



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Matheus Pires da Silva

## **ONDAS MECÂNICAS: UMA CARTILHA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Alexandre Luis Junges

Orientador

Tramandaí - RS  
Setembro de 2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

### CIP - Catalogação na Publicação

Silva, Matheus Pires da  
Ondas mecânicas: Uma Cartilha e Sequência Didática  
para o Ensino Médio / Matheus Pires da Silva. -- 2023.  
174 f.  
Orientador: Alexandre Luis Junges.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte,  
Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional  
Profissional em Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS,  
2023.

1. Ondas mecânicas. 2. Sequência Didática. 3.  
Cartilha de estudos. I. Junges, Alexandre Luis,  
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Matheus Pires da Silva

**ONDAS MECÂNICAS: UMA CARTILHA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O  
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 11 de setembro de 2023.

Prof. Dr. Alexandre Luis Junges – MNPEF/UFRGS (Presidente da Banca)

Prof. Dr. Rodrigo dal Bosco Fontana – MNPEF/UFRGS

Prof. Dr. André Boccasius Siqueira – MNPEF/UFRGS

Prof. Dr. Alexandre José Buhler – IFRS

Dedico essa conquista aos meus pais, em memória, pelo inestimável apoio que sempre me ofereceram. Seu amor e incentivo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu professor e orientador Dr. Alexandre Luis Junges, pelas valiosas orientações e apoio à minha pesquisa, sempre realizando sugestões importantes para que o trabalho ficasse da melhor forma possível.

Aos meus colegas do mestrado, agradeço pelo companheirismo e apoio durante todo o processo de aprendizado. Suas trocas de experiências enriqueceram minha trajetória.

Também expresso minha gratidão a UFRGS, MNPEF e à SBF pela oportunidade de realizar esta pesquisa.

Agradeço também aos meus pais, em memória, que puderam acompanhar o início deste trabalho e que sempre me apoiaram em todas as etapas da minha jornada acadêmica. Seu amor, incentivo e sabedoria foram fundamentais para que eu perseverasse e alcançasse meus objetivos.

Agradeço à minha esposa, Sirlei de Quadros, por estar ao meu lado durante todo o percurso, compreendendo os momentos de dedicação aos estudos e me incentivando constantemente.

Também expresso minha gratidão aos meus dois filhos, Arthur Quadros da Silva e Benício Quadros da Silva, pela compreensão e paciência durante os momentos em que precisei me dedicar ao desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Como é bem conhecido, no ensino médio o ensino da física ainda ocorre majoritariamente com a exploração de conteúdos como a cinemática e as leis de Newton. Por outro lado, na BNCC do Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento das temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo desenvolvidas no Ensino Fundamental. Pensando nisso, este trabalho apresenta um Produto Educacional voltado para o tópico “Ondas Mecânicas”. Apesar de boa parte da física das ondas mecânicas ter sido desenvolvida antes do século XX, seus conceitos como vibração, oscilação, frequência, período, comprimento de onda, velocidade de onda, etc., perpassam toda a física. Além disso, a compreensão dos conceitos que caracterizam as ondas mecânicas é elemento essencial para o entendimento de diversos fenômenos naturais e tecnologias como ondas do mar, tsunamis, ondas sísmicas/terremotos, vibrações moleculares, radiação eletromagnética, sonar, entre outros. Assim, o objetivo do trabalho foi desenvolver e implementar um produto educacional com enfoque no ensino das ondas mecânicas voltado para o ensino médio, utilizando uma cartilha no formato virtual, com animações, textos, atividades, links para vídeos e simulações. A cartilha também pode ser utilizada na forma impressa, onde o estudante acessa os links através de QR codes, ficando a critério do professor de acordo com a disponibilidade de recursos presentes na escola. A sequência didática possui um enfoque conceitual buscando fomentar o engajamento do aluno de forma ativa nas atividades de ensino, tendo por referencial de ensino-aprendizagem a Teoria da Aprendizagem Significativa. Este Produto Educacional foi aplicado com estudantes da terceira série do Ensino Médio de uma escola privada na cidade de Capão da Canoa - RS, voltado para o tópico “Ondas Mecânicas”. Os resultados obtidos revelaram um engajamento satisfatório dos estudantes nas atividades apresentadas na cartilha durante a aplicação da sequência didática.

Palavras-chave: Ensino de Física. Ensino Médio. Ondas Mecânicas. Aprendizagem Significativa.

## **ABSTRACT**

As is well known, in high school the teaching of physics still mainly involves the exploration of content such as kinematics and Newton's laws. On the other hand, in the High School BNCC, the area of Natural Sciences and its Technologies proposes a deeper understanding of the themes of Matter and Energy, Life and Evolution and Earth and Universe developed in Elementary School. With this in mind, this work presents an Educational Product focused on the topic "Mechanical Waves". Although much of the physics of mechanical waves was developed before the 20th century, its concepts such as vibration, oscillation, frequency, period, wavelength, wave speed, etc., permeate all of physics. Furthermore, understanding the concepts that characterize mechanical waves is an essential element for understanding various natural phenomena and technologies such as sea waves, tsunamis, seismic waves/earthquakes, molecular vibrations, electromagnetic radiation, sonar, among others. Thus, the objective of the work was to develop and implement an educational product focusing on teaching mechanical waves aimed at high school students, using a booklet in virtual format, with animations, texts, activities, links to videos and simulations. The booklet can also be used in printed form, where the student accesses the links through QR codes, at the teacher's discretion according to the availability of resources present at the school. The didactic sequence has a conceptual focus seeking to encourage student engagement actively in teaching activities, using the Meaningful Learning Theory as a teaching-learning framework. Positive and satisfactory results were obtained in the application of the Educational Product, as assessed by the students. This Educational Product was applied to students in the third year of high school at a private school in the city of Capão da Canoa - RS, focused on the topic "Mechanical Waves". The results obtained revealed satisfactory student engagement in the activities presented in the booklet during the application of the didactic sequence.

**Keywords:** Physics Teaching. High school. Mechanical Waves. Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Oscilador massa-mola movendo-se numa superfície sem atrito .....	24
Figura 02: Gráfico da função cosseno do movimento oscilatório de um corpo .....	26
Figura 03: Velocidade do corpo em relação a amplitude do movimento .....	27
Figura 04: Aceleração de um corpo em relação a amplitude do movimento .....	27
Figura 05: Uma onda senoidal no instante $t=0$ .....	31
Figura 06: Estudantes respondendo ao questionário de conhecimentos prévios ....	41
Figura 07: Respostas dos estudantes à primeira questão do questionário de conhecimentos prévios .....	41
Figura 08: Respostas dos estudantes à segunda questão do questionário de conhecimentos prévios .....	42
Figura 09: Respostas dos estudantes à terceira questão do questionário de conhecimentos prévios .....	43
Figura 10: Respostas dos estudantes à quarta questão do questionário de conhecimentos prévios .....	43
Figura 11: Respostas dos estudantes à quinta questão do questionário de conhecimentos prévios .....	44
Figura 12: Mapa Mental sobre ondas elaborado pelo professor a partir das sugestões dos alunos .....	45
Figura 13: Estudante manuseando o pêndulo .....	46
Figura 14: Resumo elaborado pelo professor a partir das sugestões dos alunos ...	47
Figura 15: Estudantes manuseando as molas .....	48
Figura 16: Estudantes realizando as atividades da cartilha utilizando os celulares..	49
Figura 17: Estudantes utilizando o celular para acessar o simulador .....	50
Figura 18: Propagação da onda numa corda no simulador PhetColorado .....	52
Figura 19: Resumo da atividade de leitura da cartilha .....	52

Figura 20: Resolução de questões no quadro branco .....	53
Figura 21: Resumo sobre interferência construído pelo professor com o auxílio dos estudantes .....	54
Figura 22: Caderno dos estudantes com os resumos sobre ondulatória .....	56
Figura 23: Mapa resumo criado pelo grupo A de estudantes .....	57
Figura 24: Mapa resumo criado pelo grupo B de estudantes .....	58
Figura 25: Respostas dos estudantes sobre a utilização da cartilha .....	61
Figura 26: Respostas dos estudantes sobre a realização de experimentos durante as atividades da cartilha .....	62
Figura 27: Respostas dos estudantes sobre a utilização de textos e materiais de apoio durante as aulas .....	63
Figura 28: Respostas dos estudantes sobre a elaboração do mapa conceitual para a organização dos conhecimentos .....	64

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01: Dissertações e artigos revisados .....	15
Tabela 02: Etapas da implementação do Produto Educacional .....	36
Tabela 03: A Sequência Didática distribuída em 6 Lições .....	73

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA E REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
<b>2.1</b>	<b>Revisão da Literatura</b> .....	15
<b>2.2</b>	<b>Teoria da Aprendizagem Significativa</b> .....	19
<b>2.3</b>	<b>Conceitos de Física: Ondas Mecânicas</b> .....	23
2.3.1	Oscilador Harmônico Simples .....	23
2.3.2	Vibração .....	29
2.3.3	Ondulatória .....	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	33
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DO PRODUTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	40
4.1	Descrição dos Encontros e Análise da Aplicação .....	40
4.2	Avaliação do Produto Educacional pelos Estudantes .....	60
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	65
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67
	<b>APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	70

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física no Brasil se mantém, em grande parte, na forma tradicional. O professor planeja aulas expositivas com fórmulas fundamentais da Física, resolução de exercícios e lista de atividades. Alguns professores realizam demonstrações de experimentos, onde os alunos apenas observam e não participam da atividade, sendo o professor o detentor do conhecimento e o estudante participante de forma passiva e mecânica (França, et al., 2022). Há também muitas reclamações por parte dos alunos sobre o componente de Física, sendo frequentes em sala de aula perguntas do tipo “Por que preciso estudar isso?”, “Para que serve isso?” ou, então, “Física é matemática?”, enquanto que o professor muitas vezes não fornece respostas satisfatórias a essas questões. Essas condições favorecem o que autores como Moreira e Ausubel tem chamado de aprendizagem mecânica. Como descrito por Moreira:

Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como aquela aprendizagem onde o sujeito de forma arbitrária armazena a informação, ou seja, ele não relaciona a nova informação com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 2015, p.162).

Neste contexto de memorização e aprendizagem mecânica, fica evidenciado que o estudante apresenta maior preocupação com “decoreba” para realizar as avaliações do que entender e compreender os fenômenos físicos. A aula tradicional centrada no professor na forma expositiva e transmissora também enfrenta dificuldades em engajar o aluno nas tarefas de ensino. Sendo o aluno mero receptor, não ocorre um envolvimento ativo do aluno, necessário para uma aprendizagem significativa (Moreira 2018). Segundo Moreira (2012), uma aprendizagem significativa acontece quando novos conceitos e ideias interagem com outros conhecimentos relevantes para o indivíduo, estabelecendo conexões na estrutura cognitiva.

Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos, ideias ou proposições relevantes e inclusivas estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como “âncora” para novas ideias, conceitos ou proposições. (Moreira 2012, p.1)

Do ponto de vista do currículo, é bem conhecido que o ensino de Ciências da Natureza, em específico no campo da física, ainda ocorre majoritariamente com a exploração de conteúdos como a cinemática e as leis de Newton. Conteúdos da física do século XX e XXI são geralmente pouco explorados. Um olhar para a legislação vigente (BNCC) nos mostra que o componente de Física está na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, junto com os componentes de Química e Biologia. Na BNCC do Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento das temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo desenvolvidas no Ensino Fundamental. Os conhecimentos relacionados a essas temáticas formam uma base aos estudantes para que investiguem, analisem e discutam situações-problema que emergem de diferentes contextos, propondo compreender e interpretar leis, teorias e modelos, relacionando-os na resolução de problemas contextualizados.

A BNCC deixa explícito que, para a área das Ciências da Natureza, os processos e práticas de investigação devem ser enfatizadas no Ensino Médio. O estudante deve ser protagonista na sua aprendizagem e estimulado a desenvolver sua criatividade e senso crítico. A BNCC também ressalta que mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente.

De fato, a BNCC sobre as Ciências da Natureza e suas tecnologias no Ensino Médio na medida em que destaca o estudo dos fenômenos naturais e processos tecnológicos, também assinala a importância do estímulo ao estudo das ondas e seus fenômenos. Assim, na Competência Específica 1 lemos que:

[...] os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos (Brasil, 2018, p.554).

Este trabalho desenvolve um Produto Educacional voltado para o tópico “Ondas Mecânicas”. Apesar de boa parte da física das ondas mecânicas ter sido desenvolvida antes do século XX, seus conceitos como vibração, oscilação, frequência, período, comprimento de onda, velocidade de onda, etc., perpassam toda a física. Além disso, a compreensão dos conceitos que caracterizam as ondas mecânicas é elemento necessário para o entendimento de diversos fenômenos naturais como ondas do mar, tsunamis, ondas sísmicas/terremotos, vibrações moleculares, radiação eletromagnética, sonar entre outros. Assim, o objetivo do trabalho é desenvolver e implementar um produto educacional com enfoque no ensino das ondas mecânicas voltado para o ensino médio, utilizando uma cartilha no formato virtual, com animações, textos, atividades, links para vídeos e simulações. O material também pode ser utilizado na forma impressa, ficando a critério do professor de acordo com a disponibilidade de recursos presentes na escola.

O produto educacional consiste numa sequência didática e cartilha sobre ondas mecânicas com um enfoque conceitual no conteúdo de ondas mecânicas buscando fomentar o engajamento do aluno de forma ativa nas atividades de ensino. Assim, são feitos usos de simuladores virtuais, leitura e interpretação de textos e situações cotidianas, experimentos com pêndulos e cordas, construção de mapas conceituais, acessados através de uma Cartilha.

No Capítulo 2 desta dissertação são discutidos os referenciais teóricos empregados para elaboração do produto educacional. Além de uma revisão da literatura sobre o ensino de ondas mecânicas, é discutido o referencial de ensino-aprendizagem, a saber, a teoria da aprendizagem significativa, bem como uma discussão dos conceitos da física relacionados às ondas mecânicas.

No Capítulo 3 são discutidos a metodologia e a descrição do produto educacional. Esta seção apresenta o guia para implementação da sequência didática e da Cartilha.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos na aplicação do Produto Educacional, com a descrição das principais etapas da aplicação, análise e reflexões sobre os resultados encontrados.

Por fim, no Apêndice A desta dissertação é apresentado o Produto Educacional composto por uma Sequência Didática implementada através de uma Cartilha sobre Ondas Mecânicas.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA E REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo a seção 2.1 apresenta uma revisão bibliográfica, envolvendo artigos e dissertações, sobre o ensino de ondas mecânicas. Esta revisão é importante para identificarmos o que está sendo elaborado, estudado e aplicado pelos professores do ensino de Física no Ensino Médio.

A leitura de artigos e dissertações é uma maneira eficaz de adquirir conhecimento prévio e compreender o estado atual das pesquisas. Isso permite identificar as lacunas e necessidades dos professores e estudantes, verificar as metodologias apresentadas e contextualizar os conceitos a fim de que este produto educacional esteja de acordo com os materiais didáticos produzidos.

A seção 2.2 é discutido o referencial teórico de aprendizagem adotado, em especial, a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Por fim, na seção 2.3 é feita uma discussão dos conceitos da física que fundamentam o estudo das ondas mecânicas.

### 2.1 Revisão da literatura

Nesta revisão da literatura é feito o relato de artigos e dissertações selecionadas a partir de uma busca nos repositórios de teses e dissertações do MNPEF e da base de busca do Google Acadêmico. A Tabela 1 apresenta as dissertações e artigos selecionados para esta revisão bibliográfica.

Tabela 1: Dissertações e artigos revisados que discutem ondas mecânicas.

<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Publicação</b>
França, et al.	Ondas mecânica: ensino pelo método investigativo.	2022	Revista <i>Physicae Organum</i>
Araújo, Bruno e Silveira, Luciene.	Ondas mecânicas: uma proposta de sequência didática utilizando recursos e elementos motivacionais alternativos.	2019	Revista do Professor de Física.

Silveira, Carolina	Atividades experimentais para o ensino de física ondulatória no Ensino Médio e NEJA	2017	Dissertação de mestrado <i>MNPEF</i>
Diniz, Elane	O estudo de ondas mecânicas através de abordagem investigativa com enfoque na aplicação tecnológica.	2020	Dissertação de mestrado MNPEF
Murgi, Regiane	Proposta de Sequência Didática para o ensino de ondas: uma abordagem teórico-experimental.	2016	Dissertação de Mestrado MNPEF
Staub Júnior, Carlos Roberto	Uma Sequência Didática envolvendo os conceitos básicos de ondas mecânicas utilizando os métodos Just-in-time Teaching e Peer Instruction na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa e da teoria sociointeracionista.	2019	Dissertação de Mestrado MNPEF
Silveira, Alexandre	Sensoriamento de Experimentos Para o Ensino de Ondas Usando Smartphone	2021	Dissertação de Mestrado MNPEF

Fonte: Autor

O artigo de França, et al. (2022) mostra o relato de um estudo sobre ondas mecânicas numa perspectiva do ensino por investigação. O objetivo da pesquisa foi elaborar e aplicar uma sequência didática sobre ondas mecânicas, assim como, analisar seus resultados. O público alvo da pesquisa foram alunos do 9 ano do ensino fundamental. O referencial teórico empregado foi a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Além disso, a sequência didática fez uso da metodologia de construção de mapas conceituais. Como resultados da aplicação da sequência didática sobre ondas mecânicas os autores relatam que os alunos “tiveram oportunidade de participar mais ativamente das aulas, expondo suas hipóteses, trabalhando colaborativamente com os colegas, expondo suas ideias, interagindo com o professor e tendo seus conhecimentos prévios considerado” (ibid,p.58).

O artigo de Araújo e Silveira (2019) apresenta o estudo de ondas mecânicas, buscando um processo de ensino-aprendizagem baseado nos conhecimentos prévios (Ausubel) e na motivação individual e da turma. O objetivo da pesquisa foi o de elaborar e aplicar uma sequência didática sobre o tema das ondas mecânicas, trabalhando a classificação e as propriedades gerais das ondas e dando, também, enfoque ao estudo da acústica. Foram utilizados recursos e elementos alternativos com experimentação de baixo custo, simulações computacionais, mapas conceituais, vídeos e textos interdisciplinares. A sequência de ensino foi aplicada junto a estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola Estadual localizada no Município de Porto Velho - RO. Como resultados, os autores observaram que “a inclusão dos recursos alternativos na sequência didática possibilitou aos alunos serem o construtor dos seus próprios conhecimentos” (ibid, p.64).

A dissertação de Silveira (2017) descreve a aplicação de uma sequência didática com o tema Ondulatória, direcionada para o Ensino Médio e NEJA (Nova Educação de Jovens e Adultos). A proposta se baseia em aulas teóricas e experimentais, relacionadas com a vivência e o cotidiano dos alunos, entrelaçando o diálogo entre os alunos e professor, bem como o foco na autonomia do estudante, como defendido por Paulo Freire e Marco Antônio Moreira. Os experimentos foram realizados em laboratório e utilizando novas tecnologias, como *tablets*, celulares e computadores. Silveira (2017) conclui que a utilização de novas tecnologias, mesclada com aulas teóricas e práticas, foram bem aceitas e elogiadas pelos estudantes que tiveram uma boa participação e rendimento.

A dissertação de Diniz (2020) relata o estudo na forma investigativa sobre ondas mecânicas com enfoque na Alfabetização Científica e Tecnológica - ACT. O objetivo do produto foi que os estudantes compreendessem as ondas sonoras e os conceitos físicos envolvidos na formação de imagem de ultrassonografia. A metodologia aplicada envolve a utilização de aulas práticas expositivas, experimentais e utilização do simulador on-line PhetColorado. O produto educacional foi aplicado com estudantes de escola pública do 2º ano do Ensino Médio, no município de Alagoa Nova no Estado da Paraíba. Diniz (2020), nas suas considerações finais, afirma que segundo os estudantes “as aulas deixaram de ser

monótonas e passaram a ser um espaço de diálogo e participação. O que facilitou uma maior compreensão dos fenômenos estudados.”

Na sua dissertação, Murgi (2016) apresenta a elaboração e aplicação de uma sequência didática sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas numa perspectiva da aprendizagem significativa. Para tanto utilizou-se de aulas expositivas acrescidas da realização de Atividades Experimentais Investigativas. A sequência didática inicia com a aplicação de um questionário de conhecimentos prévios, logo após são desenvolvidos os aspectos teóricos do estudo de ondas eletromagnéticas e as atividades experimentais sobre o tema. O estudo das ondas mecânicas e sonoras se deu após o estudo das ondas eletromagnéticas e aconteceu, primeiramente de forma teórica, seguida de levantamento de hipóteses e atividades experimentais. Segundo Murgi (2016, p. 94) “Todos esses aspectos mostram que a Sequência Didática elaborada contribuiu de forma positiva e produziu um ambiente propício para apropriação dos conceitos científicos de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas.”

O trabalho de dissertação de Staub Júnior (2019) apresenta a elaboração, aplicação e análise de uma sequência didática com o tema de “Ondas mecânicas”. A sequência didática utiliza de forma integrada duas metodologias ativas de ensino, o *Just-in-Time Teaching* que consiste na aplicação do conhecimento em situações específicas propostas pelo professor e o *Peer Instruction*, uma metodologia de ensino que tem como objetivo proporcionar aos alunos a compreensão dos fatos e teorias físicas, em vez de simples memorização de fatos e aplicação algorítmica de equações à resolução de problemas. O *Peer Instruction* se baseia fortemente na discussão entre colegas sobre respostas dadas a problemas conceituais propostos para trabalhar um determinado conceito em Física. A sequência didática foi aplicada numa escola privada no município de Campo Bom, no Rio Grande do Sul. Seu produto amparou-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na Teoria Sociointeracionista de Vygotsky. Disponibilizou aos estudantes materiais de leitura, como textos e imagens, simuladores virtuais, Pré-teste e Pós-teste. Utilizou o recurso de Mapas Conceituais como ferramenta diagnóstica para verificar a aprendizagem dos estudantes. Segundo o autor, “Os dados obtidos pelo questionário da avaliação demonstram a aceitação dos estudantes frente às

metodologias utilizadas e a percepção que ocorreu aprendizagem.” (Staub Junior, 2019, p.5).

A dissertação de Silveira (2021) apresenta a elaboração e aplicação de uma Sequência Didática de Ensino, com o tema de Ondas Mecânicas. O produto foi construído visando potencializar o uso dos experimentos, baseado na Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O recurso principal utilizado pelos estudantes foi o smartphone para abrir simulações virtuais do Phet Colorado e o aplicativo *phyphox* para análise dos fenômenos ondulatórios em tubos sonoros. O Produto Educacional foi aplicado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande, numa turma do primeiro ano do ensino médio. O autor apresenta considerações finais positivas sobre seu trabalho, segundo ele “pode-se concluir que o produto educacional tem um grande potencial para impactar positivamente na aprendizagem dos alunos sobre oscilações e ondas” (Silveira, 2021, p.50).

## **2.2 Teoria da Aprendizagem Significativa**

Nesta seção será apresentada uma descrição do referencial teórico de aprendizagem adotado, a saber, a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta inicialmente por David Ausubel.

A aprendizagem significativa é uma teoria cognitivista, construtivista que permite aos estudantes construir significado a partir da relação entre os novos conhecimentos e suas experiências prévias. Essa teoria enfatiza a importância de conectar os conteúdos a serem aprendidos com a estrutura cognitiva do aluno, ou seja, com seus conhecimentos prévios já existentes. A aprendizagem significativa acontece quando o aluno é capaz de relacionar a nova informação de forma não arbitrária e substantiva com seus conhecimentos já existentes, denominados subsunçores. Os subsunçores são conceitos organizados hierarquicamente na mente do aprendiz, e é a partir dessa estrutura que a assimilação do novo conteúdo ocorre de maneira significativa.

Para que a aprendizagem significativa ocorra, é necessário que o aluno esteja motivado e engajado no processo de aprendizagem, buscando de forma ativa novas informações e relacionando com seus conhecimentos prévios. O professor desempenha um papel fundamental ao apresentar as informações de forma clara, organizada e estabelecer conexões com as experiências anteriores do aluno.

A teoria da aprendizagem significativa é uma abordagem pedagógica que valoriza a construção do conhecimento pelo aluno, promovendo uma aprendizagem mais profunda, significativa e contextualizada. Ao conectar os novos conceitos com a estrutura cognitiva do aluno, essa teoria oferece uma base sólida para o desenvolvimento de métodos de ensino mais eficazes e centrados no aprendiz.

A aprendizagem significativa necessita de duas condições, essencialmente, para ocorrer (Moreira e Ostermann, 1999). A primeira condição, diz que o *material de aprendizagem* deve ser potencialmente significativo, ou seja, livros, textos, simulações, experimentos, entre outros, devem ter um significado lógico para o estudante, e deve ser apresentado de forma não-arbitrária e não-literal, relacionável à estrutura cognitiva que o estudante possui. A segunda condição, afirma que o estudante (aprendiz) deve apresentar uma predisposição para aprender, ou seja, o estudante precisa ter uma estrutura cognitiva apropriada e relevante para compreender o conceito de aprendizagem.

Com respeito à primeira condição, é válido ressaltar que um material produzido só pode ser potencialmente significativo, e não totalmente significativo, porque o significado está implícito nas pessoas e não nos materiais. Segundo Moreira (2012), é o aluno quem atribui significado aos materiais de aprendizagem. Isso significa que, em alguns casos, o estudante pode criar significados diferentes do contexto da matéria de ensino e que, nesses casos, o intercâmbio de conceitos pode ser demorado.

Para que haja aprendizagem significativa, a segunda condição é mais complexa do que a primeira. O estudante precisa demonstrar interesse em relacionar os novos conhecimentos com os já existentes, chamados de conhecimentos prévios, ou seja, se faz necessário uma pré-disposição para aprender. Quando os conceitos estabelecem relações não arbitrárias aos conhecimentos prévios, facilita o interesse do estudante.

Moreira e Ostermann (1999) discutem a importância da aprendizagem significativa em oposição à aprendizagem mecânica na educação. A aprendizagem mecânica ocorre quando o indivíduo apenas memoriza informações, sem compreendê-las profundamente. Já a aprendizagem significativa ocorre quando há uma relação entre a nova informação e os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, é necessário que a nova informação seja potencialmente significativa, isto é, que possa ser relacionada com algum conceito relevante na estrutura cognitiva do aprendiz, o que chamamos de subsunçores. Os subsunçores são ideias já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo que podem ser utilizadas para construir novos significados. No entanto, em algumas situações, pode ocorrer de não existirem subsunçores para a nova informação. Nesses casos, é importante utilizar organizadores prévios, que são informações que ajudam o aprendiz a compreender a nova informação e a estabelecer relações com outros conceitos (Moreira e Ostermann, 1999, p.62).

Outros conceitos importantes para a aprendizagem significativa são a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva ocorre quando o aprendiz compreende que uma ideia pode ser subdividida em conceitos mais específicos. Já a reconciliação integrativa ocorre quando o aprendiz compreende que dois conceitos aparentemente opostos podem ser integrados (Moreira, 2012).

A aprendizagem significativa é fundamental para uma compreensão mais aprofundada de novas informações. Para que ela ocorra, é importante utilizar subsunçores, organizadores prévios, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Um dos recursos empregados como facilitador da aprendizagem significativa são os mapas conceituais (Moreira, 2012).

O mapeamento conceitual é uma técnica muito flexível e em razão disso pode ser usado em diversas situações, para diferentes finalidades: instrumento de análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem, meio de avaliação (Moreira, 2012, p.2).

Neste sentido, este Produto Educacional também utiliza os Mapas Conceituais como parte pedagógica da Aprendizagem Significativa no Estudo de Ondulatória. Moreira (2012) apresenta uma discussão sobre o uso de mapas conceituais e explica como os mapas conceituais podem ser usados para ajudar os estudantes a organizar e integrar seus conhecimentos de maneira mais significativa.

Para ajudar na construção de significados, os mapas conceituais são uma ferramenta importante. Eles permitem ao aprendiz visualizar as relações entre conceitos e como eles se encaixam na estrutura cognitiva. Os mapas conceituais são construídos de forma hierárquica, com os conceitos mais gerais na parte superior e os mais específicos na parte inferior.

Moreira (2012) também discute a importância da construção colaborativa de mapas conceituais, bem como a necessidade de que os professores tenham uma compreensão clara dos conceitos e relações entre eles antes de usar essa técnica em sala de aula. Os mapas conceituais podem ser utilizados em diferentes áreas do conhecimento, como física, biologia e química.

Além de fundamentar-se na Teoria da Aprendizagem, o produto educacional e a sequência de ensino desenvolvida faz uso da didática dos “Três Momentos Pedagógicos”, inspirada fortemente na pedagogia de Paulo Freire. Conforme discutido por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos consiste nas seguintes etapas: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento.

Na *Problematização Inicial* são apresentadas “*questões e/ou situações para discussão com os alunos, visando relacionar o estudo de um conteúdo com situações reais que eles conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completa ou corretamente porque provavelmente não dispõem de conhecimentos científicos suficientes*” (Danúbia, Costa e Nascimento, 2018, p.189). Segundo Danúbia, Costa e Nascimento (2018) o objetivo é incentivar explicações contraditórias e identificar as possíveis limitações do conhecimento que os alunos já possuem, enquanto que o foco do professor será o de questionar e levantar dúvidas ao invés de fornecer respostas ou explicações. Neste sentido, esse momento pedagógico também visa investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre determinado tema.

No segundo momento pedagógico, Organização do Conhecimento, “os conhecimentos de Física necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial devem ser sistematicamente estudados sob orientação do professor. Definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no texto introdutório, serão agora aprofundados.”(Danúbia, Costa e Nascimento, 2018, p.189). Segundo Danúbia, Costa e Nascimento (2018) o objetivo é aprofundar os estudos relacionados aos conceitos, criar relações e desenvolver a compreensão sobre a problematização inicial. Nesse momento se faz necessário dispôr de materiais e atividades que auxiliem na sistematização dos conhecimentos. Estes materiais podem ser vídeos, aplicativos, simuladores, filmes, animações, entre outros.

Na última etapa dos Três Momentos Pedagógicos, a Aplicação do conhecimento “aborda sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto a situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento” (Danúbia, Costa e Nascimento, 2018, p.189). Segundo Danúbia, Costa e Nascimento (2018) os alunos aplicam os conhecimentos adquiridos, seja na resolução de problemas diretamente relacionados ou não. O professor pode sugerir situações problemas vinculados às necessidades práticas do cotidiano. Pode-se acrescentar mais informações e relações de aprofundamento dos conceitos estudados.

## **2.3 Conceitos de Física: Ondas Mecânicas**

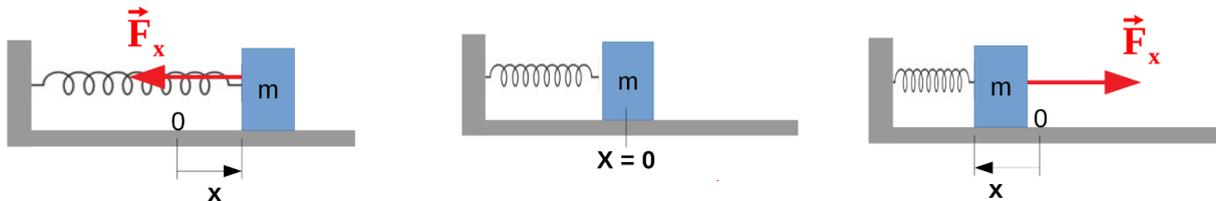
Os conceitos abordados neste Produto Educacional são referentes à Ondulatória. As grandezas vetoriais sem o respectivo símbolo de vetor devem ser interpretadas como módulo da grandeza em questão.

