$$-kx = m \frac{d^2x}{dt^2} \quad (6)$$

Se definirmos

$$\omega_0^2 = \frac{\kappa}{m} \quad (7)$$

Em que ω_0 é a frequência ou velocidade angular do oscilador harmônico, a equação diferencial se torna

$$\omega_0^2 x + \frac{d^2x}{dt^2} = 0. \quad (8)$$

A solução da diferencial do oscilador anterior é uma solução harmônica, como é uma equação de segunda ordem, ela pode assumir uma combinação linear de qualquer duas soluções harmônicas, isto é, funções que apresentem a segunda derivada proporcionais à própria função. Uma dessas soluções são as funções senoides e outras as funções exponenciais complexas. Para fins de simplicidade, seguiremos com a relação que vimos na seção anterior onde temos que o nosso espaço x é dado por:

$$x = A \cos \theta \quad (9)$$

Como a equação diferencial é de segunda ordem, as condições iniciais de contorno requerem duas constantes de integração. Desta forma, podemos assumir as soluções da seguinte forma:

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \delta), \quad (10)$$

onde as constantes de integração são A é amplitude do movimento e δ uma fase inicial. Vale ressaltar que a equação seno também é solução igualmente boa, ajustando a fase inicial, pois difere de $\frac{\pi}{2}$ para a função cosseno. Então podemos usar também uma solução como $x(t) = A \sin(\omega_0 t + \alpha)$.

Se realizarmos a primeira derivada da equação x , iremos obter a equação para velocidade de um MHS, como segue abaixo:

$$\frac{dx}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \delta) \quad (11)$$

Portanto para podermos encontrar a aceleração de um MHS, iremos realizar a segunda derivada para a equação do espaço e iremos obter:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \delta). \quad (12)$$

Utilizando as equações 10 e 12, podemos ver que é possível substituição direta na equação diferencial 8 e verificar que é solução exata. Estas equações serão utilizadas para definir a nossa equação da energia mecânica na próxima seção.

4.2.3 Equação para a energia mecânica de um MHS

Iremos agora relacionar a amplitude do seu oscilador com a energia total de seu movimento. Utilizando a energia cinética

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (13)$$

e a velocidade encontrada na equação 11, podemos encontrar

$$E_c = \frac{1}{2}m(-A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha))^2 \quad (14)$$

$$E_c = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha) \quad (15)$$

$$E_c = \frac{1}{2}m \left(\frac{k}{m}\right) A^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha) \quad (16)$$

$$E_c = \frac{1}{2}k^2 A^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha). \quad (17)$$

Aqui usamos $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$.

A energia potencial pode ser obtida por meio do cálculo do trabalho necessário para deslocar a massa por uma distância x . O valor incremental de trabalho dW necessário para movimentar a partícula por um valor dx contra a força de restauração F é:

$$dW = -Fdx = -(-kx)dx \quad (18)$$

Se integrarmos de 0 a x e fazendo o trabalho realizado sobre a partícula igual à energia potencial, temos:

$$U = \int_0^x dW \quad (18)$$

$$U = \int_0^x kx' dx' \quad (19)$$

$$U = \frac{1}{2} kx^2 \quad (20)$$

Substituindo agora o valor da elongação da equação 10, então encontramos

$$U = \frac{1}{2} kA^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha) \quad (21)$$

A energia mecânica do oscilador então é dada pela função hamiltoniana que apresenta a soma da energia cinética com a potencial

$$E_m = E_c + U \quad (22)$$

$$E_m = \frac{1}{2} k^2 A^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha) + \frac{1}{2} kA^2 \sin^2(\omega_0 t + \alpha) \quad (23)$$

$$E_m = \frac{1}{2} k^2 A^2 [\sin^2(\omega_0 t + \alpha) + \sin^2(\omega_0 t + \alpha)] \quad (24)$$

$$E_m = \frac{1}{2} k^2 A^2. \quad (25)$$

Aqui aplicamos a propriedade trigonométrica da relação fundamental da trigonometria em que $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$. Desta forma, vemos que nesse resultado a energia total de um oscilador harmônico é proporcional ao quadrado da amplitude. Esse é um resultado geral para sistemas lineares e harmônicos.

4.2.4 Sistemas Amortecidos

Apesar de no ensino médio muitas vezes desconsiderarmos as forças dissipativas de forma a facilitar o modelo matemático que levamos para nossos alunos, consideramos relativamente importante discutirmos neste trabalho sistemas que possuem essas forças, pois acreditamos que quando levamos sistemas reais, e discutimos com os alunos sem a realização das demonstrações matemáticas, os mesmos podem visualizar essas situações ocorrendo no dia a dia dos mesmos.

Iremos iniciar a discussão a partir dos sistemas amortecidos, e como a principal força dissipativa para esse sistema será a força de atrito, que será a responsável para que

o movimento oscilatório tenha um tempo finito, pois como sabemos quando não consideramos as forças dissipativas o MHS se torna um movimento perpétuo.

Como relatado acima, traremos aqui algumas forças responsáveis pelo amortecimento em um experimento real de um sistema massa-mola, sabemos que além da força de atrito temos a resistência do ar.

Iremos trabalhar aqui matematicamente para mostrar o fator responsável para “frenagem” do movimento oscilatório. Podemos acrescentar um termo responsável pelo amortecimento a equação diferencial do movimento.

“Não parece razoável que a força de amortecimento deva, em geral, depender do deslocamento, mas ela poderia ser uma função da velocidade, ou talvez de alguma derivada temporal do deslocamento de ordem mais alta.” (Marion, 2015, p.95)

Tomando como base o procedimento que está no Marion iremos considerar que a força é uma função linear da velocidade vetorial, $F_{il} = \alpha \frac{dx}{dt}$ iremos considerar apenas movimentos amortecidos unidimensionais, de modo a representar o termo de amortecimento por $-b \frac{dx}{dt}$. Como temos um sinal negativo na equação espera-se que o b seja positivo para termos uma força resistiva. “Desse modo, se uma partícula de massa m se move sob a influência combinada de uma força de restauração linear $-kx$ e uma força resistiva $-bv$, a equação diferencial que descreve o movimento é” (Marion, ..., p.96):

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = 0 \quad (26)$$

que podemos organizar e simplificar, encontramos

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0. \quad (27)$$

Nessa equação, $\beta = \frac{b}{2m}$ é o parâmetro de amortecimento e $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ é a frequência angular na ausência de amortecimento.

