

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Taynara Alves Mendonça

**ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO
DE FÍSICA**

Juiz de Fora
2026

Taynara Alves Mendonça

**ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO
DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora/Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na escola básica.

Orientador: Prof. Dr.^a Adriana Aparecida da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira

Juiz de Fora

2026

Taynara Alves Mendonça

**ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO
DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora/Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na escola básica.

Aprovada em 12 de junho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr.^a Adriana Aparecida da Silva

- Orientadora Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Emanuel José Reis de Oliveira. -Coorientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes).

Prof. Dr. Judismar Tadeu Guaitolini Junior

Instituto Federal do Espírito Santo
(IFES/Campus Vitória)

Prof. Dr. Wilson de Souza Melo

Universidade Federal de Juiz de Fora

Juiz de Fora, 11/06/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Aparecida da Silva, Professor(a)**, em 17/06/2026, às 10:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wilson de Souza Melo, Professor(a)**, em 17/06/2026, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Emanuel José Reis de Oliveira, Usuário Externo**, em 19/06/2026, às 06:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JUDISMAR TADEU GUAITOLINI JUNIOR, Usuário Externo**, em 23/06/2026, às 13:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **3024849** e o código CRC **1ED7D31C**.

Dedico este trabalho ao meu amado pai
José (*in memoriam*) e ao meu querido tio
Carlos (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha querida vó, que desde criança me acolheu e me protegeu das dificuldades da vida. Se a vida pareceu mais doce e mais próspera, foi graças ao amor que ela dedicou a mim.

Agradeço ao meu pai, José, e ao meu tio, Carlos, que há algum tempo já não podem presenciar o prosseguir da minha vida, mas nunca me esqueço deles em momentos como esses. Foram pessoas cruciais e, enquanto presentes, sempre me incentivaram a seguir meus sonhos.

Agradeço à minha tia Cláudia, que sempre esteve presente em todo esse processo e com quem pude compartilhar bastante conhecimento, essencial para a minha pesquisa. E agradeço igualmente aos meus primos, seus filhos, Alícia e Lorenzo, por trazerem alegria durante esse processo, tornando a experiência muito mais leve e palpável.

Agradeço aos meus queridos orientadores, à Dr.^a Adriana Aparecida da Silva e ao Dr. Emanuel José Reis de Oliveira, que sempre foram generosos, pacientes e muito sábios nessa orientação. Obrigada por todo o acolhimento e carinho durante esse processo.

Agradeço aos meus colegas de turma, que caminharam comigo nessa jornada.

Agradeço aos meus alunos e ex-alunos, que me fizeram a profissional que sou hoje.

Agradeço aos meus queridos amigos, que sempre estão presentes e tornam os dias mais leves.

Agradeço, por fim, ao Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física pela oportunidade de ampliar minha formação.

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

*A natureza se contenta com simplicidade, e
não gosta da pompa de causas supérfluas.*
(Sir. Isaac Newton)

RESUMO

Este trabalho aborda a dificuldade de promover aprendizagem significativa no ensino de Física, especialmente no que se refere à compreensão e retenção de conceitos ao longo do tempo. Fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, o estudo teve como objetivo elaborar uma sequência didática para o ensino de ondas mecânicas e eletromagnéticas no Ensino Médio. A pesquisa foi desenvolvida com 38 alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Juiz de Fora, por meio da implementação de uma sequência didática composta por oito aulas. As aulas foram planejadas e pensadas para desenvolver a compreensão dos alunos sobre as ondas mecânicas e eletromagnéticas, bem como sobre os principais fenômenos ondulatórios, utilizando situações contextualizadas ao cotidiano do aluno. Como instrumento de avaliação, foram utilizados mapas conceituais elaborados antes e após a implementação da sequência didática, além de atividades colaborativas. A análise dos mapas conceituais iniciais revelou que os alunos associavam o conceito de ondas predominantemente a contextos de lazer e a exemplos de ondas mecânicas. Entre os termos mais recorrentes estavam "ondas do mar" e "ondas sonoras", além de outras associações relacionadas às vivências cotidianas dos estudantes, indicando uma compreensão inicial limitada do conceito de ondas e pouca familiaridade com as ondas eletromagnéticas. Após a implementação, observamos a ampliação dos conceitos, maior diferenciação entre ondas mecânicas e eletromagnéticas e a redução de conceitos inadequados, embora persistam limitações na estruturação dos mapas conceituais. Concluímos que a sequência didática contribuiu para a construção de uma aprendizagem mais significativa, favorecendo a organização conceitual dos estudantes e a aproximação entre o conhecimento científico e o cotidiano.

Palavras-chave: Ondulatória. Aprendizagem Significativa. Ondas Mecânicas. Ondas Eletromagnéticas. Mapas Conceituais.

ABSTRACT

This study addresses the challenge of fostering meaningful learning in physics education, particularly regarding the understanding and long-term retention of concepts. Grounded in Ausubel's Meaningful Learning Theory, the study aimed to develop a teaching sequence for instruction on mechanical and electromagnetic waves at the high school level. The research involved 38 second-year high school students from a state school in Juiz de Fora and entailed the implementation of an eight-lesson teaching sequence. The lessons were designed to develop students' understanding of mechanical and electromagnetic waves, as well as key wave phenomena, by utilizing situations contextualized within the students' daily lives. Assessment tools included concept maps created before and after the teaching sequence, alongside collaborative activities. Analysis of the initial concept maps revealed that students predominantly associated the concept of waves with leisure contexts and examples of mechanical waves. Frequently cited terms included "ocean waves" and "sound waves," alongside other associations linked to students' everyday experiences; this indicated a limited initial understanding of the wave concept and little familiarity with electromagnetic waves. Following implementation, we observed an expansion of concepts, improved differentiation between mechanical and electromagnetic waves, and a reduction in misconceptions, although limitations in the structuring of concept maps persisted. We conclude that the teaching sequence contributed to the construction of more meaningful learning, fostering the organization of students' conceptual understanding and bridging the gap between scientific knowledge and everyday life.

Keywords: Wave motion. Meaningful learning. Mechanical waves. Electromagnetic waves. Concept maps.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva.....	29
Figura 2 – Mapa Conceitual sobre a visão humanística de Novak da Aprendizagem Significativa.....	32
Figura 3 – Representação de um movimento repetitivo.	34
Figura 4 – Gráfico do deslocamento <i>versus</i> período	35
Figura 5 – Onda longitudinal em uma mola.....	37
Figura 6 – Onda longitudinal em um fluido.	38
Figura 7 – Onda transversal em uma corda	38
Figura 8 – Onda eletromagnética.	38
Figura 9 – Ondas com as suas características.....	39
Figura 10 – Imagem de uma onda progressiva se locomovendo para a direita.	42
Figura 11 – Imagem de uma onda progressiva se locomovendo para a direita com velocidade v	42
Figura 12 – Imagem para um $t = 0$	43
Figura 13 – Imagem da onda senoidal para um tempo avançado $t = 1$	43
Figura 14 – Imagem de uma onda quadrada.	45
Figura 15 – Imagem de uma onda serrilhada.	45
Figura 16 – Imagem de uma onda triangular.....	45
Figura 17 – Onda em uma corda esticada presa em uma extremidade fixa.	46
Figura 18 – Representação de uma interferência construtiva e interferência destrutiva.	48
Figura 19 – A corda tem um pulso que sai da esquerda para a direita.	49
Figura 20 – A corda atinge a outra extremidade e sofre uma inversão.....	49
<i>Figura 21 – Onda se propagando por uma corda A.</i>	51
Figura 22 – Onda se propagando por uma corda A	51
Figura 23 – Luz vermelha emitida por duas fontes.	53
Figura 24 – Luz Violeta emitida por duas fontes luminosas.....	53
Figura 25 – Ondas na água atravessando uma barreira estreita.	54
Figura 26 – Difração em duas fendas	54
Figura 27 – Alunos realizando a primeira atividade.....	69

Figura 28 – Imagem do experimento.....	70
Figura 29 – Alunos montando o espectro eletromagnético.....	71
Figura 30 – Alunos executando a terceira atividade.	72
Figura 31 – Primeira atividade do grupo “A”.....	77
Figura 32 – Segunda atividade do grupo “A”.....	78
Figura 33 – Primeira parte da terceira atividade do grupo “A”.	79
Figura 34 – Segunda parte da terceira atividade do grupo “A”.	79
Figura 35 – Terceira parte da terceira atividade do grupo “A”.	80
Figura 36 – Primeiro mapa conceitual do aluno Marcos.....	81
Figura 37 – Segundo mapa do aluno Marcos.....	81
Figura 38 – Primeiro mapa conceitual do aluno Jonas.	82
Figura 39 – Segundo Mapa Conceitual do aluno Jonas.	83
Figura 40 – Primeiro mapa conceitual do aluno Josiel.	83
Figura 41 – Segundo mapa do aluno Josiel.	84
Figura 42 – Primeira parte da primeira atividade do grupo “B”.	84
Figura 43 – Segunda parte da primeira atividade do grupo “B”.	85
Figura 44 – Segunda atividade do grupo “B”.....	85
Figura 45 – Primeira parte da terceira atividade do grupo “B”.	86
Figura 46 – Segunda parte da terceira atividade do grupo “B”.	87
Figura 47– Terceira parte da terceira atividade do grupo “B”.	87
Figura 48 – Primeiro mapa conceitual do aluno Eduardo.	88
Figura 49 – Segundo mapa conceitual do aluno Eduardo.	89
Figura 50 – Primeiro mapa do aluno Marciel.	90
Figura 51 – Segundo mapa do aluno Marciel.	91
Figura 52 – Primeiro mapa conceitual da aluna Juliana.	92
Figura 53 – Segundo mapa conceitual da aluna Juliana.	93
Figura 54 – Primeira atividade do grupo “C”.....	94
Figura 55 – Segunda atividade do grupo “C”.....	94
Figura 56 – Primeiro mapa do aluno Lorenzo.....	96
Figura 57 – Segundo mapa do aluno Lorenzo.....	97
Figura 58 – Primeiro mapa conceitual da aluna Luiza.	97
Figura 59 – Segundo mapa da aluna Luiza.	98
Figura 60 – Primeira atividade do grupo “D”.....	99

Figura 61 – Segunda atividade do grupo “D”	100
Figura 62 – Primeira parte da terceira atividade do grupo “D”	101
Figura 63 – Segunda parte da terceira atividade do grupo “D”	101
Figura 64 – Terceira parte da terceira atividade do grupo “D”	102
Figura 65 – Primeiro mapa conceitual do aluno Paulo.	102
Figura 66 – Segundo mapa do aluno Paulo.	103
Figura 67 – Primeiro mapa conceitual do aluno Marcelo.	104
Figura 68 – Segundo mapa conceitual do aluno Marcelo.	104
Figura 26 – Mapa Conceitual sobre a visão humanística de Novak da Aprendizagem Significativa.....	171

LISTA DE TABELAS

Quadro 1: Trabalhos relacionados a ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.	57
Quadro 2: Sequência de aula baseada na UEPS.	66
Quadro 3: Análise do primeiro mapa conceitual.	73
Quadro 4: Análise do segundo mapa conceitual.	74
Quadro 5: Relação das atividades com o segundo mapa conceitual.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	Aprendizagem Significativa
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
MHS	Movimento Harmônico Simples
OA	Objeto de aprendizagem
SD	Sequência Didática
DI	Déficit Intelectual
SI	Sistema Internacional
STEAM	<i>Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics</i> – Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática)
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativo
WI-FI	Wireless Fidelity

LISTA DE SÍMBOLOS

$=$	Igual.
$/$	Divisão.
$y(x, t)$	Função que representa a posição em um espaço unidimensional.
A	Amplitude.
$.$	Multiplicação.
$\cos$	Cosseno (função trigonométrica).
ω	Letra grega ômega, simbolizando a frequência angular.
t	Tempo.
$+$	Adição.
ϕ	Letra grega fi, simbolizando a constante de fase inicial.
T	Período.
π	Letra grega pi.
f	Frequência.
K	Número de onda.
λ	Letra grega lâmbda, simbolizando comprimento de onda.
V	Velocidade.
v	Velocidade de onda.
$\pm$	Mais ou menos.
Δ	Variação.
∂	Derivada parcial (notação de Legendre).
d	Derivada (notação de Leibniz).
μ	Densidade linear da corda.
T	Tensão na corda
$f'(x), x' \text{ ou } y'$	Derivada (notação de Lagrange)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	23
2.2 APRENDIZAGEM MECÂNICA	23
2.3 SUBSUNÇORES	26
2.4 ORGANIZADORES PRÉVIOS.....	28
2.5 MAPAS CONCEITUAIS.....	31
3 ONDAS	33
3.1 CONCEITO INICIAL DE ONDAS.....	33
3.2 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)	33
3.3 DEFINIÇÃO DE ONDAS.....	36
3.4 DESLOCAMENTO DE ONDAS	37
3.5 PARÂMETROS BÁSICOS DE UMA ONDA	39
3.6 ONDAS PERIÓDICAS	40
3.7 FUNÇÃO DE ONDA	41
3.7.1 ONDAS PROGRESSIVAS.....	41
3.8 EQUAÇÃO DE ONDA UNIDIMENSIONAL.....	44
3.9 ONDAS EM UMA CORDA.....	46
3.10 EQUAÇÃO DE ONDA NA CORDA	47
3.11 PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO DE ONDA.....	47
3.12 REFLEXÃO E REFRAÇÃO DE CORDAS	49
3.12.1 REFLEXÃO.....	49
3.12.2 REFRAÇÃO EM CORDAS	51
3.13 INTERFERÊNCIA DA LUZ	52
3.14 DIFRAÇÃO	53
4 METODOLOGIA.....	56

4.1 ESTADO DA ARTE	56
4.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS).....	63
4.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	66
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	68
5.1 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES.....	68
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
REFERÊNCIAS	113
ANEXO A– ATIVIDADE DOS CENÁRIOS	116
ANEXO B – ATIVIDADE PARA DIFERENCIAR ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS	117
ANEXO C – EXPERIMENTO DE DIFRAÇÃO PARA DEMONSTRAR A NATUREZA ONDULATÓRIA DA LUZ.....	118
ANEXO D – CONSTRUÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	120
ANEXO E – SLIDES DA AULA 2	121
ANEXO F- SLIDE DA AULA 4 DE FENÔMENOS E APLICAÇÕES	125
ANEXO G – PLANEJAMENTO DAS AULAS DA SD.....	132
1ONDAS.....	143
1.1 CONCEITO INICIAL DE ONDAS.....	143
1.2 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)	143
1.3 DEFINIÇÃO DE ONDAS.....	146
1.4 DESLOCAMENTO DE ONDAS	147
1.5 PARÂMETROS BÁSICOS DE UMA ONDA	149
1.6 ONDAS PERIÓDICAS	150
1.7 FUNÇÃO DE ONDA	151
1.7.1 ONDAS PROGRESSIVAS.....	151
1.8 EQUAÇÃO DE ONDA UNIDIMENSIONAL.....	154
1.9 ONDAS EM UMA CORDA.....	156
1.10 EQUAÇÃO DE ONDA NA CORDA	156

1.11 PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO DE ONDA	157
1.12 REFLEXÃO E REFRAÇÃO DE CORDAS	158
1.12.1 REFLEXÃO.....	158
1.12.2 REFRAÇÃO EM CORDAS	160
1.13 INTERFERÊNCIA DA LUZ	161
1.14 DIFRAÇÃO	163
2.1 SUBSUNÇORES	165
2.2 ORGANIZADORES PRÉVIOS.....	167
2.3 MAPAS CONCEITUAIS.....	169
3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS).....	172
4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	175
5 PLANEJAMENTO DAS AULAS.....	177
6 EXPERIMENTO DE DIFRAÇÃO PARA DEMONSTRAR A NATUREZA ONDULATÓRIA DA LUZ.....	185
7 CONSTRUÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	187
8 ATIVIDADE DOS CENÁRIOS	188
9 ATIVIDADE PARA DIFERENCIAR ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS	189
10 SLIDES DA AULA 2 DE ONDAS E PROPRIEDADES	190
11 SLIDES DA AULA 4 DE FENÔMENOS E APLICAÇÕES	194

1 INTRODUÇÃO

A Física está presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) integrando a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias juntamente com as disciplinas de Biologia e Química. Essa área tem a função de tornar o conhecimento científico aprendido no âmbito escolar em um conhecimento útil e aplicável no cotidiano do aluno. Ela reforça que o aprendizado depende de diversos contextos, como experimentações para explicar os fenômenos naturais, entendimento de sistemas tecnológicos e foco no desenvolvimento crítico para um bom desenvolvimento do letramento científico¹ da comunidade. Então, a definição das leis da Física e das formulações matemáticas que as embasam não é mais importante que fazer com que o conhecimento aprendido seja capaz de ajudar as pessoas a resolverem problemas reais do seu cotidiano.

Todavia, poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos (como estimar o consumo de energia de aparelhos elétricos a partir de suas especificações técnicas, ler e interpretar rótulos de alimentos etc.). Tal constatação corrobora a necessidade de a Educação Básica – em especial, a área de Ciências da Natureza – comprometer-se com o letramento científico da população. (Brasil, 2018, p.547).

No ensino de ondulatória, a tecnologia constitui um tópico relevante para a sociedade atual, pois muitos dos recursos tecnológicos utilizados atualmente têm como base fenômenos ondulatórios observados nas ondas eletromagnéticas e nas ondas mecânicas que são estudados nesse ramo da Física. A ondulatória segue a Competência 1 da BNCC (Brasil, 2018) que ressalta a análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos visando o ser humano como indivíduo e parte de um coletivo capaz de cooperar com o meio socioambiental sendo capaz de se inteirar de medidas e conhecimento para melhorar a sociedade em que vive. Com a crescente presença

¹ (...) o conceito de letramento científico amplia a função dessa educação, incorporando a discussão de valores que venham a questionar o modelo de desenvolvimento científico e tecnológico. (...) o que se busca não é uma alfabetização em termos de propiciar somente a leitura de informações científicas e tecnológicas, mas a interpretação do seu papel social. Isso implica mudanças não só de conteúdos programáticos como também de processos metodológicos e de avaliação. Tornar a educação científica uma cultura científica é desenvolver valores estéticos e de sensibilidade, popularizando o conhecimento científico pelo seu uso social como modos elaborados de resolver problemas humanos (...) [Trata-se] de reconhecê-la na prática social abrindo as portas da formalização ritualística das fórmulas acadêmicas de sala de aula para seu uso por meios informais. O letramento científico significa também buscar uma educação científica que propicie a educação tecnológica. (SANTOS, 2007, p. 487).

dessa tecnologia na sociedade, também surge a necessidade de que o estudante seja capaz de compreender suas inter-relações com a ciência e a sociedade.

Observo, a partir da minha prática, ser comum que diversos conceitos físicos sejam mal interpretados pelas pessoas que não possuem letramento científico adequado, como o termo “radiação”, frequentemente associado a catástrofes. No entanto, as pessoas fazem uso diariamente de dispositivos que contêm radiação eletromagnética, como as micro-ondas e ondas de rádio. Assim, o ensino de ondulatória pode contribuir para o aprendizado dessas tecnologias e permitir que o aluno consiga avaliar tanto suas utilidades, consiga quanto os riscos. Segundo a BNCC (Brasil, 2018, p. 555),

Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

A relação do jovem atual com a tecnologia quando comparada com a do jovem da geração passada mudou significativamente. O uso de tecnologias como o celular, por exemplo, era mais restrito e não era a principal forma de comunicação entre eles. Com o desenvolvimento das tecnologias digitais, como rádio, celular e computador, as ferramentas se desenvolveram para ampliar suas utilidades e isso mudou a forma como o jovem interage com a tecnologia. Atualmente, a vida social e o lazer de um adolescente em grande parte dos casos estão associados ao uso de celular² e demais ferramentas que lhe permitem acessar as redes sociais e se comunicar.