### **2.3.1 Oscilador Harmônico Simples**

Podemos iniciar o estudo da ondulatória através da análise do Movimento Harmônico Simples (MHS). Consideremos um oscilador massa-mola, movendo-se

para frente e para trás em uma superfície extremamente polida e lisa, sem atrito, em torno de uma origem, retornando regularmente para uma posição após um intervalo de tempo, conforme a figura 01:

Figura 01: Oscilador massa-mola movendo-se numa superfície sem atrito.



Por se tratar de uma mola devemos utilizar a Lei de Hooke, que relaciona a constante da mola ( $k$ ) com a força ( $F_x$ ) restauradora gerada no eixo  $x$  (horizontal) e o deslocamento ( $x$ ) da massa.

$$F_x = -k \cdot x \quad (01)$$

Pela segunda Lei de Newton, como a força ( $F$ ) é igual a massa ( $m$ ) multiplicada pela aceleração ( $a_x$ ) podemos escrever:

$$F_x = -k \cdot x = m \cdot a_x \quad (02)$$

Isolando a aceleração ( $a_x$ ) no eixo  $x$ , temos:

$$a_x = -\frac{k}{m} \cdot x \quad (03)$$

Ou seja, a aceleração do bloco é proporcional à posição e com direção oposta ao deslocamento da massa. A aceleração do bloco pode ser escrita na forma de uma derivada segunda da posição em relação ao tempo:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (04)$$

Substituindo a aceleração pela derivada segunda ficamos com a seguinte equação diferencial:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m} x \quad (05)$$

A solução é uma função  $x(t)$  para a qual a segunda derivada é igual a função original, como segue:

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

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

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

Onde o quadrado da velocidade angular ( $\omega$ ) é identificada como sendo o quociente entre a constante ( $k$ ) e a massa ( $m$ ).

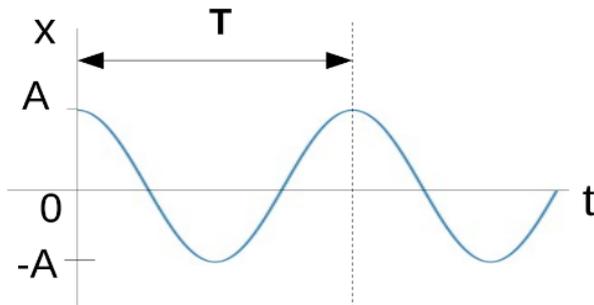
$$\omega^2 = \frac{k}{m} \tag{06}$$

Realizando as substituições, ficamos com a função de  $x$  em relação ao tempo, como sendo a solução da equação diferencial (05), na forma:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi) \tag{07}$$

Temos então que  $x(t)$  é uma função periódica, seu valor é o mesmo para cada vez que  $\omega t$  aumenta de  $2\pi$ . Os parâmetros  $A$ ,  $\omega$  e  $\varphi$  são constantes do movimento, onde  $A$  é a amplitude,  $\omega$  é a velocidade angular e  $\varphi$  significa a constante de fase. Já  $(\omega t + \varphi)$  é referente a fase do movimento. A representação gráfica de  $x(t)$  é apresentada na Figura 2, assumindo a constante de fase  $\varphi = 0$ . Analisando graficamente, concluímos que na distância máxima em relação ao ponto zero temos a amplitude ( $A$ ) do movimento massa-mola na direção  $x$  positiva ou negativa.

Figura 02: Representação gráfica da posição ( $x$ ) como função do tempo ( $t$ ) no movimento oscilatório de um corpo (unidades arbitrárias).



A equação (06) pode ser utilizada para expressar a relação entre Período ( $T$ ) e frequência ( $f$ ) do movimento de uma partícula, em movimento harmônico simples, em termos das características ( $m$ ) e ( $k$ ) do sistema. Para tanto, introduzimos a conhecida relação entre período e velocidade angular  $\omega$ , equação (08):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (08)$$

A partir da equação (06) e (08) podemos então escrever o período ( $T$ ) e a frequência ( $f$ ) em relação a massa ( $m$ ) e a constante da mola ( $k$ ) como:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (09)$$

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

Podemos obter a velocidade e a aceleração de uma partícula submetida ao movimento harmônico simples derivando sucessivamente a equação (07) como segue:

$$v = \frac{dx}{dt} = -\omega A \operatorname{sen}(\omega t + \varphi) \quad (11)$$

$$v_{\text{máx}} = \omega A = \sqrt{\frac{k}{m}} A$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A \operatorname{cos}(\omega t + \varphi) \quad (12)$$

$$a_{\text{máx}} = \omega^2 A = \frac{k}{m} A$$

A representação gráfica da velocidade  $v(t)$  e da aceleração  $a(t)$  é apresentada na Figura 3 e Figura 4, assumindo a constante de fase  $\varphi = 0$ . A Figura 3 mostra que a velocidade difere da posição por  $\pi/2$  radianos, ou seja, quando  $(x)$  é máximo ou mínimo a velocidade é zero. Por sua vez, a Figura 4 mostra que a fase da aceleração difere da posição por  $\pi$  radianos. Assim, quando  $(x)$  é máximo a aceleração tem módulo máximo na direção oposta.

Figura 03: Representação gráfica da velocidade ( $v$ ) como função do tempo ( $t$ ) no movimento oscilatório de um corpo (unidades arbitrárias).

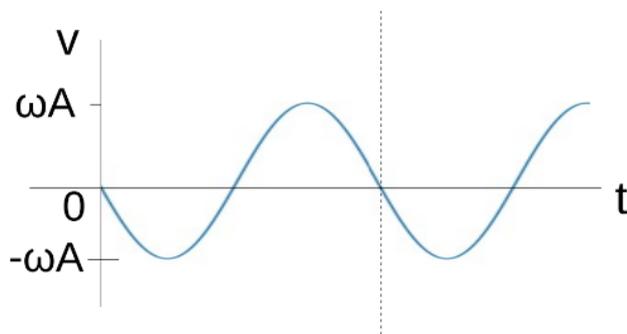
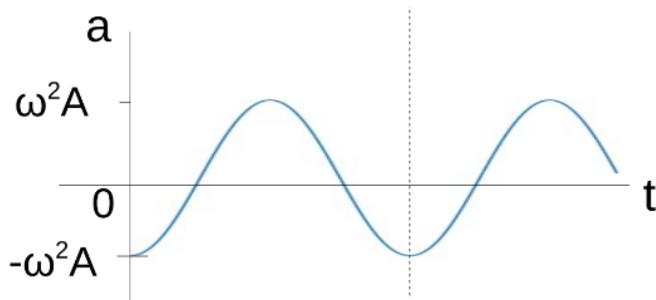


Figura 04: Representação gráfica da aceleração ( $a$ ) como função do tempo ( $t$ ) no movimento oscilatório de um corpo (unidades arbitrárias).



Podemos analisar também a energia mecânica do Movimento Harmônico Simples, e a troca entre energia cinética e energia potencial elástica. Obtemos a Energia Cinética, equação (13), pela substituição:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m[-\omega A \text{sen}(\omega t + \varphi)]^2$$

$$K = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi) \quad (13)$$

De maneira similar, obtemos a Energia Potencial Elástica, equação (14), pela substituição:

$$U = \frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} k [A \cos(\omega t + \varphi)]^2$$

$$U = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (14)$$

Sabemos que a Energia Mecânica é a soma das energias Cinética K e Potencial elástica U. Como é assumido que o sistema bloco-mola é isolado e não existe atrito envolvido, a energia mecânica é constante, não havendo perdas durante o movimento. Podemos escrever:

$$E_{mec} = K + U$$

$$E_{mec} = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \quad (15)$$

Sendo  $\omega^2 = \frac{k}{m}$ , temos:

$$E_{mec} = \frac{1}{2} m \left(\frac{k}{m}\right) A^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

$$E_{mec} = \frac{1}{2} k A^2 \text{sen}^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

$$E_{mec} = \frac{1}{2} k A^2 [\text{sen}^2(\omega t + \varphi) + \cos^2(\omega t + \varphi)] \quad (16)$$

Sendo que  $\text{sen}^2\theta + \cos^2\theta = 1$ , temos:

$$E_{mec} = \frac{1}{2} k A^2 \quad (17)$$

Ou seja, a energia mecânica é uma constante do movimento.

### 2.3.2 Vibração

Paul Hewitt, no livro Física Conceitual, escreve que: “De um modo geral, qualquer coisa que oscile para frente e para trás, para lá e para cá, de um lado para outro, para dentro e para fora, ou para cima e para baixo, está vibrando. Uma vibração ou oscilação é um movimento bamboleante com o transcorrer do tempo” (Hewitt, 2015, p.357). Há diversas situações onde o movimento de vibração é facilmente identificado. Podemos citar um pêndulo simples, uma bola quicando, uma pessoa balançando numa rede, crianças brincando na gangorra, entre outros.

Ao movimento vibratório podemos atribuir uma frequência ou um período. A frequência de um objeto vibrando indica a quantidade de vezes que ele completa um ciclo oscilante completo num dado intervalo de tempo. Podemos utilizar a relação da equação (18):

$$\text{Frequência} = \frac{\text{número de oscilações realizadas}}{\text{tempo para realizar as oscilações}} \quad (18)$$

A unidade de frequência no SI (Sistema Internacional de Unidades) é chamada de Hertz (Hz), que indica a quantidade de oscilações completas a cada intervalo de um segundo.

O período de um objeto oscilante é o tempo necessário para que ele complete um ciclo oscilante. Sua unidade de medida é o tempo, podendo ser em segundos, minutos, horas, dias, entre outros. A equação (19) utilizada para calcular o período de vibração pode ser escrita:

$$\text{Período} = \frac{\text{tempo para realizar as oscilações completas}}{\text{número de oscilações completas realizadas}} \quad (19)$$

Frequência e período são inversamente proporcionais conforme indica a expressão matemática (20), ou seja, caso a frequência seja alta o período deve ser baixo. Assim, quanto maior for a frequência, menor será o período e quanto maior for o período, menor será a frequência.

$$\text{frequência} = \frac{1}{\text{período}} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T} \quad (20)$$

### 2.3.3 Ondulatória

Diferentemente de uma vibração, onde algo oscila de um lado para o outro, transportando matéria, numa onda “o que é de fato transportado de um lugar para outro é a perturbação do meio, e não o próprio meio” Hewitt (2015,p.357). Ou seja, numa onda não há translação de matéria, mas de energia. Observamos essa propagação de energia, por exemplo, quando balançamos uma corda. Mesmo segurando a corda e balançando para cima e para baixo, observamos um ou mais "cocurutos" se movendo para frente. A corda continua em nossas mãos, porém o sincronismo de subir e descer das pequenas partes que compõem o material faz com que enxerguemos um falso movimento de translação da matéria, neste caso, um movimento horizontal aparente, que na verdade não existe, as partes da corda se movem apenas para cima e para baixo.

As ondas são classificadas de acordo com suas características. Uma dessas características é a propagação, que pode ser transversal ou longitudinal. Ondas transversais são aquelas em que a vibração ocorre perpendicularmente à direção de propagação, enquanto ondas longitudinais são aquelas em que a vibração ocorre paralelamente à direção de propagação.

Outra característica é a dimensão de propagação no espaço, que pode ser unidimensional, bidimensional ou tridimensional. Ondas unidimensionais se propagam em apenas uma direção, como por exemplo uma onda na corda, enquanto ondas bidimensionais se propagam em duas direções perpendiculares entre si como uma onda na superfície de um lago não agitado. As ondas tridimensionais se propagam em três direções perpendiculares entre si, como as ondas sonoras e luminosas.

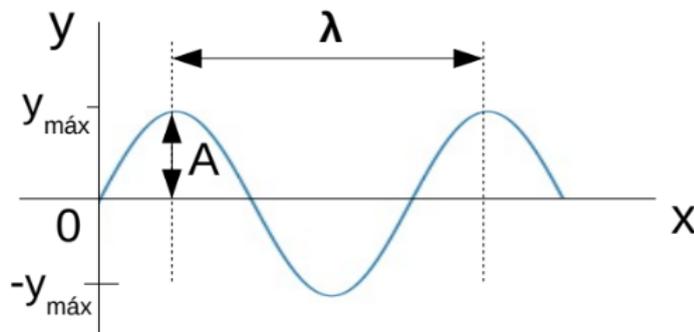
Por fim, as ondas podem ser classificadas de acordo com a sua natureza. As *ondas mecânicas* são aquelas que precisam de um meio material para se propagar, como ondas sonoras e ondas em cordas. As *ondas eletromagnéticas* são aquelas que não precisam de um meio material para se propagar, como ondas de rádio, infravermelho, luz visível, ultravioleta e raios X.

A nível da microfísica, descrita pela mecânica quântica, elétrons, prótons, nêutrons e partículas elementares também comportam-se como ondas,

denominadas "ondas de matéria", conforme proposto pela primeira vez por Louis de Broglie (1892 - 1987). Recentemente físicos também têm avançado no estudo de ondas gravitacionais, que são ondas emitidas pela matéria em eventos astrofísicos extremos e modificam o espaço e o tempo ao seu redor. Esse tema não será abordado nesta dissertação.

Para estender os conceitos de física relacionados à ondulatória, precisamos entender que a onda é uma propagação de energia oscilatória em função tanto do espaço (x,y) quanto do tempo (t), conforme a representação feita na figura 05.

Figura 05: Representação gráfica de uma onda senoidal no instante t=0.



A função  $y(x,t)$  da onda depende tanto da posição (x) quanto do próprio tempo (t). Para encontrar uma função da forma  $y(x,t)$  podemos partir da seguinte suposição em  $t=0$ :

$$y(x, 0) = A \operatorname{sen}(ax) \quad (21)$$

Assim, para  $x=0$ :

$$y(0, 0) = A \operatorname{sen}(0) = 0 \quad (22)$$

Logo, para  $x = \frac{\lambda}{2}$  temos também:

$$y\left(\frac{\lambda}{2}, 0\right) = A \operatorname{sen}\left(a \frac{\lambda}{2}\right) = 0 \quad (23)$$

Para tanto devemos ter  $(a \cdot \frac{\lambda}{2}) = \pi$ , logo:

$$a = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (24)$$

Assim, a função  $y(x,0)$  pode ser escrita como:

$$y(x, 0) = A \text{sen}\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) \quad (25)$$

Se a onda se move para a direita com velocidade  $v$  temos que:

$$y(x, t) = y(x - vt, 0) \quad (26)$$

Assim, a posição transversal  $y$  para todas as posições ( $x$ ) e tempos ( $t$ ) fica:

$$y(x, t) = f(x - vt) \quad (27)$$

$$y(x, t) = A \text{sen}\left[\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right]$$

$$y(x, t) = A \text{sen}\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{\lambda}vt\right) \quad (28)$$

Introduzindo a quantidade  $k = \text{número de onda}$ , como:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad v = \frac{d}{t} = \frac{\lambda}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Temos então que:

$$y(x, t) = A \text{sen}(kx - \omega t) \quad (29)$$

Ou seja, a função (28) nos informa a posição  $y(x,t)$  de um elemento da onda para todas as posições ( $x$ ) e tempos ( $t$ ).

### 3. METODOLOGIA E DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional foi concebido no intuito de promover um enfoque conceitual sobre ondas mecânicas, suas características e os fenômenos relacionados ao tema. O produto educacional consiste numa cartilha que descreve e apresenta a realização de diversas atividades que compõem uma sequência didática. A cartilha é composta por textos, atividades práticas, experimentos e uso de simuladores.

A primeira parte do produto apresenta as orientações para o professor que visam servir de guia para a implementação da sequência didática, conforme Apêndice A. A segunda parte do produto refere-se ao material destinado ao aluno (a Cartilha), que pode ser utilizado na forma impressa (física) ou na forma digital, podendo esta ser em PDF ou visualizada no site do CANVA, onde aparecem recursos e animações gráficas, conforme o Apêndice B.

A turma a qual será aplicado e analisado o Produto Educacional fica numa escola privada no município de Capão da Canoa, no Estado do Rio Grande do Sul, o Colégio Pastor Dohms. A turma é da terceira série do Ensino Médio, com nomenclatura EM3A, e é composta por 35 estudantes com idades entre 16 e 18 anos.

O Colégio Pastor Dohms possui 752 estudantes matriculados, desde o 1º ano do Ensino Fundamental até a 3ª série do Ensino Médio. A escola possui quatro andares, dois elevadores, sala de cópias, sala dos professores, biblioteca, ginásio para atividades esportivas, sala de recursos para atendimento a estudantes com alguma necessidade específica, sala de coordenação pedagógica, um laboratório de ciências e as salas de aula. Todos os espaços e ambientes possuem internet wi-fi, cada sala de aula possui uma TV smart, um notebook conectado a TV e uma lousa branca. Os alunos, geralmente, levam seus smartphones para as aulas.

Para a aplicação do Produto Educacional, utilizaremos o material de ensino na forma digital, onde os alunos terão acesso ao link do Canva via e-mail e uma cópia em PDF. Caso algum aluno não possua recurso de smartphone, poderá ser disponibilizada uma versão impressa.

A Sequência Didática segue o roteiro da Cartilha, que contempla em cada lição os três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), a Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento.

Assim, cada lição da cartilha inicia com a problematização inicial, envolvendo os estudantes em um processo ativo de aprendizagem. Cada lição começa com uma pergunta norteadora sobre o tema que será apresentado, estimulando a curiosidade e a reflexão dos estudantes. Além disso, a problematização inicial estimula a capacidade dos estudantes em formular perguntas e buscar respostas por conta própria, desenvolvendo habilidades de pesquisa e investigação. Isso os torna protagonistas de seu próprio processo de aprendizagem, tornando-os mais engajados e motivados.

Ao longo da cartilha, cada lição é conduzida de forma a responder à pergunta inicial e aprofundar os conhecimentos sobre o tema proposto. Essa estruturação das lições proporciona uma organização lógica e sequencial do conteúdo, facilitando o aprendizado progressivo e integrado.

A organização do conhecimento, segundo momento pedagógico, está presente em cada lição da Cartilha. Esse momento tem o objetivo de proporcionar uma estruturação clara e lógica dos conceitos abordados, permitindo que os estudantes assimilem as informações de forma organizada e significativa.

Para alcançar esse objetivo, a Cartilha utiliza diferentes recursos, como o uso de simuladores, experimentos, textos e vídeos como material de apoio. Os simuladores são ferramentas interativas que permitem aos estudantes explorar virtualmente os conceitos estudados, alterar parâmetros e observar os resultados dessas mudanças. Essa abordagem prática e visual auxilia na compreensão dos fenômenos físicos, tornando o aprendizado mais concreto.

Os textos de apoio complementam os conceitos apresentados, fornecendo informações adicionais e detalhadas sobre os temas abordados. São textos que apresentam informações de forma clara e acessível, para que os estudantes possam compreender os termos de forma correta e sem dificuldades.

A organização do Conhecimento auxilia a estabelecer conexões entre os conceitos apresentados nas diferentes lições da Cartilha, mostrando aos estudantes como os temas estudados estão interligados. Isso facilita a assimilação dos conceitos num contexto mais amplo, promovendo uma aprendizagem mais significativa.

O terceiro e último momento pedagógico também aparece em cada lição da Cartilha. A Aplicação do Conhecimento é o momento no qual os estudantes têm a oportunidade de colocar em prática os conceitos aprendidos, consolidando seu conhecimento e desenvolvendo habilidades de resolução de problemas.

A Aplicação do conhecimento aparece na Cartilha de diversas formas, como por meio de resolução de exercícios teóricos que envolve a resolução de problemas, análise de situações hipotéticas ou interpretação de textos e dados. Essas atividades buscam estimular o pensamento crítico e a reflexão sobre os conceitos estudados, permitindo aos estudantes que apliquem as informações de forma contextualizada. Além disso, a Aplicação do Conhecimento aparece na Cartilha na forma de atividades práticas com experimentos, uso de simuladores, proporcionando uma vivência mais concreta e permitindo aos estudantes a possibilidade de consolidar seu aprendizado, desenvolver habilidades essenciais e compreender os conceitos de forma significativa e integrada.

Na Cartilha, os três momentos pedagógicos buscam uma ligação com a Aprendizagem Significativa proposta por Moreira (2012). A Aprendizagem Significativa requer que os novos conhecimentos sejam relacionados com o que o aluno já sabe, assim, tomando em consideração as experiências prévias dos alunos. Nesse sentido, cada lição da Cartilha inicia com a problematização inicial, que tem por objetivo analisar os conhecimentos prévios dos estudantes e criar uma ponte entre o que eles já sabem e o novo conteúdo que será abordado.

A organização do conhecimento está estruturada na Cartilha de maneira a conectar os novos conceitos com os subsunçores, que são os conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Essa conexão é importante para que a aprendizagem ocorra de forma significativa, permitindo que os novos conhecimentos sejam assimilados e integrados de maneira coerente.

Da mesma forma, visa-se também atingir uma aprendizagem significativa no terceiro momento pedagógico, a aplicação do conhecimento. Para tanto, são apresentadas, exploradas situações hipotéticas e reais que permitam aos estudantes compreender a relevância e utilidade dos conceitos estudados.

Ao longo da Cartilha, a Aprendizagem Significativa é estimulada através de uma abordagem que valoriza a participação ativa dos estudantes, com perguntas, simulações, vídeos, imagens e textos, buscando a conexão entre os conhecimentos prévios e novos, a fim de promover uma compreensão mais profunda da Física e suas aplicações no mundo real.

Como destacado inicialmente, o Produto Educacional (Apêndice A) é composto pela Cartilha sobre Ondas Mecânicas e as Orientações ao Professor que pretendem servir de guia para a implementação da sequência didática. Na Tabela 01 apresenta a sequência didática distribuída em 6 Lições, descrevendo o título da lição, a quantidade de períodos necessários para realizar as tarefas da cartilha e o assunto que será discutido. Cada período de aula está definido como 50 minutos.

Tabela 02: A Sequência Didática distribuída em 6 Lições.

<b>Lição</b>	<b>Tempo</b>	<b>Assunto</b>
Lição 01: Vibração	2 períodos (50 min + 50 min)	Apresentação do Produto Educacional; Aplicação do questionário de conhecimentos prévios e Conceito de vibração, frequência e período
Lição 02: Ondas	2 período (50 min + 50 min)	Definição de onda; Ondas transversais e longitudinais; Dimensão de propagação; Natureza das ondas; Ondas do mar; Ondas sonoras e Ondas eletromagnéticas.
Lição 03: Características das ondas mecânicas	2 períodos (50 min + 50 min)	Pulso e onda; Crista, vale, comprimento de onda e amplitude; Frequência e período; Amortecimento e Velocidade de propagação;
Lição 04: Fenômenos ondulatórios	3 períodos (50 min + 50 min + 50 min)	Reflexão; Interferência; Ressonância; Eco e Reverberação e Ondas estacionárias.
Lição 05: Fenômenos ondulatórios: aplicações tecnológicas e ocorrências na natureza.	1 período (50 min)	Tsunamis; Sonar; Biossonar e as baleias; Ecolocalização dos morcegos; Golfinhos; Ressonância nas pontes;

		Efeito flutter; Interferência construtiva e destrutiva do som.
Lição 06: Mapa Conceitual e Avaliação do produto educacional.	1 período (50 min)	Definição de mapa conceitual; Construção do mapa conceitual e avaliação do produto educacional

Fonte: Autor

As Orientações ao Professor são apresentadas no início do Produto Educacional (Apêndice A) e pretendem guiar a implementação e uso da Cartilha. Estas orientações têm como objetivo auxiliar os professores de Física, bem como os de ciências da natureza, na prática pedagógica de sala de aula. O material traz diversas sugestões para trabalhar os conceitos relacionados a *vibração, ondas mecânicas e seus fenômenos*. Cada Lição é acompanhada de Orientações para Implementação. Essas orientações envolvem uma apresentação da lição, os objetivos da lição, os recursos didáticos a serem empregados e as etapas da aula. Assim, por exemplo para a Lição 1 temos a seguinte orientação ao professor:

***Lição 1: Apresentação da sequência didática e discussão inicial sobre vibrações***

*Carga horária: 2 períodos*

No primeiro encontro é apresentada a proposta de ensino junto com a aplicação de um questionário de conhecimentos prévios para averiguar as contribuições e discussões trazidas pelos alunos. O desenvolvimento da aula se dará de forma expositiva dialogada com uso de atividades experimentais, dividido em seis momentos. Cada momento está descrito nas etapas A,B,C,D,E e F descritas abaixo.

*Os principais objetivos desta lição são os de trabalhar o conceito de vibração, associar os fenômenos vibratórios em situações cotidianas, definir frequência e período de uma vibração, além de realizar um experimento investigativo sobre a vibração de um pêndulo.*

*Os recursos didáticos necessários para realizar as atividades são computador com internet, projetor, celular ou computadores para os alunos (para responderem o questionário de conhecimentos prévios), pêndulos simples e o material didático (Cartilha do aluno) no formato impresso ou digital.*

O desenvolvimento da aula se dará de forma expositiva dialogada com uso de atividades experimentais, dividido em seis momentos. Cada momento está descrito nas etapas A,B,C,D, E e F conforme os ítems abaixo:

**A) Apresentação da proposta da cartilha e do produto educacional.**

**B) Aplicação do questionário de conhecimentos prévios:** O professor propõe aos alunos que respondam, individualmente, o questionário sobre ondas mecânicas, disponível na Cartilha (Lição 1) e que será respondido na forma virtual (Google Forms). O questionário tem o intuito de investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os fenômenos ondulatórios, para isso os estudantes devem responder de acordo com os seus conhecimentos sobre o assunto.

**C) Problematização inicial - Conceito de vibração:** Após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, o professor lança a pergunta: Como podemos identificar que algo está vibrando?

Esta pergunta é bem ampla. Os alunos podem apresentar diversas respostas sobre o assunto e provavelmente sobre pontos de vista diferentes, mas é interessante que o professor incentive os alunos a participarem da discussão, reforçando que a participação e a opinião sobre a explicação do fenômeno é importante, mesmo que não esteja totalmente correta.

**D) Atividade Experimental 1 - Pêndulo simples:** Como ponto de partida, um experimento simples a ser analisado com os alunos é o balançar de um pêndulo, ficando visível um movimento vibratório. Para tanto, o professor propõe a atividade utilizando um pêndulo simples previamente construído e fornecido aos alunos. Cada grupo de alunos recebe um pêndulo simples, fornecido pelo professor. A proposta é que cada grupo calcule a frequência e o período de oscilação do pêndulo. Por exemplo, realizando medidas do ir e vir do pêndulo. Os grupos devem elaborar suas estratégias para anotar informações e realizar os cálculos. Sugestão de exemplo para realizar o cálculo da frequência e período no pêndulo: O tempo para que o pêndulo execute 10 oscilações completas é de 5 segundos, então temos 2 oscilações por segundo, ou 2 Hz de frequência. O período de oscilação é de 0,5 segundo. Para correção da atividade experimental do pêndulo, cada grupo elege um representante para explicar como realizaram a determinação do período e frequência do pêndulo e quais valores obtiveram. Ao final das falas dos grupos o

*professor faz uma demonstração, também com o pêndulo, e formaliza os conceitos de vibração do pêndulo, frequência e período analisados na aula.*

***E) Organização do Conhecimento - Relação entre período e frequência: Leitura do Texto 01 - Vibração, frequência e período, bem como o desenvolvimento da relação matemática entre frequência e período. Resolver os exemplos com os alunos e disponibilizar um tempo para que eles resolvam os exercícios.***

O mesmo modelo de Orientação ao Professor é fornecido para as demais Lições do Produto Educacional (veja-se Apêndice A desta dissertação). Por fim, cabe notar que as orientações fornecidas ao professor não são ou pretendem ser rígidas, de modo que a sequência didática sugerida pode ser adaptada de acordo com a realidade do professor ou andamento de cada turma.

## 4. APLICAÇÃO DO PRODUTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos na aplicação do Produto Educacional, com a descrição das principais etapas da aplicação, análise dos dados coletados e reflexões críticas sobre os resultados encontrados com a aplicação do produto educacional. As etapas analisadas e discutidas são:

- Questionário de conhecimentos prévios;
- Mapa mental inicial construído coletivamente;
- Interação dos alunos com os simuladores;
- Atividades sobre os conceitos estudados;
- Mapa mental construído após o estudo da Cartilha;
- Questionário para reflexão sobre a utilização da Cartilha.

A análise dos resultados é feita de forma qualitativa descritiva, envolvendo as respostas dos alunos aos questionários com questões objetivas e dissertativas, falas dos alunos em aula e respostas às tarefas aplicadas em aula. Além dos momentos de aplicação dos questionários, este capítulo também fornecerá uma descrição e análise detalhada de cada aula, com destaque para as etapas de aplicação da sequência didática e o envolvimento dos estudantes nas atividades propostas.

Durante a aplicação do Produto Educacional aconteceram diversos desafios. Assim, fizeram-se necessárias algumas alterações no cronograma de aula, visto que em alguns assuntos surgiram discussões interessantes e indispensáveis para aquele momento.

### 4.1 Descrição dos encontros e análise da aplicação

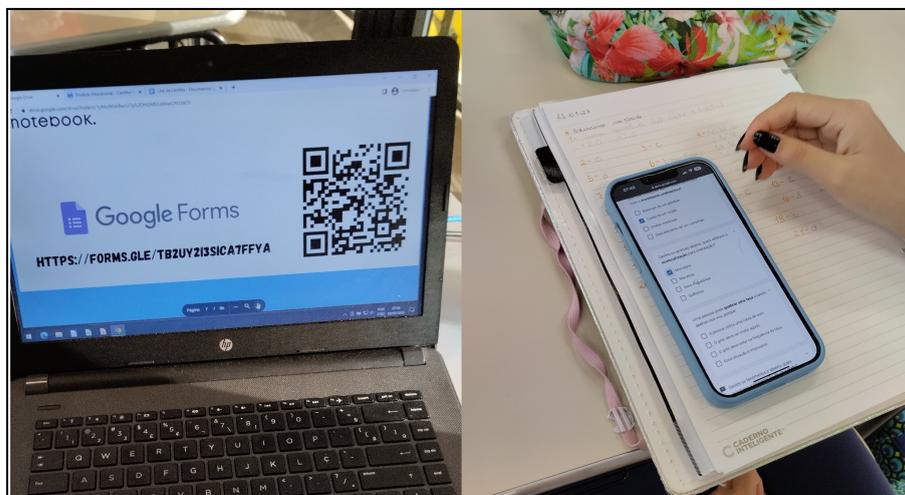
#### ***ENCONTRO 01:***

No início do primeiro encontro foi apresentada a proposta de pesquisa utilizando a Cartilha sobre Ondas como Produto Educacional. Os estudantes gostaram da ideia de participar da pesquisa e acharam muito interessante o material

apresentado totalmente na forma virtual. Todos os estudantes possuíam equipamentos eletrônicos (celulares) para acessar a Cartilha.

No segundo momento da aula, foi solicitado para que os estudantes respondessem o questionário de conhecimentos prévios. Neste dia, dos 35 estudantes matriculados, compareceram 31 alunos. O questionário foi realizado na forma virtual, utilizando a ferramenta do Google Form's, na qual todos os estudantes responderam acessando o link disponibilizado.