Ao resolvermos a equação diferencial, a solução geral deve ser da forma

$$x(t) = e^{-\beta t} \left[A_1 e^{\frac{\sqrt{(\beta^2 - \omega_0^2)}t}{0}} + A_2 e^{-\frac{\sqrt{(\beta^2 - \omega_0^2)}t}{0}} \right] \quad (28)$$

De forma mais simplificada, encontramos uma solução como

$$x(t) = A e^{-\beta t} \cos(\omega_1 t - \delta), \quad (29)$$

Onde $\omega_1^2 = \omega_0^2 - \beta^2$.

Aqui vemos que a solução para o caso amortecido é uma função harmônica com uma modulação de uma função exponencial.

Capítulo 5

5 Produto Educacional

O Produto educacional que segue anexado a este trabalho consiste em uma sequência didática para a utilização de uma simulação em Visual Python, cuja o código dele segue, também, nos anexos. A sequência é dividida em 6 horas aula.

No terceiro encontro, iremos utilizar a simulação, de forma que os alunos possam realizar investigações, não existirá neste momento nenhum roteiro, pois queremos que eles possam investigar, a partir das suas próprias ideias, pediremos apenas que os mesmos escrevam as descobertas e as relações que os alunos identificaram ali na simulação. Vale ressaltar que a simulação irá trazer ainda um gráfico sendo formado durante o movimento.

No quarto encontro iremos realizar duas avaliações, iremos dividir a turma em dois grupos, onde cada um dos grupos realizou um dos tipos das avaliações, o primeiro tipo das avaliações contemplará 10 questões, onde teremos uma das questões relacionadas a simulação e a situações problemas no nosso dia a dia. O segundo tipo de avaliação será a realização de um mapa conceitual, para podermos avaliar se os alunos realizaram a criação de seus subsunçores.

A aplicação ocorreu em duas escolas particulares da periferia de Maceió, com turmas de segunda e terceira série do Ensino Médio, tendo um total de 65 alunos participando das atividades, sendo desses 65, 11 da terceira série do Ensino Médio e os outros 54 alunos da segunda série do Ensino Médio.

5.1 Primeiro Encontro

Na primeira semana foi realizado um questionário de sondagem para identificar quais os subsunçores que os alunos possuíam e se os mesmos, seriam suficientes para obtermos os resultados esperados.

Os alunos tiveram aproximadamente 30 minutos para responder o questionário, pois antes de ser entregue foi realizada uma sondagem de forma verbal, e realizada uma explicação de forma a conscientizar os alunos que este questionário deve ser respondido apenas com os seus conhecimentos. É importante este momento para que os alunos saibam que estamos preocupadas com a aprendizagem deles, e não estamos ali para puni-los com notas baixa.

Além da aplicação do questionário em sala de aula, também foi realizada a aplicação de um questionário de forma online sem limite de tempo. Esta segunda aplicação online se deu, pois queria averiguar se os alunos possuíam a habilidade de utilizar a ferramenta *google forms*, uma vez que a intenção era aplicar em uma escola particular e em uma escola pública, para explicitar a realidade contrastante de ambas.

Nesta aplicação online apenas 10 alunos responderam ao questionário, apesar de eles terem passado dois anos na modalidade *online*, foi possível detectar uma certa dificuldade ao acesso a internet, e até mesmo a dificuldade que os alunos possuem em utilizar a tecnologia, apesar de estarem inseridos nas mesmas em seu dia a dia.

Iremos aqui relatar algumas respostas que foram dadas para o questionário, identificamos os alunos como aluno A, B e assim por diante. Segue abaixo duas perguntas que foram respondidas no questionário. O questionário completo segue no anexo 2.

P: O que você entende por frequência?

Aluno A: Algo que se repete, podendo se repetir uma vez ou várias vezes.

Aluno B: Frequência é uma repetição de contínua de uma mesma coisa.

Aluno C: Que precisa ser utilizada em quase tudo o que usamos e precisamos.

Podemos perceber com base nas respostas, que alguns alunos não possuem o conceito bem definido, algo que é de grande importância para que eles possam compreender de forma eficaz o conteúdo de MHS.

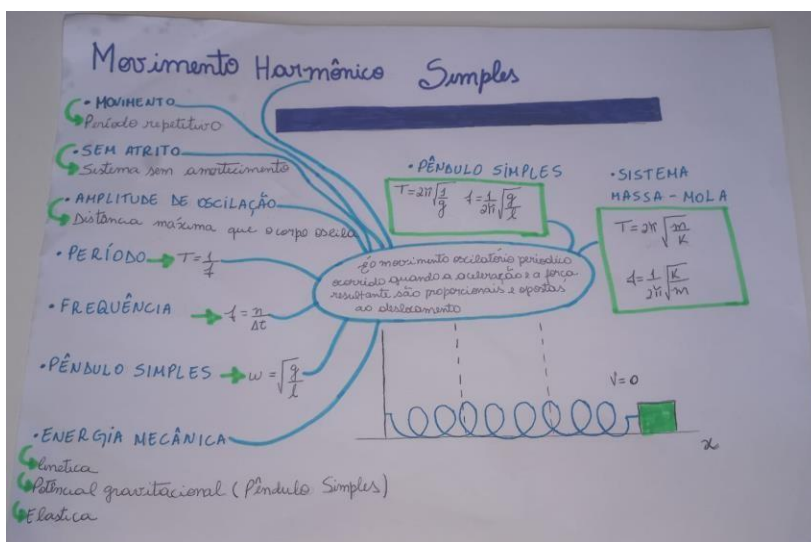
5.2 Segundo Encontro

Nesta segunda aula realizamos uma revisão de forma a fixar os conceitos mais importantes para que os alunos pudessem aprender realmente este novo assunto. Iniciamos a aula com um breve contexto histórico sobre a lei de Hooke, como segue no anexo relatando como ocorreu o planejamento das aulas ministradas. Partindo daí adentramos em outros assuntos que os alunos viram no ano anterior (2021), quando os

alunos estavam no 1º ano médio, assuntos como amplitude, período, frequência, entre outros.