Celular, *Wi-fi*, *tablets*, jogos eletrônicos são aparatos tecnológicos que utilizam os conceitos de ondas eletromagnéticas e muitos dos alunos desconhecem esse fato, ou nunca desenvolverem um raciocínio sobre como o estudo sobre essas ondas é importante para o entendimento das tecnologias que eles utilizam. Durante a pandemia, no ano de 2020, quando o acesso às ruas foi limitado e as aulas presenciais suspensas, o ensino foi mantido graças à comunicação à distância, que utilizou recursos digitais. Assim, aprofundar esses conhecimentos pode ajudar o

² O uso desenfreado de celular em sala de aula tem impacto significativo no aprendizado, pois o uso em excesso contribui para retirar do jovem a atenção da aula. A Lei nº 15.100/2025 entrou em vigor para inibir esse contato descontrolado do celular e incentiva seu uso apenas com finalidades pedagógicas. Reconhecemos, entretanto, que o celular oferece além de redes sociais e jogos, ferramentas de pesquisa e aplicativos interessantes para uso pedagógico.

jovem a contextualizar o aprendizado científico em seu cotidiano, evidenciando sua importância social.

Durante as minhas aulas de óptica e ondulatória, constatei que os alunos apresentavam dificuldades em estabelecer relações entre os conceitos comuns a essas disciplinas. Tal dificuldade refletiu-se de forma significativa nas aulas de ondulatória, nas quais os estudantes não reconheciam que fenômenos como a reflexão e a refração, anteriormente abordados exclusivamente no contexto da luz, poderiam ser generalizados e aplicados a diferentes tipos de ondas.

Outro aspecto que se evidenciou foi o fato de que os alunos, em um primeiro momento, associavam o conceito de onda exclusivamente a exemplos do cotidiano, como as ondas do mar e as ondas sonoras, restringindo-o, portanto, às ondas mecânicas. Quando o conteúdo de ondas eletromagnéticas era introduzido, surgiam dificuldades na compreensão de que o *Wi-Fi*, as micro-ondas e os raios X, por exemplo, também são ondas, igualmente, sujeitas aos fenômenos estudados em óptica.

Cabe destacar que a conceituação da luz como uma onda pertencente ao conjunto das ondas eletromagnéticas causava, inicialmente, estranheza entre os alunos. Além disso, observei que eles apresentavam dificuldade para compreender que fenômenos ondulatórios, como a reflexão, não são exclusivos da luz, mas também ocorrem com o som, uma onda mecânica, como exemplificado pelo eco. Embora seja um fenômeno conhecido pelos estudantes em seu cotidiano, não era previamente reconhecido por eles como um caso específico de reflexão das ondas sonoras. Todas as situações citadas me motivaram na escolha desse tema como foco para minha dissertação.

O objetivo geral desse trabalho foi elaborar uma sequência didática para o ensino de ondas mecânicas e eletromagnéticas no Ensino Médio.

Temos como objetivos específicos:

- Identificar, no ensino de ondulatória, conhecimentos científicos sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas;
- Estabelecer a relação entre os fenômenos da refração e da reflexão e outros fenômenos com as ondas eletromagnéticas e mecânicas;
- Associar o avanço de tecnologias de comunicação ao conhecimento de conceitos de ondulatória; e

- Relacionar o conhecimento científico a situações que envolvem o cotidiano do estudante.

Este trabalho está organizado nessa introdução, seguida do capítulo de referencial teórico, do capítulo sobre ondas, da metodologia, da análise dos resultados, das considerações finais e das referências.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

David Paul Ausubel (1918 – 2008) foi um teórico da psicologia educacional que desenvolveu a Teoria de Aprendizagem Significativa. Como um legítimo cognitivista, Ausubel focou na forma como as pessoas processam e armazenam informações relacionadas ao conhecimento. Enfatizou que um melhor aprendizado se dá devido a novos conhecimentos integrados aos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A AS ocorre quando uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do aluno, ou seja, quando o novo conhecimento se integra de forma lógica e relevante aos saberes já existentes, permitindo uma compreensão mais profunda e duradoura.

2.2 APRENDIZAGEM MECÂNICA

Ausubel (1980), desenvolveu sua teoria de aprendizagem com o objetivo de contornar os problemas causados por um ensino em que o aluno aprendia sem atribuir significado ao conteúdo. Esse tipo de ensino, centrado na simples memorização, dá origem à chamada aprendizagem mecânica, muito comum em abordagens tradicionais. Nelas, o professor oferece pouco ou nenhum espaço para que o aluno formule questionamentos ou compreenda os conteúdos de maneira significativa, ou seja, relacionando-os ao que já sabe. Como consequência, é comum que, pouco tempo após o estudo, o aluno não se lembre mais do que foi aprendido e essa dificuldade se intensifica com o passar do tempo. Frequentemente, ao chegar a um novo ano escolar, o professor retoma conteúdos vistos anteriormente e muitos alunos afirmam não se lembrar de nada, evidenciando a fragilidade da aprendizagem mecânica.

Em áreas como a Física, a aprendizagem mecânica dificulta o processo de ensino, uma vez que muitos conteúdos dependem de conhecimentos previamente adquiridos. Quando o estudante não apresenta os conhecimentos necessários, seja por esquecimento ou por não ter estudado o conteúdo anteriormente, o professor precisa interromper o andamento da aula para retomar e revisar as informações

indispensáveis. Toda a situação é decorrente de uma aprendizagem mecânica que visa um conhecimento temporário com um objetivo a curto prazo, que se estende desde realizar um teste na escola, uma prova de vestibular, ou apresentar um trabalho. Nesse processo, quando o aluno não apresenta conhecimento prévio, métodos tradicionais, como a aula expositiva e a memorização, podem ser utilizados para construir uma base (ou ancoragem) que favoreça a aprendizagem significativa.

A preocupação em uma aprendizagem mecânica é a falta de assimilação do aprendiz, onde a informação é memorizada e esquecida logo após, e isso impede que se atribua algum significado cognitivo. Como dito anteriormente, se não tem significância, logo após o conteúdo ser estudado, pelo processo natural da memória humana o que ele “aprendeu” será esquecido. É como uma pessoa que precisa ir ao mercado e somente temporariamente, por necessidade, decora os itens da lista, mas ao passar do tempo ela pode esquecer até mesmo do que comprou. Na Física isso é uma preocupação, pois o que acontece é que o aluno acaba decorando as fórmulas e alguns exercícios, mas não compreende os significados físicos, o que se calcula e para o que se serve. Isso pode chegar ao ponto de que, se a questão pede algo que não seja obtido pela fórmula diretamente, é bem provável que o aluno não consiga entender o que pede a questão, além de ter dificuldade para interpretar questões conceituais.

Na Teoria da Aprendizagem Significativa é essencial que a nova informação seja ancorada na estrutura cognitiva já existente do aluno. Isso significa que há uma relação hierárquica entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento: o que o estudante já sabe serve de base para integrar e compreender o que está aprendendo. Dessa forma, o novo conteúdo não é assimilado de maneira isolada, mas passa a fazer sentido ao ser relacionado com conceitos já internalizados. Devemos ressaltar que a estrutura cognitiva de cada aluno é única. Então, cada um irá aprender e reter o novo significado de forma individual. Ou seja, dois estudantes que sempre estudaram juntos e tinham o conhecimento prévio similar vão aprender de formas diferentes, pois cada um deles atribui o significado a um novo conhecimento de maneira singular.

Ausubel ressalta a importância da forma como se conduz o trabalho com o material potencialmente significativo, uma vez que a aprendizagem depende diretamente do mecanismo cognitivo mobilizado nesse processo. Assim, ainda que o

material apresente características de significatividade, seu uso inadequado pode resultar apenas em memorização, sem a construção efetiva de novos significados. Segundo o autor,

A aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem apenas é *potencialmente* significativo. Em segundo, deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa. O material de aprendizagem pode consistir em componentes já significativas (tais como pares de adjetivos), mas cada uma das componentes da tarefa da aprendizagem, bem como esta como um todo (aprender uma lista de palavras ligadas arbitrariamente), não são “logicamente” significativas. Além disso, até mesmo o material logicamente significativo pode ser aprendido por memorização, caso o mecanismo de aprendizagem do aprendiz não seja significativo. (AUSUBEL, 2003, p.1).

Mesmo que um material possua potencial para a aprendizagem significativa, ele pode ser assimilado de forma mecânica, limitando-se à memorização. Nesse sentido, Ausubel define a aprendizagem por recepção, que se aproxima da memorização, e a aprendizagem por descoberta, possibilitando a reflexão sobre diferentes formas de aplicação dessas modalidades no ensino significativo.

A aprendizagem por recepção (Ausubel, 1980, p.1), refere-se ao processo em que o estudante recebe o conteúdo pronto, sem necessidade de descobertas ou construção ativa. Segundo Ausubel (2003), essa modalidade pode ser significativa, desde que o material esteja estruturado de forma clara e organizada e se conecte aos conhecimentos prévios do aluno. Quando essas condições não são atendidas, a aprendizagem por recepção pode limitar-se à memorização mecânica, sem a construção de significados duradouros. Ela basicamente exige que se decore o significado de algum conteúdo sem entender de fato. Um exemplo é a frase “A velocidade da luz no vácuo é constante”. Se não for bem trabalhada pelo professor, essa informação será guardada apenas para uma situação próxima, como uma prova, um trabalho, mas depois poderá cair no esquecimento e quando o aluno se deparar com a mesma frase em outro momento por exemplo, ele nem vai lembrar que já sequer ouviu essa informação.

A aprendizagem por descoberta, desenvolvida por Jerome Bruner (1915–2016), ocorre por meio de questionamentos, problematizações e investigações que estimulam o aluno a buscar respostas e construir seu próprio conhecimento. Diferente da aprendizagem por recepção (Ausubel, 1980, p.20), nela o aluno investiga,

questiona e experimenta a situação apresentada, permitindo que compreenda conceitos de forma mais autônoma e significativa. Embora exija maior participação e esforço cognitivo, essa modalidade favorece a internalização de ideias e a capacidade de transferir o conhecimento para novas situações, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura dos conteúdos. Entretanto, Ausubel levantava críticas quanto à efetividade da aprendizagem ser, de fato, significativa, ao considerar que mesmo conteúdo potencialmente significativos podem ser aprendidos de forma mecânica. Ausubel afirma que:

A aprendizagem significativa e a mecânica são geralmente consideradas como tipos de aprendizagem opostos ou dicotômicos. No entanto, elas podem ocorrer simultaneamente em muitas situações de aprendizagem. A aprendizagem representacional, como a aprendizagem de nomes de conceitos, está mais próxima da aprendizagem mecânica do que da aprendizagem conceitual ou proposicional. A aprendizagem significativa ocorre quando há relações significativas entre a nova informação e aquilo que o aluno já sabe. Por exemplo, um ator pode memorizar suas falas (aprendizagem mecânica) e, ao mesmo tempo, compreender o objetivo da cena e como ela deve ser representada (aprendizagem significativa). (AUSUBEL, 2003, p.5)

Logo, para que a aprendizagem seja significativa, faz-se necessária a organização do conhecimento prévio de modo que este se conecte ao novo conteúdo. Esse conhecimento já existente precisa estar presente na estrutura cognitiva do estudante, funcionando como um ponto de ancoragem para a nova informação. Ausubel denomina esse conhecimento prévio relevante de subsunção, ressaltando que é por meio dele que ocorre a integração do novo material de forma substantiva e não apenas mecânica.

2.3 SUBSUNÇÕES

A responsabilidade de apresentar um conhecimento integrador, que se conecte ao saber prévio dos alunos, é do professor. No entanto, o desejo de aprender e de desenvolver esse conhecimento de forma significativa, de maneira não literal (substantiva) e não arbitrária, deve partir do próprio aluno. Afinal, é ele quem deve ter a consciência do que já sabe e de como pode relacionar esse saber ao novo conteúdo apresentado. Deve-se ressaltar que, nos casos em que o aluno não apresenta conhecimentos prévios, torna-se necessário que ele passe, inicialmente, por um

processo de aprendizagem mecânica, de modo a construir uma base mínima que possibilite, em um momento posterior, o alcance de uma aprendizagem significativa.

No aprendizado de um teorema geométrico, por outro lado, cada palavra componente não é apenas significativa, como também a tarefa como um todo é também potencialmente significativa. Entretanto, a menos que o indivíduo manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa, neste último caso, nenhum significado emergirá: apenas decora uma série de palavras relacionadas arbitrariamente. Portanto, é importante distinguir entre aprendizagem significativa de material potencialmente significativo, por um lado, e, por outro, a aprendizagem automática de elementos componentes significativos de uma tarefa de aprendizagem que é apenas potencialmente significativa. (Ausubel, 1980, p.42-43).

Na perspectiva de Ausubel, a aprendizagem literal está associada à memorização mecânica de informações, sem conexão com conhecimentos prévios. Como dito, esse tipo de aprendizagem é superficial e tende a ser rapidamente perdida. Por isso, ele defende que a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno integra ativamente o novo conteúdo ao que já conhece, atribuindo-lhe sentido e facilitando sua retenção e aplicação.

Para que ocorra uma aprendizagem significativa, o aluno recorre aos conhecimentos já presentes em sua estrutura cognitiva, chamados subsunçores. Eles correspondem a saberes previamente adquiridos, oriundos do conhecimento científico, como, por exemplo, um conteúdo antigo que se relaciona ao da matéria atual, que pode ter sido abordado no mesmo ano ou no ano anterior. Por exemplo, no primeiro ano do Ensino Médio, o aluno estuda energia e a lei da conservação da energia mecânica e esse conteúdo serve como subsunçor para o aprendizado das leis da termodinâmica, sendo fundamental para o entendimento de máquinas térmicas.

Alguns desses conhecimentos, especialmente os conceituais, que apresentam uma estrutura mais elaborada, também podem funcionar como subsunçores. Entretanto, devemos nos atentar ao conhecimento do aluno, pois ele tem que ter embasamento científico, no qual opiniões ou senso comum não podem auxiliar como um conhecimento que vai servir de ancoragem ao novo. Nesse processo, o papel do professor é fundamental para identificar esses conhecimentos e estabelecer conexões entre o novo conteúdo e o conhecimento científico prévio do aluno, favorecendo a construção de significados e promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

No processo de aprendizagem potencialmente significativa é comum supor que o material trabalhado deva ser necessariamente inovador, exigindo que o professor crie constantemente novos recursos para servir como subsunçores. Entretanto, o material potencialmente significativo corresponde, na realidade, aos recursos disponíveis no âmbito escolar, como experimentos, imagens, artigos, textos diversos, simuladores e até mesmo a aula expositiva, frequentemente desconsiderada nas discussões sobre aprendizagem significativa. O objetivo não é excluir os métodos tradicionais, mas integrá-los a outras estratégias que favoreçam a conexão entre conhecimentos prévios e novos conteúdos. Em muitos casos, soluções simples e práticas mostram-se fundamentais. Ao estudar ondulatória, por exemplo, geralmente no segundo ano do Ensino Médio, o estudante já possui conhecimentos sobre energia, movimento harmônico, luz, entre outros. Uma explicação concisa ou uma demonstração experimental pode atuar como elo entre esses saberes, permitindo que o conhecimento anterior se integre ao novo e, gradualmente, aumente a complexidade do aprendizado sempre ancorando os conhecimentos.

É fundamental ressaltar que o conhecimento científico prévio é essencial para o aprendizado, pois ele proporciona ao aluno uma contextualização que enraíza novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva. Moreira (2012) reitera que a aprendizagem significativa ocorre quando há interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, sendo a interação não-arbitrária, ou seja, “a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende” (Moreira, 2012, p. 2).

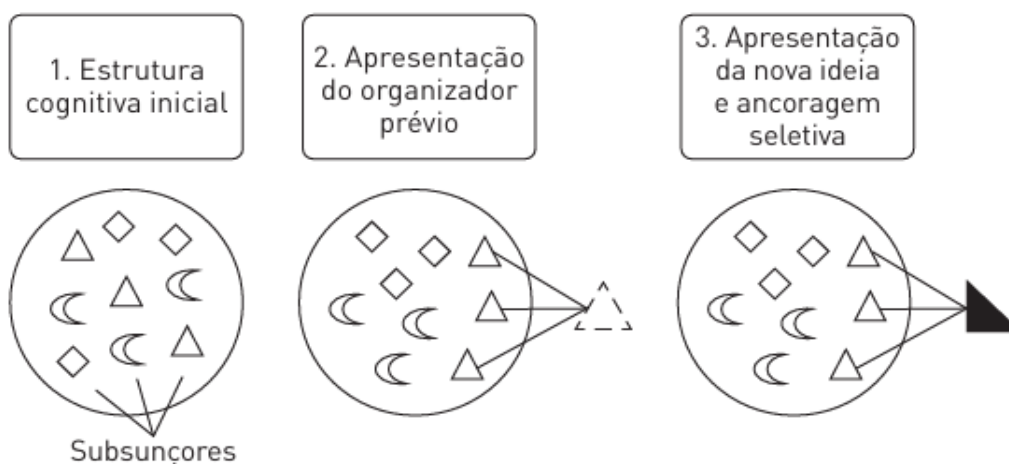
2.4 ORGANIZADORES PRÉVIOS

No processo de aprendizado de um novo conhecimento há várias maneiras de se ancorar o que vai ser aprendido ao que já era conhecido pelo aluno. Uma delas é modificando em certo grau a estrutura cognitiva preexistente. Isso quer dizer que há possibilidade de se usar uma “ancoragem provisória”, por meio de uma comparação que pode ser uma situação presente no cotidiano do aluno ou usar um recurso para mostrar de forma abstrata algum evento ou fenômeno. Porém deve ser bem especificado para que o aluno não confunda com o conhecimento científico real a ser

ensinado, mas apenas um recurso para melhorar a aprendizagem e assimilação. Como representado na figura 1,

o organizador prévio faz o papel de mediador e também faz a alteração das ideias preexistentes, preparando-as para o estudo do material posterior: [...] devem salientar os pontos mais evidentes do material e omitir informações menos importantes; eles auxiliam o estudante a realizar sua própria codificação da nova informação na memória. Rafael; Silva; Koscianski (2012, p. 171)

Figura 1 – Representação do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva.



Fonte: Rafael; Silva; Koscianski (2012, p. 171)

Por exemplo, o uso de simuladores constitui um recurso valioso para a apresentação de fenômenos que, muitas vezes, são difíceis de representar em sala de aula, como o comportamento dos gases. Entretanto, os simuladores costumam representar as partículas do gás como bolinhas em quantidade limitada que, embora numerosa, não corresponde ao número real de partículas. É importante destacar que essa representação é apenas uma simplificação visual: na realidade, as partículas de gás são moléculas ou átomos em constante movimento aleatório, de tamanhos e formas variadas, impossíveis de serem visualizadas individualmente. Torna-se, portanto, necessário que o educador esclareça que a simulação utiliza recursos destinados a representar determinados fenômenos e que a situação apresentada não corresponde exatamente à realidade, mas constitui um modelo que auxilia na compreensão e demonstração dos conceitos abordados. Quando esse cuidado não é

adotado, ou seja, quando o professor não explicita que o simulador representa apenas uma aproximação da realidade, o estudante pode desenvolver interpretações equivocadas, como associar as partículas a pequenas esferas ou "bolinhas", entre outras concepções incorretas.