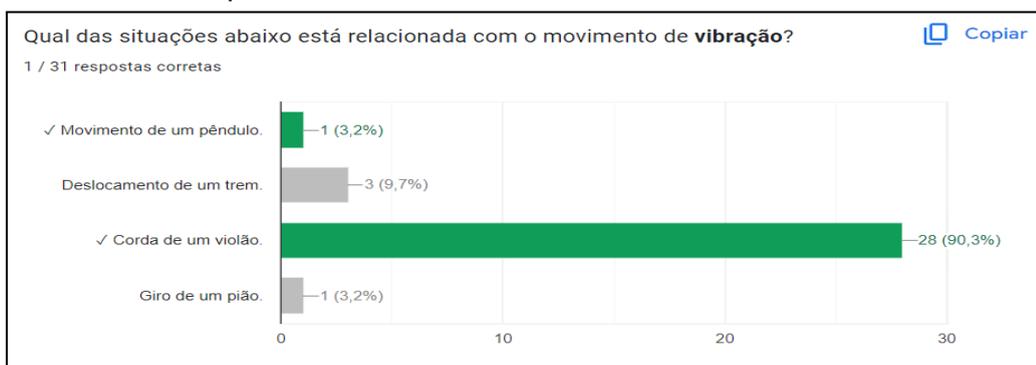
Figura 06: Estudantes respondendo ao questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: Autor

Composto por cinco questões objetivas, os estudantes tinham a possibilidade de marcar mais de uma opção para cada questão. Abaixo temos a apresentação e comentários de cada questão a partir das respostas dadas pelos alunos.

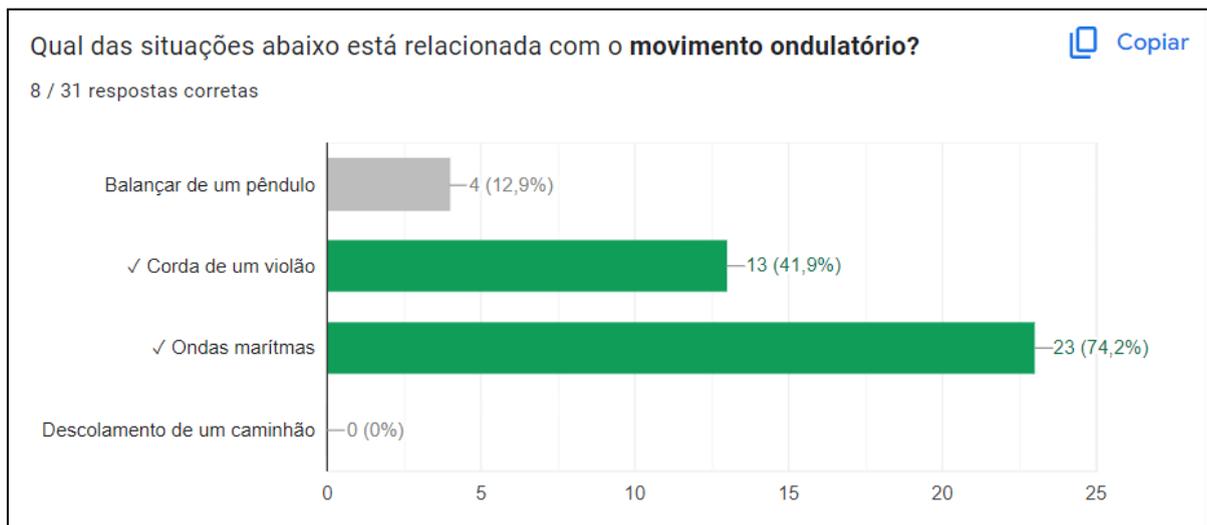
Figura 07: Respostas dos estudantes à primeira questão do questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: Autor

A primeira pergunta do questionário de conhecimentos prévios era relacionada ao movimento de vibração. Nessa questão havia duas opções corretas e duas opções erradas. Podemos observar que os estudantes tinham o conhecimento prévio de que a corda de um violão faz um movimento de vibração, porém não sabiam que o pêndulo também realiza o movimento. Poucos estudantes confundiram o deslocamento de um trem e o giro de um peão como sendo movimento vibratório, porém apenas um estudante acertou completamente a questão, marcando as duas opções corretas.

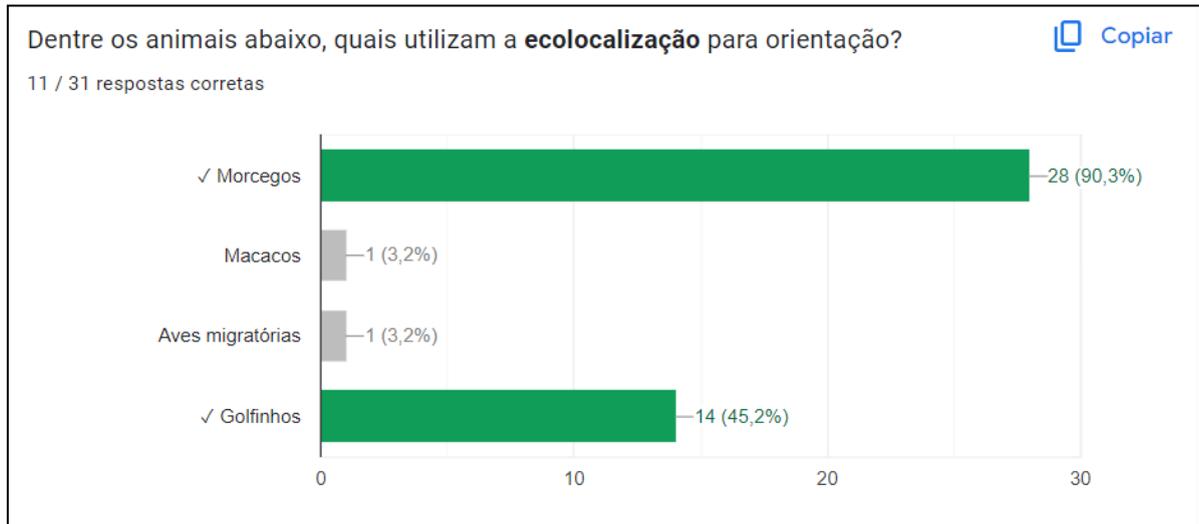
Figura 08: Respostas dos estudantes à segunda questão do questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: Autor

A segunda questão tem como objetivo a análise de conhecimento do movimento ondulatório. De forma satisfatória os estudantes responderam corretamente. Apenas quatro estudantes indicaram o balançar de um pêndulo como sendo movimento ondulatório e nenhum estudante marcou a opção “deslocamento de um caminhão”. Contudo, apenas oito estudantes marcaram as duas opções corretas.

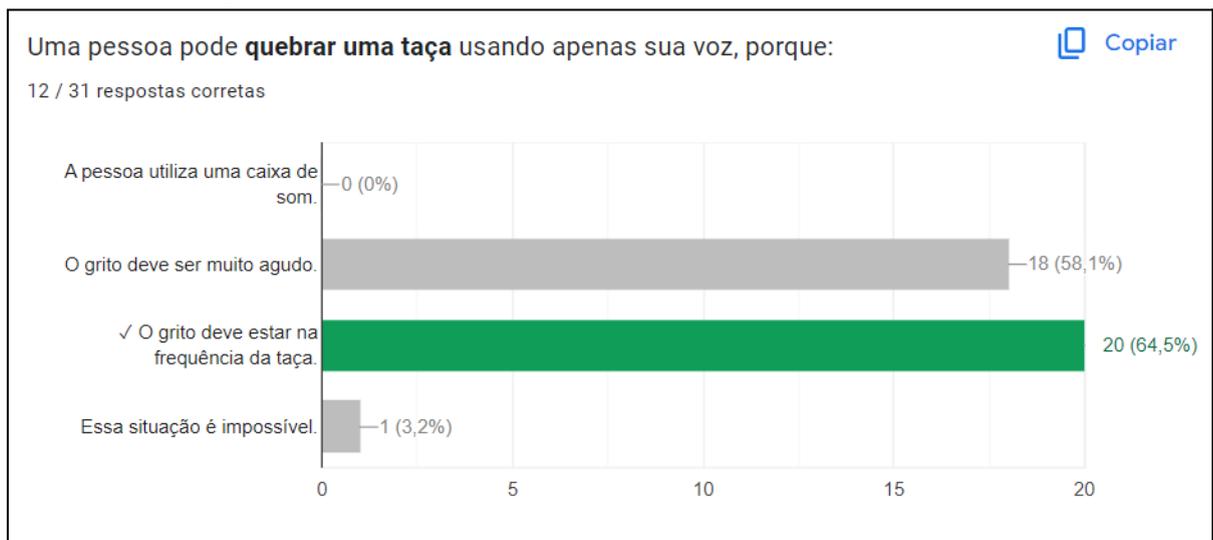
Figura 09: Respostas dos estudantes à terceira questão do questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: Autor

A terceira questão do questionário era sobre ecolocalização. Grande parte dos estudantes identificaram os morcegos como animais que utilizam a ecolocalização, porém menos da metade sabia que os golfinhos também utilizam a ecolocalização. Também observamos que onze estudantes marcaram as opções corretas.

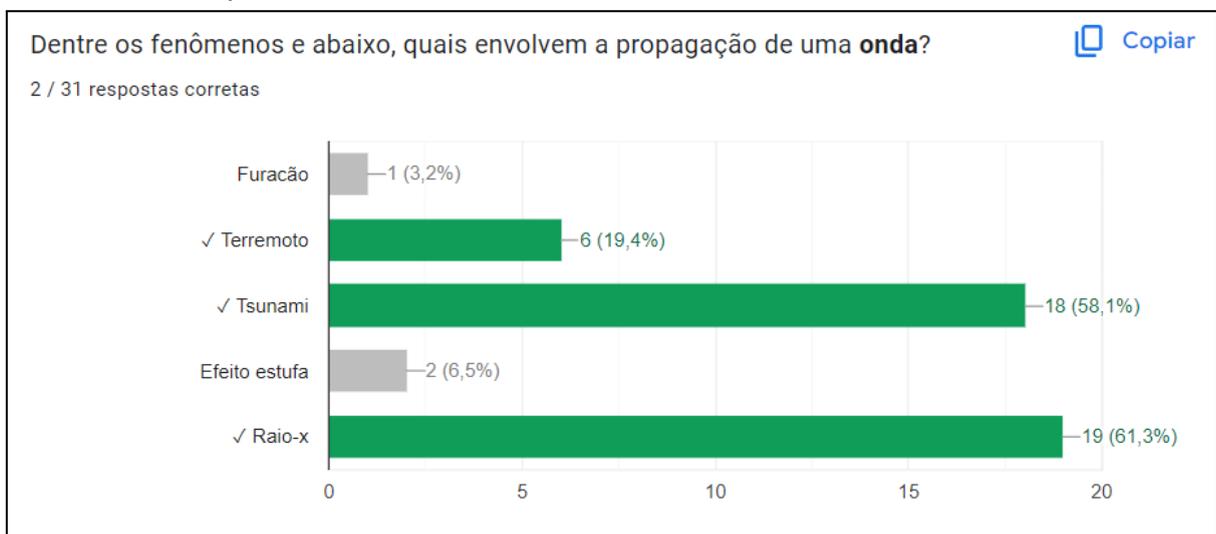
Figura 10: Respostas dos estudantes à quarta questão do questionário de conhecimentos prévios.



Fonte: Autor

A quarta questão apresenta relação com o fenômeno ondulatório da ressonância, mais especificamente sobre quebrar uma taça utilizando a voz. Esta questão já afirmava que essa situação é possível e deveriam marcar a alternativa que melhor explicava o fenômeno. As opiniões ficaram divididas entre duas opções, “o grito deve ser muito agudo” e “o grito deve estar na frequência da taça”. Como era possível escolher mais de uma alternativa, doze alunos indicaram apenas a resposta correta, os outros estudantes marcaram a opção errada ou mais de uma alternativa.

Figura 11: Respostas dos estudantes à quinta questão do questionário de conhecimentos prévios.

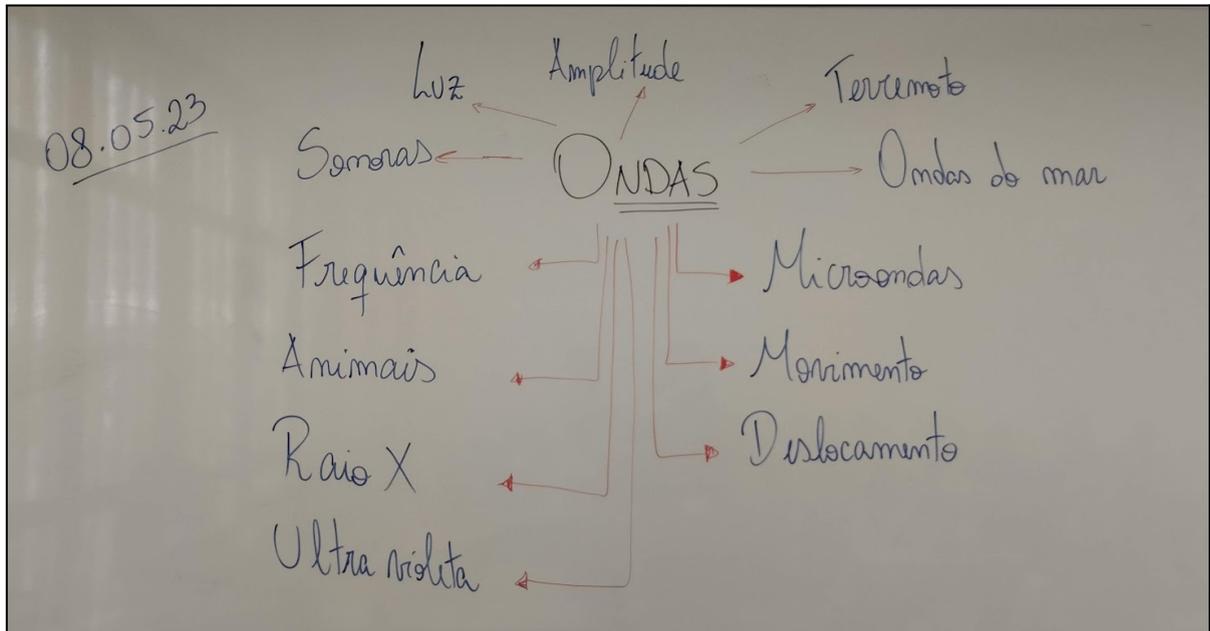


Fonte: Autor

A quinta questão estava relacionada à propagação de uma onda. Os estudantes, de forma satisfatória, identificaram situações onde acontecem a propagação de uma onda, porém apenas dois estudantes marcaram todas as alternativas corretas. Três estudantes identificaram erroneamente o furacão e o efeito estufa sendo movimentos ondulatórios.

Após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, foi elaborado um mapa mental no quadro branco (figura 09), orientado pelo professor. Foi proposto que os estudantes dissessem palavras relacionadas às ondas, a fim de criar uma estrutura visível sobre o conceito da ondulatória e seus fenômenos.

Figura 12: Mapa Conceitual sobre ondas elaborado pelo professor a partir das sugestões dos alunos.



Fonte: Autor

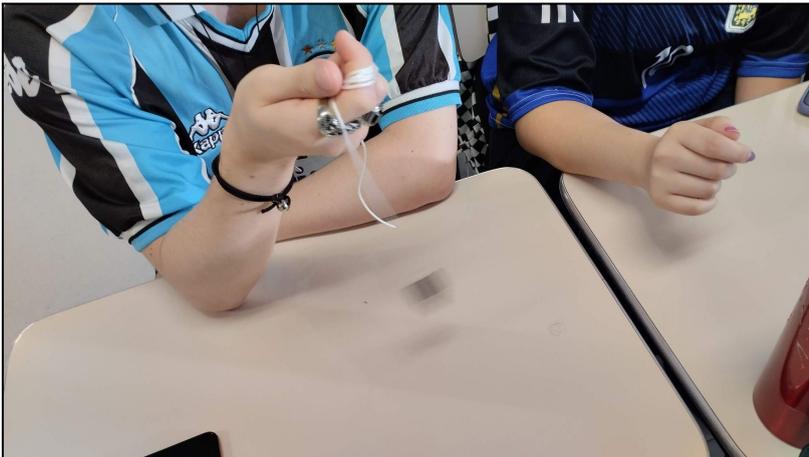
Conforme a figura 09 observamos que os estudantes possuem conhecimentos prévios razoáveis relacionados à ondulatória. Porém foram dadas informações soltas, sem conexão umas com as outras. Durante a elaboração do mapa, surgiram diversas dúvidas dos estudantes, bem como informações que traziam durante a montagem. Um estudante perguntou: “Se tem onda, tem deslocamento né professor?” e explicou esse deslocamento como propagação da onda. Outra estudante afirmou “Sonoras professor, ondas sonoras. O som é uma onda, vamos escrever ali!” Um terceiro estudante diz “Microondas, não sei se é, mas está no próprio nome.”

Após o término da construção deste mapa conceitual, o professor explicou que ele não necessariamente estava correto, que era uma base para ser analisada e estudada posteriormente. Este mapa poderia estar correto na sua totalidade, parcialmente ou até mesmo totalmente errado, que ao final do estudo da Cartilha voltaríamos para verificá-lo.

## ENCONTRO 02

O segundo encontro iniciou com a Problematização Inicial, na qual o professor fez as perguntas: *“O que é uma vibração? Como podemos identificar que algo está vibrando?”* Uma estudante afirmou que: *“se uma coisa está tremendo, ela está vibrando”* e a turma concordou unanimemente com a estudante. Logo após, realizaram a leitura inicial da Cartilha sobre movimentos vibratórios. Uma pequena introdução sobre vibração, os estudantes iniciaram uma atividade experimental. Cada grupo de cinco integrantes recebeu um pêndulo e responderam algumas perguntas, na forma oral como: *(a) O pêndulo realiza um movimento vibratório? (b) Quantas oscilações completas são realizadas em 10 segundos? (c) Em quantos segundos o pêndulo realiza 20 oscilações? (d) O que você entende por frequência e período de oscilação?*

Figura 13: Estudante manuseando o pêndulo



Fonte: Autor

Todos os grupos afirmaram que o pêndulo realiza um movimento de vibração. Diferentemente do questionário de conhecimentos prévios, a discussão em grupo e o manuseio facilitaram a compreensão do conceito de vibração.

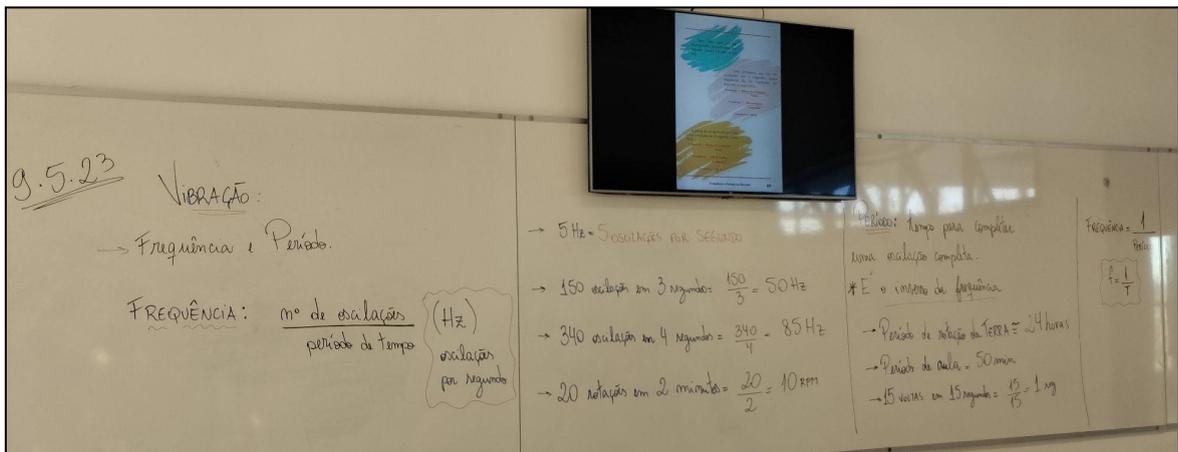
Nas perguntas *“Quantas oscilações completas são realizadas em 10 segundos”* e *“Em quantos segundos o pêndulo realiza 20 oscilações”*, os estudantes apresentaram respostas diferentes. O professor questionou qual grupo estaria com a resposta correta, então uma estudante afirmou que: *“Professor, todos podem estar corretos, depende do tamanho da corda que cada grupo escolheu.”* Os alunos concordaram com a colega. Esta situação demonstra a importância dos

experimentos realizados na sala de aula, no qual os estudantes percebem na prática os conceitos de física.

As respostas para a questão “O que você entende por frequência e período de oscilação?” foram semelhantes. Afirmaram, de maneira geral, que a frequência estava relacionada às oscilações realizadas no tempo estabelecido e o período era o tempo necessário para realizar uma oscilação completa. Os alunos já haviam estudado os conceitos de frequência e período na primeira série do Ensino Médio, no conteúdo de Movimento Circular Uniforme.

O segundo momento do encontro 02 foi de Organização do conhecimento, através da leitura do Texto 01 da Cartilha: Vibração - Frequência e período. Ao término da leitura, o professor e os estudantes, de forma colaborativa, anotam as principais informações no quadro branco.

Figura 14: Resumo elaborado pelo professor a partir das sugestões dos alunos.



Fonte: Autor

A terceira e última parte do Encontro 02 foi a Aplicação do Conhecimento, na qual os estudantes realizaram as questões sobre Vibração, frequência e período contidas na Cartilha (Apêndice A - Produto Educacional). Não houve dificuldades na realização das atividades propostas. Os grupos realizaram satisfatoriamente todos os exercícios da Cartilha. Os exercícios foram corrigidos no quadro branco.

### ENCONTRO 03

O terceiro encontro teve como tema o início do estudo da Ondulatória. O professor iniciou a aula apresentando a Problematização Inicial com as perguntas “O que é uma onda e como podemos caracterizá-la?” e “Você consegue dar exemplos de ondas?”

Dois estudantes se destacaram na fala. Um estudante afirmou que *“toda onda tem movimento professor, ela sai de um lugar e vai para o outro. A onda viaja no espaço.”* O segundo estudante diz *“uma onda pode ser um som, mas pode ser a onda do mar que anda pelo oceano. A onda é uma coisa que se propaga de um lugar para outro.”* Pelas falas dos estudantes, percebeu-se que a compreensão do conceito de onda estava correto, apenas não utilizavam o vocabulário conceitual da física.

Após a discussão inicial sobre ondas, o professor solicitou que os estudantes formassem grupos de três a cinco integrantes e disponibilizou uma corda e uma mola por grupo e para que realizassem movimentos ondulatórios.

Figura 15: Estudantes manuseando as molas.



Fonte: Autor

O manuseio das molas e cordas facilitou o entendimento do conceito da propagação de ondas. Um estudante afirmou que: *“ é bom brincar e aprender! Assim é mais fácil para entender o conteúdo.”*

O segundo momento do Encontro 03 foi de Organização do Conhecimento. Os estudantes realizaram a leitura da cartilha individual sobre a definição de onda, dimensão de propagação e natureza das ondas.

Figura 16: Estudantes realizando as atividades da cartilha utilizando os celulares.

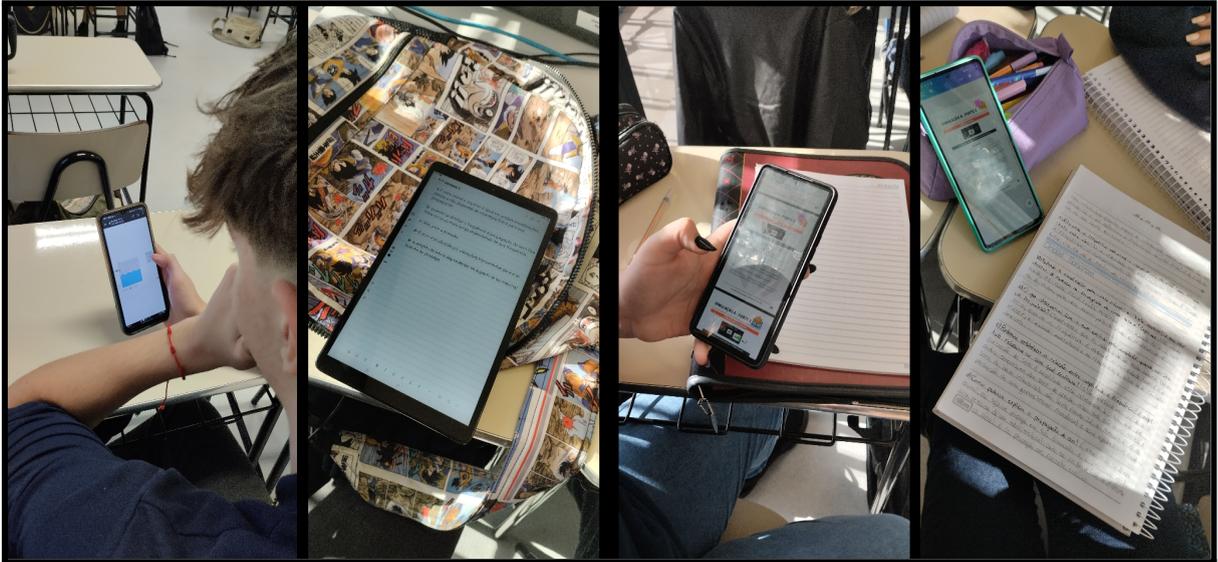


Fonte: Autor

Após a leitura do texto, os estudantes foram desafiados a criar um resumo sobre as principais informações contidas na Cartilha. Cada estudante fez suas anotações no caderno e logo após cada aluno fez um comentário sobre o texto. Um dos momentos mais interativos da aula, aconteceu quando o professor conversava sobre a classificação das ondas, chegando nas ondas eletromagnéticas. Diversos assuntos foram abordados, como por exemplo, as *ondas de raio-x*, *ondas de rádio* e principalmente a internet via *wi-fi*.

No terceiro momento do Encontro 03 aconteceu a Aplicação do Conhecimento na forma de Atividade de Simulação, utilizado o simulador do Phet Colorado - Ondas:intro. Os estudantes, divididos em grupos, responderam três questionários relacionados ao simulador. As perguntas tinham o objetivo de orientar a utilização do simulador e foram corrigidas após disponibilizado quinze minutos para manuseio das ferramentas virtuais.

Figura 17: Estudantes utilizando o celular para acessar o simulador.



Fonte: Autor

O primeiro questionário está relacionado à propagação de ondas na superfície da água com o objetivo de analisar uma onda bidimensional, no segundo questionário há perguntas sobre ondas sonoras e o terceiro questionário traz perguntas sobre as ondas luminosas (Cartilha - Apêndice A).

A questão mais discutida foi sobre a vista lateral e superior de uma onda sonora e luminosa, visto que no simulador elas são exatamente iguais, pois são tridimensionais. O professor perguntou por que não mudava a animação quando a vista da onda sonora e luminosa era alterada e um estudante afirmou que: *“professor, a visualização é igual porque ela se propaga num formato de bola, uma esfera indo em todas as direções, porque ela é tridimensional.”* Os colegas concordaram com o estudante e afirmaram que esta situação era a mais complexa de explicar, mesmo entendendo que as ondas sonoras e luminosas são tridimensionais. O uso dos simuladores fez com que os estudantes pudessem, mais uma vez, visualizar a propagação das ondas bidimensionais e tridimensionais.

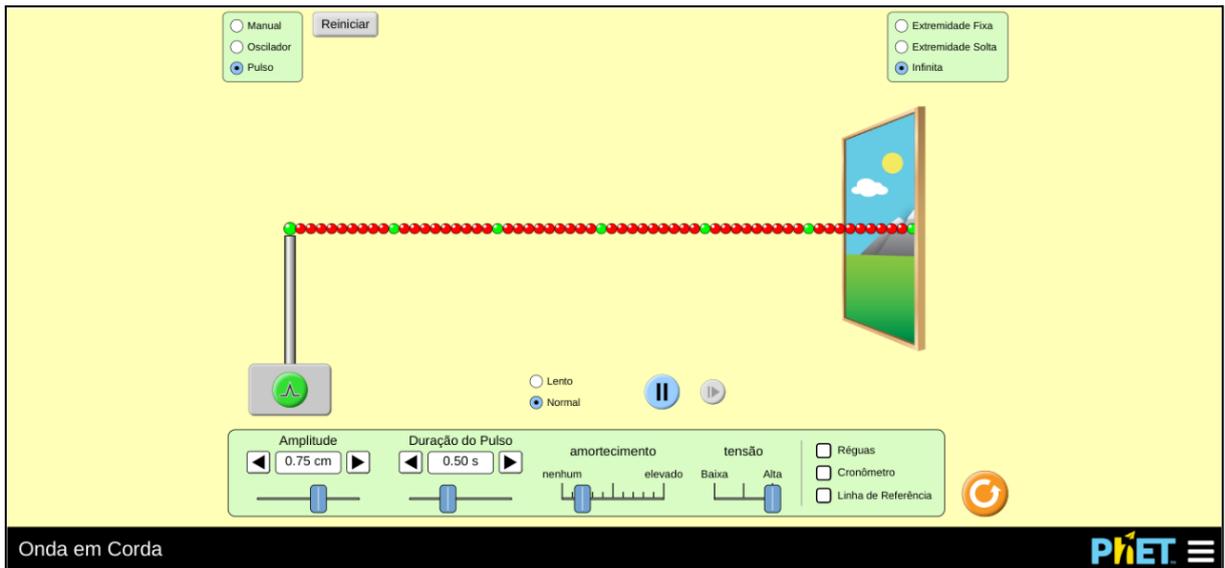
## ENCONTRO 04

O Encontro 04 apresentou duas etapas, cada uma delas com os três momentos pedagógicos, problematização, organização e aplicação do conhecimento (Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

A primeira etapa iniciou com a problematização inicial na qual os estudantes responderam a pergunta: *“Falta algo para aprimorar nosso estudo sobre ondas?”* Dois estudantes apresentaram a mesma fala, relacionado ao aspecto de nomenclatura e fenômenos da ondulatória. Uma segunda pergunta foi lançada para o grupo: *“A onda altera sua velocidade no mesmo meio? Ou seja, posso fazer um pulso mais rápido do que outro na mesma corda?”* Grande parte dos estudantes disseram que sim, é possível que um pulso seja mais rápido do que outro. O professor argumentou: *“Se uma onda for mais rápida do que outra, ao analisarmos um carro ou caminhão em movimento, não poderíamos visualizá-lo inteiro, pois uma cor chegaria mais rápida do que outra, os objetos em movimento estariam sempre desmontados, ou ainda, quando escutássemos uma música, ela seria totalmente distorcida, pois o som de um instrumento chegaria antes ou depois de outro instrumento?”* Os estudantes concordaram com a situação e uma aluna afirmou que: *“verdade professor, quando balançamos uma corda, podemos aumentar ou diminuir a frequência mas não a velocidade.”* Esta situação demonstra a importância do estudante participar e expor suas ideias e conceitos durante as aulas, com suas vivências e explicações para as situações cotidianas, fazendo sentido a aprendizagem.

Ainda na problematização inicial, os estudantes realizaram atividades no Simulador *PhetColorado: Ondas em cordas*. Foram estimulados a mudar os parâmetros de amplitude da fonte geradora, frequência de oscilação e tensão na corda. O desafio principal da atividade era calcular a velocidade de propagação da onda, utilizando os recursos do simulador. Todos os estudantes realizaram a atividade de simulação e calcularam a velocidade de propagação do pulso de forma satisfatória. O simulador apresentava um cronômetro e uma régua, facilitando as medições e cálculos.