Além dos conteúdos físicos citados acima, revisamos relações trigonométricas. Ao término destas revisões requeremos que os alunos realizassem um mapa conceitual, para podermos verificar se os alunos realizaram as conexões que esperamos. Como segue na imagem abaixo um destes mapas realizados.

Figura 5: Mapa conceitual criado pelo aluno



Fonte: Autor – 2022

Durante a revisão ficou claro que o nível de conhecimento dos alunos estava muito abaixo do esperado. Ressaltando que as turmas de 2º Série que estamos aplicando, foram turmas que tiveram o seu 9º ano e uma parte da 1º série na modalidade EAD.

Os alunos da rede pública em que apliquei, são do interior e uma parte deles não possuía nem mesmo acesso à internet e recebiam apostilas para a realização de atividades, o que deixou uma grande lacuna. Vale ainda ressaltar que alguns desses alunos moravam em fazendas que ficam a mais de 20 Km de distância da cidade, e os mesmos dependiam do ônibus escolar que não passou durante o período de pandemia o que impossibilitou que os mesmos buscassem esse material. Podemos ver abaixo que isso não se tratou de uma realidade exclusiva da escola que leciono.

“Na maioria dos sistemas de ensino no Brasil as aulas estão acontecendo de maneira remota, por meio de diferentes plataformas digitais. No entanto, nem todos os alunos têm acesso às tecnologias e à internet para poderem se conectar às escolas, aos professores e dar

continuidade aos seus estudos. Para os que não têm acesso, geralmente as escolas fornecem material impresso, mas devido à situação atual, muitos alunos também não têm condições de acessar a educação dessa forma, por não conseguirem transporte ou outras condições adversas que não permitem a continuidade de seus estudos nesse momento.”(Palú, Janete, 2020, p. 94)

Como Janete relata, existiu uma determinada quantidade de alunos que não conseguiram possuir nenhum acesso ao processo educacional durante o período de pandemia, o que dificulta a autonomia dos mesmos.

5.3 Terceiro Encontro

Neste encontro levamos os alunos para sala de informática, onde tínhamos instalado a simulação anteriormente nos computadores para facilitar o acesso dos alunos. Após todos os alunos acomodados, com auxílio de um projetor, foi explicado o funcionamento do programa, mostrado o código para os alunos e em quais linhas eles poderiam realizar algumas modificações.

Foi orientado aos alunos que eles estavam livres para modificar os valores da forma que desejassem, em seguida, foi entregue uma folha de papel A4 para eles e foi solicitado que eles escrevessem ali todas as descobertas que os mesmos realizaram.

É notável a existência de uma grande dificuldade que limita os alunos em realizar qualquer modificação no programa, pois ficou perceptível que os mesmos possuem uma aprendizagem mecanizada, e esperam que os professores passem os comandos que eles devem realizar, e desta forma eles realizam sem pensar.

Um determinado aluno realizou a seguinte pergunta:

P: Aluno A: - Professor, mas o que nós devemos fazer, o vídeo não vai mudar, o senhor tem que falar pra gente o que devemos fazer. Todos os professores falam o que a gente tem que fazer.

Um segundo aluno fez apenas o seguinte questionamento:

P: Aluno B: - Professor, vale ponto?

O questionamento apresentado pelo discente nos confronta com a questão motivacional que surge por trás da aplicação do produto acerca da dinâmica de construção da busca do conhecimento.

Como dito, foi requerido que os alunos escrevessem o que eles realizavam durante a experimentação, em torno de 60% dos alunos que participaram da atividade entregaram em branco, ou realizaram uma pesquisa na internet e escreveram a explicação do assunto MHS.

Conseguimos atingir com êxito um total aproximado de 40 % dos alunos, com o experimento dessa porcentagem, estão contidos 6 alunos da terceira série.

Não posso deixar de relatar a surpresa que tive com um aluno que durante as aulas tradicionais, pouquíssimas vezes havia participado das aulas e demonstrou um interesse imenso nesta aula, realizou as modificações no experimento, realizou algumas observações no seu relato. Como segue abaixo:

Aluno C : - Quando realizo a modificação da massa demora menos tempo para a linha chegar lá embaixo.

Vale salientar que as equações do MHS ainda não tinham sido mostradas para os alunos, pois o intuito era que os mesmos a partir do experimento tivessem uma forma própria de definir o que estava ocorrendo ali.

5.4 Quarta Encontro

Neste encontro pedimos que os alunos pegassem as folhas onde eles escreveram as suas descobertas para que pudéssemos discutir sobre elas, conforme os alunos iam relatando as suas descobertas fui escrevendo no quadro apenas aquelas que não se repetiam, ao término iniciamos uma discussão com os alunos.

Ficou ainda mais perceptível neste encontro que os alunos não realizaram seus apontamentos através da experimentação, pois eles estavam com textos escritos com mais de 20 linhas, com equações que os mesmos nunca tinham visto antes. Mais uma vez vale relatar que os alunos estão muito alienados ao modelo de pontuações e de respostas prontas. O aluno B, que anteriormente tinha perguntado se valia ponto, desta vez teve a seguinte fala:

P: Aluno B: - Professor, o senhor percebeu que eu não errei nada tudo que eu falei estava certo.

Imediatamente o questionei por que ele tinha tanta certeza de que todos os conceitos que o mesmo relatou estavam corretos, e ele respondeu dizendo que tinha pesquisado. A preocupação deste aluno não estava se ele aprendeu ou não, mas sim se ele iria ou não está respondendo corretamente às perguntas. Fica mais uma vez evidente que o aluno está apenas preocupado em adquirir uma nota que o permita passar.

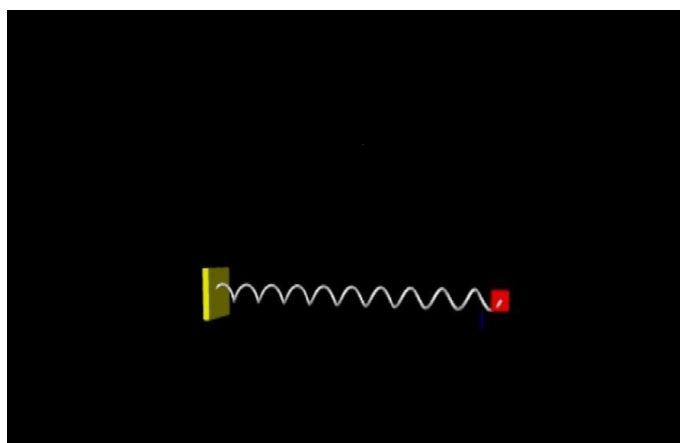
5.5 *Quinto Encontro*

Neste encontro, foi realizada uma aula onde foram demonstrados através da simulação os conceitos que estavam sendo trabalhados. Segue abaixo os tópicos que foram abordados:

- Função Horária da elongação (Posição) no MHS;
- Função Horária da velocidade no MHS;
- Função Horária da aceleração no MHS;
- Sistema massa-mola no MHS.