Para contornar uma compreensão e aprendizagem que vem de um subsunção com uma definição difusa, o professor pode utilizar perguntas, estudar a simulação com os alunos, realizar um experimento discutindo pontos interessantes do conteúdo, entre outros recursos que ajudem a ancorar e ativar o cognitivo do estudante sem que ele desvie do real conhecimento. Algumas situações que o professor trabalha e discute em sala podem levar o aluno a refletir sobre aspectos do seu cotidiano que talvez nunca tenha questionado, como, por exemplo: “Por que a conta de luz aumenta se na minha casa temos um uso regular da eletricidade?”; “Por que o uso do micro-ondas gera medo em algumas pessoas?”; “Usar celular em excesso pode causar câncer?”; “Por que devemos usar protetor solar?”; “Qual é a melhor forma de armazenar os alimentos na geladeira?”; “Por que os instrumentos musicais produzem sons diferentes?”. São perguntas que, por meio de uma introdução contextualizada ou de um levantamento inicial feito pelo professor, contribuem para que o aluno seja questionador e possa sair da posição passiva de uma aula tradicional, que tende a promover uma aprendizagem mecânica.

Na Teoria da Aprendizagem Significativa, Ausubel (2003) descreve diferentes processos de assimilação do conhecimento. O primeiro ocorre na ancoragem, que, como o próprio nome indica, serve de conectivo entre o conhecimento prévio e o novo conteúdo. Em seguida, surge o processo de interação, no qual as ideias novas se relacionam com as já ancoradas; nesse momento, o aluno, com o conhecimento prévio estabilizado, começa a estudar o conteúdo embasando-se nesse referencial, ampliando e aprofundando sua compreensão. Por fim, ocorre o processo de retenção, no qual o estudante, já com os conhecimentos organizados, consegue assimilar novas informações de maior complexidade, consolidando o aprendizado.

As ideias de Ausubel foram revisitadas por Joseph Donald Novak (1930- 2023), educador americano que acrescentou à teoria de Ausubel uma perspectiva humanística, enfatizando que as emoções e o envolvimento do aluno com o conteúdo são fundamentais para o aprendizado. Assim, quando o estudante vivencia

experiências positivas durante o processo de ensino, seus resultados tendem a ser muito melhores do que em situações negativas ou desmotivadoras.

Para tornar esses princípios mais aplicáveis, Novak desenvolveu o mapa conceitual, uma ferramenta gráfica que organiza e representa visualmente os conceitos e suas relações hierárquicas. Os mapas conceituais ajudam o aluno a integrar o conhecimento prévio com o novo, promovendo a aprendizagem significativa, ao mesmo tempo em que tornam o aprendizado mais concreto e acessível, respeitando a dimensão cognitiva e afetiva do estudante.

2.5 MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais partem de conceitos-chave, conectados por ligações que explicam a relação entre eles, formando uma rede hierárquica de informações. Esse recurso auxilia o estudante a organizar e estruturar o conhecimento, promovendo a aprendizagem significativa, pois torna explícita a ligação entre o que já é conhecido e o que está sendo aprendido.

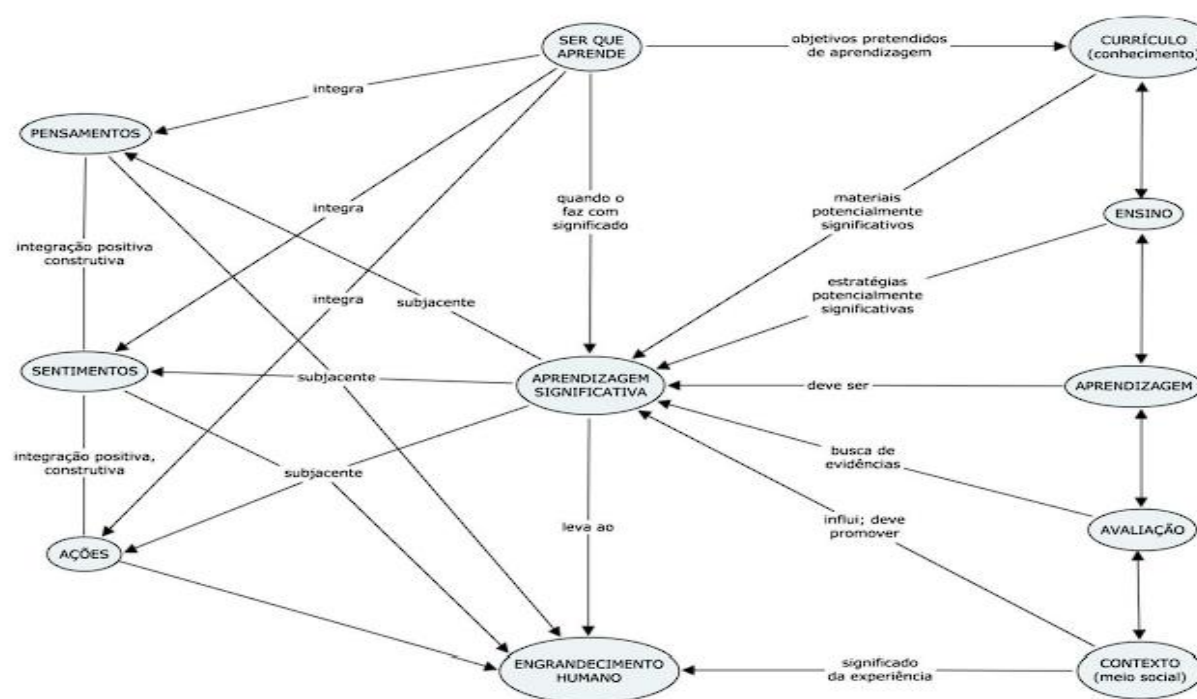
São um excelente recurso para visualizar o conhecimento prévio que o aluno possui. São elaborados com uma organização hierárquica, utilizando setas e palavras-chave para relacionar os conceitos. Essas relações são construídas a partir de palavras mais gerais, que provavelmente fazem parte do conhecimento comum do estudante, até palavras mais específicas do conteúdo. Isso possibilita que o professor avalie o conhecimento prévio dos alunos. Os mapas conceituais são diagramas bidimensionais destinados a representar de forma hierárquica os conceitos de uma disciplina, refletindo a própria estrutura conceitual do conhecimento na área (Moreira, 1997).

Aparentemente simples e às vezes confundidos com esquemas ou diagramas organizacionais, mapas conceituais são instrumentos que podem levar a profundas modificações na maneira de ensinar, de avaliar e de aprender. Procuram promover a aprendizagem significativa e entram em choque com técnicas voltadas para aprendizagem mecânica. (Moreira, 1997, p.8)

Além disso, os mapas conceituais podem ser utilizados para verificar o grau de aprendizado a longo prazo, por meio da comparação, em determinados casos, entre mapas iniciais e posteriores, observando-se como o aluno associa seu conhecimento a determinadas palavras, que podem ser familiares ou não.

Por fim, os mapas conceituais podem ser usados como um recurso de aprendizagem, pois permitem avaliar como os alunos organizam os conhecimentos, incorporam novas palavras e conceitos, e possibilitam verificar se o aprendizado foi realmente significativo. Como exemplo, na figura 2, apresentamos um mapa conceitual sobre Aprendizagem Significativa.

Figura 2 – Mapa Conceitual sobre a visão humanística de Novak da Aprendizagem Significativa



Fonte: Moreira (2013, p.20)

3 ONDAS

3.1 CONCEITO INICIAL DE ONDAS

O conceito de onda é uma abstração usada para descrever e agrupar diversos fenômenos naturais que compartilham características semelhantes, como: transferência de energia sem transporte de matéria, propagação através de um meio ou no vácuo (como no caso das ondas eletromagnéticas), e presença de propriedades como frequência, amplitude, comprimento de onda, etc.

A definição de onda, no senso comum, costuma estar associada às ondulações visíveis na superfície da água, como as que ocorrem no mar. No entanto, esse tipo de onda é um dos mais complexos de se caracterizar. Nussenzveig (2014) generaliza o conceito ao afirmar que “uma onda é qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio. Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte de matéria” (Nussenzveig, 2014, p. 125).

3.2 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)

Uma oscilação é um movimento que se repete, no qual um sistema varia em torno de uma posição de equilíbrio após um determinado intervalo de tempo. Suas aplicações são diversas, como o estudo de pêndulos, molas, balançar de um barco no cais e sinos. Porém, nesse capítulo o foco será a aplicação para ondas eletromagnéticas (luz, micro-ondas e raios gama, entre outros) e ondas mecânicas (ondas em cordas, ondas sonoras, entre outros).

O Movimento Harmônico Simples é um dos casos específicos de oscilações e uma de suas propriedades importantes, onde é a frequência f se define como o número de oscilações por segundo, sendo sua unidade dentro do Sistema Internacional (SI) o hertz (Hz). Define-se o período T de uma oscilação, como o tempo necessário para que se complete um ciclo e se relaciona com a frequência com uma relação inversa, ou seja,

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

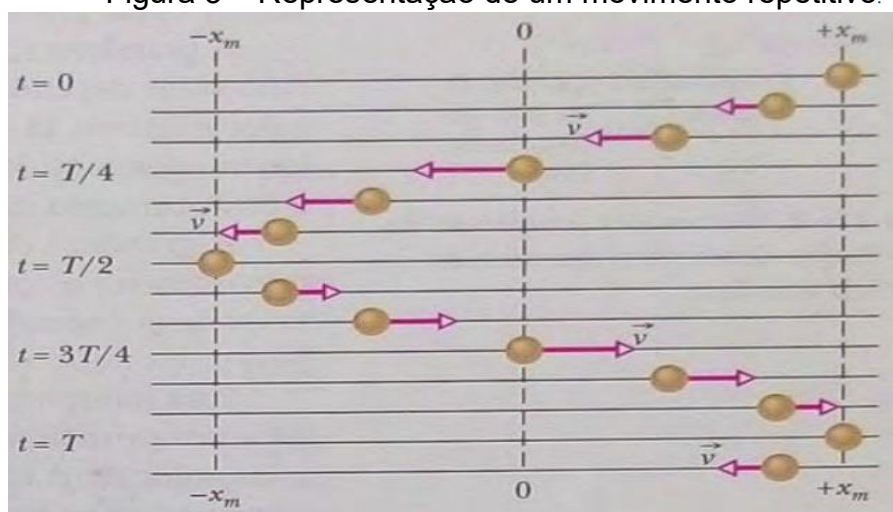
No MHS, a força restauradora, responsável por fazer o sistema retornar à posição de equilíbrio, é diretamente proporcional à distância da posição de equilíbrio (elongação), e essa força aponta para essa mesma posição (oposta à elongação). Sendo assim pode-se definir o MHS pela lei de Hooke

$$F = -kx, \quad (2)$$

onde F é a força (N), k é a constante de proporcionalidade (N/m) e x é a elongação.

A figura 3 descreve um caso particular de um movimento que se repete, onde nota-se uma oscilação se deslocando da esquerda para a direita. No ponto médio a velocidade é máxima e nos pontos extremos a velocidade é nula.

Figura 3 – Representação de um movimento repetitivo.



Fonte: Halliday; Resnick (2012, p. 89).

Girando a figura num ângulo de 90 graus, percebe-se a formação de um gráfico que representa uma função cosseno, gerado da relação do deslocamento com o período. Nos pontos de máximo e mínimo ($+x_m$ e $-x_m$)³, que representam a amplitude, a velocidade é zero, e nos pontos em que x apresenta valor zero ela é máxima.

³ Até esse momento o termo que se refere a amplitude foi representado por x_m , A partir deste ponto denotaremos a amplitude como (A).

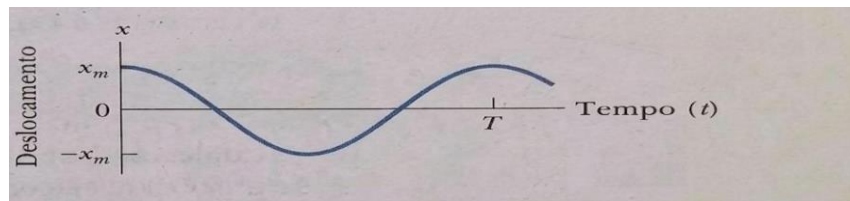
A equação da posição em função do tempo para um sistema massa-mola em MHS é importante para entender o conceito de ondas, pois descreve o comportamento periódico. Ela é dada por.

$$y(x, t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi), \quad (\text{deslocamento}) \quad (3)$$

onde A é a amplitude (m), ω é a frequência angular (rad/s), t é o tempo (s) e ϕ é a constante de fase.

A grandeza amplitude A representa o valor máximo do deslocamento, o qual oscila entre os valores $\pm A$. Já a grandeza de fase ϕ determina a posição inicial de um sistema oscilatório e depende do deslocamento e da velocidade do sistema no instante $t = 0$. (Halliday; Resnick, 2012).

Figura 4 – Gráfico do deslocamento *versus* período



Fonte: Adaptação de Halliday; Resnick (2012, p.89).

Na figura 4, a oscilação é representada por uma função cosseno, de modo que um ciclo se completa ao percorrer uma distância equivalente ao comprimento de onda no eixo espacial ou ao avançar 2π em termos de fase. Ou seja, um ciclo é completado quando a oscilação alcança 2π .

Quando calculamos a frequência angular ω , adota-se um referencial de $\phi = 0$, chegando na equação

$$\omega T = 2\pi. \quad (4)$$

Através da equação (4) definimos a frequência angular como

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ ou } \omega = 2\pi f. \quad (5)$$

O MHS será essencial para o entendimento de ondas, pois como definido anteriormente, ele advém de uma oscilação periódica em torno de uma posição de equilíbrio. Ele é descrito por funções senoidais ou cossenoidais que dependem do

tempo. Para exemplificar essa conexão temos o caso das cordas vibrantes que têm suas partículas realizando um MHS quando perturbadas.

3.3 DEFINIÇÃO DE ONDAS

A principal diferença entre MHS e as ondas é que, no MHS, a oscilação ocorre em torno de uma posição de equilíbrio, sem propagação pelo espaço. Já nas ondas, essa oscilação se propaga ao longo do espaço e do tempo, promovendo a transferência de energia sem transporte de matéria. No entanto, para o movimento harmônico simples o que é analisado é o movimento de uma única partícula em função do tempo. Assim, a descrição matemática de uma onda envolve tanto a variável temporal quanto a espacial, ressaltando que a perturbação se desloca sem que haja transporte de matéria, mas sim de energia. Podemos, então, definir ondas como uma sequência de MHS acoplados, oscilando com as mesmas frequências, mas com fases diferentes.

Existem três tipos de ondas que dependem de sua natureza:

- **Ondas mecânicas:** são perturbações que dependem de um meio material para se propagar, como o ar, a água, as cordas ou o solo. Essa dependência ocorre, pois, suas partículas precisam interagir entre si.
- **Ondas eletromagnéticas:** É importante destacar que, ao contrário das ondas mecânicas, as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagar e são geradas pela interação entre campo magnético e elétrico. É o caso, por exemplo, da luz solar que chega até a Terra atravessando o vácuo do espaço, de ondas de rádio (não confundir com ondas sonoras que são ondas mecânicas), raios X, entre outras.
- **Ondas de matéria:** Em mecânica quântica, uma onda de matéria, também chamada onda de De Broglie, está relacionada à dualidade onda-partícula, segundo a qual toda partícula material pode apresentar características ondulatórias. As relações propostas por De Broglie estabelecem que o comprimento de onda é inversamente proporcional ao momento linear da partícula, enquanto a frequência é diretamente proporcional à sua energia cinética. Esse comprimento de onda associado à matéria recebe o nome de

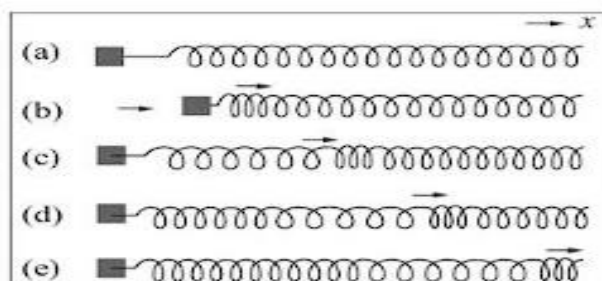
comprimento de onda de De Broglie. Neste trabalho serão apenas citadas, mas não serão abordadas.

3.4 DESLOCAMENTO DE ONDAS

Para entender a natureza das ondas, é essencial observar o movimento das partículas do meio. As ondas mecânicas podem ser classificadas como longitudinais ou transversais, dependendo da direção do deslocamento das partículas em relação à direção de propagação da onda. Já as ondas eletromagnéticas se propagam transversalmente.

- **Ondas longitudinais:** são aquelas em que as partículas vibram na mesma direção da propagação da onda. Alguns exemplos são ondas sonoras, ondas de compressão numa mola, e ondas em um fluido como pode-se visualizar nos exemplos abaixo:

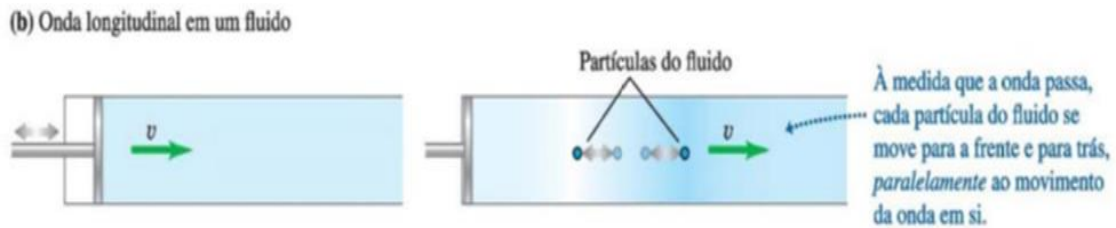
Figura 5 – Onda longitudinal em uma mola.



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126).

A figura 5 ilustra o processo de propagação de uma onda de compressão em uma mola. Na parte (a), a mola encontra-se em equilíbrio. Já em (b), uma de suas extremidades é comprimida, gerando a perturbação inicial. Em (c), nota-se que a região de espiras comprimidas é seguida por uma região de rarefação, caracterizada pelo aumento do espaçamento entre as espiras em relação à posição de equilíbrio. (Nussenzveig, 2014, p.126).

Figura 6 – Onda longitudinal em um fluido.

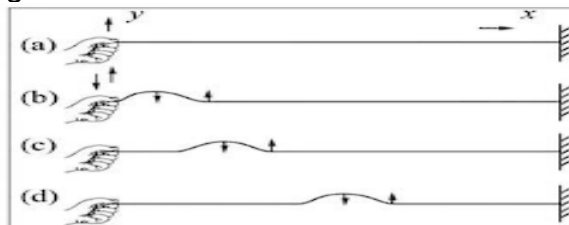


Fonte: Sears; Zemansky, (2015, p.114).

Colocando um líquido ou gás dentro de um tubo com uma parede fixa em uma ponta e um êmbolo móvel na outra, ao movimentar o êmbolo para frente e para trás, criamos uma perturbação que se propaga pelo meio. As partículas do fluido também se movem nessa mesma direção, gerando uma onda chamada onda longitudinal.

- **Ondas transversais:** as partículas vibram em direção perpendicular à direção de propagação. A figura 7 representa o comportamento da onda que se propaga transversalmente:

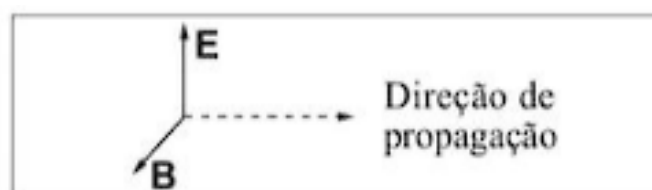
Figura 7 – Onda transversal em uma corda



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126).

A figura 7 representa uma corda esticada cuja extremidade é deslocada para cima e para baixo, gerando um impulso. Esse pulso propaga-se ao longo da corda na direção x , enquanto cada ponto do meio oscila na direção y , perpendicular à propagação.

Figura 8 – Onda eletromagnética.