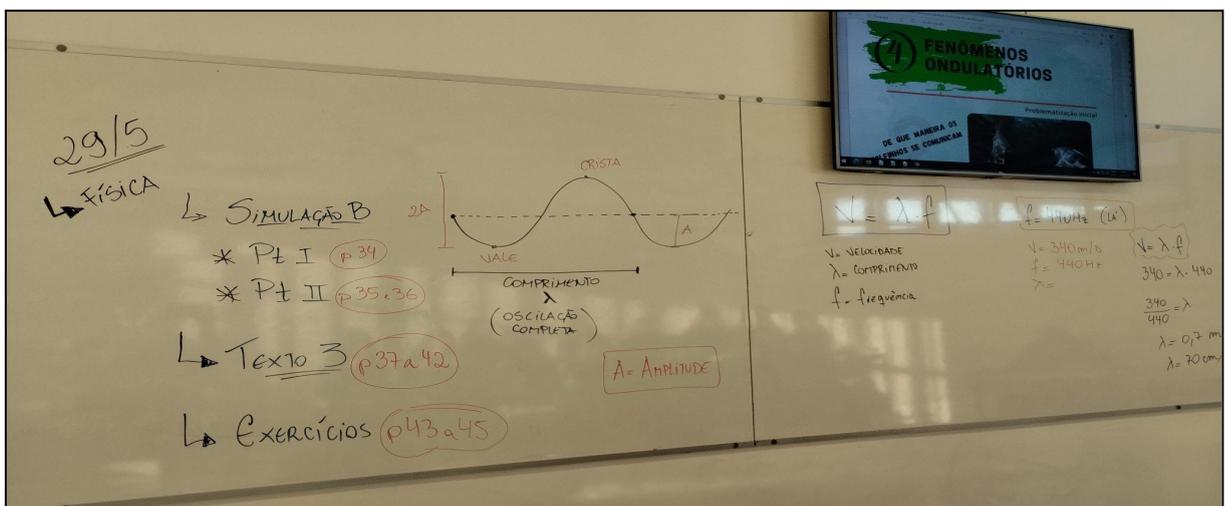
Figura 18: Propagação da onda numa corda no simulador PhetColorado.



Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string), acessado última vez em 02/07/23

O segundo momento da primeira etapa, caracterizado como Organização do Conhecimento, foi a leitura de um texto sobre a nomenclatura e características das ondas mecânicas: *crista*, *vale*, *comprimento*, *amplitude* e *velocidade de propagação da onda*. A leitura do texto aconteceu de forma individual e os estudantes realizaram anotações no caderno sobre os aspectos mais importantes do texto. Após a leitura, o professor apresentou os principais pontos do texto e montou, com o auxílio dos estudantes, um resumo no quadro branco.

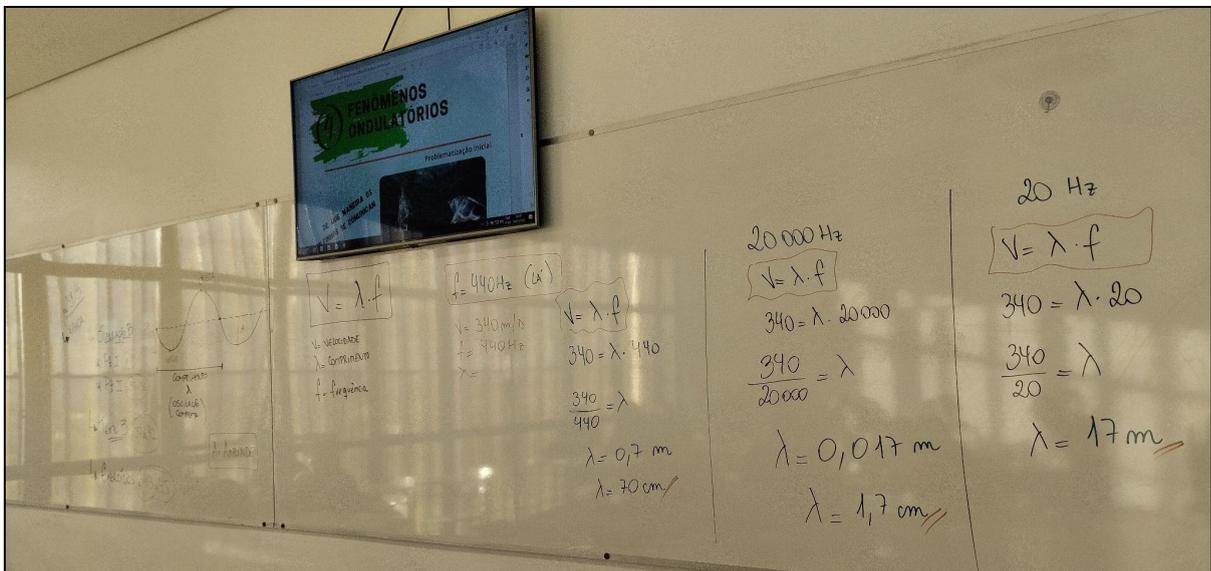
Figura 19: Resumo da atividade de leitura da cartilha.



Fonte: Autor

O terceiro e último momento pedagógico da primeira etapa da aula, a Aplicação do conhecimento, aconteceu com a resolução de exercícios da Cartilha. Os estudantes realizaram em grupo as atividades propostas e realizaram a correção das atividades no quadro branco. A maior dificuldade dos estudantes foi a de analisar a amplitude da onda, mais da metade dos alunos afirmaram que a amplitude da onda era a distância vertical entre um vale e uma crista. Apenas uma estudante diz que: “Professor, a amplitude é a distância entre a linha de repouso da onda até a parte mais alta, ou mais baixa”.

Figura 20: Resolução de questões no quadro branco.



Fonte: Autor

Os estudantes perguntaram se era possível calcular o comprimento de uma onda sonora, o maior e o menor possível. O professor afirmou que sim, a fórmula era a mesma, inclusive para resolução de questões como esta sugerida. De modo geral, para a maioria das pessoas jovens e saudáveis, a maior frequência audível 20000 Hz teria o menor comprimento de onda, 0,0017 m ou 1,7 cm. Já a menor frequência audível para estas pessoas teria o maior comprimento de onda, 17 m. Os alunos mostraram-se espantados como o ar consegue vibrar com essas frequências.

Já a segunda etapa da aula, ainda no Encontro 04, foi destinada aos Fenômenos ondulatórios. A problematização inicial se dava com as perguntas como (Cartilha - Apêndice A):

Pergunta 01: *“De que maneira os golfinhos se comunicam na água?”*

Os estudantes disseram que haviam estudado esse conceito no componente curricular de Biologia. Os golfinhos emitem sons diferentes para se comunicarem.

Pergunta 02: *“O que é ecolocalização e biosonar?”*

Para essa pergunta, os estudantes afirmaram que também já haviam estudado no componente curricular de Biologia, e que o morcego utilizava a ecolocalização para enxergar, desviar de obstáculos e identificar sua presa.

Pergunta 03: *“O que é o sonar e para que serve?”*

Os estudantes afirmaram que era para enxergar embaixo d'água. Os barcos pesqueiros utilizam para localizar dos cardumes de peixes e os navios para identificar os obstáculos na sua rota.

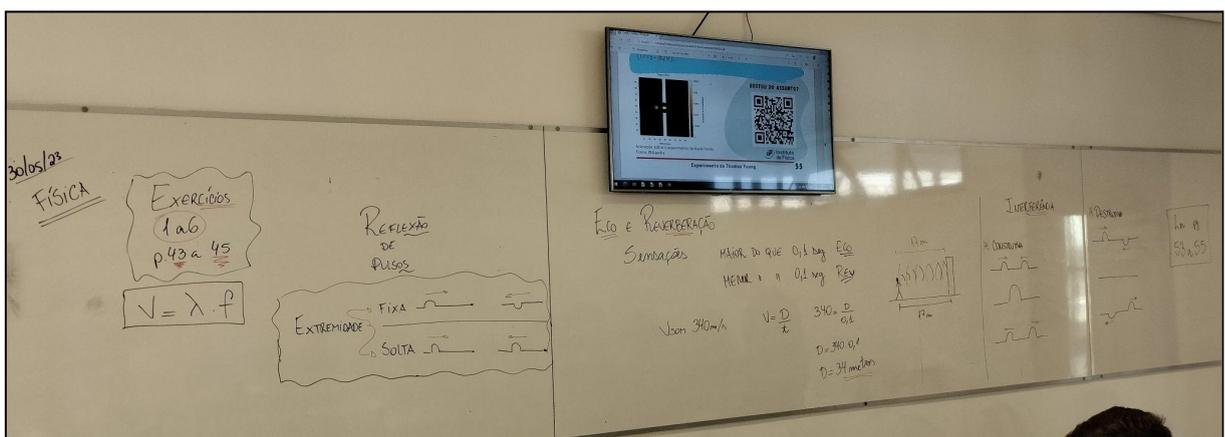
Com relação às perguntas de problematização inicial, os estudantes demonstraram que tinham conhecimento satisfatório sobre este assunto. Essas perguntas foram importantes para que o professor pudesse organizar os conceitos e a forma de apresentação dos fenômenos nos momentos seguintes.

Na segunda parte do Encontro 04, na organização do conhecimento, os estudantes realizaram a leitura de um texto sobre *eco, reverberação, interferência, ondas estacionárias e ressonância*. Após os estudantes realizarem a leitura, o professor conversou e anotou no quadro as principais ideias e informações sobre o texto. A primeira pergunta a ser discutida foi: *“Qual a diferença entre Eco e Reverberação”*. Um estudante diz *“Nenhuma professor, são sinônimos.”* Outro estudante afirma *“Eco acontece em lugar aberto e reverberação em lugares fechados, ou ao contrário, não sei direito.”* A terceira estudante comenta: *“Ressonância é parecido com o eco, minha caixa de som tem essas opções, preciso ajustar quando vou tocar violão e cantar.”*

Apesar dos estudantes possuírem informações satisfatórias sobre a ecolocalização, eles não tinham as informações corretas sobre Eco e Reverberação, apesar de serem palavras utilizadas no cotidiano.

Neste momento da aula o professor afirma que: *“Eco e Reverberação tem relação com o mesmo fenômeno, a reflexão do som. Quando o som bate na parede e retorna, chamamos de reflexão. O Eco e a Reverberação são sensações auditivas diferentes, ou seja, quando o som emitido reflete num obstáculo próximo, temos a reverberação. Nosso cérebro não consegue entender como uma repetição do som, apenas um prolongamento sonoro. Já no Eco, o obstáculo está mais longe, ou seja, o tempo entre a emissão sonora e audição deste mesmo som é maior, sendo assim, o cérebro consegue entender como uma repetição do som. A distância é de dezessete metros. Caso o som seja emitido a distâncias menores do que isso, entendemos como reverberação, o som vai e volta em menos de 0,1 segundos. Caso o tempo de ida e volta seja maior do que 0,1 segundos, temos o Eco, ou seja, o obstáculo está numa distância maior do que 17 metros. Eco e reverberação não são sinônimos e não tem relação com ambiente fechado ou aberto e sim com a reflexão do som.”* O professor anotou essas informações no quadro e os estudantes copiaram no caderno.

Figura 21: Resumo sobre interferência construído pelo professor com o auxílio dos estudantes.



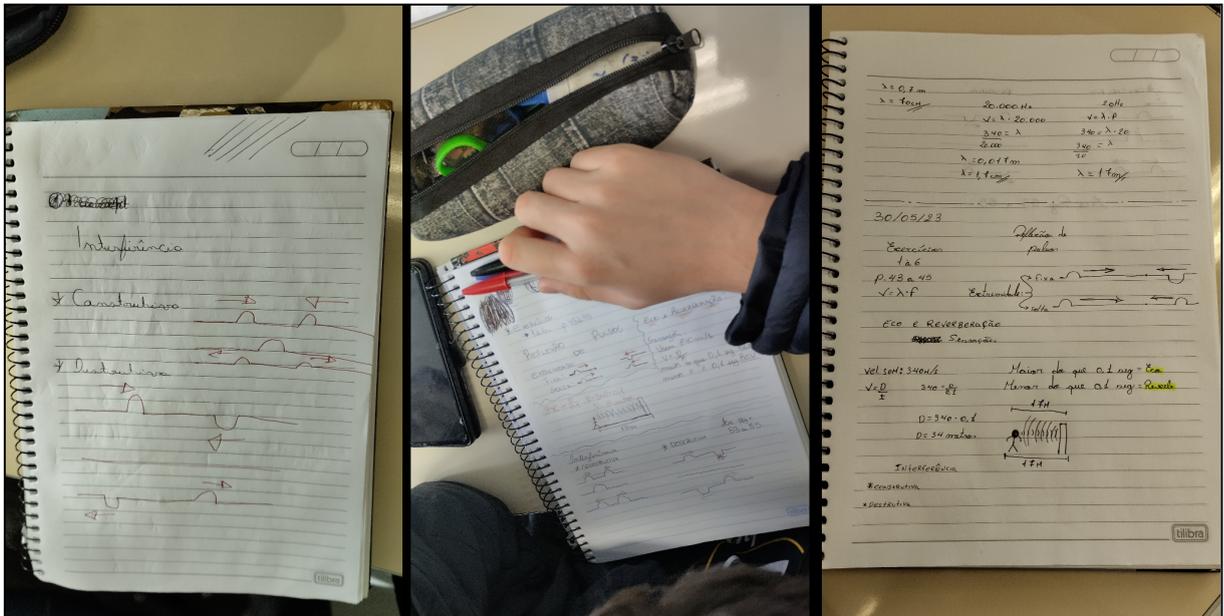
Fonte: Autor

Ainda na organização do conhecimento, a questão a ser analisada era sobre a interferência. A pergunta lançada foi: *“Podemos interferir numa onda?”*. Uma das

questões mais interessantes que fora discutida na aplicação do produto educacional. Esta pergunta traz experiências riquíssimas para o estudo de interferência.

Os estudantes afirmaram em unanimidade que sim, era possível interferir numa onda. “*Sim professor, quando alguém balança uma corda eu posso estragar*”, afirma um estudante. Outra aluna diz que: “*Sim professor, tenho uns fones de ouvido com cancelamento de ruído, eles diminuem o barulho da sala e não escuto nada.*” Um terceiro aluno “*nos presídios professor, eles ligam um aparelho que interfere no sinal do celular e não tem comunicação.*” Esses relatos dos estudantes foram importantes, eles se mostravam contentes em compartilhar vivências com a turma.

Figura 22: Caderno dos estudantes com os resumos sobre ondulatória.



Fonte: Autor.

No terceiro momento da segunda etapa do Encontro 04 foi discutido o conceito de *ressonância*. Ao serem questionados os estudantes afirmaram que já escutaram diversas vezes essa palavra mas não sabiam exatamente do que se tratava.

A pergunta norteadora para o estudo da Ressonância foi: “*Uma pessoa pode quebrar uma taça utilizando apenas a voz?*”. Todos afirmaram que já assistiram vídeos sobre isso, mas não tinham certeza se era verdade. O professor explica que “*Ressonância significa ressoar, soar novamente. Cada objeto, cada coisa possui sua frequência de vibração natural. Quando um objeto vibra na sua frequência natural,*

*estimula as coisas próximas a vibrarem também. Se o som emitido pela pessoa for na mesma frequência natural de vibração da taça, a taça começa a vibrar cada vez com mais amplitude, até que quebre.”* Após as informações do professor, os estudantes assistiram a vídeos sobre ressonância na Ponte de Tacoma, aeronaves, e de um experimento oscilador massa-mola, com a finalidade de reforçar que a ressonância acontece pela vibração na mesma frequência e não pela alta frequência.

## ENCONTRO 05

O último encontro do Produto Educacional foi destinado a realização de um mapa conceitual e a avaliação da Cartilha desenvolvida neste produto educacional para aprendizagem da Ondulatória.

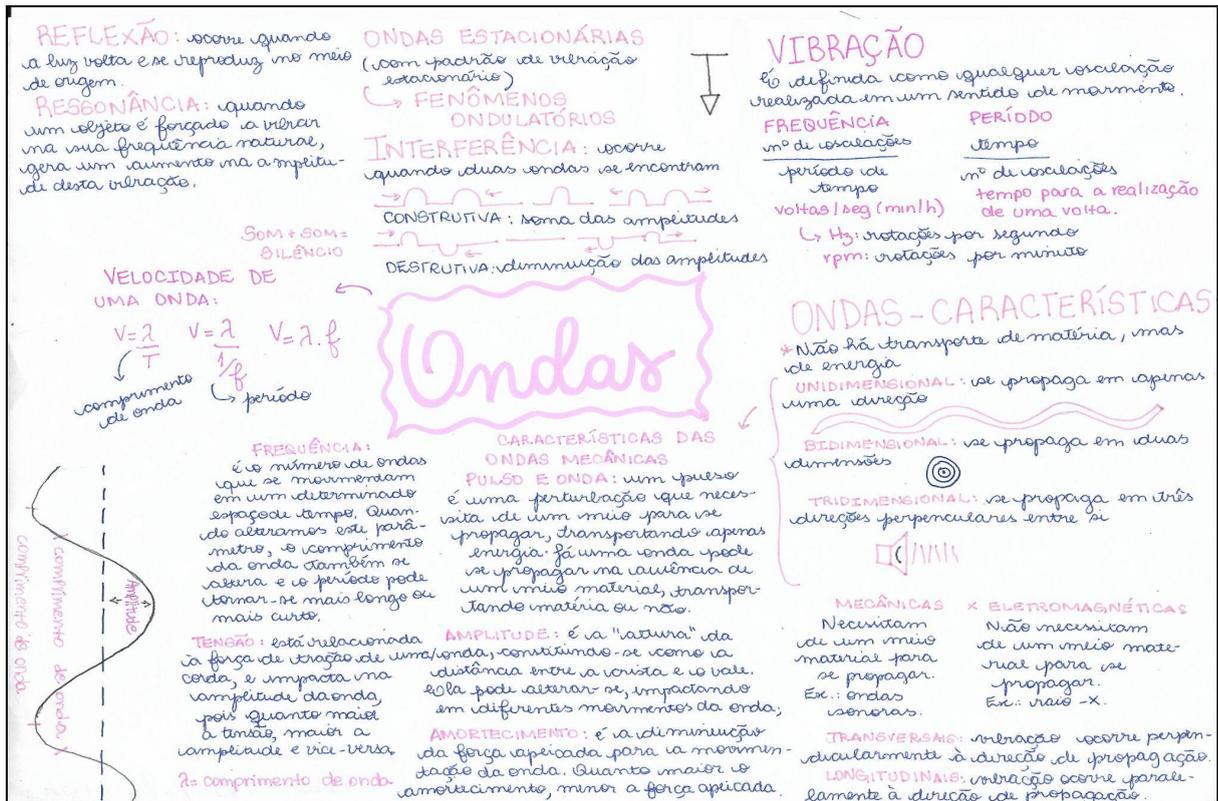
Num primeiro momento o professor solicitou que, em grupos de três a cinco integrantes, os estudantes criassem um mapa conceitual, ou quadro resumo, sobre os conceitos de ondulatória mais importantes do ponto de vista dos grupos. O mapa poderia ser sobre um tema específico ou de vários assuntos, desde que tivesse sido discutido durante os encontros. Além disso, o professor orientou os alunos que utilizassem a Cartilha como base para a elaboração dos mapas. Nas figuras abaixo são apresentados dois os mapas criados pelos estudantes:

Figura 23: Mapa criado pelo grupo A de estudantes.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 24: Mapa mental criado pelo grupo B de estudantes.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os resumos e mapas mentais criados pelos estudantes foram uma excelente oportunidade para que eles demonstrassem sua compreensão dos conceitos de ondulatória e sua capacidade de organizar as informações de forma criativa e personalizada. A diversidade de assuntos escolhidos pelos grupos reflete a abrangência dos temas estudados durante os encontros e a capacidade dos estudantes de fazerem conexões entre diferentes conceitos.

Alguns grupos optaram por criar mapas mentais focados em conceitos mais específicos da ondulatória, como as características das ondas (comprimento, amplitude e frequência), os diferentes tipos de ondas (transversais e longitudinais) ou as propriedades da propagação das ondas (Grupo B). Outros grupos escolheram abordar temas mais amplos, como a aplicação das ondas em diferentes contextos da vida cotidiana, como o sonar em submarinos, a ecolocalização utilizada por animais (Grupo A), ou até mesmo o uso das ondas eletromagnéticas em tecnologias de comunicação.

O engajamento e o trabalho em equipe apresentados pelo Grupo B indica que parte dos alunos da turma sentiu-se motivada e esteve empenhada com as atividades propostas na Cartilha. O contraste entre o primeiro mapa mental construído na primeira aula (Figura 07) e o mapa construído pelo Grupo B (Figura 19), fornece indícios da evolução no aprendizado dos estudantes ao longo do processo. Além disso, o interesse e a participação ativa do Grupo B na construção do mapa, bem como nos encontros, indicam que as atividades propostas na Cartilha foram capazes de estimular a motivação dos estudantes para o aprendizado. Essa construção proporcionou uma aprendizagem mais significativa, visto que os estudantes se envolveram ativamente no processo de construção do conhecimento.

A elaboração dos mapas mentais permitiu aos estudantes explorarem a relação entre os conceitos, criando uma representação visual que ajudou a consolidar seu entendimento sobre a ondulatória. Além disso, a utilização da Cartilha como base para a elaboração dos mapas mentais ressalta a importância do material na construção do conhecimento dos estudantes e sua relevância para a aprendizagem do tema.

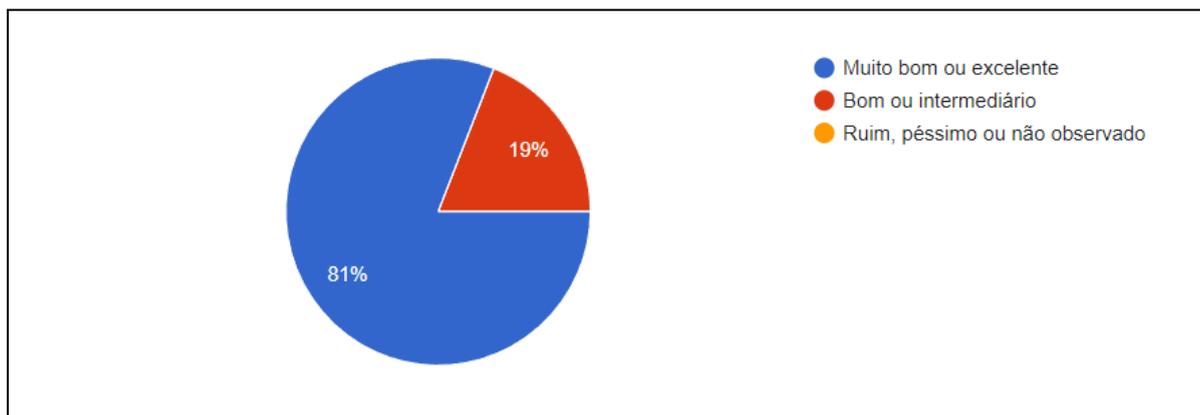
No que diz respeito à relação da Cartilha com a aprendizagem da ondulatória, os resultados positivos obtidos foram refletidos nos mapas e resumos criados pelos estudantes. A clareza e organização do material, aliadas aos exemplos práticos e recursos visuais fornecidos pela Cartilha contribuíram para que os estudantes pudessem compreender os conceitos de forma significativa e aplicá-los na elaboração dos mapas. O professor observou durante a atividade de criação dos mapas mentais o envolvimento e o interesse dos estudantes na produção dos seus trabalhos, o que demonstra o impacto positivo da Cartilha no processo de ensino e aprendizagem.

Contudo, cabe lembrar que, durante a aplicação do Produto Educacional aconteceram diversos desafios. Assim, fizeram-se necessárias algumas alterações no cronograma de aula, visto que em alguns assuntos surgiram discussões interessantes e indispensáveis para aquele momento.

## 4.2 Avaliação do Produto Educacional pelos estudantes

Ao término da utilização da Cartilha, os estudantes responderam um questionário com cinco perguntas relacionadas à vivência da utilização da Cartilha na Sequência Didática sobre Ondas Mecânicas. Os resultados obtidos são apresentados abaixo:

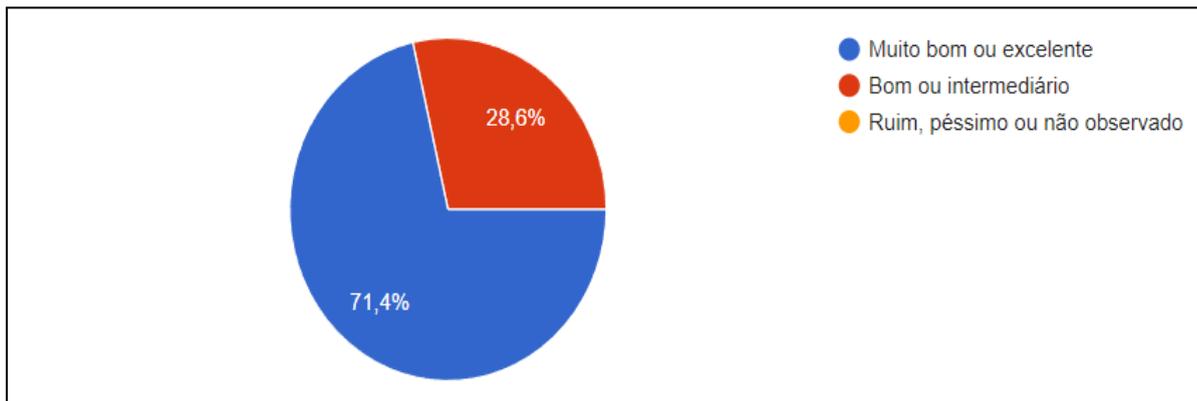
Figura 25: Respostas dos estudantes sobre a utilização da cartilha.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os estudantes marcaram uma das opções sobre “*A utilização da cartilha foi importante para o meu aprendizado.*” Ao analisar os resultados, verificamos que a grande maioria dos estudantes (81%) considerou a utilização da Cartilha como importante para o seu aprendizado. Possivelmente essa resposta positiva dos estudantes revela a satisfação dos alunos com o material proposto, o que se evidenciou através do engajamento deles durante as aulas. Isso evidencia a relevância do material no processo de ensino e aprendizagem, conforme defendido por Ausubel e Moreira na teoria da aprendizagem significativa. É satisfatório constatar que nenhum estudante classificou a utilização da Cartilha como ruim, péssima ou não observada, o que sugere que o recurso educacional foi bem recebido pelos alunos. Essa resposta positiva dos estudantes reforça a importância de fornecer materiais didáticos eficazes e adequados às necessidades e capacidades dos alunos. A partir do engajamento dos alunos manifestado em aula, pode-se supor que a utilização da Cartilha proporcionou um suporte significativo ao aprendizado dos estudantes, contribuindo para a compreensão do conteúdo sobre ondas mecânicas.

Figura 26: Respostas dos estudantes sobre a realização de experimentos durante as atividades da cartilha.



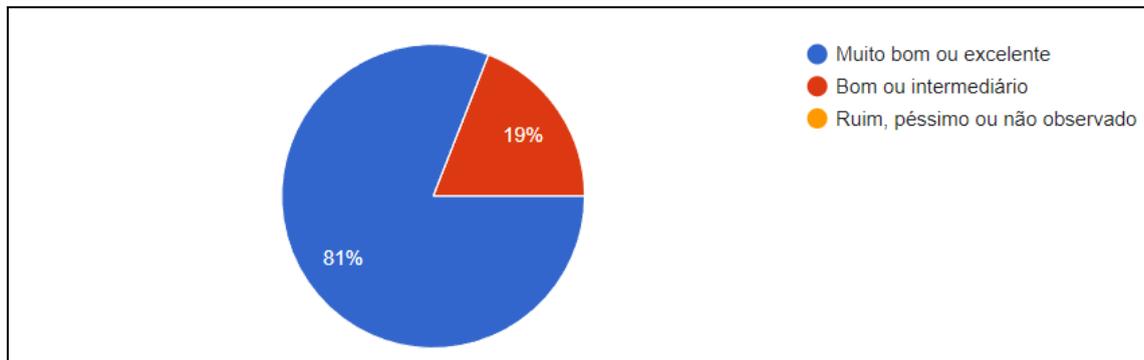
Fonte: Dados da pesquisa.

Os estudantes responderam a afirmação “*A realização de experimentos contribuiu para o meu aprendizado.*” A realização de experimentos é uma parte fundamental do processo de aprendizagem, permitindo que os estudantes tenham uma abordagem prática e vivencial dos conceitos teóricos. Ao analisar os resultados, observamos que 71,4% dos estudantes afirmaram que a realização de experimentos contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado. Ou seja, da perspectiva dos estudantes a experiência prática proporcionada pelos experimentos foi efetiva na compreensão dos conteúdos relacionados às ondas mecânicas.

Além disso, 28,6% dos estudantes classificaram a realização de experimentos como intermediária em termos de contribuição para a aprendizagem. Isso sugere que, embora tenham reconhecido a importância das atividades práticas, esses estudantes podem ter percebido a necessidade de maior orientação ou exploração dos experimentos para obterem um melhor aproveitamento.

Com base nessa análise, é possível reconhecer a importância de oferecer um suporte adequado durante a realização dos experimentos, fornecendo instruções claras e orientações para que os estudantes possam extrair o máximo de aprendizado dessas atividades. Dessa forma, poderemos aprimorar ainda mais a abordagem experimental, buscando proporcionar uma experiência ainda mais enriquecedora e efetiva para os estudantes, promovendo uma aprendizagem significativa e duradoura no estudo das ondas mecânicas.

Figura 27: Respostas dos estudantes sobre a utilização de textos e materiais de apoio durante as aulas.



Fonte: Dados da pesquisa.

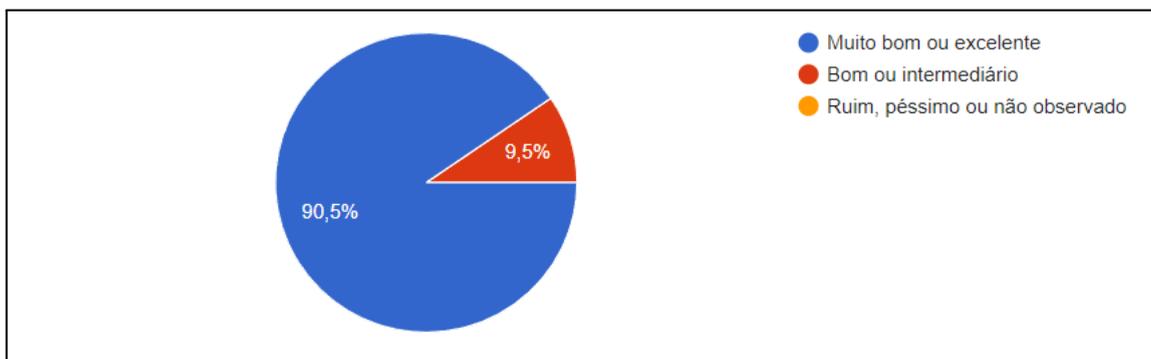
Os estudantes marcaram uma das opções sobre a afirmação “*Textos e material de apoio são relevantes nas aulas.*” Os resultados obtidos com relação aos textos e materiais de apoio utilizados nas aulas são muito positivos. De acordo com a avaliação dos estudantes, 81% consideraram esses recursos como de excelente qualidade, o que demonstra a efetividade dos textos e materiais em apoiar o processo de ensino e aprendizagem das ondas mecânicas. Além disso, 19% dos estudantes classificaram os textos e materiais como bons ou intermediários. É encorajador constatar que nenhum estudante avaliou os textos e materiais como ruins ou péssimos. Isso sugere que os recursos utilizados foram bem elaborados e adequados às necessidades dos alunos, contribuindo para o engajamento dos alunos e, possivelmente, uma maior compreensão do conteúdo.