Partindo da simulação que está representada aqui pela figura 5 e 6 que segue abaixo, iniciamos a explicação sobre a Função Horária da elongação (Posição) no MHS. Utilizamos como base para a elaboração dessa aula o livro de Ensino Básico do Bonjorno.

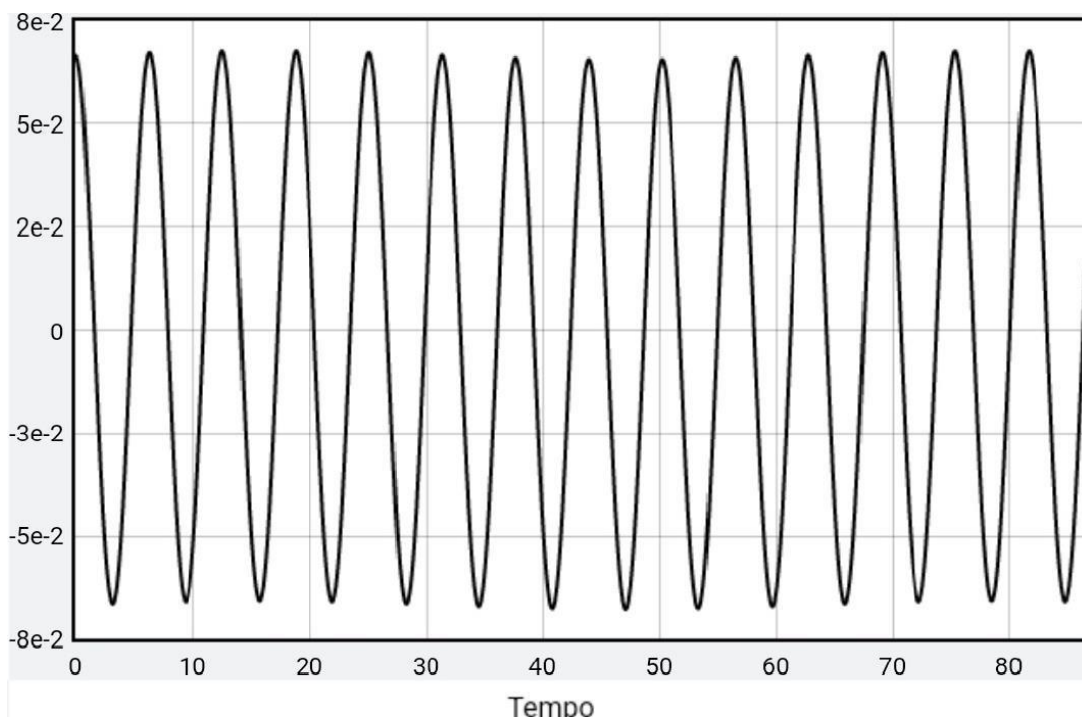
Figura 5: Sistema Massa-Mola.



Fonte: Autor - 2022

A figura 6 é a construção gráfica do movimento realizado pelo sistema acima com uma duração de aproximadamente 90 s.

Figura 6: Gráfico do Sistema Massa-Mola



Fonte: Autor – 2022

Realizamos uma breve explicação e em seguida mostramos a equação que segue abaixo:

$$X = A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (30)$$

Em que: x = elongação;

A = amplitude;

ω_0 = pulsação;

φ_0 = fase inicial;

t = tempo.

Utilizamos o círculo trigonométrico para fazer algumas relações diante disto que estava sendo abordado. Os alunos durante a explicação não realizaram nenhuma pergunta, apenas o aluno A, realizou o seguinte questionamento:

Aluno A : - Professor, o gráfico da simulação era de uma função trigonométrica? Ele sempre fica se repetindo ?

Esse questionamento me fez perceber que o aluno estava criando ancoragem para os novos conceitos que estavam sendo criados ali. O respondi de maneira que o mesmo pudesse chegar a uma conclusão, fiz isso para que ele não tivesse uma resposta pronta ao qual o mesmo gostaria de receber. Dando continuidade à aula utilizamos novamente o círculo para demonstrar a equação velocidade:

$$V = -\omega A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (31)$$

Mostrando assim que a velocidade também é dada por uma função trigonométrica, que é uma função cíclica. A partir desse ponto fizemos apenas uma relação entre a velocidade e a aceleração e mostramos que a aceleração é dada por:

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (32)$$

A partir deste momento voltamos ao experimento do sistema Massa-Mola de forma a demonstrar as relações e as funções que regem esse movimento.

Utilizando a figura 2, entramos na discussão da relação do período do movimento. Como está representado abaixo.

$$F_{el} = -kx \text{ (Lei de Hooke)} \quad (33)$$

$$a = -\omega^2 x \text{ (a aceleração do MHS é Proporcional à elongação como mostrado no capítulo 3)} \quad (34)$$

$$F_{el} = ma \text{ (Princípio fundamental da Dinâmica)} \quad (35)$$

Realizando algumas manipulações que estarão no produto de forma mais detalhada temos:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (36)$$

Como:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (37)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (38)$$

Ainda nesta aula demonstramos a equação para a energia do MHS a partir da simulação.

5.6 Sexto Encontro

No sexto encontro realizamos apenas a aplicação da avaliação final e pedimos para que os alunos realizassem a construção de um mapa conceitual de maneira que pudéssemos avaliar se os mesmos adquiriram os subsunçores esperados.

Ficou claro que apesar de todo o esforço que tivemos, a quantidade de alunos que adquiriram os subsunçores chegou próximo dos 40% dos alunos. Com esse resultado fica uma indagação que seria necessário um período maior de pesquisa para que pudéssemos chegar a uma conclusão mais efetiva, que é a seguinte: O nível dos alunos foi afetados devido ao modelo aplicado durante a pandemia, que foi o modelo a distância? Esta pergunta só poderá ser respondida com pesquisas mais profundas e com uma duração de tempo maior.