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126)

As ondas eletromagnéticas são um exemplo importante de ondas transversais. Nelas, os campos elétricos $\vec{E}$ e magnético $\vec{B}$ oscilam perpendicularmente entre si e à direção de propagação.

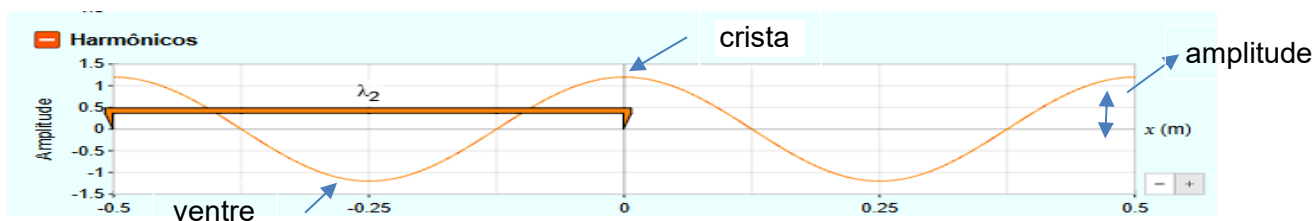
Quanto à sua propagação, as ondas podem ser classificadas como:

- Unidimensional: Nesse caso a onda vai se propagar em uma direção, tendo como exemplo ondas formadas em uma corda.
- Bidimensional: A onda se propaga em duas direções, tendo como exemplo a onda provocada por uma gota caindo na superfície de um lago.
- Tridimensional: A onda se propaga em três direções, tendo como exemplo bem conhecido a onda sonora.

3.5 PARÂMETROS BÁSICOS DE UMA ONDA

Na figura 9, são apresentados os elementos fundamentais de uma onda.

Figura 9 – Ondas com as suas características



Fonte: Simulador Phet Colorado⁴.

O comprimento de onda λ calcula o tamanho de uma oscilação, definido como a menor distância entre dois pontos iguais e consecutivos, como o exemplo de duas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos, sendo a crista é o ponto mais alto da onda, e o vale ou ventre é o ponto mais baixo. A amplitude A corresponde à distância entre a crista ou o vale e o eixo x , considerada apenas em módulo. A distância entre uma crista e um vale, tem exatamente a medida da metade do comprimento de onda.

⁴ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

Isso nos leva a definição de uma nova grandeza, nomeada número de onda, definida pela equação:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}. \quad (6)$$

O parâmetro k é uma grandeza física cuja unidade no Sistema Internacional é o radiano por metro (rad/m ou $rad.m^{-1}$).

Observando a figura 9, o período T é definido como o tempo necessário para que a onda complete um ciclo completo. Na figura, a onda é representada por uma função cosseno, de modo que um ciclo se completa ao percorrer uma distância λ no eixo espacial ou ao avançar 2π em termos de fase.

Para definir a velocidade de propagação de uma onda, denotamos a equação da velocidade por

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}, \quad (7)$$

onde V é a velocidade média escalar, ΔS é a variação da posição e Δt é a variação do tempo.

Neste caso, o comprimento de onda λ é uma variação da posição correspondente ao período T . Com as adequações chegamos à equação:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (8)$$

Assim a equação (8) torna-se:

$$v = \lambda f \quad (9)$$

3.6 ONDAS PERIÓDICAS

Ondas mecânicas são periódicas apenas quando a fonte da perturbação é regular, como ocorre, por exemplo, com o som ou as ondas formadas em uma superfície de água calma. Por outro lado, ondas geradas por eventos como terremotos ou o lançamento de uma pedra na água são não periódicas, pois a perturbação ocorre

de forma isolada e irregular. A onda transversal na corda vai ser um exemplo de onda periódica.

No caso das ondas eletromagnéticas, aquelas que são periódicas são produzidas por fontes que emitem radiação de maneira contínua e regular, como emissores de rádio, luz visível ou micro-ondas. Já fenômenos como explosões solares ou descargas elétricas geram ondas não periódicas, pois a emissão de radiação ocorre de forma abrupta e desordenada.

As ondas periódicas, assim como qualquer tipo de onda, são caracterizadas por grandezas fundamentais que descrevem sua propagação: amplitude A , que indica a máxima deformação do meio; comprimento de onda λ , correspondente à distância entre pontos consecutivos em fase (de uma crista a outra); frequência f , que define o número de oscilações por unidade de tempo; período T , o intervalo de tempo necessário para uma oscilação completa; e velocidade de propagação v , que determina a rapidez com que a perturbação se desloca pelo meio.

3.7 FUNÇÃO DE ONDA

Para chegar no conceito de função de onda é necessário entender o comportamento de uma onda progressiva. Elas são caracterizadas como perturbações que se propagam no espaço ao longo de um intervalo de tempo, carregando energia de um ponto para o outro sem transportar matéria. Ao longo dessa propagação as partículas do meio somente vibram, mas não seguem o fluxo da onda. Ondas em uma corda, causada por um movimento oscilatório são um exemplo de ondas progressivas e são estabelecidas com uma velocidade bem definida. A análise do seu comportamento é essencial para compreensão de uma onda harmônica

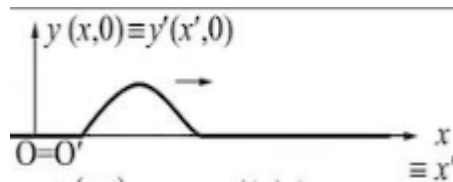
3.7.1 ONDAS PROGRESSIVAS

Para o estudo da função de onda vamos analisar o caso de ondas transversais em uma corda, que vai corresponder ao caso mais simples de uma onda progressiva (Nussenzveig, 2014).

Pela função $y = (x, t)$ podemos analisar o perfil da onda numa corda. Vamos analisar o comportamento para $t = 0$ (Figura 10) e para um instante t posterior.

Neste caso, seguindo para a direita, e em seguida com velocidade v se deslocando para a direita, mas como houve deslocamento, o tempo não é mais zero.

Figura 10 – Imagem de uma onda progressiva se locomovendo para a direita.

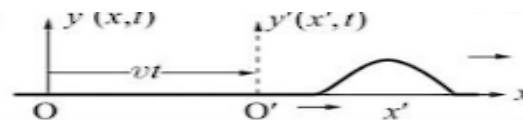


Fonte: Nussenzveig (2014, p.127)

Para $t = 0$ temos, $y = (x, 0)$ e para um instante t diferente de zero teremos a definição $y(x, t)$. Analisando outro referencial $Ox'y'$ que se comporta igualmente a Oxy para $t = 0$, porém se desloca ao longo do eixo Ox com a mesma velocidade v da onda, verifica-se que o perfil da onda permanece constante no tempo nesse novo referencial, isto é, uma função de x' . (Nussenzveig, 2014. p.127)

$$y' = (x', t) = y(x', 0) = f(x') \quad (10)$$

Figura 11 – Imagem de uma onda progressiva se locomovendo para a direita com velocidade v .



Fonte: Nussenzveig, (2014, p.127)

Na Figura 11, a relação entre as coordenadas dos dois referenciais será dada por:

$$x' = x - vt, \quad y' = y \quad (11)$$

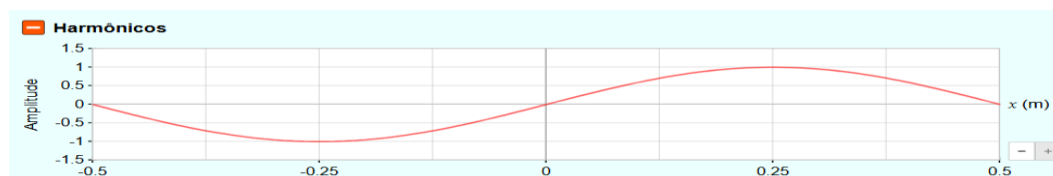
E retornando ao referencial original,

$$y(x, t) = f(x - vt) \quad (12)$$

Nesse caso, a equação é a representação de uma onda progressiva que se movimenta para a direita, mas a formulação com o deslocamento para a esquerda é análoga.

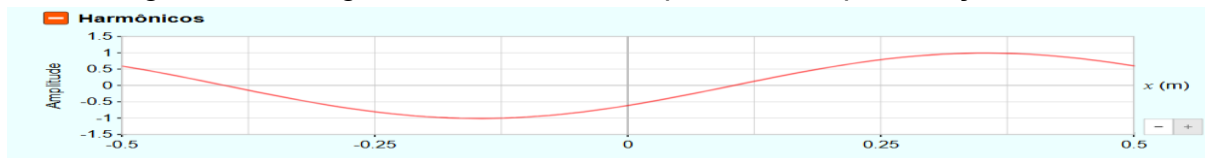
Pode-se descrever matematicamente a função da onda, compreendendo sua variação ao longo do tempo. Essa abordagem é especialmente útil porque as funções senoidais são soluções conhecidas da equação da onda. Dessa forma, ao decompor uma onda complexa em senos e cossenos, torna-se possível estudar sua propagação de maneira mais simples e eficiente. Abaixo pode-se observar imagens que retratam o comportamento das ondas senoidais em função do tempo:

Figura 12 – Imagem para um $t = 0$.



Fonte: Simulador Phet Colorado⁵

Figura 13 – Imagem da onda senoidal para um tempo avançado $t = 1$



Fonte: Simulador Phet Colorado⁶

O estudo de ondas progressivas feito anteriormente representa uma equação da posição em função do tempo para um sistema massa-mola *MHS*, é superimportante para entender a ondulatória, pois descreve o comportamento periódico que também aparece em diversos fenômenos de ondas

Quando colocamos a equação da função de uma onda senoidal em função do tempo e do espaço (isto é, uma onda que se propaga), utilizamos os mesmos recursos da equação do Movimento Harmônico Simples, mas acrescentamos dois novos

⁵ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

⁶ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

termos: o número de onda k e a posição x . Esses elementos indicam que agora há deslocamento da onda no espaço, ou seja, ela não está apenas oscilando em um ponto fixo, mas se propagando ao longo de um meio. Com isso chegamos numa nova equação:

$$Y(x, t) = A \cdot \text{sen}(kx - \omega t + \phi) \quad (13)$$

Esta equação permite calcular o deslocamento de todos os pontos da onda em um dado instante, bem como a variação temporal do deslocamento de um ponto específico, sendo os cálculos feitos em função do tempo. O parâmetro A representa a amplitude da onda e é sempre positivo. A fase da onda é dada pelo argumento $kx - \omega t + \phi$, que determina a posição relativa da onda em cada ponto e instante de tempo.

3.8 EQUAÇÃO DE ONDA UNIDIMENSIONAL

Para relacionar a equação do movimento com a propagação de uma onda, consideramos a aceleração em um ponto fixo x . A velocidade e a aceleração nesse ponto são determinadas mantendo x constante e derivando o deslocamento em

$$v = \frac{\partial}{\partial t} y(x, t) \quad (\text{para velocidade}) \quad (14)$$

relação ao tempo, ou seja, utilizando derivadas parciais. No caso de uma corda, por exemplo, a velocidade de deslocamento vertical do ponto x ao longo da direção y em um instante t é dada por:

E aceleração é dada por:

$$a = \frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x, t) \quad (\text{para aceleração}) \quad (15)$$

Pelas equações definidas acima, entende-se que y só depende do tempo através da variável $x' = x - vt$, logo podemos utilizar regra da cadeia chegando na equação:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{df}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial t} = -v \frac{df}{dx'} \quad (16)$$

O termo $\frac{\partial x'}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}(x - vt) = -v$ e da mesma forma para aceleração tem-se:

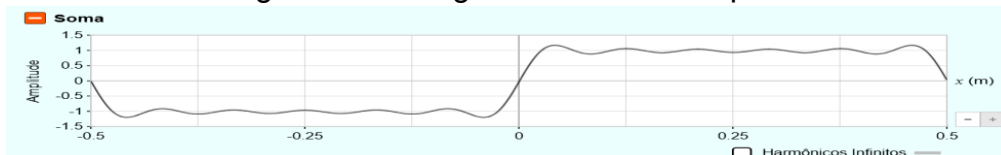
$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -v \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{df}{dx'} \right) \left(\frac{df}{dx'} \right) \frac{\partial x'}{\partial t} \quad (17)$$

A função de onda $Y(x, t)$ é solução da equação:

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = v^2 \frac{d^2 df}{dx'^2} \quad (18)$$

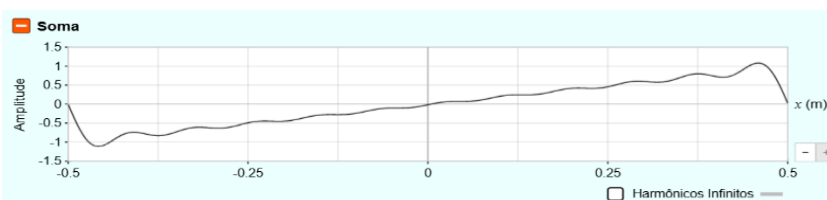
Qualquer função Y que satisfaça essa equação pode ser considerada uma onda, tendo a possibilidade de diversos tipos de onda como, ondas quadradas, serrilhada e triangular por exemplo.

Figura 14 – Imagem de uma onda quadrada.



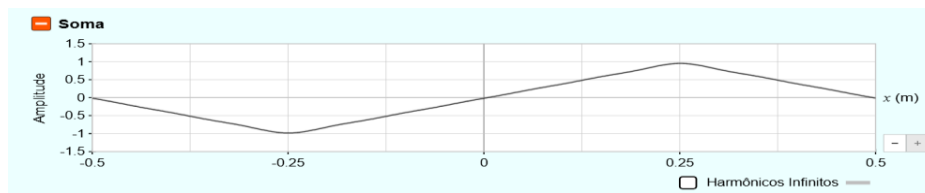
Fonte: Simulador Phet Colorado⁷

Figura 15 – Imagem de uma onda serrilhada.



Fonte: Simulador Phet Colorado⁸

Figura 16 – Imagem de uma onda triangular.



Fonte: Simulador Phet Colorado⁹

⁷ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

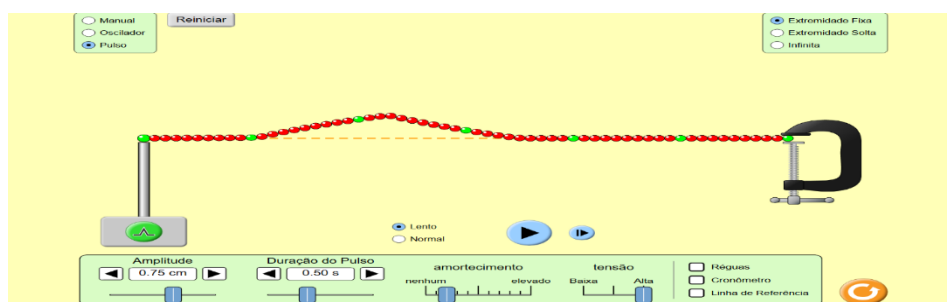
⁸ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

⁹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

Para evitar a necessidade de formular uma equação matemática diferente para cada tipo de onda (como ondas quadradas, triangulares, entre outras), utiliza-se a análise de Fourier.

3.9 ONDAS EM UMA CORDA

Figura 17 – Onda em uma corda esticada presa em uma extremidade fixa.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹⁰

A imagem retrata um pulso percorrendo uma corda presa a uma extremidade fixa. A tensão da corda representa a força que a mantém esticada ao longo do comprimento. A tensão é fundamental pois está relacionada a velocidade que a onda se propaga. Com essa relação se afirma que a velocidade v de uma onda transversal em uma corda esticada depende da tensão $\vec{T}$ da corda e da sua densidade linear μ (massa por unidade de comprimento). Quanto maior a tensão, maior é a força restauradora que age sobre os elementos da corda quando são deslocados de sua posição de equilíbrio. Essa força é a responsável por transmitir a perturbação ao longo da corda. Assim, ao aumentar a tensão, a corda transmite a perturbação mais rapidamente, aumentando a velocidade da onda. A densidade linear representa a quantidade de massa por unidade de comprimento da corda. Se a corda for mais “pesada” (maior μ), cada segmento da corda terá mais inércia, ou seja, mais dificuldade em responder às forças restauradoras. Isso reduz a velocidade de

¹⁰ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

propagação da onda. Já em cordas mais leves (menor μ), a resposta é mais rápida, aumentando a velocidade da onda.

3.10 EQUAÇÃO DE ONDA NA CORDA

A equação abaixo descreve uma perturbação se deslocando em um meio elástico, no caso aplicado ao caso da corda:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\mu}{T} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (19)$$

Com essa definição chegamos à fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (20)$$

Onde, v : velocidade da onda (m/s), T : tensão da corda ($N, newtons$) e μ : densidade linear da corda (kg/m).

Com isso, conclui-se que a velocidade de propagação da onda é diretamente proporcional à tensão aplicada à corda e inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade linear de massa (μ). Assim, quanto maior a tensão, maior será a velocidade da onda, e quanto maior a densidade linear de massa da corda, menor será sua velocidade de propagação.

3.11 PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO DE ONDA

O princípio da superposição afirma que quando duas ou mais ondas se encontram no mesmo ponto do espaço, o resultado é a soma algébrica de suas amplitudes naquele ponto, momento a momento.

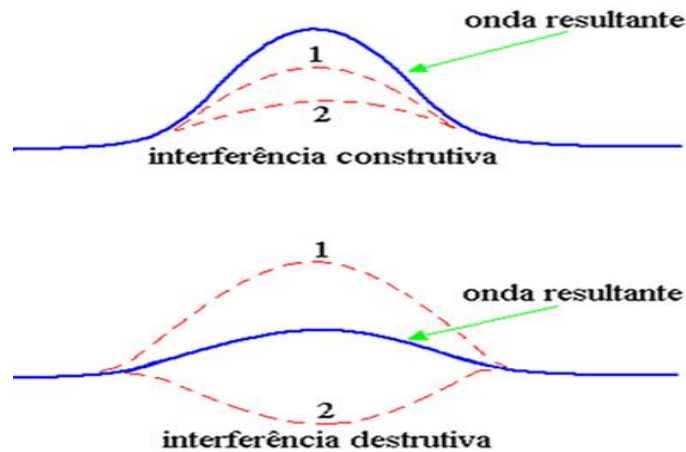
$$Y_1(x, t) \text{ e } Y_2(x, t) \quad (21)$$

$Ay_1 + Ay_2 = Y$, sendo assim solução.

Caracterizando ondas em interferência, temos:

- **Interferência Construtiva:** Ondas se reforçam.
- **Interferência Destrutiva:** Ondas se cancelam.

Figura 18 – Representação de uma interferência construtiva e interferência destrutiva.



Fonte: Brasil Escola (SILVA, 2024).

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) \quad (22)$$

Amplitude $A_0 = A_{02}$

$$Y(x, t) = y_0 \sin(kx - \omega t) + y_0 \sin(kx - \omega t + \phi) \quad (23)$$

$$y(x, t) = A[\sin(kx - \omega t) + \sin(kx - \omega t + \phi)] \quad (24)$$

Propriedade trigonométrica:

$$\sin A + \sin B = 2 \sin\left(\frac{A+B}{2}\right) \cos\left(\frac{A-B}{2}\right) \quad (25)$$

$$(x, t) = 2y_0 \cos\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right) \quad (26)$$

Fator amplitude: $2y_0 \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$

Fator oscilatório: $\sin\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right)$

$$\text{Se } \phi = 0 \text{ rad} \quad y(x, t) = 2y_0 \sin(kx - \omega t) \quad \text{Interferência construtiva} \quad (27)$$

(28)

Se $\phi = \pi \text{ rad}$

$$y(x, t) = 0$$

Interferência Destrutiva

3.12 REFLEXÃO E REFRAÇÃO DE CORDAS

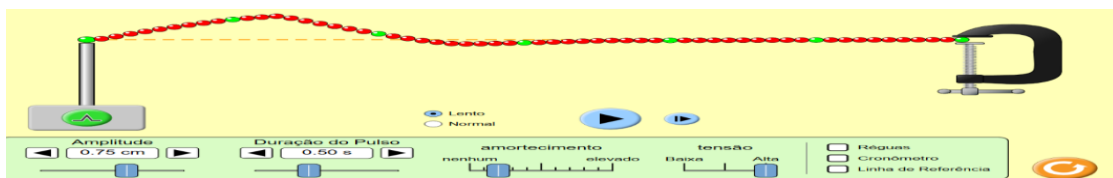
3.12.1 REFLEXÃO

Analisa-se uma corda presa em uma de suas extremidades com o objetivo de estudar o fenômeno da reflexão de ondas mecânicas. Para essa análise, considera-se que a corda é semi-infinita, ou seja, suficientemente longa para que os efeitos da extremidade livre não interfiram significativamente na região de interesse.