Esses resultados são significativos, pois destacam a importância de disponibilizar materiais de qualidade que sejam capazes de engajar os estudantes e facilitar o processo de aprendizagem. A utilização de textos e materiais de apoio relevantes e bem estruturados proporciona uma base sólida para o desenvolvimento do conhecimento e estimula a reflexão e o envolvimento ativo dos alunos nas atividades propostas.

A partir desse feedback fornecido pelos alunos, obtivemos indícios de que os textos e materiais utilizados nas aulas desempenharam um importante papel no processo de engajamento dos alunos e no ensino e aprendizagem das ondas mecânicas. Esses recursos forneceram informações claras e relevantes,

contribuindo para a compreensão dos conceitos e facilitando a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos.

Figura 28: Respostas dos estudantes sobre a elaboração do mapa conceitual para a organização dos conhecimentos.



Fonte: Dados da pesquisa.

Os estudantes marcaram umas das opções, identificadas na figura 27, sobre a afirmação “A elaboração do mapa conceitual facilitou a organização dos conhecimentos.” A avaliação positiva dos estudantes em relação à elaboração de mapas conceituais é extremamente satisfatória. Dos participantes, 90,5% afirmaram que a utilização dessa estratégia facilitou a organização dos conhecimentos. Isso indica que os mapas conceituais foram eficazes na visualização e estruturação das informações relacionadas às ondas mecânicas. É importante ressaltar que 9,5% dos estudantes classificaram a elaboração de mapas conceituais como bons ou intermediários, o que demonstra que, mesmo que alguns alunos não tenham tido uma experiência tão positiva, ainda assim reconheceram a utilidade dessa ferramenta na organização do conhecimento. É relevante constatar que nenhum estudante avaliou negativamente a utilização de mapas conceituais.

#### 1. Comente como foi sua experiência com a utilização da Cartilha.

A última pergunta sobre a avaliação da Cartilha e sua utilização era uma questão dissertativa. Algumas das respostas dos estudantes foram:

Estudante A: “O material é muito completo, além de ter uma linguagem acessível que facilita a compreensão e o entendimento dos fenômenos ondulatórios.”

Estudante B: *“Consegui absorver o conteúdo rapidamente e com facilidade, devido à utilização da Cartilha de Estudos sobre Ondulatória.”*

Estudante C: *“As explicações da cartilha facilitou a compreensão do conteúdo em conjunto com as explicações e aulas leves do prof matheuzinho.”*

Estudante D: *“A cartilha fez com que aprendêssemos de forma fácil e rápida, com resumos e imagens de cada coisa facilitou o entendimento geral da matéria.”*

Estudante E: *“Foi importante, já que aprendi muito sobre outros tópicos da física.”*

Estudante F: *“Esta cartilha foi muito interessante e importante para meu aprendizado devido a forma dinâmica e simplificada de sua metodologia, com vários exemplos práticos do tema Ondulatória no cotidiano, com definições dos conceitos simples de entender e com a utilização de simuladores do Phet Colorado.”*

Estudante G: *“Foi uma experiência muito boa e valeu a pena ser feito as questões em grupo.”*

Estudante H: *“Foi uma excelente atividade com o apoio do excelentíssimo prof Matheus Pires.”*

Estudante I: *“Achei muito interessante e muito bom, gostei de fazer em grupo que daí discutíamos sobre o assunto, muito legal.”*

Estudante U: *“Eu achei muito bom os materiais e as ideias propostas.”*

Apesar de termos uma participação menor na avaliação do Produto Educacional, os resultados indicam uma avaliação geral positiva por parte dos estudantes em relação à clareza e organização da Cartilha. A maioria dos estudantes também considerou que a Cartilha contribuiu para seu entendimento sobre o tema das ondas mecânicas e que as atividades propostas foram adequadas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais desta jornada no Mestrado Profissional em Ensino de Física são marcadas pela reflexão sobre as etapas percorridas. A escolha do tema de ondulatória revelou-se acertada, permitindo explorar conceitos fundamentais dessa área da física de forma mais abrangente e significativa. O conceito de ondulatória e seus fenômenos estão presentes em nosso cotidiano, entendê-los se faz necessário na vida do estudante. Através do estudo aprofundado e da pesquisa, foi possível também aprimorar meus conhecimentos e de forma mais sólida e essenciais para minha prática como professor.

A construção da Cartilha e da sequência didática foi um desafio e uma grande oportunidade enriquecedora para colocar em prática os conhecimentos adquiridos durante o curso de mestrado. A elaboração e desenvolvimento do material didático exigiu muita pesquisa, organização e criatividade. Isso permitiu explorar diferentes abordagens e estratégias para apresentar os conceitos de forma clara, acessível e fundamentada aos estudantes, criando ligações entre os assuntos abordados e as situações cotidianas.

Realizar a aplicação do Produto Educacional é uma experiência gratificante. Poder observar os estudantes realizando os experimentos, anotações, trabalhando em equipe e fazendo descobertas faz com que o professor sinta o aprendizado significativo realmente acontecendo nas aulas. Contudo, cabe lembrar que, durante a aplicação do Produto Educacional ocorreram diversos desafios. Assim, fizeram-se necessárias algumas alterações no cronograma de aula, visto que em alguns assuntos surgiram discussões interessantes e indispensáveis para aquele momento.

Ao longo desta jornada, percebemos a importância da constante busca pelo aperfeiçoamento profissional e dedicação ao ensino. O Mestrado Profissional em Ensino de Física trouxe inúmeras contribuições para minha prática pedagógica, ampliando minha visão sobre educação e despertando o interesse em sempre buscar novas formas de tornar o aprendizado mais significativo para os estudantes. Por fim, contemplando um dos principais objetivos deste programa de mestrado, que é desenvolver, aplicar e disponibilizar um produto educacional a fim de que outros professores possam utilizá-lo nas suas práticas pedagógicas, a Cartilha será

disponibilizada de forma gratuita, com todos os recursos disponíveis. Que esta experiência siga influenciando positivamente a prática docente e inspire outros educadores a buscar sempre o aprimoramento e a inovação no ensino de Física e em outras áreas do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Bruno Ferreira; SILVEIRA Luciene Batista. **Ondas mecânicas: uma proposta de sequência didática utilizando recursos e elementos motivacionais alternativos**. Revista do Professor de Física, Brasília 11 de julho de 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/25882/22735> Acesso em: 03 de março de 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**, Brasília, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site\\_110518.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf)

BONFIM, Damiana; COSTA, Priscila; NASCIMENTO, Willian. **A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média**. Experiências em Ensino de Ciências. 2018. Disponível em: [https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID465/v13\\_n1\\_a2018.pdf](https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID465/v13_n1_a2018.pdf) Acesso em: 22 de janeiro de 2023.

CHIQUETTO, Marcos José. **O currículo de física do ensino médio no brasil: Discussão retrospectiva**. Revista e-curriculum, São Paulo, v.7 n.1 Abril de 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/5646/3990>. Acesso em 17 de agosto de 2022.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DINIZ, Elane Vieira. **O estudo de ondas mecânicas através de abordagem investigativa com enfoque na aplicação tecnológica**. Dissertação de mestrado (MNPEF) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2020. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacaoarquivo/p48-dissertacao-elane.pdf> Acesso em 19 de janeiro de 2022.

FRANÇA, et. al. Ondas mecânica: ensino pelo método investigativo. **Physicae Organum**, Brasília, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/42817/32922>. Acesso em: 10 de dezembro 2022.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física, 10ª edição**. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual** [recurso eletrônico] / Paul G. Hewitt ; tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

JEWETT, John.; SERWAY, Raymond. **Física para cientistas e engenheiros**, v. 2 : oscilações, ondas e termodinâmica. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074/5725> Acesso em: 24 de Setembro de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Ensino de Ciências**. Setembro de 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006> Acesso em 23 de outubro de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**. 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORESport.pdf> Acesso em 03 novembro de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Instituto de Física**. 2018. UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsfWPqr6hjzyLQzs/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. O que é afinal aprendizagem significativa? **Instituto de Física – UFRGS**. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf> Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Instituto de Física UFRGS**. Porto Alegre. 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf> Acesso em: 15 de janeiro de 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. Teorias construtivistas **Instituto de Física - UFRGS**, Porto Alegre. 1999. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10\\_moreira\\_ostermann.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10_moreira_ostermann.pdf) Acesso em: 5 de fevereiro de 2023.

MOZENA, Erika; OSTERMANN, Fernanda. Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino de Física. **UFRGS**. Porto Alegre, Julho de 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n2p327/32314>. Acesso em outubro de 2022.

MURGI, Regiane Nunes Dronov. Proposta de Sequência Didática para o ensino de ondas: uma abordagem teórico-experimental. Dissertação (MNPEF) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1299/1/RegianeNunesDronovMurgipdf.pdf>. Acesso em 25 de junho de 2021.

NUSSENZVEIG, H.M. Livro: **Curso de Física Básica, 4ª Edição**. São Paulo. Editora Edgard Blucher, 2002.

SILVEIRA, Carolina Pinheiro da. Atividades Experimentais para o Ensino de Física Ondulatória no Ensino Médio e NEJA. Dissertação (MNPEF). Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/6380/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Carolina%20Pinheiro%20da%20Silveira.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Acesso em: 8 de fevereiro de 2023.

SILVEIRA, Alexandro Neves. Sensoriamento de experimentos para o ensino de ondas usando *smartphone*. Dissertação de mestrado (MNPEF) Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2021. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacaoarquivo/p21-dissertacao-Alexsandro.pdf>. Acesso em 05 de julho de 2022.

STAUBT JUNIOR, Carlos Roberto. Uma sequência didática envolvendo os conceitos básicos de ondas mecânicas utilizando os métodos Just-In-Time Teaching e Peer Instruction na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Teoria Sociointeracionista. Dissertação de mestrado (MNPEF) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/197462/001097004.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 26 de agosto de 2022.

YOUNG, Hugh D. **Física I, Sears e Zemansky**. Colaborador A. Lewis Ford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. – 14. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

## **APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL**



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## PRODUTO EDUCACIONAL

# ONDAS MECÂNICAS: UMA CARTILHA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

Matheus Pires da Silva

Prof. Dr. Alexandre Luis Junges  
Orientador

Tramandaí - RS  
Setembro de 2023

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR</b> .....	03
<b>2</b>	<b>PLANEJAMENTO DAS AULAS</b> .....	03
<b>2.1</b>	Lição 01 .....	04
<b>2.2</b>	Lição 02 .....	06
<b>2.3</b>	Lição 03 .....	09
<b>2.4</b>	Lição 04 .....	10
<b>2.5</b>	Lição 05 .....	13
<b>2.6</b>	Lição 06 .....	13
<b>3</b>	Cartilha “Ondas Mecânicas: uma abordagem para o ensino médio” .....	15
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	100

## 1. ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR

Estas orientações têm como objetivo auxiliar os professores de Física, bem como os de ciências da natureza, na prática pedagógica de sala de aula. O material traz diversas sugestões para trabalhar os conceitos relacionados a *vibração, ondas mecânicas e seus fenômenos*. É válido reforçar que esta sequência didática apresentada pela cartilha pode ser adaptada de acordo com o professor ou andamento da turma.

A CARTILHA desenvolvida no Canva que compõe este Produto Educacional está disponível na Seção 2 deste Apêndice A e nos seguintes links:

Google Drive - PDF:

<https://drive.google.com/file/d/1P0LsQaf1NMPSWwreucxjA3PFHZfWgrjl/view>

Canva:

<https://www.canva.com/design/DAFfSoaTBgU/LV-UPXlqUiKiDzkSJLhZzg/view> .

O professor poderá fazer uso da cartilha da maneira que considerar apropriada para o seu contexto. Por exemplo, poderá baixar a cartilha em formato PDF, imprimi-la para entregá-la individualmente para cada estudante ou, durante a aplicação do produto, os alunos poderão acessar através do celular o material didático na forma digital pelo link do Canva acima.

## 2. PLANEJAMENTO DAS AULAS

Na tabela abaixo, segue o planejamento das atividades do Produto Educacional, descrevendo a lição, quantidade de períodos necessários para realizar as tarefas da cartilha e o assunto que será discutido. Cada período de aula está definido como 50 minutos.

Tabela 01: A Sequência Didática distribuída em 6 Lições

<b>Lição</b>	<b>Tempo</b>	<b>Assunto</b>
Lição 01: Vibração	2 períodos (50 min + 50 min)	Apresentação do Produto Educacional; Aplicação do questionário de conhecimentos prévios e Conceito de vibração, frequência e período
Lição 02: Ondas	2 período (50 min + 50 min)	Definição de onda; Ondas transversais e longitudinais; Dimensão de propagação; Natureza das ondas; Ondas do mar; Ondas sonoras e Ondas eletromagnéticas.
Lição 03: Características das ondas mecânicas	2 períodos (50 min + 50 min)	Pulso e onda; Crista, vale, comprimento de onda e amplitude; Frequência e período; Amortecimento e Velocidade de propagação;
Lição 04: Fenômenos ondulatórios	3 períodos (50 min + 50 min + 50 min)	Reflexão; Interferência; Ressonância; Eco e Reverberação e Ondas estacionárias.
Lição 05: Fenômenos ondulatórios: aplicações tecnológicas e ocorrências na natureza.	1 período (50 min)	Tsunamis; Sonar; Biossonar e as baleias; Ecolocalização dos morcegos; Golfinhos; Ressonância nas pontes; Efeito flutter; Interferência construtiva e destrutiva do som.
Lição 06: Mapa Conceitual e Avaliação do produto educacional.	1 período (50 min)	Definição de mapa conceitual; Construção do mapa conceitual e avaliação do produto educacional

Fonte: Autor

## **Lição 1: Apresentação da sequência didática e discussão inicial sobre vibrações**

*Carga horária: 2 períodos*

No primeiro encontro é apresentada a proposta de ensino junto com a aplicação de um questionário de conhecimentos prévios para averiguar as contribuições e discussões trazidas pelos alunos. O desenvolvimento da aula se dará de forma expositiva dialogada com uso de atividades experimentais, dividido em seis momentos. Cada momento está descrito nas etapas A,B,C,D,E e F descritas abaixo.

Os principais objetivos desta lição são os de trabalhar o conceito de vibração, associar os fenômenos vibratórios em situações cotidianas, definir frequência e

período de uma vibração, além de realizar um experimento investigativo sobre a vibração de um pêndulo.

Os recursos didáticos necessários para realizar as atividades são computador com internet, projetor, celular ou computadores para os alunos (para responderem o questionário de conhecimentos prévios), pêndulos simples e o material didático (Cartilha do aluno) no formato impresso ou digital.

**A) Apresentação da proposta da cartilha e do produto educacional.**

**B) Aplicação do questionário de conhecimentos prévios:** O professor propõe aos alunos que respondam, individualmente, o questionário sobre ondas mecânicas, disponível na Cartilha (Lição 1) e que será respondido na forma virtual (Google Forms). O questionário tem o intuito de investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os fenômenos ondulatórios, para isso os estudantes devem responder de acordo com os seus conhecimentos sobre o assunto.

**C) Problematização inicial - Conceito de vibração:** Após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, o professor lança a pergunta: *Como podemos identificar que algo está vibrando?*

Esta pergunta é bem ampla. Os alunos podem apresentar diversas respostas sobre o assunto e provavelmente sobre pontos de vista diferentes, mas é interessante que o professor incentive os alunos a participarem da discussão, reforçando que a participação e a opinião sobre a explicação do fenômeno é importante, mesmo que não esteja totalmente correta.

**D) Atividade Experimental 1 - Pêndulo simples:** Como ponto de partida, um experimento simples a ser analisado com os alunos é o balançar de um pêndulo, ficando visível um movimento vibratório. Para tanto, o professor propõe a atividade utilizando um pêndulo simples previamente construído e fornecido aos alunos. Cada grupo de alunos recebe um pêndulo simples, fornecido pelo professor. A proposta é que cada grupo calcule a frequência e o período de oscilação do pêndulo. Por exemplo, realizando medidas do ir e vir do pêndulo. Os grupos devem elaborar suas estratégias para anotar informações e realizar os cálculos. *Sugestão de exemplo*

*para realizar o cálculo da frequência e período no pêndulo: O tempo para que o pêndulo execute 10 oscilações completas é de 5 segundos, então temos 2 oscilações por segundo, ou 2 Hz de frequência. O período de oscilação é de 0,5 segundo.* Para correção da atividade experimental do pêndulo, cada grupo elege um representante para explicar como realizaram a determinação do período e frequência do pêndulo e quais valores obtiveram. Ao final das falas dos grupos o professor faz uma demonstração, também com o pêndulo, e formaliza os conceitos de vibração do pêndulo, frequência e período analisados na aula.

**E) Organização do Conhecimento - Relação entre período e frequência:** Leitura do *Texto 01* - Vibração, frequência e período, bem como o desenvolvimento da relação matemática entre frequência e período. Resolver os exemplos com os alunos e disponibilizar um tempo para que eles resolvam os exercícios.

**F) Aplicação do conhecimento:** Ao final da aula o professor propõe aos alunos que anotem no caderno as principais informações sobre vibrações, frequência e período que o aluno consideraram relevante nas discussões e análises que aconteceram durante o encontro.

---

## **Lição 02: Ondas e suas classificações**

*Carga horária: 2 períodos*

Os objetivos da Lição 2 envolvem compreender o conceito de propagação da onda, diferenciar uma onda mecânica de uma eletromagnética, classificar as ondas mecânicas quanto a forma de propagação, ou seja, longitudinal e transversal. Também serão observados os três tipos de dimensão de propagação da onda mecânica, unidimensional, bidimensional e tridimensional.

Os recursos didáticos para realização das atividades são: cordas com comprimento próximo a 4 metros e molas espirais, computador com internet, projetor, celular ou computadores para os alunos realizarem as atividades de simulação e o material didático (Cartilha do aluno) no formato impresso ou digital.

O desenvolvimento da Lição 02 é dividido em cinco etapas, A,B,C, D e E conforme os ítems abaixo.

**A) Revisão sobre vibração:** No início do segundo encontro o professor pode questionar os alunos sobre dúvidas referentes aos conceitos de vibração, frequência e período trabalhados na aula anterior. Caso os alunos manifestem dúvidas, se faz necessário disponibilizar um tempo para responder às perguntas dos alunos. É importante ter à disposição o material do encontro 01 (pêndulo simples), caso seja necessário retomar a explicação referente a Atividade Experimental 1.

**B) Problematização inicial:** Logo após as explicações, a motivação do segundo encontro inicia com a seguinte pergunta motriz (que pode ser projetada ou escrita na lousa). *O que é uma onda e como podemos identificá-la? Você consegue dar exemplos de ondas?*

Abre-se espaço para que cada aluno expresse sua opinião sobre esse conceito. Vale ressaltar que surgirão diversas explicações sobre o fenômeno e cabe ao professor não desprezar as respostas dos alunos e sim auxiliar na compreensão do conteúdo. A pergunta é bem abrangente e não especifica o conteúdo, justamente para que se abra um leque de exemplos e possíveis discussões. Um tópico bem importante, que poderá surgir, é a onda do mar, porque no próprio nome existe a palavra “onda”. Outros exemplos que poderão aparecer são ondas sonoras, ondas luminosas, ondas de raio x, ondas de rádio, etc.

**C) Atividade Experimental 02: Cordas e Molas.** O professor apresenta aos alunos uma corda e uma mola e indaga sobre possíveis atividades que possam ser realizadas no intuito de explorar as características de uma onda. Para tanto, as cordas são distribuídas aos alunos em grupos para que possam realizar experimentos exploratórios como, por exemplo, a brincadeira infantil de simulação de uma cobra com a corda.

Nessa etapa exploratória, o professor incentiva os alunos para que testem pulsos com amplitude e frequências diferentes. Realizar movimentos com maior e menor amplitude e frequência. Por fim, o professor questiona sobre a propagação da matéria ou energia, relacionando a atividade com os conceitos trabalhados nas aulas anteriores.

Os alunos perceberão que aumentando a frequência de vibração, o comprimento da onda diminui, porque estes conceitos são inversamente proporcionais. Já a amplitude não apresenta relação com a frequência e o comprimento de onda.

**D) Organização do conhecimento - Texto 02:** Realização da leitura do *Texto 02 - Ondas e suas Classificações*, de forma individual, em grupos ou em um único grupo. Este texto apresenta a classificação transversal e longitudinal das ondas, suas dimensões de propagação e a natureza das ondas: ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas e ondas de matéria. Sobre as ondas mecânicas são abordadas as ondas do mar e as ondas sonoras, junto com informações e animações que visam contribuir para a assimilação dos estudantes.

**E) Aplicação do Conhecimento: Atividade de simulação A - Ondas: Uso do simulador de ondas:** Para auxiliar na compreensão e discussão feita através do *Texto 02*, será feito uso de um simulador de ondas do PhetColorado, disponível no link: [https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html). Com auxílio do projetor de slides, o professor apresenta o simulador e disponibiliza o link aos alunos, que devem acessar o simulador pelo celular ou computador, de acordo com a disponibilidade da escola.

Esta atividade está dividida em três partes. A primeira parte é destinada a ondas na água. A segunda parte tem o foco em ondas sonoras. Na terceira parte é observado as ondas de luz. A cartilha do estudante é fundamental nesta etapa, nela aparecem questões para que os alunos possam interagir com o simulador.

**D) Encerramento:** Na última etapa da aula, o professor abre espaço para discussão sobre as respostas dos alunos para as perguntas de cada simulação realizada (veja-se as questões referentes às simulações na Cartilha). É interessante que, durante a discussão, o simulador esteja projetado para todos e que seja manuseado e interpretado pelo professor, a fim de relacionar o conteúdo discutido.

---

## **Lição 03: Características da ondas mecânicas**

*Carga horária: 2 períodos*

A Lição 03 é destinada ao estudo das ondas mecânicas, apresenta as grandezas físicas e características das ondas, como amplitude, velocidade, comprimento de onda, frequência e período. A realização desta lição envolve atividade com manuseio de cordas, simulações virtuais e exercícios na cartilha do aluno. Os recursos didáticos necessários são: cordas de 4 metros, computador com internet, projetor, celular ou computadores para os alunos (uso do simulador) e o material didático (Cartilha do aluno) no formato impresso ou digital.

O desenvolvimento da Lição 03 está dividido em quatro etapas, A,B,C e D, conforme os itens descritos abaixo.

**A) Problematização inicial:** Iniciamos a Lição 03 com duas perguntas: “Podemos aumentar a velocidade de propagação da onda numa mesma corda?” “O que acontece se aumentarmos a rapidez ao balançar os braços?” São perguntas simples que servem de motivação inicial ao estudo da Lição 03.

**B) Atividade de simulação B: ondas em cordas.** No segundo momento de aula, será realizada uma atividade de simulação guiada pelo professor fazendo uso do simulador de ondas disponível em Phet Colorado: [Onda em Corda - Ondas, Frequência, Amplitude - Simulações Interativas PhET](#), dividido em duas partes.

Na parte 01, será ampliada a compreensão dos conceitos de amplitude, comprimento de onda, frequência e período, bem como introduzidos novos conceitos como o amortecimento de uma onda e os efeitos da tensão numa corda. Já na parte 02, o estudante investigará a velocidade de propagação de um pulso ou de uma onda. É importante que o aluno responda às questões da cartilha para auxiliá-lo na investigação do assunto.

**C) Organização do conhecimento - Texto 03:** Os alunos farão a leitura do Texto 03 - *Características das Ondas Mecânicas* e responderão aos exercícios propostos. O Texto 03 aborda a velocidade de propagação de uma onda e o desenvolvimento da

fórmula matemática (que o professor poderá deduzir no quadro) que expressa a relação entre velocidade, comprimento de onda e frequência.

**D) Aplicação do conhecimento: Exercícios:** Na última etapa da aula, o professor propõe aos estudantes realizarem as atividades da cartilha que envolvem os exercícios propostos. Ao final, a correção dos exercícios poderá ser realizado na lousa pelo professor ou pelos próprios estudantes.

---

## **Lição 04: Fenômenos Ondulatórios**

*Carga horária: 3 períodos*

A Lição 4 está destinada ao estudo dos fenômenos ondulatórios. Dentre os seus objetivos está a compreensão de fenômenos como a reflexão de uma onda, a interferência construtiva e destrutiva, ondas estacionárias, eco, reverberação e ressonância. Esta lição dispõe de atividades práticas envolvendo os experimentos de ressonância e reflexão da onda na corda, uso de simuladores, leitura, interpretação e discussão em aula.

Para a realização das atividades da Lição 4, se faz necessário os recursos: computador com internet, projetor, celular ou computadores para os alunos realizarem as atividades de simulação e o material didático (Cartilha do aluno) no formato impresso ou digital. Para os experimentos de ressonância, o professor precisa disponibilizar dois diapasones e, no mínimo, dois pêndulos. Para o experimento de reflexão de uma onda e onda estacionária, é necessário uma corda com aproximadamente 4 ou 5 metros de comprimento.

O desenvolvimento da Lição 04 está dividido em 5 etapas, conforme descrito abaixo.

**A) Problematização inicial:** Iniciamos a Lição 04 com a pergunta: “*De que maneira os golfinhos se comunicam na água?*” O professor pode acrescentar algumas

perguntas para auxiliar nesta primeira etapa, como, por exemplo, “*O que é ecolocalização?*” ou, então, “*Como funcionam os sonares dos navios e submarinos para identificar obstáculos à sua frente?*” Deixar um tempo para conversar e dialogar com os estudantes, anotando na lousa as informações descritas por eles e, por fim, problematizar as respostas fornecidas pelos alunos.

**B) Atividade de Simulação 3 - Reflexão de pulsos:** Atividade com o simulador da Vascak que apresenta os pulsos refletindo, simultaneamente, com extremidade fixa e solta. Link para acessar o simulador: [Reflection of Waves from Boundaries](#)  
Os estudantes devem ter acesso a cartilha, porque nela constam as perguntas norteadoras para estudo do fenômeno de reflexão de uma pulso.

**C) Organização do conhecimento - Texto 04:** Com o Texto 04 - Eco e Reverberação o professor dá sequência ao conceito de reflexão de uma onda. Junto com a leitura do texto, pode-se, neste momento, calcular a distância necessária para que o ser humano possa diferenciar os fenômenos do eco e reverberação.

**D) Atividade de simulação D: Interferência Construtiva e Destrutiva nas ondas estacionárias:** Esta atividade de simulação tem a finalidade de investigar o o fenômeno da interferência entre ondas refletidas. A simulação pode ser realizada somente pelo professor, projetando o simulador com auxílio de um projetor de slides para que todos possam visualizá-la. Também poderá ser feita de forma individual, onde cada estudante acessa a mesma. Link: [Onda em Corda - Ondas, Frequência, Amplitude - Simulações Interativas PhET](#)

Na parte 1 da simulação são analisados os pulsos e ondas refletidos numa corda com extremidade fixa. Na parte 2 são analisados os pulsos e ondas refletidas numa extremidade solta. As perguntas referentes a simulação constantes na cartilha são importantes para auxiliar o professor e os estudantes na análise dos fenômenos.

**E) Organização do conhecimento - Texto 05:** O Texto 05 - Interferência, aborda de forma organizada o conceito da Superposição de ondas, descrevendo a análise da interferência construtiva e destrutiva. Ainda no texto 05, encontram-se informações sobre o experimento da dupla fenda de Thomas Young (1773 - 1829).

**F) Atividade de Simulação E:** Esta atividade de simulação tem a finalidade de entender e prever o comportamento da interferência construtiva e destrutiva entre duas ondas propagando-se no mesmo meio material. É uma simulação simples, mas que aborda os conceitos discutidos no Texto 05. Link: [Interferência de Onda](#)

**G) Atividade Experimental 03 - Ondas estacionárias na corda:** O quarto momento do encontro é destinado a análise e observação das ondas estacionárias. Esta atividade será realizada de forma experimental, utilizando a corda com uma das extremidades fixa e a outra na mão do professor ou estudante que realizará o movimento. Uma das extremidades pode ser fixada na maçaneta da porta ou segurada por um estudante. Na outra extremidade, o professor realiza o movimento circular para criar os nós e ventres. É importante a utilização do quadro para ilustrar e anotar a nomenclatura das ondas estacionárias.

**H) Organização do Conhecimento - Texto 06: Ondas estacionárias e ressonância.** O Texto 06 - Ondas Estacionárias organiza as informações sobre os conceitos trabalhados na atividade de Simulação E e na Atividade Experimental 03. A leitura do texto pode ser feita individualmente ou em conjunto com o grande grupo.

**I) Atividade Experimental 04: Ressonância no pêndulo.** Nos experimentos de ressonância é necessário termos dois ou mais “instrumentos” (no caso serão empregados três pêndulos) iguais, para que haja ressonância, caso contrário o fenômeno acontecerá. A análise da ressonância será feita a partir da construção e observação da Atividade Experimental 4. A Atividade emprega três pêndulos, tendo dois deles comprimentos de fios idênticos. Inicialmente coloca-se dois pêndulos de fios com comprimentos distintos um ao lado do outro, balançando o primeiro pêndulo observa-se que o segundo (ao lado) não se movimenta. Por sua vez, ao colocarmos dois pêndulos idênticos, observa-se que o movimento de um induz um movimento no outro. Ou seja, o segundo pêndulo entra em ressonância, apresentando a mesma frequência de oscilação do primeiro.

---

## **Lição 05: Fenômenos ondulatórios - Aplicações tecnológicas e na natureza.**

*Carga horária: 1 período*

Esta lição serve para informar curiosidades sobre os fenômenos da ondulatória. Possui apenas um momento, de *Organização do Conhecimento*, com textos informativos sobre os tsunamis, o sonar, o biosonar e a comunicação das baleias, a diferença entre o canto das baleias e o biosonar, a ecolocalização dos morcegos e dos golfinhos. Esta parte da cartilha apresenta também curiosidades sobre a ponte Rio-Niterói, o efeito Flutter nas aeronaves, a ressonância nos helicópteros, o oscilador massa-mola em ressonância e um texto sobre som + som = silêncio.

---

## **Lição 06: Mapa conceitual e avaliação do produto educacional**

*Carga horária: 1 período*

Na última lição proposta pretende-se realizar a construção do mapa conceitual da temática abordada, proporcionando aos estudantes uma oportunidade de consolidar e organizar os conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática.

Para a realização das atividades da Lição 6, se faz necessário os recursos: computador com internet, projetor, celular ou computadores para os alunos acessarem o material didático (Cartilha) no formato digital, ou terem acesso a Cartilha na forma física. Para construir o mapa conceitual, os estudantes necessitam de folhas brancas A4, lápis de cor e canetas coloridas.

**A) Construção de um Mapa conceitual:** Como avaliação final, os estudantes em pequenos grupos deverão construir um mapa conceitual sobre o tema das ondas mecânicas estudado nos encontros anteriores. Na cartilha constam informações e materiais de apoio para orientar a construção do Mapa Conceitual.

**B) Avaliação do Produto Educacional:** Como encerramento das atividades, será disponibilizado aos alunos, de forma individual, um questionário final de avaliação da Cartilha do Aluno.

### **3. Cartilha “Ondas Mecânicas: uma abordagem para o ensino médio”**

A partir da próxima página é apresentada na íntegra a Cartilha desenvolvida com o objetivo de proporcionar uma introdução clara e acessível ao estudo das ondas mecânicas. Com ela, o aluno terá a oportunidade de aprender os conceitos fundamentais sobre ondas, suas propriedades e suas aplicações na vida cotidiana. O material, busca explicar os conceitos de forma simples e objetiva, sem deixar de lado a profundidade necessária para a compreensão dos assuntos abordados. Espera-se que esta cartilha ajude a despertar o interesse e a curiosidade do estudante pela física de ondas mecânicas.