4.7 A simulação

Os alunos possuem uma dificuldade consideravelmente grande para visualizar as situações problemas de Física, diante disso, realizamos um código para criação de uma simulação. A simulação é uma modelagem do experimento massa-mola, podemos realizar modificações da constante da mola, do comprimento inicial da mola, da posição de equilíbrio da mola, massa do sistema e ainda podemos colocar uma resistência ou não no sistema, de forma a gerar um amortecimento no sistema.

Segue abaixo os trechos do código onde os alunos podem realizar modificações no sistema.

```
##Comprimento Inicial da Mola
```

```
L0 = 0.5
```

```
###Posicao de equilibrio
```

```
xeq = L0/2
```

```
#deslocamento inicial da massa
```

```
x0 = L0/2
```

```
#Massa do objeto
```

```
bloco.massa = 1
```

```
#Constante da mola
```

```
k = 1
```

Essas linhas a cima são linhas da simulação no Vpython nas quais os alunos poderiam realizar modificações de modo a observar algumas modificações na simulação e no gráfico que é criado.

Capítulo 6

6 Conclusão

A utilização de simulações vem crescendo nos últimos anos, mas podemos perceber que muitas das vezes os modelos que são utilizados são modelos mais estáticos. Neste trabalho buscamos trazer para modelos mais próximos de um laboratório virtual, no qual o aluno possa realizar modificações e observar as interferências que são geradas por suas modificações.

Dadas as devidas proporções, pode-se dizer que o nosso modelo de simulação proposto na sequência didática é um modelo próximo da experimentação no mundo real. Como foi relatado na escrita do segundo encontro ficou evidente que iríamos possuir uma grande dificuldade com a aplicação do nosso produto, pois o período de pandemia deixou uma grande lacuna no desenvolvimento e aprendizagem dos alunos, pois como falado anteriormente um grupo de alunos não tiveram acesso algum a materiais de estudo.

Existiria uma necessidade da realização de mais aulas de revisão para que a nossa sequência pudesse retirar o máximo dos alunos, pois o déficit que os alunos possuem foram gerados pelos dois anos de pandemia, vale ressaltar que estou aqui discutindo um pouco da realidade da Instituição em que trabalho e da minha realidade, mas o nosso intuito aqui não é realizar discussões a cerca disto e sim sobre o produto.

O principal intuito da nossa simulação é gerar uma melhor visualização de um MHS, mas não apenas isso, a possibilidade de se modificar a massa e alguns outros parâmetros dentro da simulação tem a intenção de que os alunos possam dessa forma realizar descobertas por investigação. Além disso tanto Ausubel quanto Rogers os dois teóricos da educação que usamos aqui, tem a visão de que o aluno irá adquirir o conhecimento através da realização de atividades que os mesmos sejam os protagonistas.

A decisão de não possuir um pequeno roteiro para guiar os alunos, talvez não tenha sido uma das melhores escolhas, pois foi perceptível que os alunos da segunda série da nossa realidade ainda encontram-se imaturos . Acreditamos que isso possa ter

ocorrido porque os alunos passaram dois anos longe da escola e tiveram pouco contato com o desenvolvimento escolar.

Na quinta aula ficou perceptível que mesmo com todas as dificuldades que os alunos tiveram diante da realização do experimento através da simulação, eles possuíam uma compreensão melhor do que havia realizado em outras turmas, onde não utilizava nenhum tipo de simulação. Com a produção dos mapas conceituais que os alunos realizaram foi possível observar que o método de Ausubel que buscamos aplicar, nos trouxeram resultados, pois os alunos conseguiram criar conexões entre seus conceitos.

Neste trabalho conseguimos demonstrar que um planejamento de uma sequência didática para a utilização de simulações é possível de ser aplicado em turmas de Ensino Médio, claro que alguns ajustes são necessários serem realizados para se adequar a cada realidade.

Podemos fazer uma pequena crítica ao nosso trabalho que é a necessidade de se ter tido mais contatos com os alunos de maneira a se desenvolver um trabalho com mais especificidades da realidade de cada turma, pois os alunos da escola em que trabalho necessitam de uma recomposição didática para suprir as dificuldades que os alunos possuem em Matemática e Física.

Apêndice A

Questionário de Sondagem

Nome:

1º) O comprimento do fio de um pêndulo pode modificar o período de oscilação do pêndulo?

2º) O que você entende por movimento oscilatório?

3º) Defina com suas palavras o que é período:

4º) Com suas palavras explique o que seria um Movimento Harmônico.

5º) Explique com suas palavras o que é uma função trigonométrica.

Apêndice B

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

SUGESTÃO DE PLANO DE AULA PARA O ENSINO MÉDIO

Tema: Proposta de sequência didática com uso de simulação para abordagem de Movimento Harmônico Simples.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Promover a construção do conhecimento de Movimento Harmônico Simples, utilizando a metodologia de Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Objetivos Específicos

Aula 1 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Realizar aplicação de um questionário de sondagem, em busca de identificar os subsunçores que os alunos possuem.
- Identificar se os alunos possuem seu vocabulário alguns conceitos como: Período, Frequência e trigonometria.

Aula 2 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Trabalhar os conceitos necessários para que o aluno possa compreender o MHS.

Aula 3 - 60 minutos (1 hora/aula)

- Nesta aula iremos utilizar uma simulação;
- Os alunos devem realizar investigações e a partir dos seus conhecimentos realizar descobertas em relação MHS.

Aula 4 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Realização de uma nova sondagem com o intuito de identificar as aprendizagens adquiridas a partir da simulação.

Aula 5 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Compreender as equações que regem o MHS;

- Demonstrar partindo da simulação as funções de posição, velocidade e aceleração.

Aula 6 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Identificar através dos conhecimentos que os alunos adquiriram dentro do MHS.

CONTEÚDO TRABALHADO

- Período e Frequência;
- Função Horária da elongação (Posição) no MHS;
- Função Horária da velocidade no MHS;
- Função Horária da aceleração no MHS;
- Sistema Massa-mola no MHS.