Esse modelo simplificado permite observar o comportamento das ondas quando atingem uma extremidade fixa. Nessa situação, ocorre uma reflexão com inversão de fase, característica de ondas que se refletem em um ponto de fixação rígido. Tal abordagem é útil para entender os princípios fundamentais da propagação e reflexão de ondas em meios unidimensionais.

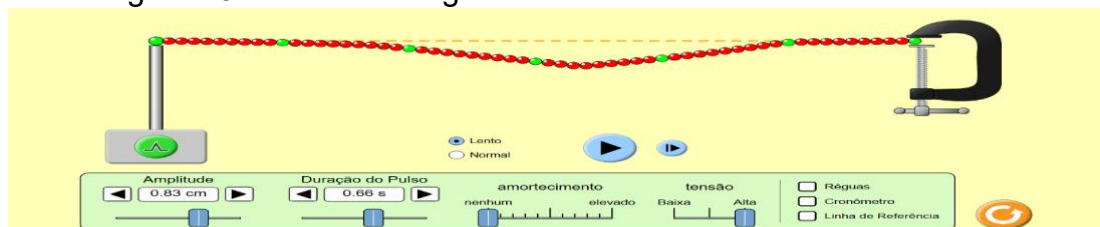
Podemos então analisar as imagens e comparar:

Figura 19 – A corda tem um pulso que sai da esquerda para a direita.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹¹

Figura 20 – A corda atinge a outra extremidade e sofre uma inversão.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹²

¹¹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

¹² Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

Temos que:

$$Y(0, t) = 0 \quad (29)$$

Solução geral:

$$Y(x, t) = f(x - vt) + g(x + vt) \quad (30)$$

Onda “Imagem” em $x < 0$

Para todo $f \neq 0$ e $g \neq 0$

$$Y(0, t) = 0 \rightarrow f(x - vt) + g(x + vt) = 0 \quad (31)$$

Então:

$F = -g$ Inversão de fase numa extremidade fixa

Levando a conclusão de que a amplitude também é afetada, levando a:

$$A = -A \quad (32)$$

Onda incidente:

$$y_i(x, t) = A \sin(kx - \omega t) \quad (33)$$

Onda refletida (com inversão de fase):

$$y_r(x, t) = -A \sin(kx + \omega t) \quad (34)$$

Conclusão através da superposição das ondas (onda resultante):

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t) - A \sin(kx + \omega t) \quad (35)$$

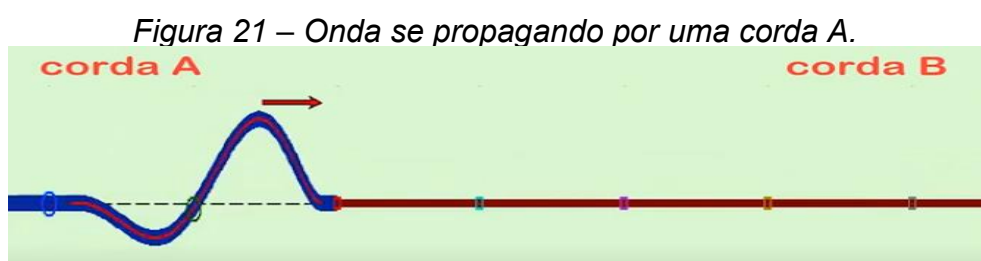
$$y(x, t) = -2A \cos(kx) \sin(\omega t) \quad (36)$$

A amplitude da onda refletida é igual à do incidente, mas com inversão de fase

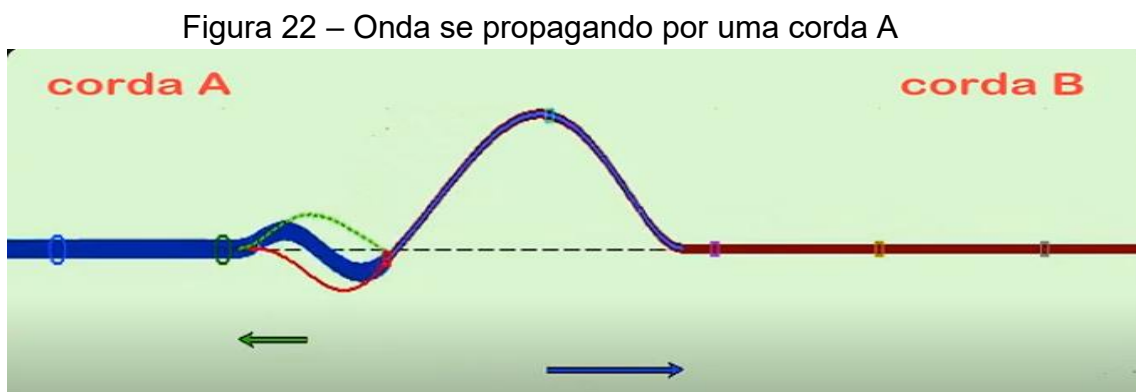
O valor máximo possível da amplitude é $2A$ (reforço por interferência construtiva). Nos nós, a amplitude é zero (interferência destrutiva).

3.12.2 REFRAÇÃO EM CORDAS

A refração em corda ocorre quando um pulso que se propaga transversalmente por uma corda A passa a se propagar em uma corda B com densidade diferente. Observe os exemplos nas imagens abaixo:



Fonte: Adaptado de YouTube (Reginaldo Santos, 2017).



Fonte: Adaptado de YouTube (Reginaldo Santos, 2017).

O fenômeno visualizado acima, por meio da comparação entre as imagens, é denominado refração de ondas. Assim como ocorre com a luz ao passar de um meio para outro com diferentes índices de refração, aqui observamos um comportamento análogo quando uma onda mecânica transversal se propaga de uma corda para outra com propriedades diferentes, como densidade linear de massa e/ou tensão distintas.

Nesse contexto, a refração se manifesta por uma mudança na velocidade de propagação da onda ao atravessar a interface entre as duas cordas. A velocidade v de uma onda em uma corda tensionada é dada pela equação (1.13).

Quando a onda passa de uma corda mais leve (menor μ) para uma corda mais pesada (maior μ), a velocidade de propagação diminui, e, como a frequência permanece constante, o comprimento de onda também se reduz (1.5).

Esse comportamento caracteriza a refração mecânica da onda. Além disso, parte da energia da onda incidente é refletida na interface. Quando a onda entra de uma corda mais leve para uma mais pesada, a onda refletida sofre inversão de fase (ou seja, reflete com sinal oposto). Já a onda transmitida continua propagando-se, porém com menor velocidade, menor comprimento de onda e menor amplitude.

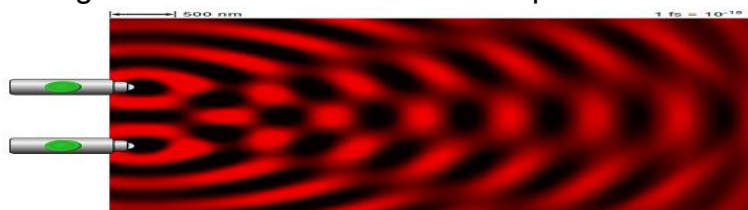
3.13 INTERFERÊNCIA DA LUZ

Embora o fenômeno de interferência gerado por duas fontes seja facilmente visualizado em um meio líquido, como nas ondas superficiais, essa mesma facilidade não é observada quando se trata da luz. Isso se deve, principalmente, à dificuldade de se obter fontes luminosas coerentes, ou seja, que possuam a mesma frequência, fase constante e origem comum, além da forma como a luz se propaga em um meio transparente e homogêneo, como o ar.

No caso das ondas na água, a interferência é facilmente visível porque as cristas e vales geram variações macroscópicas na altura da superfície, que podem ser diretamente observadas. Já para a luz, que se propaga em linha reta e sofre pouca difração em meios homogêneos, os efeitos de interferência só se tornam perceptíveis sob condições experimentais controladas, como no uso de fendas estreitas, grades de difração ou interferômetros. Isso ocorre porque, no caso da luz, a interferência se manifesta em escalas muito menores, na ordem de centenas de nanômetros, correspondentes ao comprimento de onda da radiação visível.

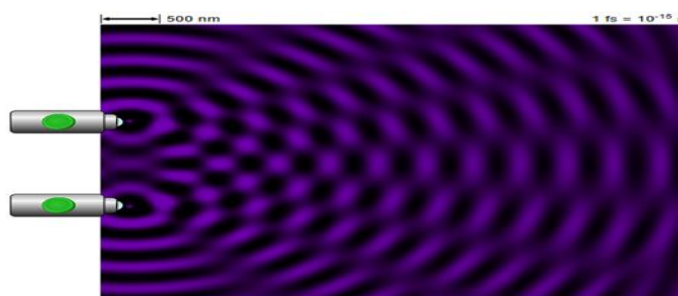
Assim, enquanto em meios mecânicos como líquidos ou cordas o padrão de interferência pode ser diretamente visualizado, a observação de interferência luminosa requer técnicas específicas que possibilitem a superposição coerente dos feixes e a formação dos padrões característicos desse fenômeno ondulatório.

Figura 23 – Luz vermelha emitida por duas fontes.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹³

Figura 24 – Luz Violeta emitida por duas fontes luminosas.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹⁴

Podemos relembrar o fato que quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda desde que a velocidade permaneça constante (no vácuo ou em um meio específico).

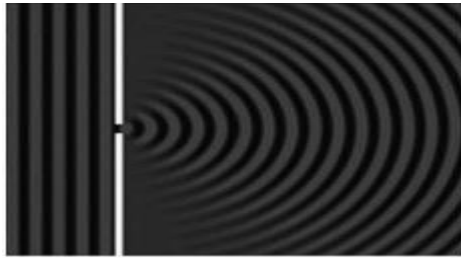
3.14 DIFRAÇÃO

Em 1678, Huygens formulou o princípio que afirmava que “cada ponto de uma frente de onda comporta-se como fonte puntiforme de novas ondas, chamadas de ondas secundárias” (Nussenszveig, 2014). Este princípio analisa o comportamento de uma onda que se depara com um obstáculo. Pode-se notar pela imagem a seguir, que tem- se uma onda plana, que vai passar por uma fenda estreita, denominada pelo próprio Huygens como fonte pontual de ondas secundárias. Isso demonstra que após a passagem a onda já não é mais plana e passar a apresentar forma esférica.

¹³ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro Acesso em 24 abr. 2026.

¹⁴ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro Acesso em 24 abr. 2026.

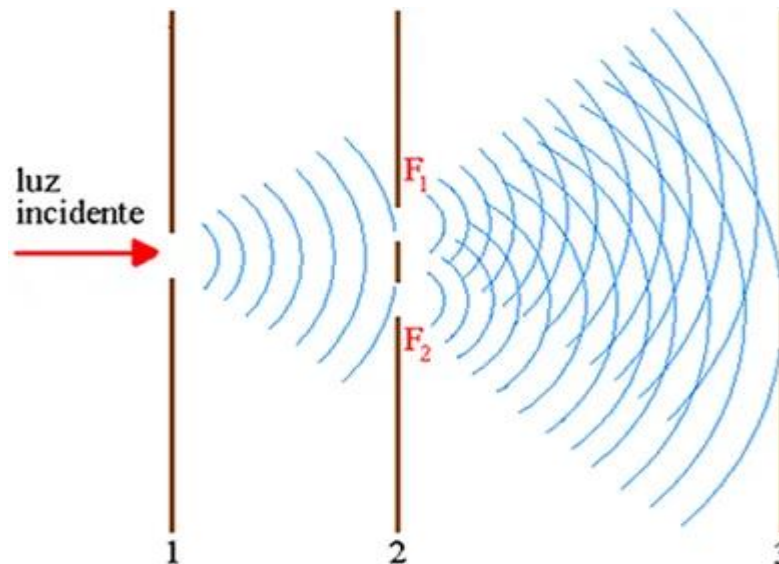
Figura 25 – Ondas na água atravessando uma barreira estreita.



Fonte: Nussenzveig (2014, p.174).

A condição para que esse fenômeno aconteça é que o comprimento de onda, tem de ser maior ou igual ao tamanho do comprimento da fenda. Este fenômeno foi muito importante para a comprovação do comportamento ondulatório da luz, pois é um fenômeno que indica que qualquer tipo de onda tem em suas propriedades a condição de contornar obstáculos, modificando sua forma. Além disso, também tem a propriedade de poder passar por duas fendas criando um padrão de pontos de interferência construtiva e destrutiva, assim como analisado na figura a seguir:

Figura 26 – Difração em duas fendas



Fonte: Brasil Escola (SILVA, 2026).

Embora seja designado um estudo separado para “difração” e “interferência” eles representam um fenômeno similar, que deriva do conceito da superposição de ondas que ocupam o mesmo ponto no espaço ao mesmo tempo. A interferência, no

geral se conecta à combinação de um pequeno número de ondas, geralmente duas, usada para explicar o fenômeno de uma forma mais simples. Já a difração se liga à superposição de um grande número de ondas, exemplificando padrões e efeitos que surgem dessa interação mais elaborada.

O experimento da dupla fenda de Thomas Young realizado por volta de 1801 no início do século XIX, foi fundamental para esclarecer a natureza da luz, ao mostrar que uma única fonte luminosa, ao atravessar duas fendas, origina duas fontes secundárias coerentes, conforme o princípio proposto por Huygens como citado anteriormente. Essas fontes produzem padrões de interferência que evidenciam o caráter ondulatório da luz, resultado que teve grande impacto na história da ciência ao confrontar a teoria corpuscular estabelecida no final do século XVII por Isaac Newton. Assim, a luz passou a ser compreendida também como uma onda, o que é essencial para explicar fenômenos como difração e interferência, embora a descrição corpuscular permaneça válida em certos contextos, como na explicação do efeito fotoelétrico, evidenciando a natureza dual da luz.

4 METODOLOGIA

4.1 ESTADO DA ARTE

Como dito na introdução deste trabalho, durante as minhas aulas de óptica e ondulatória, constatei que os alunos apresentavam dificuldades em estabelecer relações entre os conceitos comuns a essas disciplinas. Tal dificuldade refletiu-se de forma significativa nas aulas de ondulatória, nas quais os estudantes não reconheciam que fenômenos como a reflexão e a refração, anteriormente abordados exclusivamente no contexto da luz, poderiam ser generalizados e aplicados a diferentes tipos de ondas.

Outro aspecto que se evidenciou foi o fato de que os alunos, em um primeiro momento, associavam o conceito de onda exclusivamente a exemplos do cotidiano, como às ondas do mar e às ondas sonoras, restringindo-o, portanto, às ondas mecânicas. Quando o conteúdo de ondas eletromagnéticas era introduzido, surgiam dificuldades na compreensão de que o *Wi-Fi*, as micro-ondas e os raios X por exemplo, também são ondas eletromagnéticas, e essas ondas igualmente estão sujeitas aos fenômenos estudados em óptica.

Cabe destacar que a conceituação da luz como uma onda pertencente ao conjunto das ondas eletromagnéticas causava inicialmente estranheza entre os alunos. Além disso, observava a dificuldade dos estudantes em compreender que o som, ou seja, uma onda mecânica, também estava sujeito a fenômenos que ocorrem com a luz, como a reflexão, exemplificada pelo eco. Embora seja um fenômeno conhecido pelos estudantes em seu cotidiano, não era previamente reconhecido por eles como um caso específico de reflexão das ondas sonoras. Todas as situações citadas me motivaram na escolha do tema como foco para minha dissertação.

Foi realizada uma pesquisa na plataforma da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)¹⁵ buscando o tema “ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas” e foram identificados e selecionados 14 trabalhos acadêmicos diretamente relacionados a esse tema. Esses estudos foram analisados e categorizados com base em critérios como autor, título, ano de

¹⁵Disponível em <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/> Acesso em 23 mar. 2025.

publicação e instituição de ensino, dentre outros. Essa classificação permitiu uma análise das abordagens e métodos utilizados em outros diferentes contextos educacionais.

A seguir, apresentamos um quadro com os trabalhos analisados, destacando os critérios de autor (a) e título:

Quadro 1: Trabalhos relacionados a ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas

Autor (a) - ano de defesa	Título
ALENCAR, Rodrigo Costa. (2022)	Estratégia articulada para o ensino inclusivo de tópicos de ondulatória.
ALVES, Andre Luiz da Cunha. (2022)	Física e Jogos teatrais no ensino médio: uma proposta didática embasada nos três momentos pedagógicos para o ensino de ondas eletromagnéticas.
ALVARENGA PORTELA, Sandro. (2022)	Sequência didática interativa como estratégia na mediação da aprendizagem significativa dos conceitos da ondulatória.
CORREA, Paulo Roberto Pratt. (2022)	Ensino de ondas no cotidiano.
COSTA, Amilcar. (2021)	Ondas gravitacionais no ensino médio: aprendizado eficaz pelos conceitos de ondas mecânicas e eletromagnéticas.
FIDELIS, Marcelo Faria. (2019)	Fenômenos ondulatórios: apresentação dos conceitos por meio de uma UEPS. 2019.
HAVERROTH, Luciano. (2019)	Atividades experimentais com ondas mecânicas. 2019.
NASCIMENTO, Luciana Marsola do. (2021)	Equação da onda unidimensional e bidimensional: um estudo das soluções analíticas.
SILVA, Lisraelle de Sousa. (2022)	Sequência didática sobre fenômenos ondulatórios com recursos digitais.
SILVA, Matheus Pires da. (2023)	Ondas mecânicas: uma cartilha e sequência didática para o ensino médio.
SIMOES, Ana Flavia Chaparro Viana. (2023)	Ondas eletromagnéticas nos anos finais do ensino fundamental utilizando uma caixa de cores.
SILVEIRA, Jean Alves. (2019)	Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de ondas mecânicas e eletromagnéticas.
SOUZA, Bruno Pereira de. (2023)	Desenho e construção de uma plataforma com movimento omnidirecional controlada por ondas de rádio como ferramenta didática.

Fonte: Elaboração própria (2026).

As dissertações analisadas foram publicadas no período compreendido entre 2019 e 2023, sendo possível identificar que algumas foram desenvolvidas em um contexto marcado pela pandemia da COVID-19. Nesse período, o processo de ensino passou por uma transição, migrando das aulas presenciais para o ensino remoto, o

que implicou o uso intensivo de tecnologias digitais para a continuidade das atividades educacionais.

Considerando que tais tecnologias estão intrinsecamente relacionadas ao estudo das ondas eletromagnéticas, observamos que uma parcela significativa das dissertações analisadas contextualizou o conteúdo de ondulatória a partir da elevada demanda por recursos digitais intensificada durante o período da pandemia. Ademais, mesmo nos trabalhos desenvolvidos em contextos presenciais ou de ensino híbrido, os recursos digitais já se configuravam como elementos essenciais do processo de ensino e aprendizagem, deixando de ser tratados apenas como estratégias complementares ou inovações pontuais.