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL



# ONDAS MECÂNICAS: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO

Matheus Pires da Silva



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

# **ONDAS MECÂNICAS: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO**

Matheus Pires da Silva

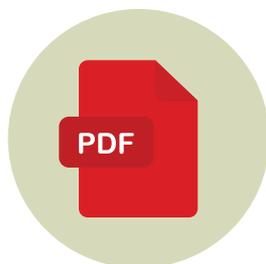
Esta cartilha é parte do  
Produto Educacional  
desenvolvido no Mestrado  
Nacional em Ensino de Física  
sob orientação do professor  
Alexandre Luis Junges

# ONDAS MECÂNICAS: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO

**ACESSO AO PRODUTO EDUCACIONAL NA FORMA DIGITAL**



Para acessar a cartilha via Canva, visualizando todas as animações e vídeos, faça a leitura do QR Code ao lado ou clique na imagem "CANVA"



Para acessar a cartilha em pdf, sem animações e vídeos, utilize o Qr Code ao lado ou clique na imagem "PDF"



# SUMÁRIO

---

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	01
<b>QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS</b>	
Apresentação e Link de acesso ao formulário digital .....	02
Questões .....	03
<b>1 – VIBRAÇÃO</b>	
Introdução: Conceituando Vibração .....	05
Atividade experimental 01 - Pêndulo .....	07
Vibração frequência e período - Texto 01 .....	08
Aplicação do conhecimento .....	12
<b>2 – ONDAS</b>	
Introdução: Como é uma onda? .....	15
Atividade experimental 02 - Cordas e molas .....	18
Ondas e suas classificações - Texto 02 .....	19
Ondas longitudinais e transversais .....	21
Dimensões de propagação .....	22
Ondas mecânicas no mar .....	24
Ondas mecânicas no som .....	25
Ondas Eletromagnéticas .....	26
Atividade de Simulação A: Ondas na água, sonora e eletromagnéticas .....	28
<b>3 – ONDAS MECÂNICAS</b>	
Introdução: Ondas mecânicas .....	32
Atividade de simulação B - Ondas em cordas .....	33
Características das ondas mecânicas - Texto 03 .....	37
Aplicação do conhecimento .....	42
<b>4 – FENÔMENOS ONDULATÓRIOS</b>	
Introdução: Fenômenos ondulatórios .....	46
Atividade de simulação C - Reflexão de pulsos .....	47
Eco e Reverberação - Texto 04 .....	49
Atividade de simulação D - Ondas na corda .....	50

# SUMÁRIO

---

## 4 – FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

Interferência - Texto 05 .....	53
Luz - onda ou partícula .....	55
Atividade de simulação E - Padrão de interferência .....	56
Atividade experimental 03 - Ondas estacionárias na corda .....	57
Ondas estacionárias - Texto 06 .....	58
Ressonância .....	60
Ponte de Tacoma .....	61
Atividade experimental 04 - Ressonância .....	62

## 5 – FENÔMENOS ONDULATÓRIOS: APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E CURIOSIDADES

Tsunamis .....	64
Sonar .....	66
Biosonar e as baleias .....	68
Canto das baleias .....	69
Ecolocalização dos morcegos .....	70
Golfinhos e a ecolocalização .....	71
Ponte Rio-Niterói e Efeito Flutter .....	73
Ressonância nos helicópteros e no Oscilador Harmônico .....	74
Som + som = silêncio .....	75

<b>MAPA CONCEITUAL</b> .....	76
------------------------------	----

<b>AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	77
---	----

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	80
-----------------------------------	----

# APRESENTAÇÃO

Olá, bem-vindo à nossa cartilha sobre ondas mecânicas!

Esta cartilha foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar uma introdução clara e acessível ao estudo das ondas mecânicas. Com ela, você terá a oportunidade de aprender os conceitos fundamentais sobre ondas, suas propriedades e suas aplicações na vida cotidiana. Nesse material, você encontrará uma abordagem didática, que busca explicar os conceitos de forma simples e objetiva, sem deixar de lado a profundidade necessária para a compreensão dos assuntos abordados. Este material foi desenvolvido com base em referências bibliográficas conceituadas e em anos de experiência na área de física. Estamos confiantes de que você terá uma ótima experiência de aprendizado com a nossa cartilha. Aproveite ao máximo o conteúdo que preparamos para você e não hesite em perguntar ou falar caso tenha alguma dúvida ou sugestão. Esperamos que esta cartilha ajude a despertar em você o interesse e a curiosidade pela física de ondas mecânicas.

Bons estudos!

# QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Esse questionário tem como objetivo avaliar seu nível de conhecimento atual sobre o assunto, para que você possa identificar quais são as áreas em que precisa se aprofundar. Ao responder às perguntas do questionário, você terá a oportunidade de refletir sobre o que já sabe e sobre aquilo que ainda precisa aprender.

Para responder ao Questionário de Conhecimentos prévios sobre ondas, você pode acessá-lo de forma online através do link abaixo ou do QR Code. Certifique-se de que está utilizando um dispositivo com acesso à internet, seja ele um celular, tablet ou notebook.



**[HTTPS://FORMS.GLE/TB2UYZi3SICA7FFYA](https://forms.gle/TB2UYZi3SICA7FFYA)**



# QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

**1** Qual das situações abaixo está relacionada com o movimento de **vibração**?

- Movimento de um pêndulo.
- Deslocamento de um trem.
- Corda de um violão.
- Giro de um pião.

**2** Qual das situações abaixo está relacionada com o **movimento ondulatório**?

- Balançar de um pêndulo.
- Corda de um violão.
- Ondas marítimas.
- Deslocamento de um caminhão.

**3** Dentre os animais abaixo, quais utilizam a **ecolocalização** para orientação?

- Macacos
- Aves migratórias
- Morcegos
- Golfinhos

# QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

**4** Uma pessoa pode **quebrar uma taça** usando apenas sua voz, porque:

- A pessoa utiliza uma caixa de som.
- O grito deve estar na frequência de vibração da taça.
- O grito deve ser muito agudo.
- Essa situação é impossível.

**5** Dentre os fenômenos e abaixo, quais envolvem a propagação de uma **onda**?

- Furacão.
- Terremoto.
- Tsunami.
- Efeito estufa.
- Raio-X.

# 1 VIBRAÇÃO



Problematização inicial

**O QUE É UMA VIBRAÇÃO?**

**COMO PODEMOS IDENTIFICAR QUE ALGO ESTÁ VIBRANDO?**

Paul Hewitt, no livro Física Conceitual, escreve que: “De um modo geral, qualquer coisa que oscile para frente e para trás, para lá e para cá, de um lado para outro, para dentro e para fora, ou para cima e para baixo, está vibrando. Uma vibração ou oscilação é um movimento bamboleante com o transcorrer do tempo” (Hewitt, 2015, p.357).

Nos telefones celulares, frequentemente utilizamos o modo “vibração”. Mas como o telefone vibra? Dentro do dispositivo há um motor elétrico, com uma peça no formato de meia lua acoplada na ponta de seu eixo. Quando o motor é acionado pelo software do telefone, começa a girar. O segredo está na peça com formato de meia lua, que desbalanceada (devido a distribuição desigual de massa em torno do eixo de rotação) gera um desequilíbrio rotativo, fazendo celular vibrar. Esta mesma estratégia é utilizada nos controles de vídeo game, escova dental elétrica, massageadores, compactadores de solo, etc.



## **Celular vibrando**

No vídeo indicado pelo QR code ao lado, podemos observar melhor como funciona o motor que faz o telefone vibrar.

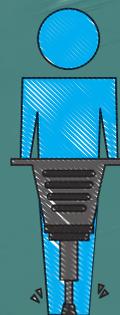


---

Há diversas situações onde o movimento de vibração é facilmente identificado. Podemos citar um pêndulo simples, uma bola quicando, uma pessoa balançando numa rede, crianças brincando na gangorra, entre outros.



**Balanço**



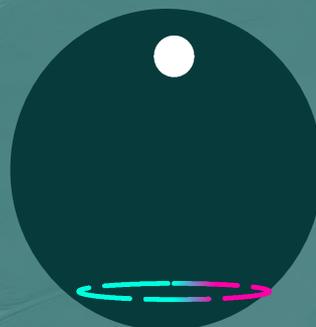
**Britadeira**



**Pêndulo do relógio**



**Gangorra**



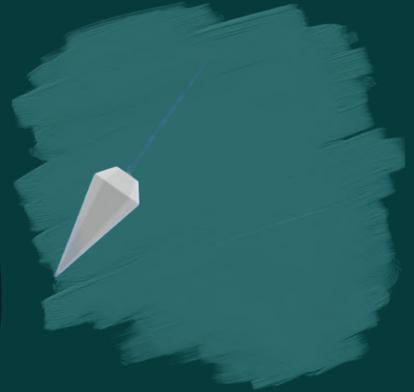
**Bola quicando**

# ATIVIDADE EXPERIMENTAL 01

---

## Pêndulo simples

Para realizarmos essa prática experimental, precisaremos de um pêndulo simples, podendo ser construído com um objeto pequeno e uma corda ou barbante, conforme imagem ao lado.



**Manuseando o pêndulo - questões:**



- A) O pêndulo realiza um movimento vibratório?
- B) Quantas oscilações completas são realizadas em 10 segundos?
- C) Em quantos segundos o pêndulo realiza 20 oscilações?
- D) O que você por frequência e período de oscilação?

# VIBRAÇÃO

## FREQUÊNCIA E PERÍODO

Organização do conhecimento

Texto 01

### Vibração:

Segundo Hewitt (2015), “Uma vibração ou oscilação é um movimento bamboleante com o transcorrer do tempo”, ou seja, o movimento pode se repetir periodicamente, ou não, num determinado intervalo de tempo.

### Frequência de vibração:

A frequência de um objeto vibrando indica a quantidade de vezes que ele completa um ciclo oscilante num dado intervalo de tempo. Podemos utilizar a relação:

$$\text{Frequência} = \frac{\text{Número de Oscilações}}{\text{Tempo}}$$



A unidade de frequência no SI (Sistema Internacional de Unidades) é chamada de Hertz (Hz), que indica a quantidade de oscilações completas a cada intervalo de um segundo.

---

Uma bola que ao ser abandonada quica 5 vezes por segundo possui frequência de 5Hz.

Uma britadeira que faz 150 oscilações em 3 segundos, possui frequência de 50 oscilações por segundo, ou seja, 50Hz.

$$\text{Frequência} = \frac{\text{Número de Oscilações}}{\text{Tempo}}$$

$$\text{Frequência} = \frac{150 \text{ oscilações}}{3 \text{ segundos}}$$

$$\text{Frequência} = 50 \text{ Hz}$$

A hélice de um ventilador gira 340 voltas completas em 4 segundos possui 85Hz.

$$\text{Frequência} = \frac{\text{Número de Oscilações}}{\text{Tempo}}$$

$$\text{Frequência} = \frac{340 \text{ oscilações}}{4 \text{ segundos}}$$

$$\text{Frequência} = 85 \text{ Hz}$$

## Período de vibração:

O período de um objeto oscilante é o tempo necessário para que ele complete um ciclo oscilante. Sua unidade de medida é o tempo, podendo ser em segundos, minutos, horas, dias, etc.

$$\text{Período} = \frac{\text{Tempo}}{\text{Número de oscilações}}$$

Um pêndulo simples leva 2 segundos para completar um ciclo de ir e vir, então seu período é de 2 segundos.



O período de rotação do planeta Terra é de aproximadamente 24 horas.

Uma roda gira 5 voltas completas num segundo, então seu período é de 0,2 segundos (tempo necessário para completar uma volta).

$$\text{Período} = \frac{\text{Tempo}}{\text{Número de oscilações}}$$

$$\text{Período} = \frac{1 \text{ segundo}}{5 \text{ oscilações}}$$

$$\text{Período} = 0,2 \text{ segundos}$$



---

Frequência e período são inversamente proporcionais conforme indica a expressão matemática 1, ou seja, caso a frequência seja alta o período deve ser baixo. Assim, quanto maior for a frequência, menor será o período e quanto maior for o período, menor será a frequência.

$$\text{frequência} = \frac{1}{\text{período}}$$

**Fórmula 01: Expressa a relação entre a frequência e o período**

**Observação:**

Ao utilizarmos a unidade de medida de período em segundos, teremos uma frequência em Hertz.



**NOTA:**

Para que exista uma alta frequência, se faz necessário que haja uma alta rapidez no movimento.

## APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

### EXEMPLO 01:

Calcule o período de rotação de um pião que gira numa frequência de 5hz.



$$\text{frequência} = \frac{1}{\text{período}}$$

$$5 \text{ Hz} = \frac{1}{T}$$

$$5 \text{ Hz} \times T = 1$$

$$T = \frac{1}{5 \text{ Hz}}$$

$$T = 0,20 \text{ segundos}$$

O pião apresenta uma frequência de 5 Hz, significa que faz 5 voltas completas por segundo, ou seja, o período para que cada rotação aconteça é de 0,2 segundos.

---

### EXEMPLO 02:

Um hamster caminha dentro de uma roda, fazendo com que ela gire num período de 2 segundos. Calcule a frequência da roda.



$$\text{frequência} = \frac{1}{\text{período}}$$

$$f = \frac{1}{2 \text{ seg}}$$

$$f = 0,5 \text{ Hz}$$

→ A roda faz um giro completo a cada 2 segundos, ou seja, apresenta 0,5 Hz de frequência.

## EXERCÍCIOS

- 1 Considere uma roda que efetua 10 oscilações completas em 5 segundos. Calcule sua frequência e seu período.



- 2 Um determinado gerador eólico faz 10 rotações por minuto. Calcule seu período e sua frequência em Hz.

# 2 ONDAS



Problematização inicial

**O QUE É UMA ONDA E COMO PODEMOS CARACTERIZÁ-LA?  
VOCÊ CONSEGUE DAR EXEMPLOS DE ONDAS?**

Diferentemente de uma vibração, onde algo oscila de um lado para o outro, transportando matéria, numa onda “o que é de fato transportado de um lugar para outro é a perturbação do meio, e não o próprio meio” Hewitt (2015, p.357), ou seja, numa onda não há transporte de matéria, mas de energia. Observamos essa propagação de energia, por exemplo, quando balançamos uma corda. Mesmo segurando a corda e balançando para cima e para baixo, observamos um ou mais “cocurutos” se movendo para frente. A corda continua em nossas mãos, porém o sincronismo de subir e descer das pequenas partes que compõem o material faz com que enxerguemos um falso movimento de translado horizontal de matéria, que na verdade não existe.

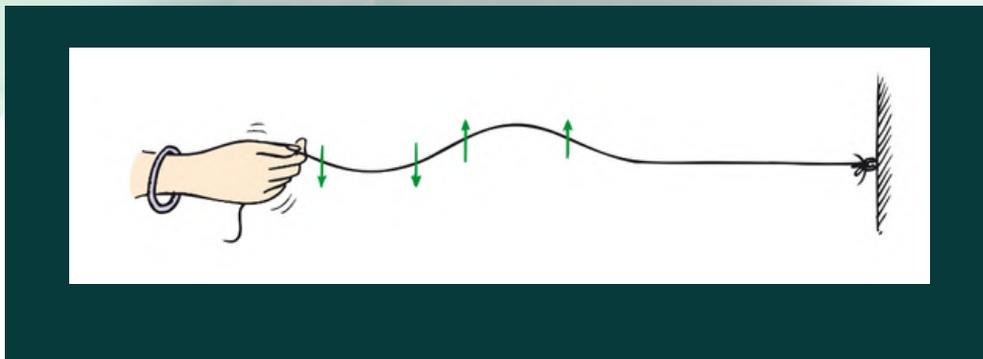


Figura 1: Propagação de uma onda na corda. Fonte: Hewitt - Física Conceitual



Outro exemplo de onda é quando jogamos uma pedra num lago que esteja com a superfície calma ou lisa, o que geralmente ocorre em dias sem a ocorrência de ventos. Logo após a pedra entrar na água, observamos pequenos anéis se movendo de onde a pedra caiu em direção às margens. Na verdade as moléculas de água sobem e descem, embora quem observa tenha a percepção visual de que as moléculas de água estão se movendo junto da onda, não ocorre transporte de matéria, mas apenas de energia.



Figura 2: Onda bidimensional propagando-se na superfície da água. Fonte: Canva



Podemos estabelecer uma analogia entre a propagação de uma onda e a conhecida "OLA" realizada principalmente nos estádios de futebol pelos torcedores que estão situados na arquibancada. As pessoas que inicialmente estão sentadas, levantam-se dos assentos e erguem as mãos, logo após retornam a sua posição inicial. Esse movimento feito de forma sincronizada pelos torcedores cria um efeito visual de que algo está sendo transportado, porém, enquanto a "OLA" (onda) se propaga todas as pessoas (matéria) permanecem no mesmo lugar.



O vídeo acima mostra a propagação de uma "Ola" na arquibancada durante uma partida de futebol.

# ATIVIDADE EXPERIMENTAL 02

---

## Cordas e molas

Nesta atividade iremos experienciar o comportamento ondulatório de uma corda e uma mola. Formem grupos de 3 a 5 alunos e utilizando a corda e a mola disponibilizadas, realizem as etapas abaixo respondendo as perguntas.



**Manuseando a corda e a mola, responda:**



 A) **Geração de pulsos:** Mantenha a corda esticada no chão, segure numa das extremidades e balance uma vez para cima e para baixo ou para a direita e esquerda. O que você observa?

 B) **Geração de ondas:** Com a corda esticada no chão, realize vários movimentos "para cima" e "para baixo" alterando a velocidade e amplitude de oscilação. O que observamos no comportamento da corda?

>> O que acontece com o comprimento da onda quando aumentamos a frequência de vibração? O que acontece com a amplitude?

>> O que você observa com relação a propagação da onda? Existe propagação de matéria? Ou, o que se propaga numa onda? Explique.

 C) **Geração de ondas na mola:** utilizando a mola tente reproduzir os passos (a) e (b) feitos anteriormente para a corda. O que você observa de diferente?

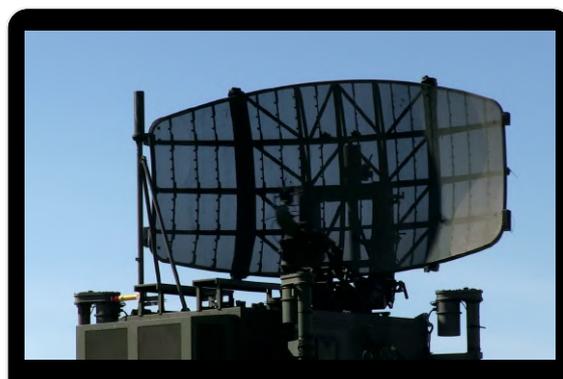
# ONDAS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

## Organização do conhecimento - Texto 02

As ondas são fenômenos naturais fascinantes que podem ser observados em várias formas ao nosso redor, desde o movimento da água na praia até o som de um violino.

O estudo das ondas desempenha um papel importante na vida cotidiana, tanto na área da ciência quanto da tecnologia, incluindo a Física, medicina, engenharia e a comunicação.

Para que haja som ou da luz, precisamos da propagação das ondas. Também são exemplos de aplicação tecnológica das ondas, o sonar, as ondas de rádio, os radares, raio-x, telecomunicações, celular, wireless, rádio e tv, bem como GPS. Até aparelhos eletrodomésticos, como forno microondas, utilizam a propagação de onda para funcionarem.



---

## CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS:

As ondas podem ser classificadas de acordo com algumas características.

Uma dessas características é a **propagação**, que pode ser **transversal** ou **longitudinal**.

Ondas transversais são aquelas em que a vibração ocorre perpendicularmente à direção de propagação, enquanto ondas longitudinais são aquelas em que a vibração ocorre paralelamente à direção de propagação.

Outra característica é a **dimensão de propagação**, que pode ser **unidimensional**, **bidimensional** ou **tridimensional**. Ondas unidimensionais se propagam em apenas uma direção, enquanto ondas bidimensionais se propagam em duas direções perpendiculares entre si. Já ondas tridimensionais se propagam em três direções perpendiculares entre si.

Por fim, as ondas podem ser classificadas de acordo com a sua **natureza**. Existem as ondas **mecânicas**, que são aquelas que precisam de um meio material para se propagar, como ondas sonoras e ondas em cordas. E existem as ondas **eletromagnéticas**, que são aquelas que não precisam de um meio material para se propagar, como ondas de rádio, luz e raios X.

## ONDAS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS

Na figura 8 podemos observar **duas** situações diferentes de propagação. Na figura 8(a) o movimento da mão é para frente e para trás, realizando uma onda **longitudinal**, onde o sentido de propagação da onda é o mesmo do sentido de vibração

Nas ondas **transversais** a propagação ocorre em direção perpendicular à direção da vibração das partículas do meio, como mostra a figura 8(b)

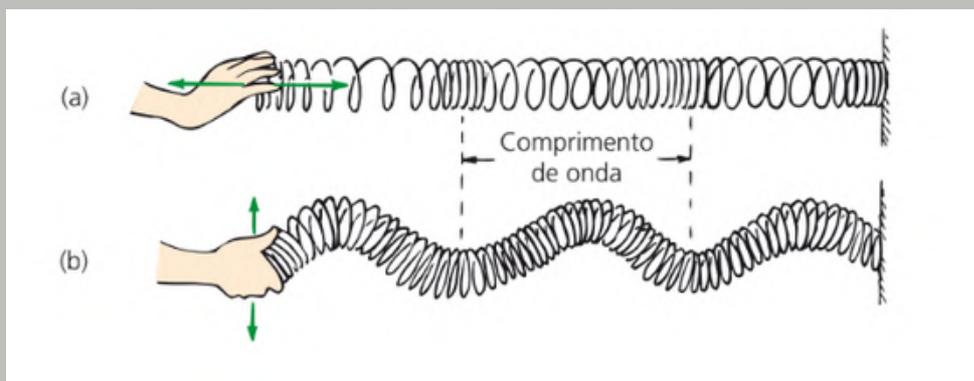


Figura8: Onda longitudinal propagando-se numa mola. Fonte: Hewitt

### Ondas longitudinais vs transversais: Hewitt



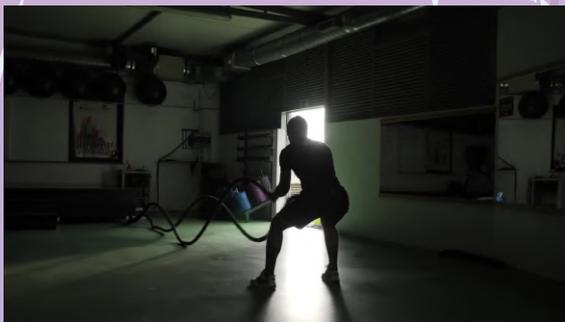
Clique na figura

Escaneie o QR Code



## DIMENSÕES DE PROPAGAÇÃO

As ondas podem se propagar de três formas diferentes:



**Unidimensional:** a onda se propaga apenas numa direção. Como exemplo temos a onda numa corda.

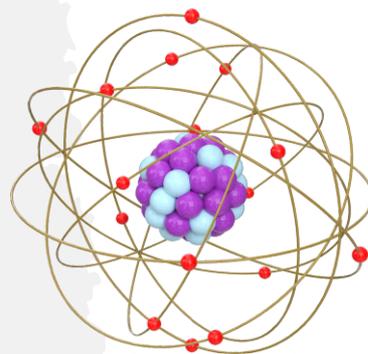
**Bidimensional:** a onda se propaga em duas direções. Como exemplo temos a onda numa superfície de um lago.



**Tridimensional:** a onda se propaga em todas as direções. Como exemplo temos as ondas sonoras e luminosas.

## NATUREZA DAS ONDAS

A nível da microfísica, descrita pela mecânica quântica, elétrons, prótons, nêutrons e partículas elementares também comportam-se como ondas, denominadas "**ondas de matéria**", conforme proposto pela primeira vez por Louis de Broglie (1892 - 1987). Recentemente físicos têm avançado no estudo de ondas gravitacionais, que são ondas emitidas pela matéria em eventos astrofísicos extremos e modificam o espaço e o tempo ao seu redor.



### Ondas eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas, como a luz, não necessitam de um meio material para propagação, ou seja, são capazes de se propagar no vácuo. As ondas de luz provenientes do Sol chegam até a Terra (e aos demais corpos celestes) porque são ondas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas abrangem uma ampla gama de espectros de frequências, envolvendo ondas de rádio, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama, denominado de espectro eletromagnético.



WIKIPÉDIA  
*A enciclopédia livre*

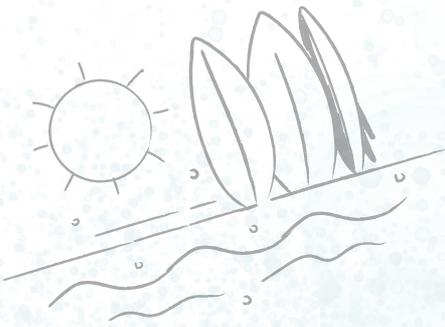
### Ondas eletromagnéticas

Para mais informações, clique na imagem do Wikipédia ou utilize o QR Code.



## ONDAS MECÂNICAS NO MAR

Ondas do mar são ou não? Para responder a essa questão precisamos diferenciar as ondas do mar que ocorrem em alto mar daquelas que ocorrem na praia. Em alto mar, temos de fato a propagação de ondas bidimensionais. Como utilizam um meio (a água do mar) para sua propagação, são classificadas como ondas mecânicas, novamente, não transportam matéria, apenas energia.



Quando as ondas marinhas se aproximam da costa, chegando próximo a praia, há uma redução brusca da profundidade e conseqüentemente a diminuição da sua velocidade, fazendo com que a onda "quebre", gerando uma espuma branca e carregando matéria (própria água) e outros corpos que estejam na sua frente. A onda quebrada, apesar de ser um fenômeno natural espetacular, não apresenta características de onda.



## ONDAS MECÂNICAS NO SOM



O som é uma **onda mecânica** que utiliza como meio de propagação o ar, porém também pode se propagar em outros meios materiais, como na água, na terra, nos metais, na madeira, etc. Em uma onda sonora as moléculas de ar se movimentam de modo que fiquem ora próximas umas das outras (compressão) e ora afastadas (rarefação), causando o movimento ondulatório. Nossos ouvidos, e de outros animais, percebem essa variação de compressão/rarefação do ar criando a sensação da audição. Na figura 4 podemos observar o alto falante realizando movimentos de deslocamento para frente e para trás, criando essas variações de pressão. O som recebe a classificação de onda tridimensional, propagando-se nas três dimensões do espaço em formato esférico.

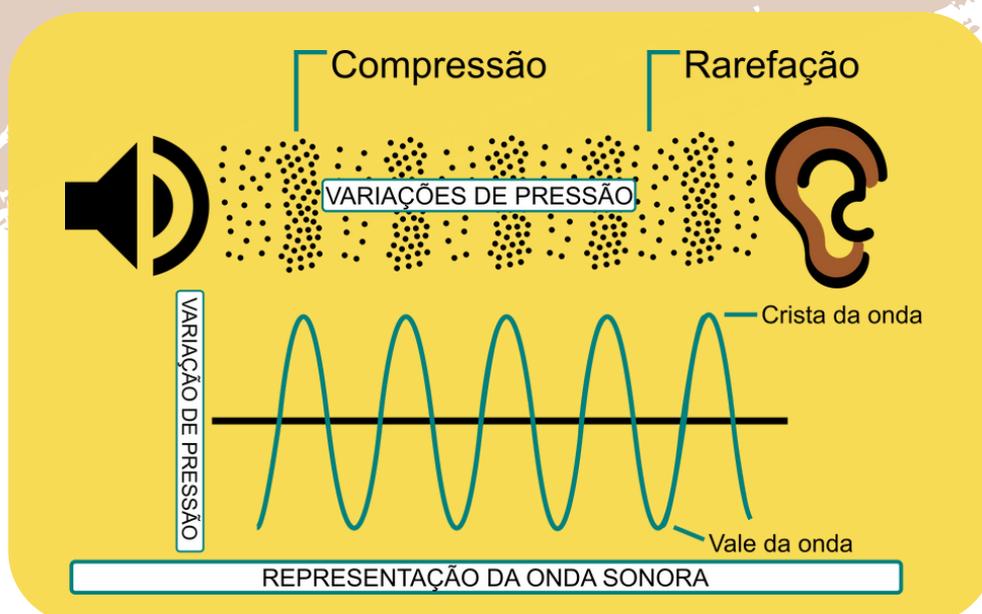


Figura 4: Representação da onda sonora. Fonte: Wikipedia

# ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

As ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para se propagar, pois são compostas por dois campos oscilantes, um elétrico e outro magnético. Mas isso não significa que não possam se propagar num meio material. As ondas eletromagnéticas também se propagam no ar, na água e em outros materiais, porém quanto mais denso o meio, maior a dificuldade de propagação, não atingindo longas distâncias e diminuindo a velocidade. No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas apresentam a mesma velocidade de propagação, aproximadamente 300 000 km/s. Ondas eletromagnéticas também são ondas tridimensionais, propagando-se nas três dimensões do espaço em formato esférico.

Na figura 5, a onda em azul representa o campo magnético e a onda em vermelho representa o campo elétrico.

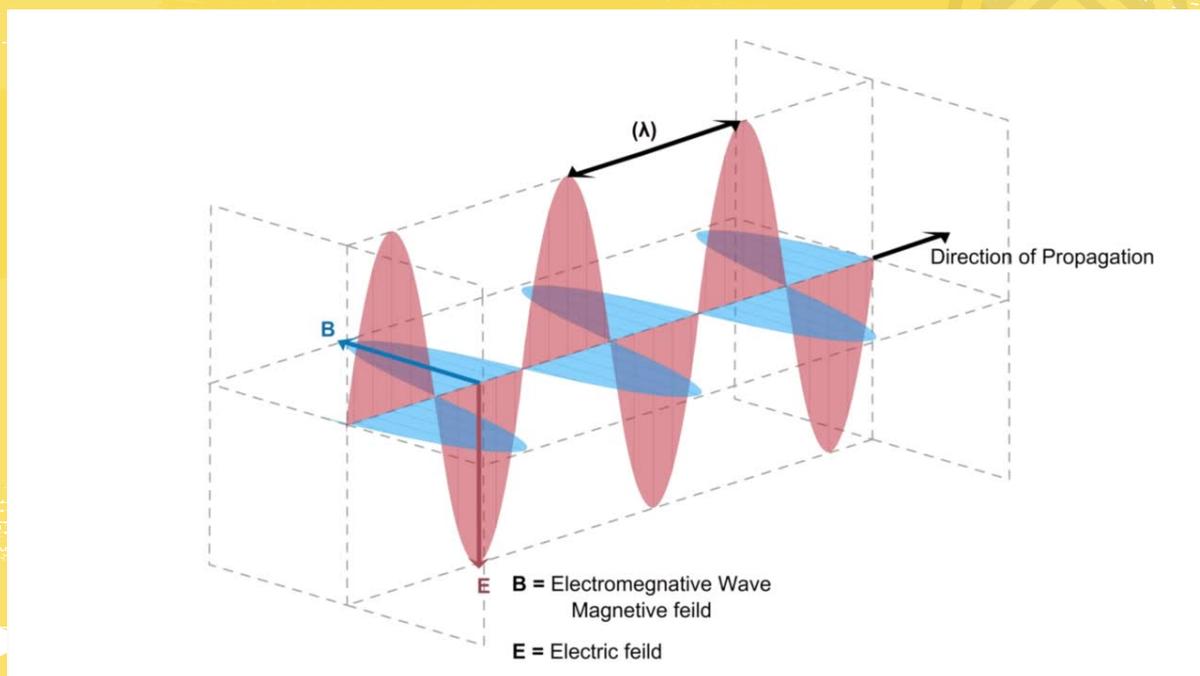


Figura 5: Representação da propagação de uma onda eletromagnética. Fonte: Canva

As ondas empregadas nas telecomunicações, rádio, televisão, wi-fi, e em aparelhos como o forno de microondas, fontes de laser são ondas eletromagnéticas. Também são exemplos de ondas eletromagnéticas o infravermelho, as ondas luminosas (luz visível), ultravioleta e o raio x. O que difere uma onda eletromagnética de outra é a frequência. A figura 6 apresenta o espectro eletromagnético, indicando os valores de frequências das ondas eletromagnéticas e sua respectiva nomenclatura.