METODOLOGIA

Aula 1 – 60 minutos (1 hora/ aula)

- Apresentação para os estudantes do tempo de trabalho que se procederá;
- Realizar uma breve explicação do que é um questionário de sondagem, deixando bem claro para os alunos que este questionário serve para que possamos identificar as suas habilidades e dessa forma melhorar o planejamento.
- Aplicar o questionário de sondagem com os alunos.

APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE SONDAAGEM

O intuito do questionário de sondagem é verificar a existência dos subsunçores que os alunos devem possuir para compreender o assunto de MHS.

O questionário que deve ser aplicado esta no apêndice A, vale ressaltar que durante a aplicação do questionário o professor deve observar se os alunos estão realmente respondendo o questionário ou simplesmente estão esperando para entregar o questionário de avaliação.

Vale ressaltar que existe uma grande resistência dos alunos em responder as perguntas sem pesquisar, pois muitos possuem o medo de responder errado, essa observação vale ser ressaltada, porque podemos perceber que os alunos tão condicionados a serem avaliados por respostas prontas.

Aula 2 – 60 minutos (1 hora/aula)

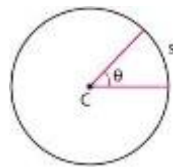
- Deve ser realizada uma revisão, com conteúdos que os alunos viram na 1ª série Ensino Médio em Física e realizar uma breve revisão com conteúdo de matemática que será necessário.

Segue abaixo um pequeno roteiro da aula de revisão que deve ser ministrada.

Iniciamos com as definições de medidas dos ângulos:

- A medida do **ângulo em graus** ($^{\circ}$) é obtida quando dividimos uma circunferência completa em 360 subdivisões. Dessa forma, um grau corresponde a uma dessas subdivisões.
- A medida do **ângulo em radianos** (rad) é dada pelo ângulo central para o qual o comprimento do arco de circunferência s vale r ($s=r$).

Figura 1: Representação da circunferência



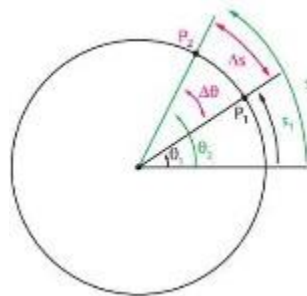
Fonte: Bonjorno – 2017

A partir dessa imagem podemos estabelecer uma relação para transformar o deslocamento que o corpo percorre na circunferência em um comprimento linear, que será representado pela equação abaixo:

$$S = \theta r. \quad (1)$$

No segundo momento devemos relacionar a posição e deslocamento angular e para isso utilizaremos a imagem a seguir para realizar as relações:

Figura 2: Representação de um movimento circular.



Fonte: Bonjorno – 2017

Então, podemos escrever a relação entre os deslocamentos linear e angular (em radianos), como:

$$\Delta S = \Delta \theta \cdot r. \quad (2)$$

Velocidade angular

A velocidade angular ω é definida como a razão entre a posição angular e a variação de tempo:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}. \quad (3)$$

A unidade de medida, no SI, é dada em **rad/s**.

Período (T)

É o intervalo de tempo necessário para que ocorra uma repetição. Sua unidade no S.I. é o segundo (s).

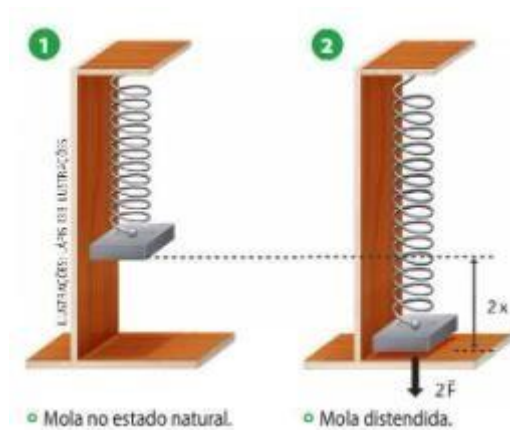
Frequência (f)

É uma grandeza física que indica o número de ocorrências de um evento (ciclos, voltas, oscilações, etc) em um determinado intervalo de tempo. Sua unidade no SI é o hertz (Hz).

Lei de Hooke

Sobre a mola representada a seguir (Figura 3) é aplicada uma força \vec{F} , o que a faz sofrer uma deformação.

Figura 3: Experimento massa mola



Fonte: Bonjourno – 2017

A força que faz com que a mola retorne para o seu estado inicial é chamado de força elástica, a força elástica pode ser enunciada pela equação abaixo:

$$\vec{F}_{el} = -kx. \quad (4)$$

em que x representa a distensão, k é o coeficiente de restituição e o sinal negativo indica que o sentido da força é tal que se opõe à distensão. Vale lembrar que a unidade de medida da \vec{F}_{el} é em N.

Após a aplicação e a explicação desta revisão a forma avaliativa que devemos realizar é o mapa conceitual, pois estamos utilizando o método de Ausubel e Novak.

Aula 3 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Iremos nesta aula aplicar a simulação, vale lembrar que a ideia é que os alunos realizem todas as modificações sem ter um roteiro predefinido;
- Método de investigação.

Devemos iniciar a aula levando os alunos para sala de informática da escola, se a escola não possuir uma sala de informática é possível realizar a utilização da simulação através de um smartphone, para isso é necessário que o professor compartilhe a internet e envie o link do glowscript que é o local onde a simulação roda.

Após todos estarem acomodados, o professor deve realizar uma breve explicação de como ocorre o funcionamento do programa e os locais que são possíveis realizar modificações de maneira que a observar o que ocorre na simulação.

Em seguida devemos pedir que os alunos a notem tudo que eles fazem na simulação e quais as conclusões que eles obtiveram diante das alterações que eles realizaram.

Sabemos que em muitos momentos os nossos alunos iram demonstrar uma certa resistência a ideia de não seguir um roteiro prontinho, uma saída para isso é levarmos para os mesmos algumas discussões que realizamos na aula de revisão, e levar os alunos a observar o gráfico que vem acompanhando a simulação, de forma que os mesmos possam realizar conexões com os conteúdos vistos em matemática.

Ao termino devemos pedir que os alunos levem suas olhas mas tragam na próxima aula, pois será necessário a utilização da mesma para discussão das conclusões que os mesmo obtiveram.

Aula 4 – 60 minutos (1 hora/aula)

- Nesta aula devemos realizar um debate com os alunos sobre a simulação;
- Escrever palavras chaves das discussões dos alunos no quadro de forma que possamos realizar um mapa conceitual.