Durante a leitura de todos os resumos, observamos que muitas dissertações compartilhavam palavras-chave em comum, evidenciando uma convergência nas abordagens e temas. Essas palavras-chave refletiam o foco central dos estudos, com destaque para termos como “ondas mecânicas”, “ondas eletromagnéticas”, “Metodologia ativa”, “Sequência didática”. De modo geral, as dissertações analisadas evidenciam preocupações recorrentes em relação ao ensino tradicional, apontando situações problemáticas no processo de aprendizagem dos estudantes. Diante desse cenário, os trabalhos propõem o uso de metodologias ativas como alternativa para a promoção de um ensino mais dinâmico, que favoreça uma participação mais qualitativa do aluno. Nesse contexto, o estudante deixa de ocupar uma posição passiva no ambiente escolar e passa a assumir um papel ativo e participativo na construção do conhecimento. Embora as metodologias apresentadas sejam distintas entre si, todas convergem para esse mesmo objetivo formativo.

Muitas dissertações trabalharam com experimentações, cartilhas, jogos, entre outros, mas utilizando recursos de baixo custo. Essa abordagem reflete uma tentativa de tornar o ensino mais acessível e prático, utilizando materiais simples e facilmente disponíveis para ilustrar os conceitos de ondas e suas aplicações.

A partir da análise das dissertações, que envolveu não apenas a leitura dos resumos, mas também a exploração de outros tópicos e aspectos relevantes, buscamos identificar elementos que se destacaram ao longo do estudo. Nesse processo, foram mapeadas as abordagens que contemplam o ensino de ondas mecânicas e eletromagnéticas, bem como as metodologias adotadas e as justificativas para a escolha dessas estratégias pedagógicas.

Além disso, analisamos o período de aplicação das propostas e de que forma o contexto da pandemia influenciou o desenvolvimento dos trabalhos, especialmente no que se refere aos recursos didáticos disponíveis ao professor. Como dito, observamos que muitas dissertações foram desenvolvidas durante o período pandêmico, com o ensino ocorrendo de forma totalmente remota. Já aquelas realizadas posteriormente incorporam, de maneira intrínseca, os recursos digitais como parte da realidade escolar, evidenciando a consolidação de um ensino mais digital, com o uso normalizado de simuladores, aplicativos e outras ferramentas tecnológicas. Esse cenário contrasta com o período anterior à pandemia, no qual os recursos digitais eram frequentemente apresentados como elementos inovadores e de uso opcional, e não como componentes estruturantes do processo de ensino e aprendizagem.

Dentre as pesquisas analisadas, Alencar (2022) desenvolveu uma SD fundamentada em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), conforme proposta por Moreira (2011) e baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, com o objetivo de construir uma proposta inclusiva por meio de um álbum de figurinhas associado à gamificação, buscando atender à diversidade de alunos. O trabalho foi realizado durante a pandemia da COVID-19, período em que a participação presencial dos estudantes era opcional, o que evidenciou os desafios da implementação de uma sequência de ensino em regime híbrido, exigindo um planejamento cuidadoso para contemplar tanto os alunos que acompanhavam as aulas remotamente quanto aqueles que estavam presentes na escola. Além disso, o autor ressalta a preocupação com o ensino inclusivo ao considerar, em sua proposta, a participação de uma aluna com Déficit Intelectual (DI), demonstrando o cuidado em elaborar uma SD que atendesse às necessidades de todos os estudantes e promovesse uma aprendizagem significativa.

O trabalho de Alves (2022) também aborda as implicações do contexto da pandemia da COVID-19, destacando a preocupação com a acessibilidade dos alunos à internet. Diante desse cenário, o autor desenvolveu uma SD fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos, utilizando o teatro como estratégia metodológica para o ensino de ondas eletromagnéticas. Considerando as limitações impostas pelo período pandêmico, o trabalho fez uso recorrente de ferramentas digitais, como *Plickers*, *Wordwall* e o simulador *PhET*, integrando recursos tecnológicos às atividades

propostas como as cenas teatrais. A pesquisa contou com a participação de 20 alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual, sendo desenvolvida ao longo de nove encontros.

Alvarenga (2022), com base nos estudos de aprendizagem significativa de Ausubel, desenvolveu uma Sequência de Ensino Interativa (SDI) para o ensino de ondulatória. Através de mapas conceituais seus alunos denotaram seus conhecimentos prévios e com esses dados foram trabalhados posteriormente a Equação Fundamental da Ondulatória e características das ondas como direção de propagação e natureza da onda. Em sua sequência também utilizou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e posteriormente os alunos desenvolveram jogos.

Correa (2022) abordou uma situação-problema recorrente no ensino de ondulatória, relacionada à associação inicial feita pelos alunos entre o conceito de onda e as ondas do mar. A partir dessa constatação, o autor desenvolveu sua proposta pedagógica fundamentada no Ensino Sob Medida (ESM) e na metodologia da Sala de Aula Invertida, articulando os conteúdos científicos à cultura e ao cotidiano dos estudantes. Nesse contexto, o trabalho buscou promover a reflexão de que ferramentas amplamente utilizadas durante a pandemia, como *WhatsApp* e *Google Sala de Aula*, baseiam-se em ondas eletromagnéticas, com o intuito de atribuir significado aos conceitos trabalhados. A pesquisa foi desenvolvida com a participação de 110 alunos de uma escola pública, envolvendo turmas do segundo e do terceiro anos do Ensino Médio.

Costa (2021), embora aborde conteúdos relacionados às ondas mecânicas e eletromagnéticas, utilizou esses conceitos principalmente como base para o ensino de ondas gravitacionais. A proposta foi desenvolvida por meio de uma SD fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, fazendo uso de mapas conceituais como estratégia para a organização e consolidação dos conhecimentos. O trabalho também se destaca pela atenção dada ao contexto histórico do desenvolvimento das ondas gravitacionais, bem como pela explicação dos processos de detecção dessas ondas e pela discussão das principais diferenças em relação aos demais tipos de ondas estudadas na Física.

Fidelis (2019), lista as dificuldades de ensino para uma geração que compreende ficar muito tempo no celular e cada vez mais dispersa. Para reduzir as dificuldades adotou como recurso metodológico a Aprendizagem Significativa de

Ausubel fazendo uso de uma UEPS utilizando o ferramental de Peer Instruction (Instrução por Pares) para estudar fenômenos físicos ondulatórios. Trabalhou com uma sequência que conta com 4 aulas divididas em explicação, experimentação, além do uso do aplicativo “*Plickers*” em suas atividades. Também relatou a dificuldade de encontrar os conhecimentos prévios dos alunos que seriam utilizados para ancorar os novos conceitos, então utilizou experimentos de baixo custo que serviram como organizadores prévios para concluir seus objetivos com Aprendizagem Significativa.

Haverroth (2019), por sua vez, apresentou uma proposta para ensinar fenômenos ondulatórios com enfoque em transporte de energia, utilizando vários recursos experimentais simples para analisar as concepções e as conclusões dos alunos. Defende em seu trabalho que as Física Quântica e Física Moderna sejam mais inseridas nas matrizes curriculares do Ensino Médio, mas opta por trabalhar mais a Física Clássica relatando falta de base nas matérias básicas, o que inviabilizaria o entendimento de matérias e conteúdos mais complexos presentes na Física Quântica. Logo, ele constrói uma base na mecânica ondulatória para que posteriormente o aluno desenvolva as habilidades necessárias para compreender os princípios da base da Física Quântica.

Já Nascimento (2021) articulou conteúdos de ondulatória e mecânica ao desenvolver uma proposta baseada na modelagem da Equação da Onda, obtida a partir da aplicação da segunda lei de Newton. O trabalho evidencia a relação entre os princípios fundamentais da mecânica e a descrição matemática dos fenômenos ondulatórios, contribuindo para uma compreensão mais integrada dos conceitos físicos envolvidos.

Silva (2022), inserido no contexto pandêmico, utilizou recursos digitais como estratégias metodológicas no desenvolvimento de aulas remotas. O autor demonstra a preocupação em estruturar uma SD totalmente remota, composta por nove aulas, voltada ao ensino de fenômenos ondulatórios e fundamentada em uma UEPS, com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa mesmo em um ambiente virtual.

O trabalho de Silva (2023) tem como foco o ensino conceitual de ondas mecânicas para turmas do terceiro ano do Ensino Médio da rede privada, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A proposta utilizou cartilhas didáticas como principal recurso pedagógico, as quais foram elaboradas com o auxílio da plataforma Canva, visando à organização e a

apresentação visual dos conteúdos de forma acessível e significativa para os estudantes.

Simões (2022) abordou o ensino de ondas eletromagnéticas através de um produto educacional para 25 alunos do nono ano do fundamental com a duração de 9 aulas. Em sua abordagem associou o uso de tecnologias presentes nas atualidades com as ondas eletromagnéticas, usando recursos de fácil acesso e baixo custo (cordas, pedras, bacias, água etc.) para trabalhar as dificuldades de aprendizagem dos alunos sobre esse tema utilizando uma caixa de lápis de cor. Seu trabalho contou com ferramentas como Objeto de aprendizagem (OA), que são recursos digitais, reutilizáveis e interativos para desenvolver o senso crítico e a criatividade dos seus alunos e trabalha assim a aprendizagem investigativa.

Silveira (2019) desenvolveu uma UEPS ao longo de 26 aulas, baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Nesse processo, os alunos elaboraram mapas conceituais com o objetivo de o professor identificar subsunçores, permitindo observar e analisar os conhecimentos prévios dos estudantes. A SD foi estruturada a partir de aulas expositivas e atividades experimentais, contemplando o estudo de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Dentre os trabalhos analisados, este é o que mais se aproxima da proposta desta dissertação; contudo, apesar das semelhanças conceituais, o desenvolvimento apresenta diferenças significativas, evidenciadas, por exemplo, na quantidade de aulas, nos experimentos realizados pelos alunos e nas atividades propostas ao longo da sequência.

Souza (2023) fundamentou sua proposta na abordagem STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics* – Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática) e nos Três Momentos Pedagógicos, estruturando uma SD voltada à construção de uma plataforma móvel omnidirecional. Essa plataforma é baseada no uso de motores de passo e rodas do tipo *mecanum*, sendo destinada ao transporte de equipamentos de irradiação germicida. O controle do sistema é realizado por meio de placas eletrônicas de circuito impresso que incorporam microcontroladores programáveis, como a plataforma de prototipagem Arduino, possibilitando a automação e o controle preciso dos movimentos da estrutura. No campo da ondulatória, o trabalho explorou predominantemente conceitos de ondas eletromagnéticas, porém com um enfoque mais aprofundado, envolvendo temas como radiação eletromagnética e eletrodinâmica quântica.

Por fim, em uma análise geral, é possível perceber que Silveira (2019), Fidelis (2019), Alencar (2022), Portela (2022), Silva (2022), Costa (2021) e Silva (2023) utilizaram a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel como embasamento teórico-metodológico de suas propostas. Dentre as quinze dissertações analisadas, sete fundamentam-se explicitamente nessa abordagem, o que evidencia um intuito recorrente de transformar uma aprendizagem de caráter mecânico em uma aprendizagem significativa. Contudo, observamos que, em todas as pesquisas analisadas, há uma preocupação com a superação do ensino tradicional, buscando-se práticas pedagógicas em que o aluno participe ativamente do processo de aprendizagem, opine, questione e seja capaz de ampliar seus conhecimentos, apropriando-se do conhecimento científico, fortalecendo a construção de com sólido embasamento teórico.

As publicações de 2020 em diante ocorreram durante o período de isolamento social, quando muitas pesquisas foram desenvolvidas em contextos de ensino híbrido, totalmente online e, em casos mais raros, presencial. Observamos que grande parte delas aproveitou a transição do ensino tradicional para o ensino digital, incorporando ferramentas e recursos online. É interessante notar que muitos trabalhos buscaram contextualizar o ensino de ondas mecânicas e eletromagnéticas à realidade do aluno, aplicando tecnologias e recursos digitais que já faziam parte do cotidiano dos estudantes ao conteúdo estudado. Isso evidencia não apenas um aumento no uso de recursos digitais, mas também a intenção dos autores de aproximar o aprendizado da experiência real dos alunos, ampliando o engajamento e o significado da aprendizagem.

4.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

A busca por práticas pedagógicas que favoreçam a aprendizagem com sentido tem sido uma constante no campo da educação. Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, oferece importantes fundamentos para a construção de propostas didáticas mais efetivas.

Com base nesses princípios, foi desenvolvido o modelo da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que organiza o ensino em etapas planejadas com o intuito de promover a construção ativa do conhecimento pelos alunos. O método

da UEPS foi desenvolvido por Marco Antônio Moreira, onde os conceitos ausubelianos foram adotados e publicados inicialmente em 2006, no livro "Teoria da Aprendizagem Significativa: Conceitos e Aplicações" (Moreira, 2006). O autor afirma que objetivando contribuir para modificar pelo menos parcialmente a situação da educação brasileira, propôs a:

(...) a construção de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula. (Moreira, 2011, p.2).

Com base nas teorias de Ausubel, o autor destaca que só há aprendizagem real quando o ensino é significativo. Para isso, é essencial considerar o conhecimento prévio do aluno, que não se limita apenas ao saber científico, mas também envolve sentimentos, pensamentos e ações. Aprender, portanto, precisa fazer sentido para o estudante em sua realidade (Moreira, 2011).

Nesse sentido, a elaboração de uma situação-problema é um recurso importante para despertar o interesse e o engajamento dos alunos no processo de aprendizagem. Essa situação deve ser cuidadosamente pensada para que dialogue com o cotidiano do estudante, envolvendo questões que façam parte do seu contexto. Um exemplo seria abordar problemas enfrentados pela sua comunidade, como a falta de água encanada ou questões relacionadas ao fornecimento de energia elétrica. Ao partir de situações concretas e relevantes, o ensino se torna mais próximo da vivência do aluno, favorecendo uma aprendizagem significativa.

A aprendizagem mecânica, como apresentado, não estimula o raciocínio do aluno e, por isso, tende a ser rapidamente esquecida. Em contraste, a aprendizagem significativa busca desenvolver um ensino onde o novo aprendizado ancorado num subsunçor seja de fato significativo e assim o aluno assimila o novo conteúdo. O desafio desse processo é promover a construção de um conhecimento que permita ao aluno compreender situações-problema propostas pelo professor, formular soluções com base em sua compreensão e levantar questionamentos pertinentes. Dessa forma, o estudante pode deixar de ser um agente passivo e passar a participar ativamente do processo educativo, contribuindo com reflexões, perguntas e ideias que enriquecem o ambiente de aprendizagem.

Para que a UEPS atinja seus objetivos e proporcione uma aprendizagem verdadeiramente significativa, é fundamental que sua implementação siga uma estrutura bem definida. Essa estrutura é composta por oito etapas interdependentes, que orientam o planejamento e a execução das atividades de ensino de forma a considerar o conhecimento prévio dos alunos, estimular o interesse e promover a construção ativa do saber. A seguir, são apresentados os oito passos essenciais para a implementação eficaz da UEPS.

1. Definição do tópico: identificar o tema específico e seus aspectos declarativos (fatos, conceitos e princípios) e procedimentais (métodos, técnicas e processos), conforme a disciplina;

2. Situações para a exploração do conhecimento prévio: criar atividades que permitam aos alunos revelar seus conhecimentos prévios, sejam eles corretos ou não no contexto da disciplina;

3. Introdução de situações-problema: apresentar situações-problema simples para conectar os conhecimentos prévios dos alunos ao novo conteúdo, funcionando como organizadores prévios;

4. Apresentação do conhecimento: introduzir o novo conteúdo de forma progressiva, começando pelos aspectos gerais e depois abordando detalhes específicos, usando atividades colaborativas;

5. Reforço e reconciliação integradora: reapresentar o conteúdo em maior complexidade, relacionando-o a novas situações-problema e promovendo a negociação de significados em grupo, com mediação docente;

6. Revisão e integração: revisar o conteúdo, reforçando conceitos de forma integradora e propondo situações-problema mais complexas para resolver colaborativamente;

7. Avaliação formativa e somativa: avaliar continuamente durante o processo, com foco em evidências de aprendizagem significativa, complementada por uma avaliação somativa final.

8. Sucesso da UEPS: considerar a unidade bem-sucedida se houver evidências de compreensão, aplicação e progressão na aprendizagem significativa dos alunos.

Todas as etapas têm de ser bem trabalhadas, para que se cumpra o objetivo de uma aprendizagem significativa (Moreira, 2006).

Também é mencionada a questão dos aspectos transversais, que dizem que mesmo sendo colaborativa a UEPS pode ser trabalhada individualmente. Os alunos também possuem liberdade para sugerirem situações-problema e devem ser estimulados a críticas, assim como a terem acesso a estratégias de ensino diversificadas. (MOREIRA, 2012).

4.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Embasado nos objetivos foi elaborado um produto educacional que preza pela importância de uma aprendizagem significativa com enfoque no entendimento de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas e suas funcionalidades na sociedade. O produto problematiza a aprendizagem mecânica, onde o conhecimento se perde a curto prazo e valoriza uma aprendizagem significativa onde o conhecimento aprendido seja lembrado a longo prazo e sirva de ancoragem para novos aprendizados.

A aplicação do produto ocorreu em novembro de 2025 numa escola estadual na cidade de Juiz de Fora, para uma turma de 2º ano do Ensino Médio e foi realizada a implementação com 38 alunos. A SD teve um total de 8 encontros e ocorreu em 4 semanas.

A sequência foi estruturada com base em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que contou com processos como avaliação prévia através de mapas conceituais, aulas expositivas, atividades em grupo que envolviam colagens e trabalhavam o uso de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas, um experimento para demonstrar os fenômenos de difração, e por fim uma última avaliação também através de mapas conceituais para comparar com os resultados iniciais e avaliar a sequência.

O quadro a seguir retrata a SD e mostra a divisão das aulas e quais metodologias foram adotadas, considerando a necessidade didática-metodológica daquele momento. Cada aula tinha um objetivo bem definido baseado na estrutura pré-definida de uma UEPS e anteriormente exposta nesse trabalho. O principal objetivo foi aumentar o conhecimento prévio à medida que as aulas foram avançando e, assim, finalmente atingir a meta de uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

A seguir apresentamos a UEPS construída e implementada (quadro 2).

Quadro 2: Sequência de aulas baseada na UEPS.

Aulas	Objetivo	Atividade/Metodologia	Recursos
Aula 1	Externalizar o conhecimento prévio.	Mapas Conceituais	Folhas, lápis e materiais para colorir (opcional).
Aula 2	Definir o conhecimento inicial sobre ondulatória.	Aula expositiva sobre conceitos iniciais e definição de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Os alunos tiveram contato com molas e laser.	Quadro branco e slides, mola e laser.
Aula 3	Relacionar o conhecimento prévio com o novo conhecimento.	Os alunos fizeram uma atividade sobre as ondas presentes em seu cotidiano, fazendo identificação nos cenários em gravuras fornecidas pelo professor.	Quadro, folha de atividade, lápis e canetinhas (opcional).
Aula 4	Ampliar o conhecimento do novo conteúdo de forma ainda geral.	Aula expositiva sobre o espectro eletromagnético e logo em seguida a apresentação de experimento sobre difração da luz.	Quadro, slides, laser, papelão, fio de cabelo.
Aula 5	Aumento da complexidade do conhecimento do novo conteúdo	Exercício de colagem sobre o espectro eletromagnético para fixar conceitos de comprimento de onda e frequência.	Cartolina, figuras, cola, barbante e canetinhas.
Aula 6	Retomar os aspectos gerais e aumentar o grau de complexidade.	Aula expositiva mostrando onde o conhecimento científico se aplica no conhecimento cotidiano.	Quadro e slides.
Aula 7	Avaliar o rendimento dos alunos com base na atividade prática.	Os alunos farão uma atividade proposta pelo professor que conta com diversas gravuras que representam as ondas no cotidiano e identificá-las como ondas mecânicas e eletromagnéticas e falar suas utilidades no cotidiano.	Papel, lápis e canetinhas.
Aula 8	Avaliar a UEPS	Verificar a evolução do conhecimento baseado na criação de um novo mapa pelos alunos e comparando com o anterior	Lápis, folha branca e canetinhas (opcional).