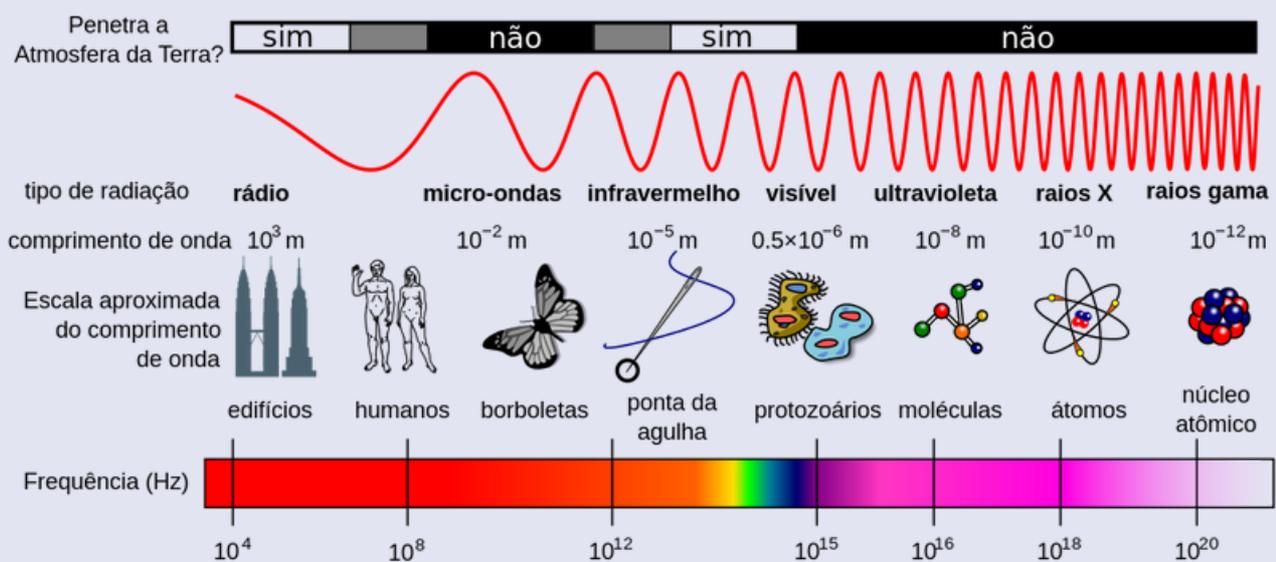


Figura 6: Espectro Eletromagnético. Fonte: Wikipedia

# ATIVIDADE DE SIMULAÇÃO A



## Aplicação do Conhecimento

Para realizar a atividade, acesse a Simulação - Ondas: **intro** - clicando na figura "PhetColorado" ou acessando o Qr Code abaixo utilizando um computador ou smartphone.

Esta simulação permite simular três tipos de ondas: ondas na água, ondas sonoras e ondas eletromagnéticas.

Dividiremos nossa atividade em três partes. Iniciaremos realizando a simulação de ondas na água, logo após veremos as ondas sonoras e por último as ondas eletromagnéticas. Para cada etapa responderemos as perguntas relativas a simulação.

## SIMULAÇÃO A

Propagação de ondas na superfície da água (bidimensionais)



Simulador PhETColorado



Clique na imagem

Escaneie o QR Code



# SIMULAÇÃO A - PARTE 1



## ONDAS NA ÁGUA



Propagação de ondas na superfície da água (bidimensionais)

**Responda:**

- A) O que significa "vista lateral" e "vista superior"? O que muda na visualização de uma vista para outra?
- B) Em qual das vistas você considera mais simples analisar a propagação da onda?
- C) Em que difere a onda se propagando num recipiente com água (veja vista superior) de uma onda numa corda?
- D) O que determina a variação de amplitude da onda? E da frequência?
- E) Alterando a frequência variamos o comprimento de onda? Que relação existe entre eles?

# SIMULAÇÃO A - PARTE 2



## ONDAS SONORAS



### Propagação de ondas sonoras (tridimensionais)

#### Responda:

- A) Mudando a visualização para “vista lateral” e “vista superior”, o que você observa de mudança na propagação da onda sonora? Explique.
- B) O que observamos com o som emitido pelo simulador quando variamos a frequência?
- C) Podemos estabelecer a relação entre amplitude e frequência? A amplitude relaciona-se com qual fenômeno?
- D) Como podemos explicar a propagação do som?
- E) O que observamos de diferente entre uma onda sonora, uma onda na superfície de um líquido e uma onda na corda?

# SIMULAÇÃO A - PARTE 3



## ONDAS ELETROMAGNÉTICAS



### Propagação de ondas luminosas (tridimensionais)

#### Resposta:

- A) Ao acender uma lâmpada, ela ilumina em todas as direções do ambiente? Como podemos classificar a propagação quanto a dimensão? Uni, bi ou tri dimensional?
- B) O que muda ao observar a propagação da onda luminosa da Vista Superior para a Vista Lateral?
- C) Alterando a frequência da onda, o que observamos no simulador?
- D) O que entendemos por amplitude da onda luminosa? Você consegue relacionar com uma situação cotidiana?

# 3

## CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS MECÂNICAS

Problematização inicial

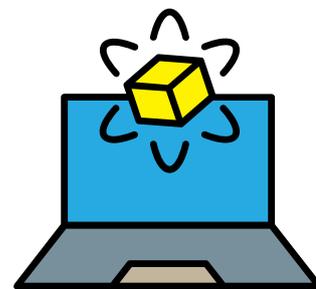
**PODEMOS AUMENTAR A  
VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO  
DA ONDA NUMA MESMA  
CORDA?**



**O QUE ACONTECE SE  
AUMENTARMOS A RAPIDEZ  
AO BALANÇAR OS BRAÇOS?**



# ATIVIDADE DE SIMULAÇÃO B



Agora que você já manuseou a corda na Atividade experimental 2, utilizaremos um simulador de ondas numa corda para observar com mais atenção as características do movimento ondulatório.

Para realizar a atividade, acesse a Simulação - **Ondas em cordas** - clicando na figura "PhetColorado" ou acessando o Qr Code abaixo utilizando um computador ou smartphone.

## SIMULAÇÃO B

Propagação de ondas na corda

**Simulador PhETColorado**



Clique na imagem

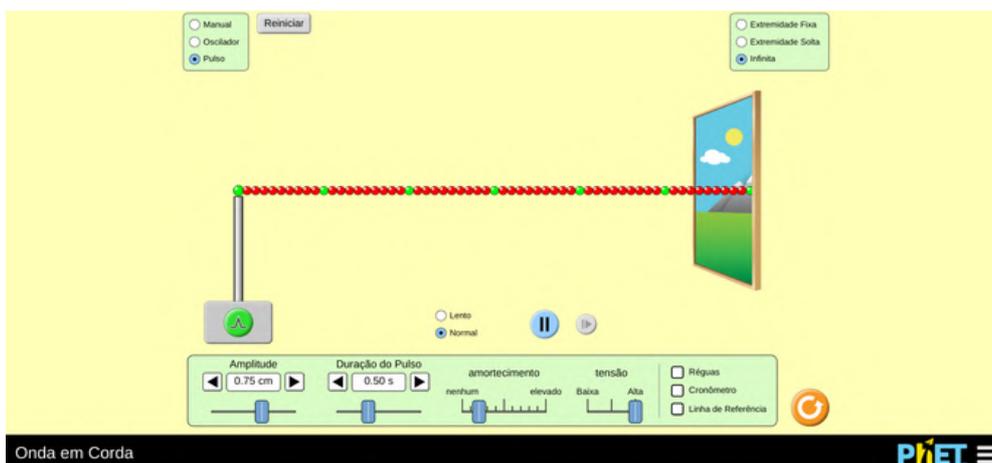
Escaneie o  
QR Code



# SIMULAÇÃO B - PARTE 1



## CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS MECÂNICAS



### Propagação de ondas na corda (unidimensionais)

#### Questões:

- A) **Pulso e onda:** O que é um pulso como ele difere de uma onda?
- B) **Amplitude:** O que entendemos por amplitude?
- C) **Frequência:** O que é frequência e qual o formato da onda quando alteramos este parâmetro?
- D) **Tensão:** Quais características da onda são modificadas quando aumentamos ou diminuimos a tensão na corda?
- E) **Amortecimento:** Na prática, podemos dizer que a onda numa corda apresenta amortecimento? Mantendo o mesmo amortecimento (preferencialmente nenhum), conseguimos aumentar ou diminuir a velocidade de propagação do pulso?

# SIMULAÇÃO B - PARTE 2



## CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS MECÂNICAS

Ajuste as configurações do Simulador para:

- ↳ Modo: pulso
- ↳ Extremidade: infinita
- ↳ Amortecimento: nenhum
- ↳ Tensão: baixa.

Selecione também a opção da régua e do cronômetro do simulador. Uma vez ajustadas as configurações, responda as questões abaixo:

### DESAFIO 01

A) **Velocidade de um pulso:** Gere um pulso e calcule a sua velocidade de propagação até a janela (extremidade infinita). Para isso, você pode utilizar o cronômetro e a régua do simulador.

Lembre que:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}}$$

- i. A velocidade de propagação de um pulso é a mesma de uma onda no mesmo meio material?
- ii. Escolha dois pulsos com frequências diferentes e calcule qual pulso apresenta maior velocidade de propagação.

# SIMULAÇÃO B - PARTE 2



## CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS MECÂNICAS

### DESAFIO 02

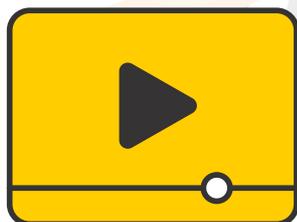
#### B) Velocidade de uma onda:

Gere uma onda e determine a sua velocidade de propagação. Utilize novamente o cronômetro e a régua do simulador.

Note que, como a velocidade de propagação é a mesma, indiferente e independente da frequência, podemos afirmar que:

**Velocidade da onda = comprimento da onda X frequência**

Boas vibrações: Hewitt



Clique na figura

Escaneie o QR Code



# CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS MECÂNICAS

## Organização do conhecimento - Texto 03

Existem algumas observações importantes que devemos considerar ao estudar uma onda. Primeiramente, é importante conhecer a nomenclatura utilizada para descrever uma onda, como a identificação dos pontos mais altos, que são chamados de **cristas**, e os pontos mais baixos, que são denominados de **ventres**, **vales** ou **depressões**. Além disso, a **amplitude** da onda é a medida da distância entre a zona de repouso, representada na figura 7 pela linha tracejada, até a crista ou até o vale. Vale destacar que a distância entre uma crista e um vale é de duas amplitudes.

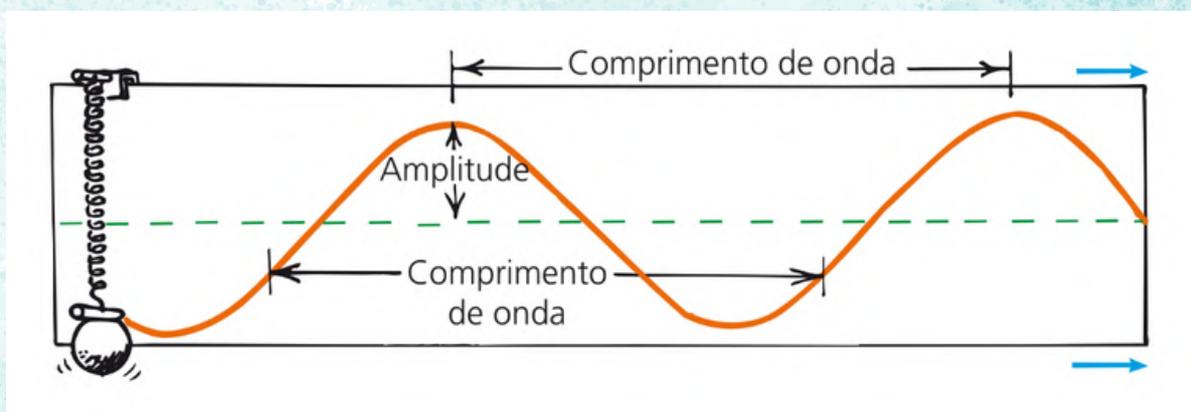


Figura 7: Onda mecânica gerada por um oscilador massa/mola Fonte: Wikipedia

# CARACTERÍSTICAS

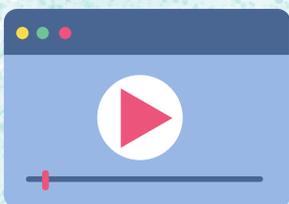
## DAS ONDAS MECÂNICAS

---

O comprimento de uma onda é medido com base na distância entre dois vales ou duas cristas consecutivas. Quando consideramos apenas um "cocuruto", sendo ele para cima ou para baixo, temos metade de um comprimento de onda.



Utilizamos a letra do alfabeto grego "lambda" para representar um comprimento de onda.



Clique na figura

Tipos de ondas: Hewitt

Escaneie o  
QR Code



# CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS MECÂNICAS

## Frequência, Período e Velocidade de propagação

Ao estudarmos as vibrações já definimos os conceitos de frequência e período, podemos agora estender estes conceitos ao estudo das ondas, temos então que:

### DEFINIÇÕES

#### Frequência de vibração:

A frequência de oscilação da onda ( $f$ ) é o equivalente da frequência de oscilação da fonte geradora e se mantém constante. A unidade de medida de frequência no SI é expressa em Hertz (Hz). Lembremos que 1Hz significa 1 oscilação ou ciclo por segundo.

#### Período de vibração:

O período da onda ( $T$ ) é o tempo necessário para que haja uma oscilação completa. A unidade de medida no SI é expressa em segundos.

# CARACTERÍSTICAS

## DAS ONDAS MECÂNICAS

---

Após a fonte geradora produzir a onda, podemos calcular sua **velocidade de propagação**. Para isso, precisamos considerar o tempo necessário para que a onda percorra a distância de seu comprimento ( $\lambda$ ). Este tempo é equivalente ao período da onda ( $T$ ).

Sabendo que a velocidade é igual a distância dividida pelo tempo, podemos realizar algumas substituições para obter uma expressão matemática que expressa a relação entre velocidade da onda, comprimento de onda e frequência (e/ou período).

Fórmula da velocidade média:

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

$v$  = velocidade  
 $d$  = distância  
 $\Delta t$  = variação do tempo

A distância percorrida ( $d$ ) é o comprimento de onda ( $\lambda$ ) e a variação do tempo ( $\Delta t$ ) pode ser substituído pelo período ( $T$ ), resultando em:


$$v = \frac{\lambda}{T}$$

O período ( $T$ ) pode ser escrito como o inverso da frequência ( $f$ ).

$$T = \frac{1}{f}$$

Substituindo, temos:

$$v = \frac{\lambda}{\frac{1}{f}}$$



$$v = \lambda \cdot f$$



Sendo assim, para calcular a velocidade de propagação da onda é necessário saber apenas a frequência e o comprimento da onda.

# APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

## EXEMPLO 01:

Uma onda propaga-se numa corda com velocidade constante de 10m/s. Calcule o comprimento de onda sabendo que a frequência de vibração é de 5Hz.



$$v = \lambda \cdot f$$

$$10\text{m/s} = \lambda \cdot 5\text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{10\text{ m/s}}{5\text{ Hz}}$$

$$\lambda = 2\text{ m}$$



Resposta: O comprimento da onda é de 2 metros.

Exemplo: Comprimento, frequência e velocidade de propagação da onda

## EXERCÍCIOS

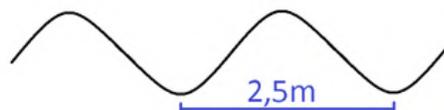
- 1 Qual a velocidade de propagação de uma onda na superfície de um lago dado que o comprimento de onda é de 0,5m e a frequência é 3Hz.



- 2 Calcule o comprimento de uma onda sonora que possui velocidade de propagação 340 m/s e frequência 1250 Hz.

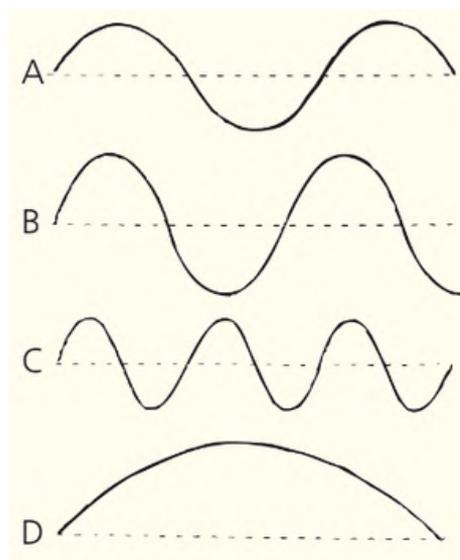
### Atividades:

3 A figura abaixo representa a propagação de uma onda ao longo de uma corda, sendo emitida com frequência de 8Hz. Qual a velocidade de propagação da onda?



4 Todas as ondas mostradas ao lado têm a mesma velocidade no mesmo meio. Use uma régua e ordene essas ondas em sequência crescente de acordo com o valor de sua/seu

- (a) amplitude
- (b) comprimento de onda
- (c) frequência e
- (d) período.



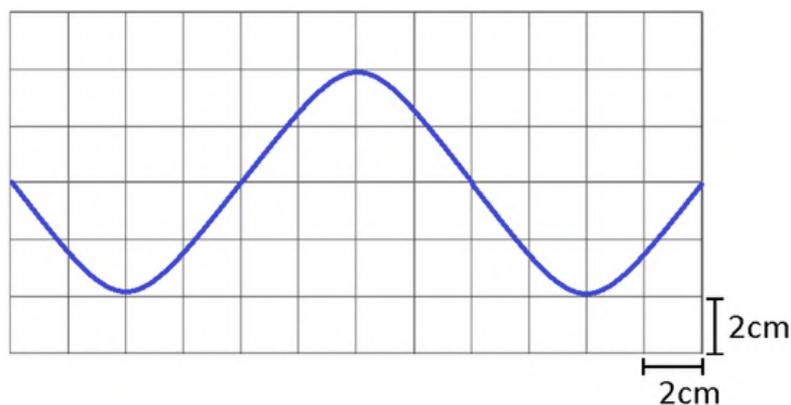
**Atividades:**

**Velocidade, frequência, período e comprimento de onda**

5 Se uma onda se propagando na água faz o líquido oscilar para cima e para baixo três vezes por segundo, e a distância entre cristas adjacentes for igual a 2 metros, calcule:

- a) A frequência?
- b) O comprimento de onda?
- c) Sua velocidade ?

6 Observe a imagem abaixo e indique a amplitude e o comprimento da onda:



**Atividades:**

**Velocidade, frequência, período e comprimento de onda**

# 4

# FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

## Problematização inicial

DE QUE MANEIRA OS GOLFINHOS SE COMUNICAM NA ÁGUA?



Nesta seção, abordaremos o estudo dos **fenômenos ondulatórios**, que são amplamente encontrados em diversas situações do cotidiano, no mundo natural e em aplicações tecnológicas. Fenômenos como o eco, instrumentos como o sonar de um submarino e as diferentes formas que os animais utilizam para se orientarem (ecolocalização, biossonar, etc) envolvem conceitos como a **reflexão**, **interferência** e **ressonância** das ondas.

Vamos lá!

# ATIVIDADE DE SIMULAÇÃO C



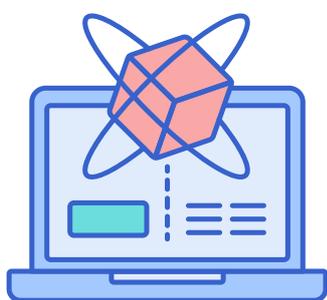
Já estudamos os conceitos básicos de ondas, agora utilizaremos um simulador de ondas na corda, a fim de observar com mais atenção um fenômeno chamado **reflexão**.

Para realizar a atividade, acesse a Simulação - **Reflexão de ondas** - clicando na figura "Vascak" ou acessando o Qr Code abaixo utilizando um computador ou smartpone.

## REFLEXÃO DE UM PULSO NA CORDA

Reflexão de pulsos

**Simulador Vascak.cz**



Clique na imagem

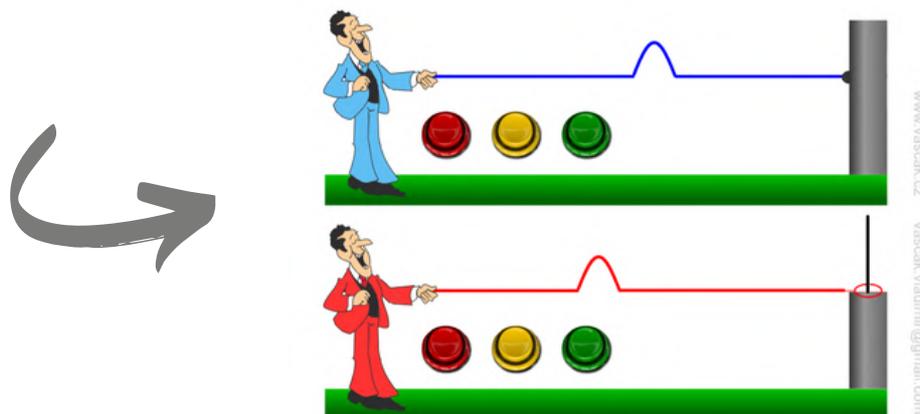
Escaneie o  
QR Code



# SIMULAÇÃO C



## REFLEXÃO DE UM PULSO

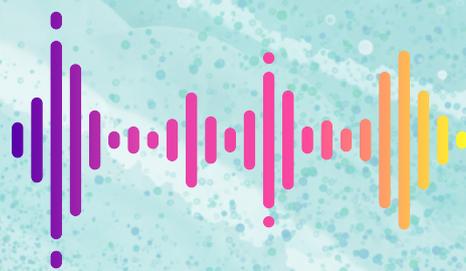


### Reflexão de um pulso

#### Responda:

- A) Qual a diferença entre as extremidades das cordas azul e vermelha?
- B) O que acontece quando o pulso chega na extremidade da corda? Há diferença na reflexão do pulso na corda azul e na vermelha?
- C) Como podemos explicar ou resumir as situações do simulador?

# ECO E REVERBERAÇÃO



Organização do conhecimento - Texto 04



**“O QUE É ECO E O QUE SE DIFERENCIA DA REVERBERAÇÃO?”**

Para entendermos melhor esse assunto, precisamos analisar o fenômeno da reflexão. Quando falamos, emitimos a onda sonora que nosso ouvido também percebe. Caso haja a reflexão da onda sonora emitida, nosso ouvido escutará novamente o mesmo som. Eco e reverberação são sensações auditivas. Quando o intervalo entre os dois sons, emitido e recebido pela reflexão, for menor do que 0,1 segundos, temos a sensação de um “alongamento sonoro” e chamamos de reverberação.

Caso o intervalo seja maior do que 0,1 segundos, conseguimos distinguir os sons, ou seja, percebemos uma repetição do som que emitimos. Nesse caso, chamamos de Eco.

Considerando a velocidade de propagação do som no ar 340m/s podemos calcular a distância mínima de 34 metros que o som deve percorrer para que o emissor escute o Eco. Sabendo que o som deve "ir e voltar", o obstáculo a 17 metros de distância é o marco entre eco e reverberação.



A figura 9 ilustra o som emitido pelo homem em vermelho e a reflexão em azul.

Caso a distância seja menor do que 17m, entendemos como reverberação. Distâncias maiores do que 17m, temos a sensação do Eco

Figura 9: Onda sonora sendo refletida. Fonte: Site Ciência Delux

Nota: Velocidade de propagação do som no ar (20°C) é de 343 m/s. Fonte: Halliday - Fundamentos da Física

# ATIVIDADE DE SIMULAÇÃO D



Existem outros fenômenos relacionados aos conceitos de ondas, utilizaremos um simulador de ondas na corda, a fim de observar fenômenos como a **interferência** e **ondas estacionárias**.

Para realizar a atividade, acesse novamente a Simulação - **Ondas em cordas** - clicando na figura "PhetColorado" ou acessando o Qr Code abaixo utilizando um computador ou smartphone.

## SIMULAÇÃO D

Interferência e ondas estacionárias

**Simulador PhETColorado**



Clique na imagem

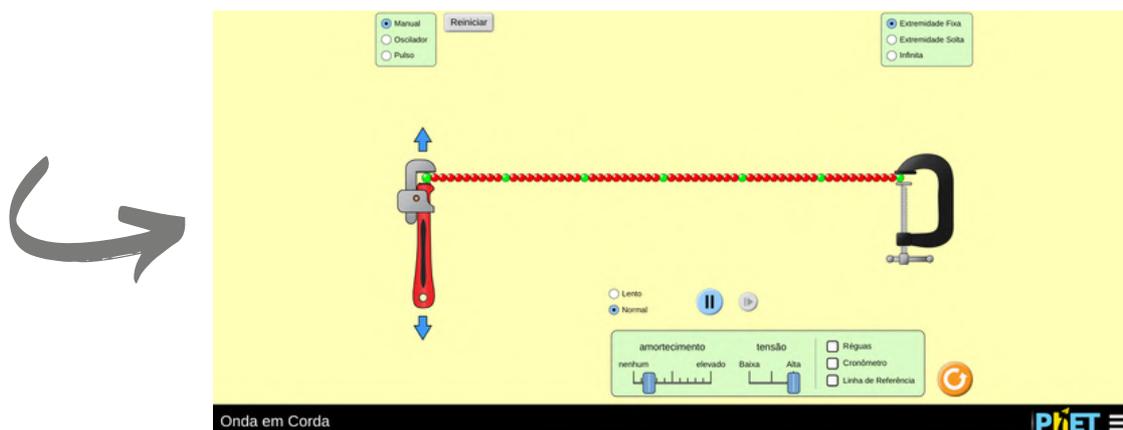
Escaneie o  
QR Code



# SIMULAÇÃO D - PARTE 1



## INTERFERÊNCIA



### DESAFIO 01

#### Resposta:

A) Selecione, na parte superior direita, a opção "extremidade fixa". Realize um pulso. O que acontece quando o pulso atinge a extremidade da corda?

B) Selecione, na parte superior direita, a opção "extremidade solta". Realize um pulso. O que acontece quando o pulso atinge a extremidade da corda?

C) Realize diversos pulsos, tanto com a extremidade fixa, quanto solta. O que você observa? Utilize também a opção "Manual".

# SIMULAÇÃO D - PARTE 2



## ONDAS ESTACIONÁRIAS



### DESAFIO 02

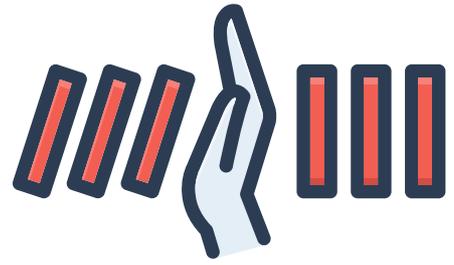
## ESCOLHA A OPÇÃO "OSCILADOR" E RESPONDA

A) Selecione a opção "extremidade fixa" e ligue o oscilador. O que observamos quando os pulsos refletidos encontram os pulsos emitidos?

B) Selecione a opção "extremidade solta" e ligue o oscilador. O que observamos quando os pulsos refletidos encontram os pulsos emitidos?

C) Tanto a extremidade fixa quanto a extremidade solta, com o oscilador ligado ainda percebemos o "cocoruto se movendo"?

# INTERFERÊNCIA



Organização do conhecimento - Texto 05

**O QUE ENTENDEMOS POR INTERFERÊNCIA?**

**PODEMOS INTERFERIR NUMA ONDA?**

Quando escutamos a palavra interferência, podemos relacionar como algo que atrapalhe ou interrompa.

Na física da ondulatória, quando duas ondas se encontram, a interferência entre elas resulta numa nova onda que pode ter amplitude maior ou menor que as ondas originais, podendo até mesmo ter amplitude nula no caso em que as ondas se neutralizam. O modo como duas ou mais ondas se adicionam é determinado pelo **Princípio da superposição**.

Quando duas cristas de ondas se encontrarem, há uma soma das amplitudes. Chamamos isso de **interferência construtiva**. O mesmo acontece quando dois vales se encontram, aumentando também sua amplitude (profundidade).

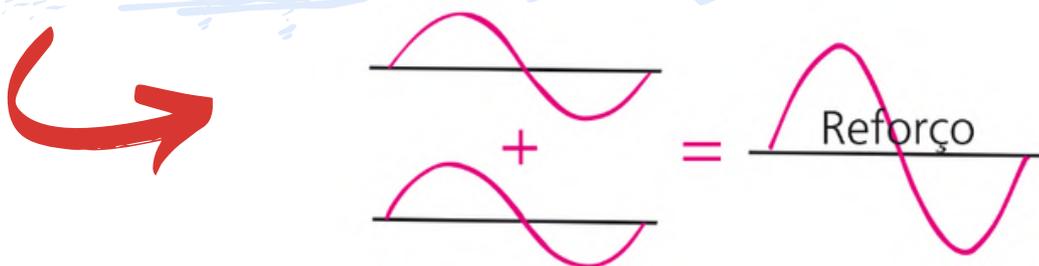


Figura 10: Representação da interferência construtiva entre duas ondas em fase. Fonte: Hewitt

---

Quando a crista de uma onda se superpõe com o vale de outra, seus efeitos são reduzidos, diminuindo a amplitude de ambas. Chamamos isso de **interferência destrutiva**.

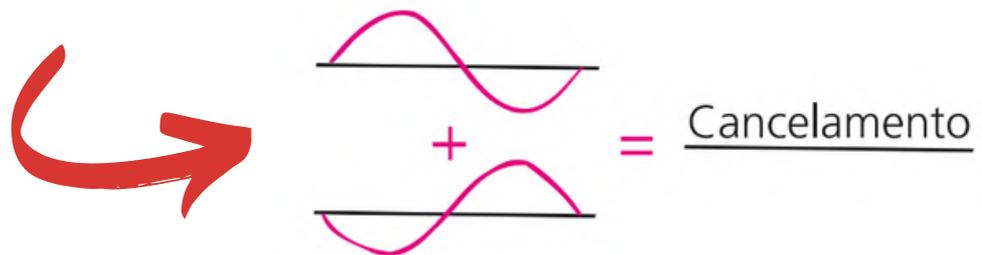


Figura 11: Representação da interferência destrutiva entre duas ondas em oposição de fase. Fonte: Hewitt

---

Observamos mais facilmente o fenômeno da superposição de ondas ao observar a superfície da água quando dois objetos caem nela.