O professor por conhecer a turma deve iniciar as discussões com os alunos que possuem uma maior desenvoltura de forma a incentivar que os outros alunos participem, nesta aula devemos trazer para as discussões a ideia de onde os alunos podem identificar as ideias que os mesmos identificaram na simulação no seu dia a dia, pois dessa forma você poderá observar que os alunos irão demonstrar um maior interesse.

O interesse do aluno em boa parte dos momentos está na possibilidade do mesmo utilizar aqueles conceitos e ideias no seu dia a dia.

O professor mais uma vez nesta aula deve ser o mediador das discussões realizando apenas intervenções quando achar necessário, porém o mesmo não pode esquecer de que a criação do mapa conceitual com os conceitos que os alunos discutem deve ser do mesmo.

Aula 5 – 60 minutos (1 hora / aula)

- Nesta aula iremos iniciar será lecionado o MHS;
- Reutilizaremos a simulação.

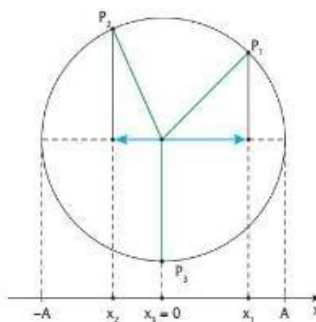
A aula deve ser iniciada partindo das equações do deslocamento, da velocidade e da aceleração, segue abaixo o material que utilizamos para esta aula.

Função horária da elongação no MHS

Vamos descrever a função horária da elongação do MHS utilizando o movimento circular uniforme, em que a velocidade angular ω é constante, assim como o período e a frequência.

Iremos utilizar a imagem abaixo para definir a função de elongação do MHS.

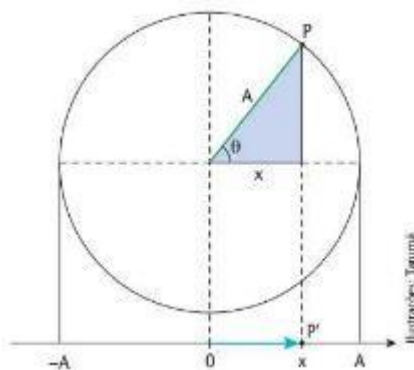
Figura 4: Representação de um movimento circular



Fonte: Bonjorno – 2017

Podemos perceber que a sombra que é projetada varia de A até $-A$, com o mesmo período e frequência do ponto P , que realiza o movimento circular.

Figura 5 : Representação da projeção do ponto P



Fonte: Bonjorno – 2017

Iremos relacionar a elongação x e o ângulo θ utilizando a função cosseno, ou seja:

$$\cos\theta = \frac{x}{A}. \quad (5)$$

A função horária de um movimento circular é dada por:

$$\theta = \theta_0 + \omega t. \quad (6)$$

Assim, temos que:

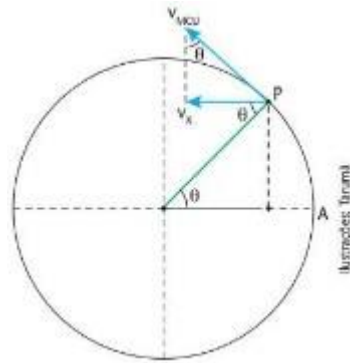
$$x = A\cos(\theta_0 + \omega t). \quad (7)$$

A partir dessa equação explicaremos que a fase irá nos dizer qual será o ponto em que o movimento irá começar. Vale lembrar para os alunos o significado de cada um dos termos contidos na equação.

Função horária da velocidade escalar no MHS

Agora vamos usar a projeção da velocidade escalar no MHS. Para isso, utilizaremos apenas a componente x , lembrando que, no MCU, essa velocidade é sempre constante e tangente à curva, como segue no esquema da Figura 6 abaixo.

Figura 6: Representa a projeção da velocidade no eixo x



Fonte: Bonjorno – 2017

Analisando a figura e relacionando o ângulo θ com velocidade escalar, temos:

$$\text{sen} = \frac{v_x}{v_{MCU}}. \quad (8)$$

$$v_x = v_{MCU} \text{sen} \theta. \quad (9)$$

Vale lembrar que A é o raio da circunferência, temos:

$$v_{MCU} = \omega A. \quad (10)$$

Ainda devemos lembrar que a função horária de um movimento circular é dado por:

$$\theta = \theta_0 + \omega t. \quad (11)$$

Se substituirmos as equações (10) e (11) em (9), temos:

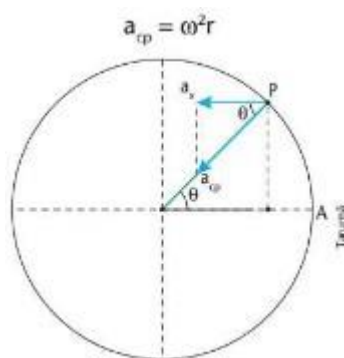
$$v_x = -\omega A \text{sen}(\omega t + \theta_0). \quad (12)$$

Similar ao que realizamos na elongação devemos explicar os termos.

Função horária da aceleração escalar

Repetiremos o mesmo processo que fizemos com a velocidade para a aceleração escalar instantânea. Para mostrar utilizaremos a figura 7 como segue abaixo:

Figura 7: Representação da aceleração no MCU



Fonte: Bonjorno – 2017

Da Figura 7, podemos relacionar o ângulo θ com a aceleração centrípeta, ou seja:

$$\cos\theta = \frac{a_x}{a_{cp}} \rightarrow a_x = a_{cp} \cos\theta. \quad (13)$$

Substituindo θ pela equação 11, temos:

$$a_x = -\omega^2 A \cos. \quad (14)$$

O valor negativo de a_x se refere à orientação que esta no sentido negativo. Podemos dizer que a_x pode ser escrito como uma função de x , como segue abaixo:

$$a_x = -\omega^2 x \quad (15)$$

Sistema massa-mola

Quando iniciarmos a explicação do sistema massa mola, retornaremos com a nossa simulação de forma que a gente possa dissecar o sistema massa-mola que esta ocorrendo ali.