Fonte: o próprio autor (2026).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Durante o ano letivo, a turma apresentou um aumento no número de estudantes, chegando a 38 alunos no último bimestre. No entanto, a análise foi realizada com um grupo de 10 participantes, selecionados com base em critérios previamente estabelecidos, de modo a possibilitar uma investigação mais detalhada e consistente. Foram considerados apenas os estudantes que participaram das atividades propostas e elaboraram o primeiro e o segundo mapas conceituais durante as aulas. Caso fossem desenvolvidas em casa, não seria possível assegurar que os alunos não recorreram a fontes de consulta, o que comprometeria a análise do desenvolvimento do conhecimento, decorrente da sequência didática. Além disso, foram excluídos da análise os estudantes que frequentavam cursos preparatórios para vestibulares ou outras finalidades, pois não seria possível garantir que os conhecimentos evidenciados fossem resultantes exclusivamente da sequência didática implementada, já que tais cursos poderiam influenciar os conhecimentos prévios e o processo de aprendizagem dos participantes. Também não foram incluídos os alunos que entregaram os mapas conceituais após o período previsto para sua elaboração em sala de aula, uma vez que essa condição igualmente impediria assegurar a uniformidade das condições de realização da atividade e, consequentemente, a fidedignidade da análise.

As aulas foram realizadas nos dois primeiros horários das terças-feiras, o que possibilitou a realização de duas aulas consecutivas. Essa organização também permitiu que os alunos que eventualmente chegassem atrasados ao primeiro horário não fossem prejudicados no acompanhamento da SD. Ao todo, foram realizadas oito aulas (distribuídas ao longo de quatro semanas), onde tiveram três atividades realizadas em grupo, um experimento e aulas expositivas. Na primeira aula tivemos a realização do primeiro mapa conceitual para analisarmos os subsunçores e na última aula os alunos realizaram o mapa conceitual novamente já com a SD executada, com o objetivo de realizarmos uma avaliação formativa.

A primeira atividade foi realizada na segunda aula, após a aula expositiva na qual trabalhamos conceitos iniciais como a definição de onda, amplitude, comprimento

de onda, crista, vale, direção de propagação e uma descrição introdutória de ondas mecânicas e eletromagnéticas. A atividade consistiu em uma folha com cenários do cotidiano dos alunos e em cada cenário eles tinham que definir quais tipos de ondas estavam presentes. Os cenários incluíam uma cozinha, um quarto, uma praia, uma usina nuclear, uma sala de tv e um laboratório de exames. O objetivo dessa atividade foi que os alunos pudessem compreender que aparelhos presentes em sua casa propagam e receptam ondas e que existe um grupo bem maior de ondas além daquelas que eles citaram no primeiro mapa como ondas sonoras e ondas do mar.

Nesse primeiro momento, os estudantes identificaram as ondas presentes nas imagens e as registraram na própria folha de atividades. Observou-se que alguns grupos reconheceram um número maior de ondas, incluindo aquelas menos evidentes, enquanto outros identificaram apenas as ondas mais facilmente perceptíveis. Por exemplo, no cenário que representava uma cozinha, além do forno de micro-ondas, havia também a presença de luz no ambiente. Entretanto, a maioria dos grupos mencionou apenas o eletrodoméstico, não identificando a luz como uma onda eletromagnética presente na cena.

Figura 27 – Alunos realizando a primeira atividade.

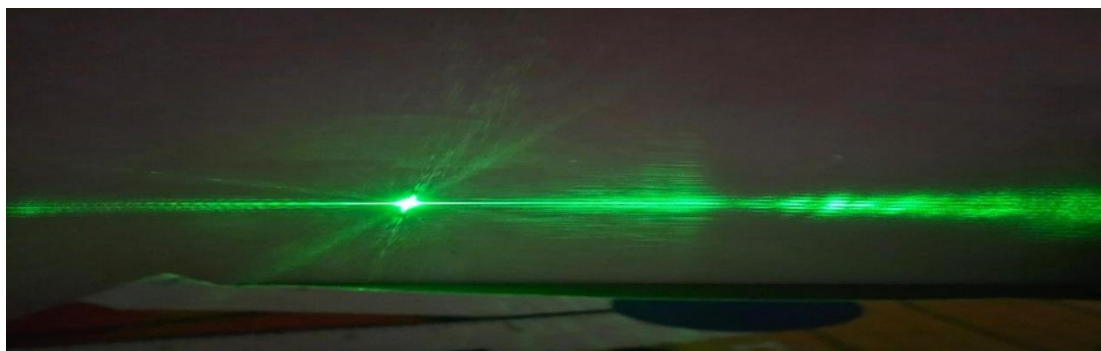


Fonte: acervo pessoal (2026).

Na sequência, não foi abordado nenhum conteúdo relacionado à dualidade da luz; no entanto, considerou-se necessário que os alunos compreendessem que a luz apresenta comportamento ondulatório e que é classificada no grupo das ondas

eletromagnéticas. Para isso, foi realizado um experimento simples e de baixo custo com o objetivo de possibilitar a observação do fenômeno de difração e da formação de padrões de interferência, fenômenos característicos do comportamento ondulatório.

Figura 28 – Imagem do experimento.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Esses conceitos foram previamente discutidos na primeira aula da SD (aula expositiva), na qual foram apresentados alguns fenômenos ondulatórios, destacando que a capacidade de contornar obstáculos é uma das características das ondas, associada ao fenômeno de difração. Os experimentos desse tipo foram fundamentais para a compreensão do caráter ondulatório da luz. O experimento realizado consistiu na utilização de um pedaço de papelão contendo um pequeno recorte quadrado em sua região central, no qual foi fixado um fio de cabelo. Em seguida, um laser verde foi direcionado para esse sistema e, ao projetar a luz sobre um quadro branco, os estudantes puderam observar os padrões associados ao fenômeno da difração da luz, bem como a formação de franjas de interferência. Os alunos aproximaram-se do quadro para visualizar as franjas projetadas e demonstraram curiosidade em identificá-las. Entretanto, devido à alta claridade na sala de aula, os padrões de interferência ficaram mais difíceis de visualizar. Além da atividade experimental, nessa aula foi aprofundado o estudo do espectro eletromagnético, destacando-se a forma como as ondas eletromagnéticas são organizadas de acordo com suas características, como comprimento de onda e frequência.

A segunda atividade foi executada na quarta aula, em seguida do experimento e desta vez os alunos teriam que montar seu próprio espectro eletromagnético. Para isso, os materiais utilizados foram um pedaço de cartolina preta, pedaços de barbante

(para representar o comprimento de onda), e imagens que os alunos retiraram de revistas. O objetivo era que os alunos pudessem fazer uma atividade mais descontraída, mas com a função de trabalhar um assunto muito importante para compreensão de ondas eletromagnéticas. O fato de os estudantes precisarem buscar as imagens em revistas buscava proporcionar para eles um reforço para identificar ondas presentes em diversos contextos.

Nessa atividade, além da experimentação foram apresentadas as características como velocidade, comprimento de onda, frequência e suas análises dentro do espectro eletromagnético. Sendo assim, os alunos realizaram uma colagem onde construíram o seu próprio espectro eletromagnético em uma cartolina preta e com as imagens encontradas em revistas e barbante. A ideia era montar a colagem seguindo conceitos de frequências e comprimento de onda, onde utilizaram os barbantes para simular o comprimento de onda.

Figura 29 – Alunos montando o espectro eletromagnético.

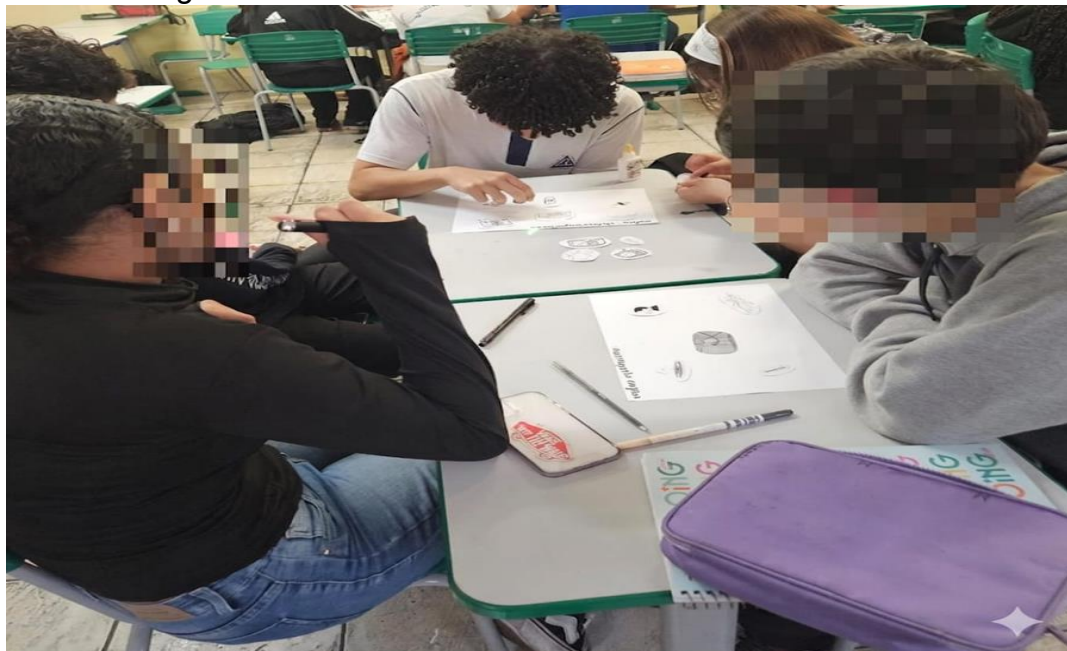


Fonte: acervo pessoal (2026)

A última atividade realizada na sétima aula ocorreu antes da construção do segundo mapa conceitual e teve como objetivo diferenciar as ondas mecânicas das ondas eletromagnéticas e identificar suas aplicações no cotidiano. Para isso, foi entregue aos estudantes um conjunto de imagens dispostas aleatoriamente, que poderiam ser associadas a diferentes tipos de ondas, como, por exemplo, um violão, que poderia representar as ondas sonoras. Em seguida, os alunos organizaram as

imagens em dois grupos, ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, e identificaram suas aplicações no cotidiano.

Figura 30 – Alunos executando a terceira atividade.



Fonte: acervo pessoal (2026).

5.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES

Para essa análise, comparamos o primeiro e o segundo mapa produzidos pelos alunos e verificamos os indícios de como seu desempenho está relacionado às atividades desenvolvidas em sala de aula durante a implementação da UEPS. Também foi desenvolvido um terceiro mapa pela professora regente para evidenciar em quais aspectos o segundo mapa desenvolvido podia melhorar e entender quais conceitos os alunos apresentaram mais dúvidas e tiveram dificuldades de contextualizar e citar. A seguir o quadro com alguns critérios que foram utilizados para uma primeira análise, apresentada em sequência:

Quadro 3: Análise do primeiro mapa conceitual

Aluno (a)	Subsunçores	Palavras não relacionadas	Emergência Climática
Marcelo	Tamanho, Mar e Terremoto.	Vento, praia	Temperatura e ondas térmicas.
Marcos	Mar, Ondas Sonoras e Tsunami.	Esportes, surf, diversão, passeio de barco e viagem de navio.	Ondas de calor.
Jonas.	Mar, Ondas Sonoras, Ondas Magnéticas, movimento, Marés e Gravidade.	Espaço, areia, praia, salgada e vento.	Não citou.
Luiza	Sonoras, batidas, mar, música.	Água, salgada, areia, concha, animais e peixe.	Calor e aquecimento global.
Paulo	Sol e Tsunami	Praia, areia, espuma e sujeira.	Alagamento e calor.
Lorenzo	Sonora, Mar, Sol, música e tsunami.	Henrique e Juliano, cantor, estrela, constelação, planeta, Terra, destruição e perdas.	Calor.
Eduardo	Tsunami, sonoras, ondas gigantes	Esporte, surf, estado, olimpíadas, água.	Calor.
Marciel	Mar e Sol.	Praia, Futevôlei, peixes e mercado, venda e pescadores.	Não citou.
Josiel	Sonoras, Mar, Sonora, Sol e Tsunami.	Surf, esporte, atletas, peixes, alimento, Medina, medalhista e estrela.	Térmicas e calor.
Juliana	Ondas magnéticas, ondas sonoras e Sol.	Vento forte, surf, água salgada.	Ondas de calor, ondas grandes fazendo estragos.

Fonte: o próprio autor (2026).

Analisando de uma forma geral, nos primeiros mapas houve como previsto o surgimento de palavras que associavam o conceito de ondas às ondas do mar e às ondas sonoras, classificadas como ondas mecânicas. Surgiu também uma categoria relacionada à emergência climática, uma vez que termos associados a esse tema apareceram em boa parte dos primeiros mapas conceituais. Esse resultado pode estar relacionado ao contexto vivenciado pelos estudantes, visto que, em 2024, o Brasil enfrentou sucessivas ondas de calor, tema amplamente divulgado pelos meios de comunicação, o que pode ter influenciado as associações iniciais dos alunos ao conceito de ondas. A reportagem intitulada “Recorde de calor em 2024 aumenta pressão sobre o Brasil na COP30” destaca esse cenário (CNA, 2025). Com o tema

em alta, os alunos conviveram durante aquele ano com notícias sobre o fenômeno e possivelmente o assunto foi abordado por outros professores em sala de aula. Esse contexto pode justificar o surgimento em 7 dos 10 mapas de palavras como “ondas”, “ondas de calor”, e outros termos que remetem a emergência climática.

Analisando o segundo mapa conceitual segundo os mesmos critérios, temos o quadro 4:

Quadro 4: Análise do segundo mapa conceitual

Aluno (a)	Subsunçores	Palavras não relacionadas	Emergência Climática
Marcelo	Mecânica, sonora, rádio, longitudinal, sísmica, eletromagnéticas, ultravioleta, Raio-X, Raio Gama e Infravermelho.	Não citou.	Não citou.
Marcos	Eletromagnética, sonoras, Micro-ondas, mar e solar.	Rádio (aparelho de som), esporte, divertir, aquecer.	Não citou.
Jonas	Longitudinal, transversal, crista, vale, ondas eletromagnéticas, raio-x, micro-ondas, tv, ondas mecânicas, violão, cordas e terremotos.	Não citou.	Não citou.
Luiza	Mecânicas, eletromagnéticas, longitudinais, sonora, cordas, raio-x, transversais.	Não citou.	Térmica.
Paulo	Infravermelho, marítima, raio-x, mecânicas e ultravioleta.	Não citou.	Não citou.
Lorenzo	Ondas mecânicas, longitudinal, transversal, ondas sonoras, ondas mistas, ondas eletromagnéticas, raio-x, ondas de rádio, crista, vale e amplitude.	Não citou.	Não citou.
Eduardo	Solar, <i>Wifi</i> , mar, tsunami, eletromagnéticas, mecânica, sonora e longitudinal.	Surfar e esporte.	Não citou
Marciel	Solar, eletromagnética, longitudinal, raio X, transversais micro-ondas, mecânicas e sonora.	Não citou.	Não citou.
Josiel	Magnética, sonora, som, música, solar, raio-x, mar, sol.	Animais, peixes e alimentos	Temperatura e calor.
Juliana	Marítima, sísmica, raio-x, eletromagnética, luz vermelha do controle remoto (infravermelho), longitudinal, mecânica e sonora.	Imã (não estudamos).	Térmica e ondas de calor.

Fonte: o próprio autor (2026).

Ressalta-se que algumas palavras apresentadas nos quadros foram mantidas exatamente como registradas pelos estudantes, inclusive quando continham erros de grafia. Dessa forma, a escrita da palavra “raio-x” foi preservada por corresponder à transcrição fiel realizada pelo aluno em seu mapa conceitual, garantindo a autenticidade dos dados analisados e evitando qualquer alteração que pudesse interferir na interpretação dos registros produzidos pelos participantes.

Após a implementação da SD, que contou com aulas expositivas e atividades realizadas em grupo, foi possível observar um aumento no número de subsunçores apresentados no mapa conceitual. Além disso, as palavras que não estavam relacionadas ao tema, bem como aquelas associadas à emergência climática, quase não apareceram quando comparadas ao primeiro mapa conceitual. Também foram identificados termos relacionados às ondas eletromagnéticas, que apareceram com maior frequência em relação ao primeiro mapa.

O quadro 5 retrata como as atividades podem ter influenciado na criação dos últimos mapas e como surgiram muitos termos quando comparados com o primeiro.

Quadro 5: Relação das atividades com o segundo mapa conceitual.

Aluno (a)	Primeira atividade	Palavras da primeira atividade em seu mapa	Segunda atividade (espectro)	Palavras da segunda atividade e em seu mapa	Terceira atividade	Palavras da terceira atividade em seu mapa
Marcelo	Participou	Raio gama, ultravioleta, raio x, sonora, infravermelho	Participou	Raio X	Participou	Rádio e ondas mecânicas
Marcos	Participou	Micro-ondas, raioX, Ondas do mar, Rádio (aparelho de som)	Participou	Raio-x, solar.	Participou	Raio-X, Solar(aquecer), mar (divertir), micro-ondas, raio-x(medicina).
Jonas	Participou	Raio X, corda, violão, tv e micro-ondas	Participou	Raio X e Tv.	Participou	Tv, violão, raio-X, Micro-ondas
Luiza	Participou	Raio X, cordas, sonora e sol	Participou	Solar.	Participou	Corda, raio-x ondas sonoras, solar
Paulo	Participou	Raio X, marítima e infravermelho.	Participou	Raio X.	Participou	Raio X
Lorenzo	Participou	Sonora, Raio-X, Rádio	Participou		Participou	Raio-X, Ondas Sonoras, Rádio (como aparelho)
Eduardo	Participou	Solar, Wi-fi, Mar, Sonora.	Participou	Solar.	Participou	Mar, Wi-fi
Marciel	Participou	Raio-X, sonora, micro-ondas, solar	Participou	Raio-X, sonora, Micro-ondas,	Participou	Solar
Josiel	Participou	Rádio (figura-sonora, Raio-X, Ondas do mar,	Participou	Solar-aquecer, sonora-rádio, raio x - uso medicinal	Participou	Raio-X e Sol
Juliana	Não participou	Não teve	Participou	Não teve.	Participou	Raio-X, sonora, controle remoto (infravermelho), ondas do mar.

Fonte: o próprio autor (2026).

Após a realização do levantamento das palavras que emergiram no segundo mapa conceitual e da análise de sua relação com as atividades desenvolvidas, procedemos à análise dos quatro grupos, identificados como A, B, C e D, bem como dos estudantes que os compõem. Posteriormente, será realizada a análise individual dos indicadores de desenvolvimento de cada estudante.

O grupo “A” foi composto pelos alunos Marcos, Jonas e Josiel, dentre demais alunos que não estão dentro do grupo estudado. Os três alunos participaram de todas as atividades e recorrentemente procuraram o professor para tirar dúvidas, além de terem sido participativos.

A figura apresenta a primeira atividade realizada pelo referido grupo:

Figura 31 – Primeira atividade do grupo “A”.