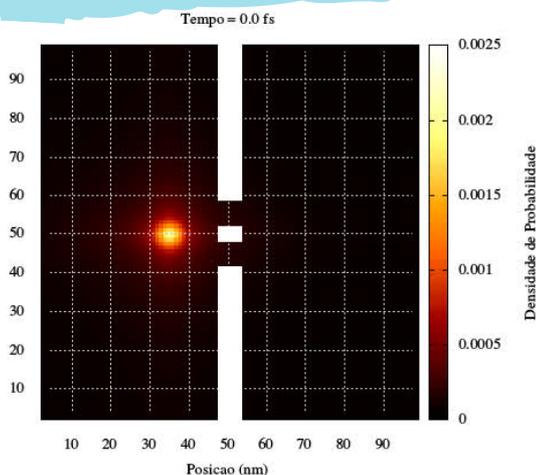
**! NOTA: A INTERFERÊNCIA É UMA CARACTERÍSTICA DE TODO MOVIMENTO ONDULATÓRIO, SEJA EM ONDAS MECÂNICAS OU ELETROMAGNÉTICAS.**

---

# LUZ: EXPERIMENTO DA FENDA DUPLA

O experimento da fenda dupla é um experimento clássico da física que demonstra a natureza ondulatória da luz. Nele, um feixe de luz é direcionado através de duas fendas muito próximas e projetado em uma tela. Ao invés de duas faixas de luz na tela, como seria esperado se a luz se comportasse como partículas, um padrão de interferência é observado, com faixas claras e escuras alternando-se. Esse padrão ocorre porque as ondas luminosas que passam pelas duas fendas interferem entre si, criando áreas de reforço e cancelamento da luz. O experimento da fenda dupla é considerado um dos marcos mais importantes da história da física, pois forneceu evidências concretas de que a luz é uma onda, em vez de uma partícula.

Quem idealizou o experimento da dupla fenda foi um físico e médico britânico chamado Thomas Young (1773-1829).



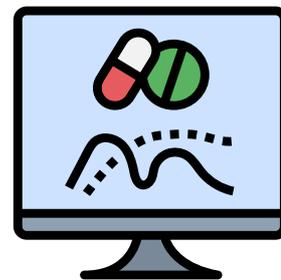
Animação sobre o experimento da dupla fenda.  
Fonte: Wikipedia

**GOSTOU DO ASSUNTO?**



**IF** Instituto  
de Física

# ATIVIDADE DE SIMULAÇÃO - E



Esta atividade de simulação tem a finalidade de entender e prever o comportamento da interferência construtiva e destrutiva entre duas ondas propagando-se no mesmo meio material.

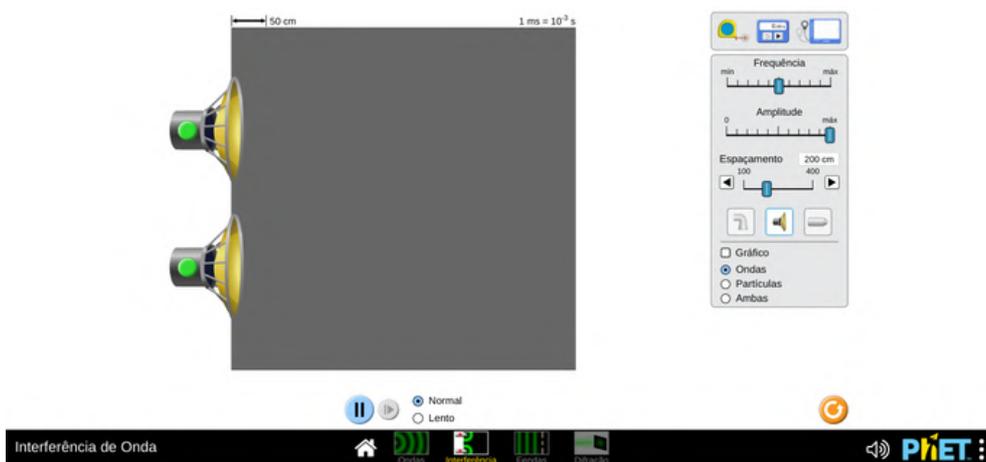
## SIMULAÇÃO E

### Interferência de Onda Simulador PhETColorado



Clique na imagem

Escaneie o  
QR Code



O padrão de interferência com máximos e mínimos é representado com regiões claras e escuras na animação, o que ilustra a soma e subtração das amplitudes.

# ATIVIDADE EXPERIMENTAL 03

## Ondas estacionárias

Para realizar este experimento precisamos apenas de uma corda extensa, com aproximadamente 3 metros.

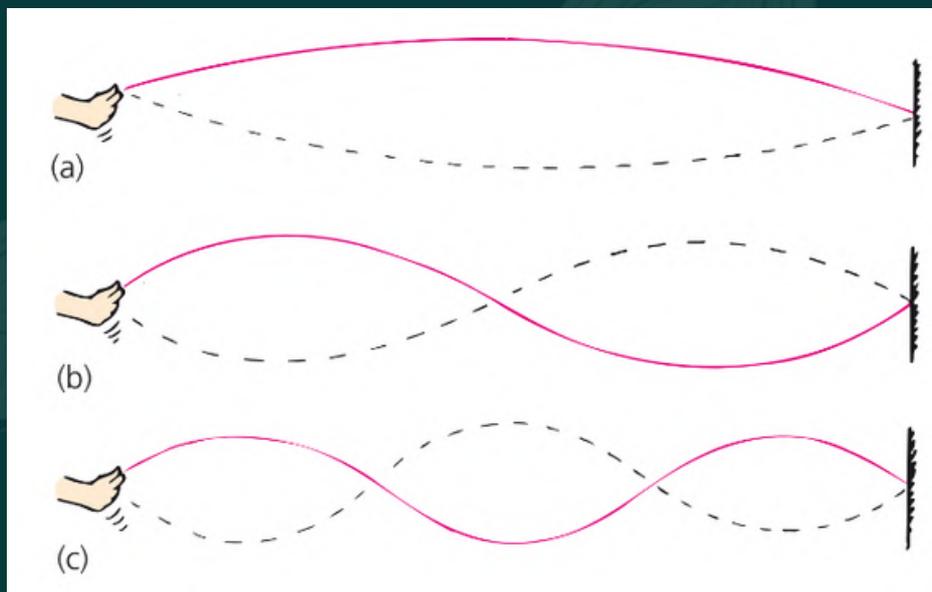
Prenda uma das extremidades ou peça para um colega segurar.

Na outra extremidade realize movimentos ondulatórios.



### DESAFIO:

Aumente a frequência de oscilação e crie mais nodos na sua onda estacionária, semelhante a figura abaixo:



# ONDAS ESTACIONÁRIAS



## Organização do conhecimento - Texto 06

Ao fixarmos a extremidade de uma corda na parede e na outra extremidade realizarmos movimentos oscilatórios, semelhante ao que vimos na "Simulação D", teremos ondas sendo emitidas de um lado encontrando ondas refletidas vindo da outra extremidade (parede).

Esse encontro entre ondas incidentes e refletidas na mesma corda, formam interferência uma na outra, criando a chamada **onda estacionária**.

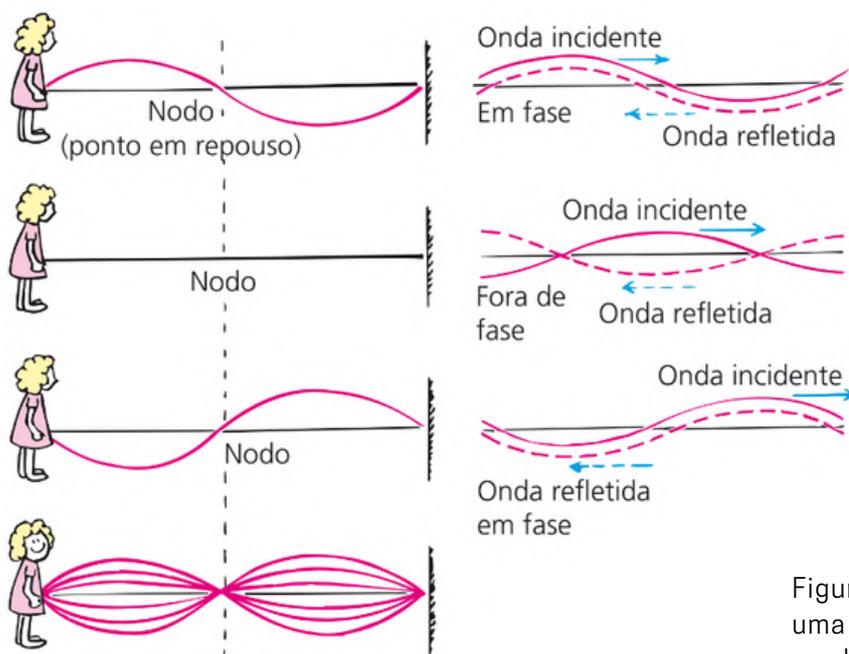


Figura 11: Representação de uma onda estacionária numa corda. Fonte: Hewitt

---

Segundo Hewitt, "Quando duas ondas com mesma amplitude e mesmo comprimento de onda passam uma pela outra em sentidos opostos, elas estão constante e alternadamente em fase e fora de fase. Isso ocorre com uma onda refletida sobre si mesma. Em tal situação, são produzidas regiões estáveis de interferência construtiva e destrutiva."

As regiões de mínima energia são chamadas de **nodos**. São as regiões a qual a corda não se movimenta, parecendo um ponto fixo.

Já as regiões de máxima energia, chamamos de **antinodo**. São as partes em que a corda realiza os loops.

**NOTA:** Ondas estacionárias também são formadas em instrumentos de corda, por exemplo, violão, arpa, berimbau, ukulele.

O vídeo demonstra ondas estacionárias formadas nas cordas de um violão



# RESSONÂNCIA



**VOCÊ JÁ OUVIU FALAR DE QUE UMA PESSOA PODE QUEBRAR UMA TAÇA APENAS USANDO SUA VOZ?**

Para respondermos essa pergunta precisamos primeiro entender sobre **frequência natural** dos objetos.

Nossos ouvidos conseguem distinguir um violão tocando de uma chave caindo no chão. Por quê?

Cada objeto possui sua frequência de vibração, que depende das características do próprio objeto, como por exemplo, seu formato, material, elasticidade entre outros.

Quando um objeto é forçado a vibrar na sua frequência natural, temos um aumento na amplitude desta vibração. Esse fenômeno é chamado de **Ressonância**. Literalmente, ressonância significa "ressoar" ou "soar novamente".

Uma pessoa emitindo um som de grande intensidade na frequência natural de vibração de uma taça, força o objeto a vibrar e aumentar sua amplitude, chegando ao ponto extremo de vibração e quebrando a taça. Observe o vídeo abaixo:

O vídeo demonstra uma taça sendo quebrada pela ressonância com a voz do menino.



# PONTE DE TACOMA

VOCÊ SABIA?



## PONTE DE TACOMA - EUA 1940

Um dos casos mais famosos de ressonância em grandes estruturas é na ponte de Tacoma - EUA, que segundo uma das hipóteses mais aceitas acabou caindo pela ação do ventos que colocaram a ponte para vibrar em sua frequência natural



Acesse o vídeo



## MAIS INFORMAÇÕES:

Abra o QRCode ou clique na figura ao lado para acessar um texto detalhado sobre a Ponte de Tacoma

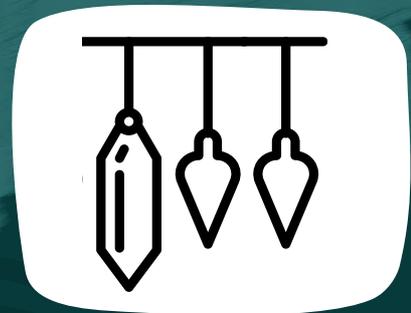


# ATIVIDADE EXPERIMENTAL 04

## Ressonância

Para realizar este experimento precisamos apenas de **3 pêndulos**. Dois iguais e o terceiro diferente.

Prenda os três pêndulos próximos um ao outro sem deixá-los encostados, num local rígido. Podem ser pendurados, num cabo de vassoura, montando algo semelhante a figura abaixo.



### FAÇA, PENSE E RESPONDA:

**A**

Balance o pêndulo diferente, de modo que não colida com os outros, e observe os dois iguais. O que percebemos?

**B**

Agora, balance apenas um dos pêndulos que são iguais, observe os outros dois. O que podemos dizer sobre esta situação?





# **FENÔMENOS ONDULATÓRIOS**

## **APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E**

## **OCORRÊNCIAS NA NATUREZA**

As informações e curiosidades são importantes em nossa vida, pois nos permitem adquirir conhecimento e ampliar nossa compreensão sobre o mundo. Ao nos informarmos sobre algo, podemos entender melhor seus aspectos, suas relações e suas implicações. Além disso, as curiosidades nos ajudam a expandir nossa visão de mundo, ao nos apresentar novos fatos, histórias e perspectivas.

Nesta seção, teremos informações e curiosidades relacionadas ao estudo das ondas e seus fenômenos.  
Aproveite!

# TSUNAMIS



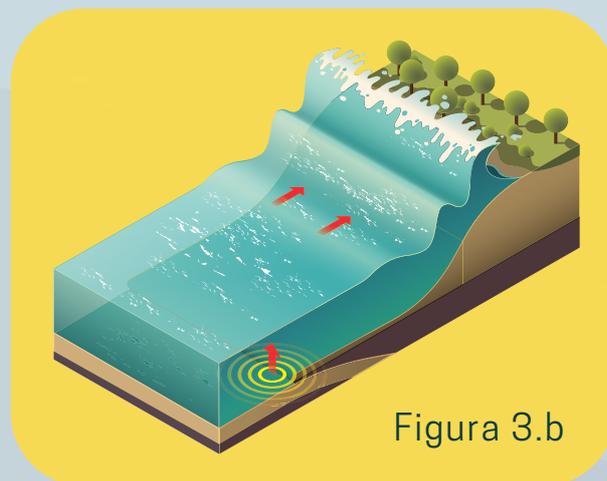
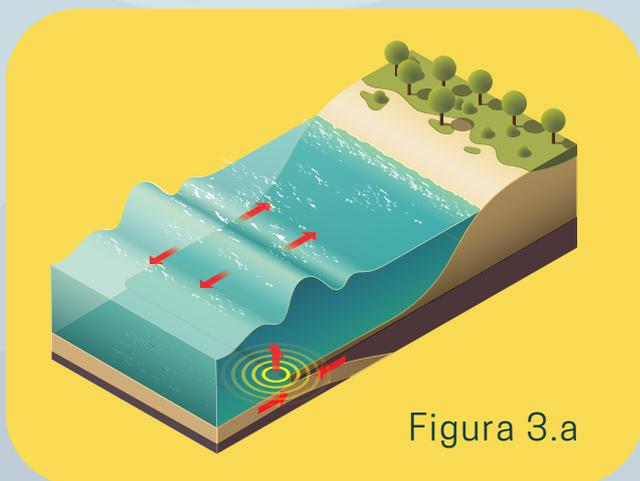
Os tsunamis também são ondas marítimas, e consequentemente mecânicas, geralmente causados por movimentações do assoalho oceânico, por exemplo, pelo abalo sísmico ou atividade vulcânica nas profundezas do oceano. Essas ondas são quase imperceptíveis em alto mar, apresentando uma amplitude (altura) baixa e um comprimento na ordem de quilômetros. Porém, à medida que se aproximam da costa, a diminuição da profundidade da lâmina d'água faz com que a onda sofra uma redução da velocidade.

Ao diminuir a velocidade, o tsunami aumenta sua amplitude, isto é, ao desacelerar, próximo a costa, o volume gigantesco de água, que no alto mar ocupava comprimentos na ordem de quilômetros, agora é concentrado e aglomerado em algumas dezenas de metros. Assim, quando chega a faixa de areia, o tsunami traz consigo uma quantidade enorme de água, "quebrando" como uma "onda" da praia e invadindo a faixa litorânea e devastando tudo o que esteja a sua frente. A amplitude (altura) de uma onda de tsunami não necessariamente precisa ser alta, tsunamis com 1 ou 2 metros já causam grandes estragos.



# TSUNAMIS

As imagens abaixo facilitam a compreensão de um Tsunami gerado pelo movimento entre placas tectônicas. Observe que na figura 1.a, a onda apresenta um grande comprimento e uma pequena amplitude. Na figura 1.b, a onda diminui o comprimento e aumenta a amplitude, devido a diminuição da profundidade ao se aproximar à faixa litorânea.



WIKIPÉDIA  
A enciclopédia livre

## Tsunamis

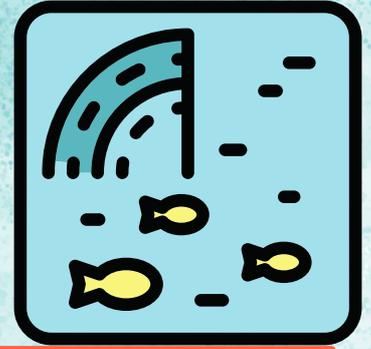
Para mais informações,  
clique nas imagens ou  
utilize os QR Codes.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



# SONAR



O **Sonar** (Sound Navigation and Ranging), ou “Navegação e Determinação da Distância pelo Som”, é uma tecnologia muito utilizada por barcos e navios para localizar cardumes de peixes, determinar a profundidade da água onde estão navegando e cartografar os fundos dos rios, lagos e oceanos.



Sendo a água, na maioria das vezes, um meio não transparente a luz visível, não faria sentido colocar uma lanterna e uma câmera debaixo d'água para filmar o que está acontecendo debaixo do barco. A estratégia encontrada foi a da utilização do SONAR, visto que o som é uma onda mecânica e utiliza um meio material para propagar-se. Então o sistema emite um ultrassom (onda sonora acima da frequência auditiva do ser humano) e analisa os som refletidos que voltam até o sistema.

# SONAR



O figura ao lado ilustra em vermelho, o som emitido pelo sonar e a reflexão da onda em azul. O intervalo de tempo entre emitir e receber o ultrassom, possibilita o cálculo da distância dos obstáculos em baixo do barco.



INSTITUTO DE  
GEOCIÊNCIAS



**GOSTOU?**

**PARA MAIS INFORMAÇÕES,  
CLIQUE NAS IMAGENS OU UTILIZE  
OS QR CODES.**



**WIKIPÉDIA**  
*A enciclopédia livre*



# BIOSSONAR E AS BALEIAS

Morcegos, golfinhos e algumas baleias utilizam um sistema semelhante ao sonar para identificar obstáculos. Nos animais, chamamos este sonar de ecolocalização.

## BALEIAS

Existem mais de 60 espécies de baleias que utilizam a ecolocalização. A mais conhecida é a **cachalote**. Ela produz um som com sua laringe, ouve e interpreta o eco. Esta técnica facilita sua orientação e navegação, inclusive a caçar no escuro.



As baleias dentadas possuem um órgão na frente de suas cabeças, semelhante a um melão, que atua como uma lente para focar o som emitido. Os ecos são recebidos pelo maxilar inferior e transmitidos para o ouvido interno.

# CANTO DAS BALEIAS



## CANTO DAS BALEIAS

No canto das baleias, o que ocorre é a produção de um som utilizado para elas se comunicarem entre si. Acredita-se que, enquanto os complexos e inesquecíveis sons da baleia-jubarte e algumas baleias-azuis sejam utilizados principalmente na época de seleção sexual, os sons mais simples de outras baleias são utilizados durante todo o ano. A maioria das baleias emite sons entre 10Hz e 31kHz.



WIKIPÉDIA  
*A enciclopédia livre*



### GOSTOU?

Para mais informações sobre o canto das baleias, clique nas imagens ou utilize os Qr codes.

# ECOLOCAÇÃO DOS MORCEGOS

Os morcegos são mamíferos com hábitos noturnos. Durante o dia, geralmente dormem pendurados pelos pés e a noite saem para se alimentar. A maioria dos morcegos desenvolveu um sentido extra, a ecolocalização ou biosonar. Este recurso é muito importante para sua orientação em ambientes escuros, como cavernas e à noite.



O morcego emite ondas ultrassônicas, ou seja, uma frequência alta que nós seres humanos não somos capazes de ouvir. Essas frequências variam de 20kHz e 215kHz. Elas são emitidas pela narina ou pela boca. Após refletirem nos obstáculos e retornarem, o morcego identifica a distância dos objetos. O som emitido tem duração de 150 milissegundos, extremamente curto.

# GOLFINHOS



Os golfinhos são animais mamíferos marinhos. Existem 37 espécies de golfinhos conhecidas, dentre os de água doce e água salgada.

Eles utilizam o sistema de ecolocalização que lhe permite obter informações sobre outros animais e o ambiente a sua volta. Produzem som de alta frequência ou ultrassônico, na faixa de 150 kHz, na forma de cliques ou estalos.

Os sons são gerados pelo ar inspirado e expirado pelo órgão na parte frontal da cabeça, conhecido como **sacos nasais**.

Quando o som atinge algo, ele é refletido na forma de eco, captado por um órgão no maxilar inferior do golfinho, enviado ao ouvido interno e após ao cérebro do animal.



# SOBRE ECOLOCALIZAÇÃO

## GOSTOU DO ASSUNTO?

Para mais informações sobre a **ecolocalização**, clique na imagem ou acesse o QR code.



WIKIPÉDIA  
*A enciclopédia livre*





A **Ponte Rio-Niterói** inaugurada em 1974 faz a ligação entre a cidade do Rio de Janeiro e a região metropolitana de Niterói. Em determinadas situações, como ventos fortes, ela balançava muito. Em 2004, um projeto de reforma foi realizado, diminuindo o balanço.



O **Efeito Flutter** é um fenômeno aerodinâmico que pode ocorrer em asas de aviões e outras estruturas aerodinâmicas. Ele é causado por vibrações que se propagam pela asa em alta velocidade, gerando uma ressonância que pode levar à sua destruição.

# RESSONÂNCIA

VOCÊ SABIA?



A ressonância também pode ocorrer durante a aterrissagem de um helicóptero. Este fenômeno é conhecido como **ressonância de solo** ou ressonância de rotor e é causado pela interação entre as ondas de pressão geradas pelo rotor principal da aeronave e a superfície do solo.



Este vídeo demonstra um oscilador massa mola interligado a um motor elétrico. Alterando a velocidade do motor é possível observar a intensidade de vibração do conjunto massa mola.

# SOM + SOM = SILÊNCIO



A interferência destrutiva do som é um fenômeno acústico que ocorre quando duas ondas sonoras de frequências iguais e amplitudes opostas se encontram. Nesse caso, as duas ondas se combinam e a energia acústica se anula, resultando em uma região de silêncio relativo.

Esse fenômeno pode ser observado em diversas situações, como em salas de concertos com acústica ruim, onde as ondas sonoras refletidas pelas paredes e pelo teto podem interferir com as ondas sonoras emitidas pelos instrumentos musicais, causando interferência destrutiva em algumas regiões da sala.

Para reduzir o ruído em uma cabine de avião, engenheiros utilizam técnicas de cancelamento de ruído que se baseiam na interferência destrutiva do som. Nesses sistemas, sensores captam as ondas sonoras e um processador digital cria ondas sonoras opostas em amplitude e fase, gerando a interferência destrutiva e reduzindo o ruído. Podemos chamar de "anti-som".

A interferência destrutiva do som também pode ser observada no sistema de escapamento de um carro. Quando as ondas sonoras emitidas pelos cilindros do motor encontram-se com as ondas sonoras emitidas pelo escape, pode ocorrer interferência destrutiva, causando uma redução no ruído emitido pelo veículo.

Os engenheiros de automóveis utilizam esse princípio para projetar sistemas de escapamento mais silenciosos, por meio do uso de ressonadores e de câmaras de expansão, que ajudam a criar as condições ideais para a ocorrência da interferência destrutiva.

# MAPA CONCEITUAL

Avaliação em duplas ou trios

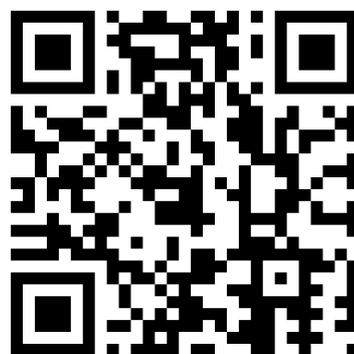
Nossa avaliação final será na forma de um **Mapa Conceitual**.

Um mapa conceitual é uma ferramenta visual que ajuda a organizar e estruturar conceitos e ideias de maneira clara e lógica. Para criar um mapa conceitual, siga os passos abaixo:

1. Escolha um tema: Defina o assunto que deseja abordar e escreva-o no centro da página.
2. Identifique os conceitos: Liste os conceitos relacionados ao tema central, e conecte-os ao tema central por meio de linhas.
3. Adicione exemplos: Para cada conceito, adicione exemplos, palavras-chave ou frases que o descrevam com mais detalhes.
4. Classifique os conceitos: Agrupe os conceitos relacionados em categorias ou grupos, criando uma estrutura lógica e hierárquica.
5. Revise e ajuste: Analise o mapa conceitual e faça ajustes conforme necessário para garantir que ele represente de forma clara e precisa as relações entre os conceitos.



Para auxiliar na construção do mapa conceitual, utilize o site ao lado, nele existem mais informações e dicas.



<http://www.if.ufrgs.br/cref/mapas/>

# AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Parabéns, chegamos ao final do roteiro de atividades sobre ondas mecânicas! Para nós, é muito importante receber o seu feedback sobre essa experiência de aprendizagem. Por isso, solicitamos que você responda as questões abaixo com sinceridade e atenção, pois elas serão significativas para avaliar o Produto Educacional que você participou. Sua contribuição é fundamental. Desde já, agradecemos sua participação!

Para responder ao Questionário de Avaliação deste produto educacional sobre ondas, você pode acessá-lo de forma online através do link abaixo ou do QR Code. Certifique-se de que está utilizando um dispositivo com acesso à internet, seja ele um celular, tablet ou notebook.



**[HTTPS://FORMS.GLE/FARLDBKZYADNEV2G7](https://forms.gle/FARLDBKZYADNEV2G7)**



# AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Marque de acordo com a Legenda:

## Legenda:

Muito bom



Bom



Ruim ou péssimo



A utilização da cartilha foi importante para o meu aprendizado.



A realização de experimentos contribuiu para o meu aprendizado.



O uso de simulações foi significativo na aprendizagem.



# AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Textos e material de apoio são relevantes nas aulas.



A elaboração do mapa conceitual facilitou a organização dos conhecimentos.



Comente sobre sua experiência na utilização desta Cartilha de Estudos sobre Ondulatória.

---

---

---

---

---

---

---

---

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

Caro estudante,

Com o término da nossa cartilha sobre ondas mecânicas, esperamos ter ajudado a consolidar os seus conhecimentos sobre este tema fascinante da física. As ondas estão presentes em diversas áreas da nossa vida e compreender seus princípios básicos é fundamental para a compreensão de diversos fenômenos naturais e tecnológicos.

Acreditamos que esta cartilha tenha contribuído significativamente para o seu aprendizado e esperamos que você possa continuar aprofundando seus conhecimentos sobre física, tanto por meio de outras fontes de estudo quanto por meio da prática de experimentos e atividades que possam consolidar o seu aprendizado.

Por fim, gostaríamos de agradecer pela oportunidade de compartilhar nossos conhecimentos com você. Esperamos que a nossa cartilha tenha sido útil e desejamos sucesso em seus estudos e em sua trajetória acadêmica e profissional.



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

Atenciosamente,  
Prof. Matheus Pires da Silva  
Prof. Dr. Alexandre Luis Junges



# CARTILHA SOBRE ONDULATÓRIA

Matheus Pires da Silva

Orientador: Alexandre Junges

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Bruno Ferreira; SILVEIRA Luciene Batista. **Ondas mecânicas: uma proposta de sequência didática utilizando recursos e elementos motivacionais alternativos**. Revista do Professor de Física, Brasília 11 de julho de 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/25882/22735> Acesso em: 03 de março de 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**, Brasília, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site\\_110518.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf)

BONFIM, Damiana; COSTA, Priscila; NASCIMENTO, Willian. **A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média**. Experiências em Ensino de Ciências. 2018. Disponível em: [https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID465/v13\\_n1\\_a2018.pdf](https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID465/v13_n1_a2018.pdf) Acesso em: 22 de janeiro de 2023.

CHIQUETTO, Marcos José. **O currículo de física do ensino médio no brasil: Discussão retrospectiva**. Revista e-curriculum, São Paulo, v.7 n.1 Abril de 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/5646/3990>. Acesso em 17 de agosto de 2022.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DINIZ, Elane Vieira. **O estudo de ondas mecânicas através de abordagem investigativa com enfoque na aplicação tecnológica**. Dissertação de mestrado (MNPEF) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2020. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacaoarquivo/p48-dissertacao-elane.pdf> Acesso em 19 de janeiro de 2022.

FRANÇA, et. al. Ondas mecânica: ensino pelo método investigativo. **Physicae Organum**, Brasília, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/42817/32922>. Acesso em: 10 de dezembro 2022.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física, 10ª edição**. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual** [recurso eletrônico] / Paul G. Hewitt ; tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

JEWETT, John.; SERWAY, Raymond. **Física para cientistas e engenheiros**, v. 2 : oscilações, ondas e termodinâmica. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074/5725> Acesso em: 24 de Setembro de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Ensino de Ciências**. Setembro de 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006> Acesso em 23 de outubro de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**. 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORESport.pdf> Acesso em 03 novembro de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Instituto de Física**. 2018. UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsfWPqr6hjzyLQzs/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 06 de dezembro de 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. O que é afinal aprendizagem significativa? **Instituto de Física – UFRGS**. Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf> Acesso em: 13 de janeiro de 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Instituto de Física UFRGS**. Porto Alegre. 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf> Acesso em: 15 de janeiro de 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. Teorias construtivistas **Instituto de Física - UFRGS**, Porto Alegre. 1999. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10\\_moreira\\_ostermann.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10_moreira_ostermann.pdf) Acesso em: 5 de fevereiro de 2023.

MOZENA, Erika; OSTERMANN, Fernanda. Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino de Física. **UFRGS**. Porto Alegre, Julho de 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n2p327/32314>. Acesso em outubro de 2022.

MURGI, Regiane Nunes Dronov. Proposta de Sequência Didática para o ensino de ondas: uma abordagem teórico-experimental. Dissertação (MNPEF) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1299/1/RegianeNunesDronovMurgij.pdf>. Acesso em 25 de junho de 2021.

NUSSENZVEIG, H.M. Livro: **Curso de Física Básica, 4ª Edição**. São Paulo. Editora Edgard Blucher, 2002.

SILVEIRA, Carolina Pinheiro da. Atividades Experimentais para o Ensino de Física Ondulatória no Ensino Médio e NEJA. Dissertação (MNPEF). Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/6380/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Carolina%20Pinheiro%20da%20Silveira.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Acesso em: 8 de fevereiro de 2023.

SILVEIRA, Alexandro Neves. Sensoriamento de experimentos para o ensino de ondas usando *smartphone*. Dissertação de mestrado (MNPEF) Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2021. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacaoarquivo/p21-dissertacao-Alexsandro.pdf>. Acesso em 05 de julho de 2022.

STAUBT JUNIOR, Carlos Roberto. Uma sequência didática envolvendo os conceitos básicos de ondas mecânicas utilizando os métodos Just-In-Time Teaching e Peer Instruction na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Teoria Sociointeracionista. Dissertação de mestrado (MNPEF) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tramandaí, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/197462/001097004.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 26 de agosto de 2022.

YOUNG, Hugh D. **Física I, Sears e Zemansky**. Colaborador A. Lewis Ford; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Adir Moysés Luiz. – 14. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.