No caso do sistema massa mola em que iremos mostrar para os alunos, temos que a única força que atua na direção do movimento é a elástica ($F_{el} = -kx$, se utilizarmos a força elástica e a segunda lei de Newton temos:

$$F_r = ma \rightarrow kx = ma. \quad (16)$$

Se substituirmos a aceleração da equação 16 pela da equação 15 temos:

$$-kx = m(-\omega^2)x. \quad (17)$$

Como sabemos que $\omega = \frac{2\pi}{T}$, temos:

$$k = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2. \quad (18)$$

Isolando T, obtemos a expressão que determina o período do sistema massa-mola.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (19)$$

Retornando para a simulação podemos mostrar para os alunos que quanto maior for a constante elástica iremos reduzir o período do sistema massa-mola, logo iremos demonstrar para os alunos que as equações que estamos demonstrando funcionam no mundo real.

Aula 6 – 60 minutos (1 hora/ aula)

- Nesta última aula iremos realizar a avaliação dos alunos

Neste último encontro devemos realizar uma avaliação através de um mapa conceitual, pois desta forma podemos identificar quais as conexões que os alunos realizaram com os conceitos que trabalhamos anteriormente. Dessa forma o professor pode realizar de maneira, o planejamento de suas próximas aula sabendo do conhecimento que os alunos adquiriram.

O professor também irá validar de forma eficaz se a utilização de simulações facilita a aprendizagem para os alunos.

Apêndice C

O Código

Para que você possa rodar a simulação será necessário acessar o site: glowscript.org

GlowScript 3.2 VPython

```
##### Construcao dos objetos #####
```

```
##Comprimento Inicial da Mola
```

```
L0 = 0.5
```

```
##Posicao de equilibrio
```

```
xeq = L0/2
```

```
marcaxeq = box(pos = vector(xeq,-0.01,0), size=vector(0.0001,0.01,0.01),  
color=color.blue)
```

```
##suporte para as oscilacoes
```

```
larg = 0.01
```

```
suporte = box(pos = vector(-xeq,0,0), size=vector(larg/2, larg*3, larg*3),  
color=color.yellow)
```

```
posicaoinicialsuporte = suporte.pos
```

```
##Massa que oscila
```

```
#deslocamento inicial da massa
```

```
x0 = L0/2
```

```
#Criacao do objeto
```

```
bloco = box(pos=vector(xeq+x0,0,0),size=vector(larg, larg, larg), color=color.red)
```

```
#Massa do objeto
```

```
bloco.massa = 1
```

```
#Momento inicial
```

```
bloco.momento = bloco.massa*vector(0,0,0)
```

```
##Mola
```

```
#Criacao do objeto
```

```

mola = helix(pos = suporte.pos, axis = bloco.pos-suporte.pos, radius = larg/2, thickness
= larg/5, coils = 10)

#Constante da mola

k = 1

## Resistencia do fluido

#constante de resistencia

#rho = 50#

##Forca externa

omegaf = 0.1*sqrt(k/bloco.massa)

F0 = 2*0.0005

##### Criacao do grafico de posicao

grafico = graph(xtitle = "Tempo", ytitle="Posicao (x)" )

x = gcurve(color=color.black)

##### Dinamica do sistema ###

## Variaveis de tempo

t0 = 0 #tempo inicial

dt = 0.005 #discretizacao do tempo para loop

t = t0 #Variavel tempo

## Tamanho da mola deslocado

L = bloco.pos-suporte.pos

## Loop de dinamica temporal

while t<100: #2*pi*sqrt(bloco.massa/k):

    rate(1000)

    Fmola = -k*(mag(L)-L0)*norm(L)

    #Fresistencia = -rho*bloco.momento/bloco.massa#

    Fresultante = Fmola

    bloco.momento = bloco.momento + Fresultante*dt

    bloco.pos = bloco.pos + bloco.momento*dt/bloco.massa

```

```
suporte.pos = F0*sin(omegaf*t)*vector(1,0,0) + posicaoinitialsuporte
mola.pos = suporte.pos
L = bloco.pos - suporte.pos
if mag(L)<larg:
bloco.momento = vector(0,0,0)
mola.axis = L
x.plot(t,bloco.pos.x-xeq)
t = t +dt
```

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, Glayton B.; BORGES, Ronaldo da S.; SÁ, Ézio Raul A. **Simulações Computacionais: Uma Proposta de Transposição Didática no Ensino de Química**. Revista de Ciência e Tecnologia, V.7 – 2021.
- ARAÚJO, Denise Lino de. **O que é (e como faz) sequência didática?** Entrepalavras, Fortaleza – ano 3, v.3, n.1, p. 322 -332. 2013.
- ARAÚJO, Jucélio C.; RIBEIRO, Maros Wagner et al. **Realidade Virtual como Apoio ao Ensino do Movimento Harmônico Simples na Física**. Researchgate.net. ACESSO: 10/03/2022.
- AUSUBEL, David P.; Novak, Joseph D. e HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- COSTA, ET AL; **Processo de desenvolvimento de simulações virtuais de experimentos históricos para o Ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, 2021.
- FELIPE, Geraldo; BARROSO, F. Marta; PORTO, Claudio M. **Simulações computacionais no Ensino de Relatividade Restrita**. Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Rio de Janeiro. 2005
- TOLEDO, Laércio Fermino Junior; **Tratamento do Movimento Oscilatório Utilizando o Ensino Híbrido: Uma Proposta para o Ensino Médio**. 2021. Tese (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. 2021
- LIMA, Donizete Franco; **A Importância da Sequência Didática como Metodologia no Ensino da Disciplina de Física Moderna No Ensino Médio**. Revista Triângulo. V11. N.1; p. 151 – 162. 2018
- MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. 1ª Ed. São Paulo :EPU, 1999.
- PALÚ, Janete; SCHÜTZ, Jenerton A.; MAYER, Leandro. **Desafios da Educação em Tempos de Pandemia**. 1ª Ed. Cruz Alta – RS. Editora Ilustração – 2020.
- RIBAS, Jackson Luís Galvão. **A construção de subsunçores com o uso de organizadores prévios através do estudo do Movimento Harmônico Simples**. 2021. Tese (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.
- ROGERS, Carl R. **Torna-se Pessoa**. 6ª Ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.
- THORNTON, Stephen T.; Marion Jerry B. **Dinâmica Clássica de partículas e sistemas**. Tradução da 5ª Ed. São Paulo. Cengage Learning. 2011