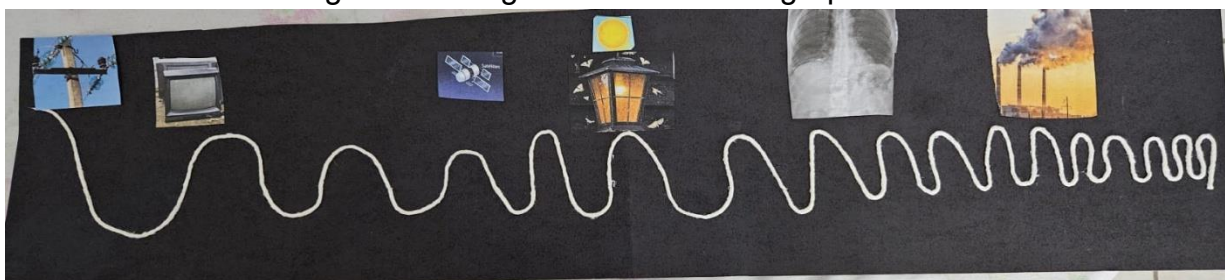


Fonte: acervo pessoal (2026).

Apesar de não terem citado muitas palavras nesse primeiro momento, conseguiram descrever boa parte das ondas eletromagnéticas e mecânicas presentes nas figuras. Sabemos a partir de nossa prática docente que no geral, os alunos apresentam mais dificuldades em definir e entender ondas eletromagnéticas e já na primeira atividade conseguiram encontrar nas figuras e listar.

A segunda atividade foi a construção do espectro eletromagnético como indicado na figura:

Figura 32 – Segunda atividade do grupo “A”.



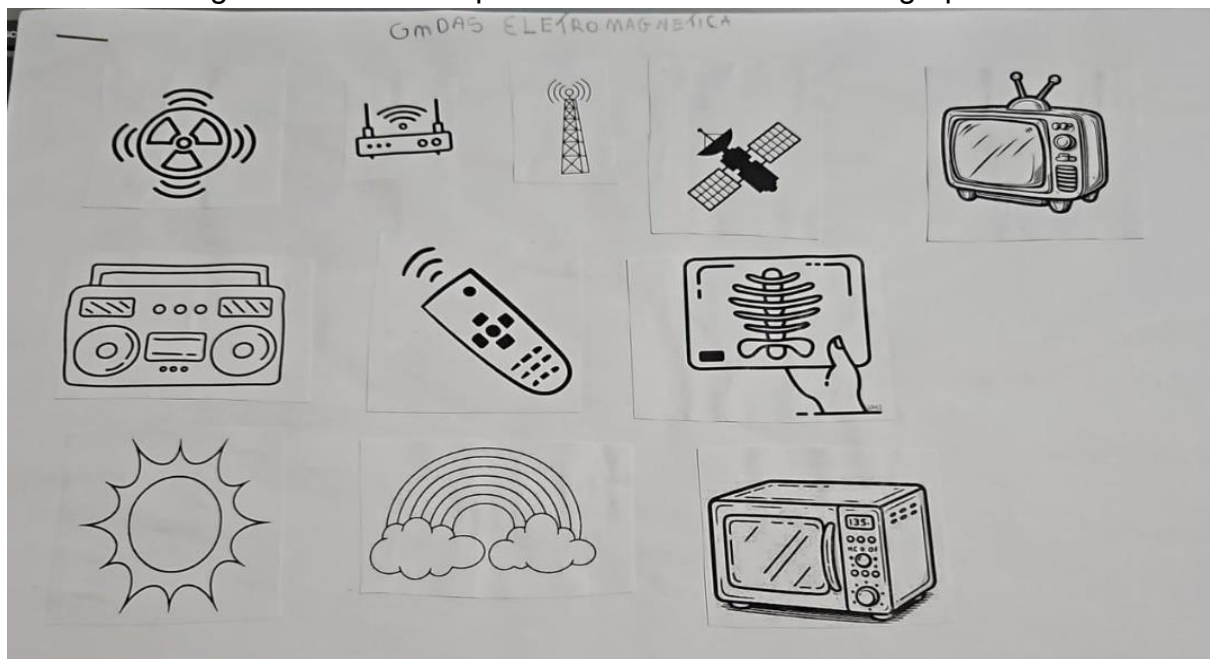
Fonte: acervo pessoal (2026).

Mesmo com recursos limitados, os alunos encontraram imagens que representavam sinal de tv, satélite, luz de diferentes fontes como o sol e luminária, raios X e a imagem de uma usina que remete a primeira atividade. Isto se mostra bem interessante, nos dando indicativos de que os alunos nessa etapa buscaram os conhecimentos que adquiriram na primeira atividade. Também se percebe a preocupação de demonstrar que o comprimento de onda vai diminuindo à medida que vamos avançando dentro das ondas presentes no espectro eletromagnético.

A atividade seguinte foi dividida em duas etapas, onde na primeira os alunos separaram as gravuras nos grupos de ondas eletromagnéticas e mecânicas e após essa primeira etapa os alunos deveriam escrever sobre onde aquelas ondas tinham uso em suas rotinas. A orientação era para que correlacionassem a presença dessas ondas às suas vidas e tínhamos o objetivo de provocar uma reflexão sobre como a ciência está presente em tudo que fazem e em locais que a princípio não suspeitavam.

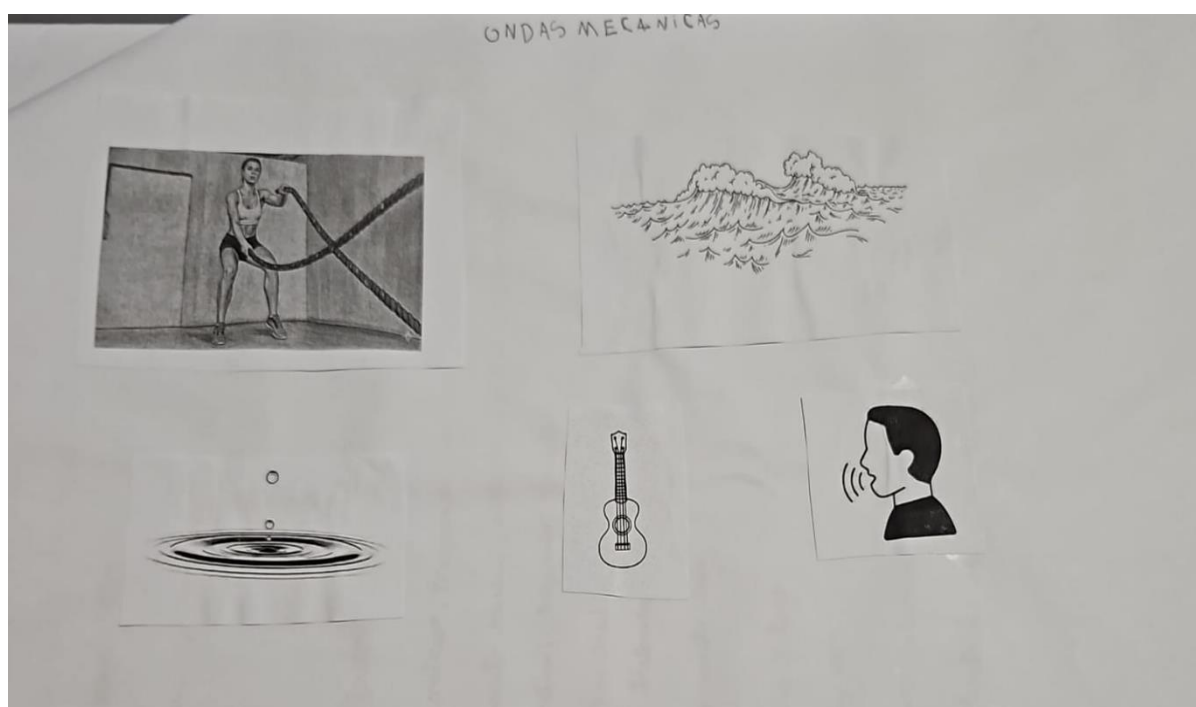
Apresentamos nas três figuras a seguir a atividade desenvolvida pelo grupo “A”:

Figura 33 – Primeira parte da terceira atividade do grupo “A”.



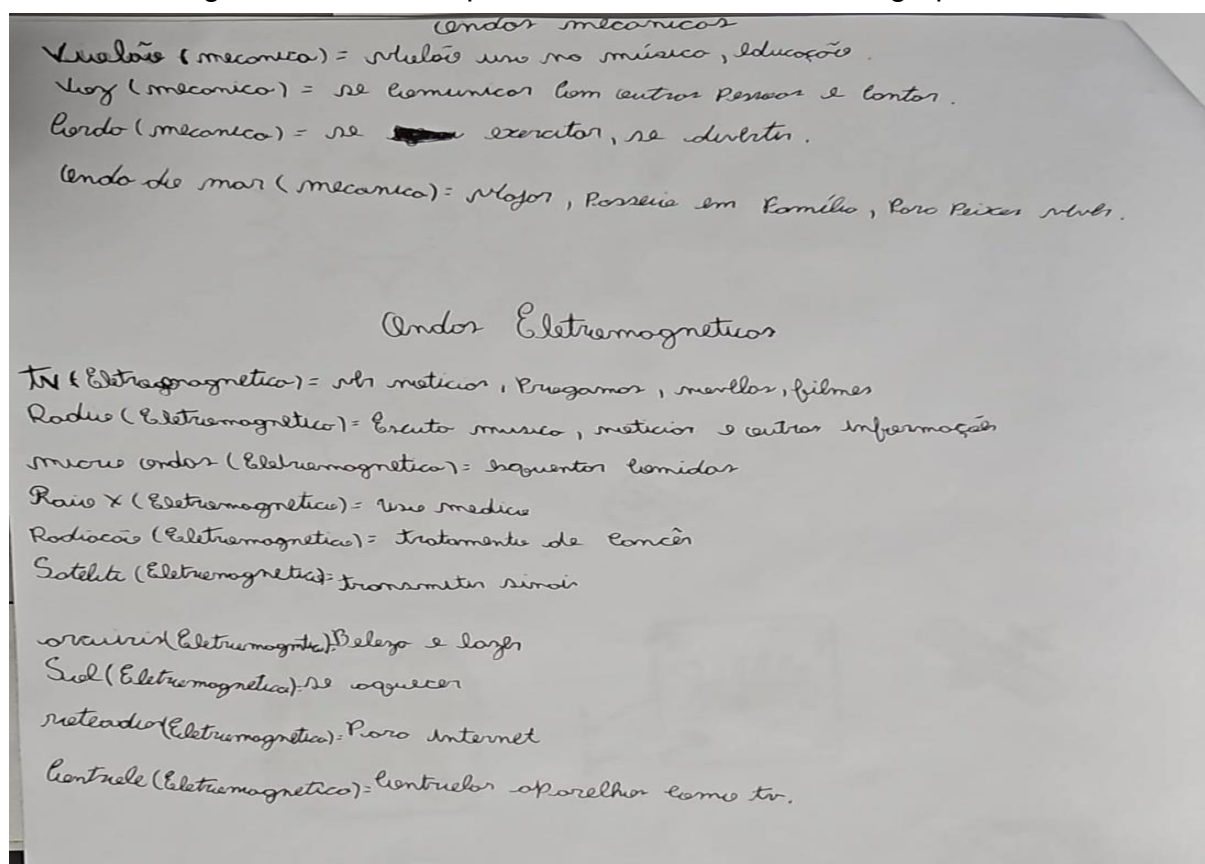
Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 34 – Segunda parte da terceira atividade do grupo “A”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 35 – Terceira parte da terceira atividade do grupo “A”.



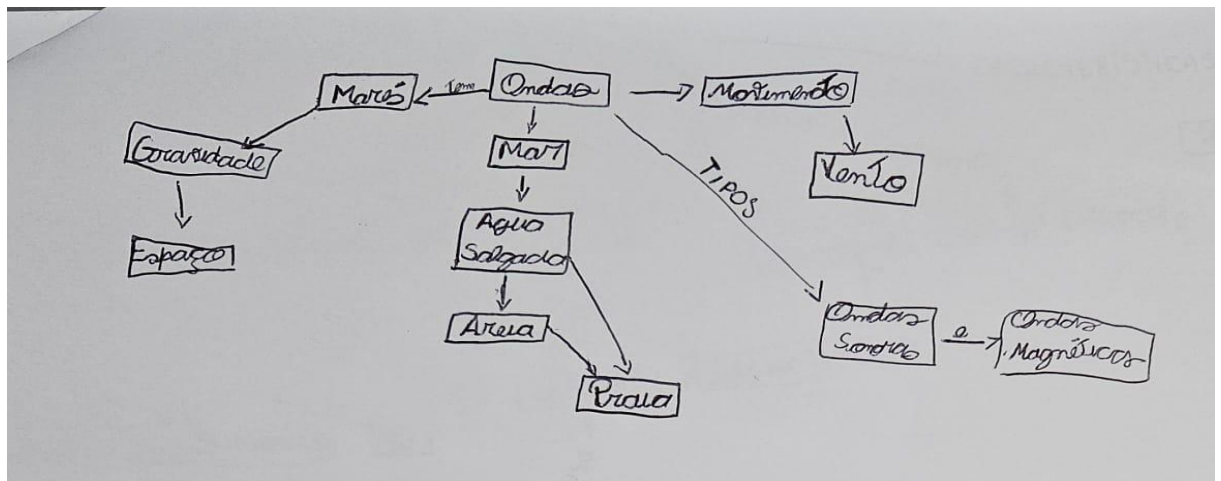
Fonte: acervo pessoal (2026).

No desenvolvimento da tarefa eles citaram situações bem rotineiras como o uso do violão para lazer e educação, o uso da televisão para ver filmes e notícias e os raios X comumente usados em exames médicos. Notamos também a confusão ao diferenciar ondas de rádio do aparelho de som, onde eles citaram o uso para escutar música e ouvir informações, mas o classificaram como ondas eletromagnéticas. É interessante citar que apareceram diversos tipos de ondas e que os alunos definem seus usos relacionados à tecnologia, que está altamente frequente em suas vidas.

Passamos a analisar o desenvolvimento de cada aluno individualmente e observar como os indícios de como o desempenho em grupo nas atividades refletiu em seus devidos mapas conceituais.

O aluno Marcos em seu primeiro mapa tem como subsunção ondas sonoras e ondas mar e no tópico de emergência climática ele cita ondas de calor além de criar uma categoria para desastres naturais e incluir tsunamis, as outras palavras em seu mapa são referentes a lazer e experiências próprias.

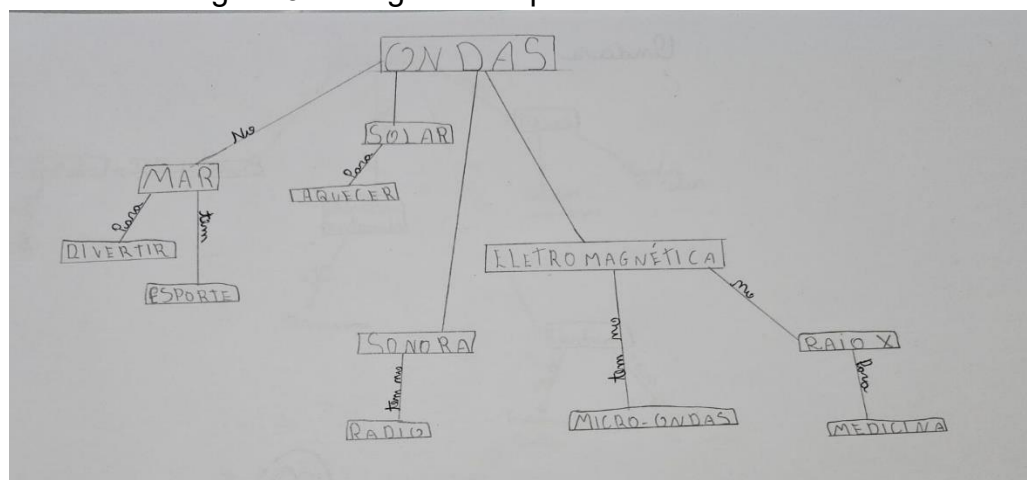
Figura 36 – Primeiro mapa conceitual do aluno Marcos.



Fonte: acervo pessoal (2026).

No segundo mapa o aluno citou ondas eletromagnéticas, identificou usos no dia a dia, além de citar vários exemplos de ondas mecânicas e eletromagnéticas. Notável que em seu mapa há a influências das atividades realizadas, pois todas as palavras e exemplos foram trabalhados nos exercícios. Porém o aluno apresentou dificuldade na hora de separar os exemplos de ondas mecânicas e eletromagnéticas e não identificou as ondas mecânicas. Outra situação que trouxe reflexo do seu primeiro mapa foi relacionar ondas solar a calor e não ter feito referência às ondas eletromagnéticas. No geral, apesar de terem surgido palavras subsunçores coerentes e ter colocado palavras de ligação em seu mapa ele apresentou confusão para organizar o mapa e diferenciar ondas mecânicas das ondas eletromagnéticas.

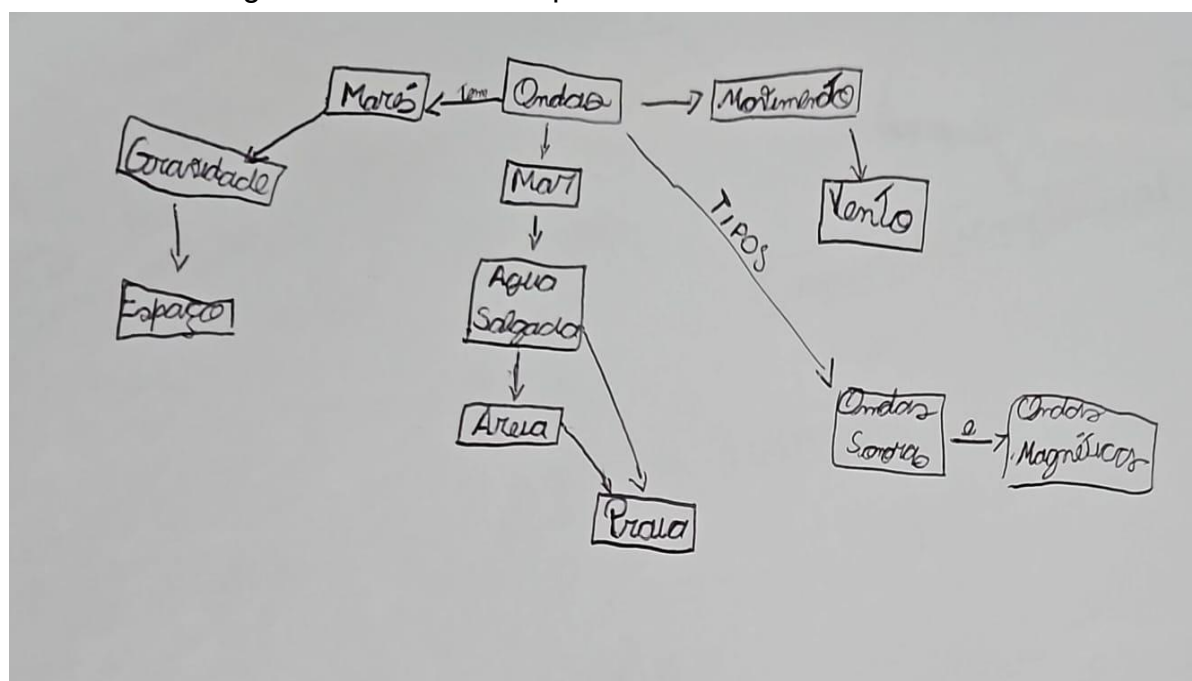
Figura 37 – Segundo mapa do aluno Marcos.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Por sua vez, o aluno Jonas em seu primeiro mapa cita subsunçores como ondas sonoras, ondas do mar e ondas “magnéticas”. Apesar de incompleto o termo “magnéticas” surge em mapa relacionado a palavra de ligação “tipos”, fato interessante para um primeiro mapa. Assim como a maioria dos colegas também cita palavras relacionadas a lazer em seu mapa, como praia.

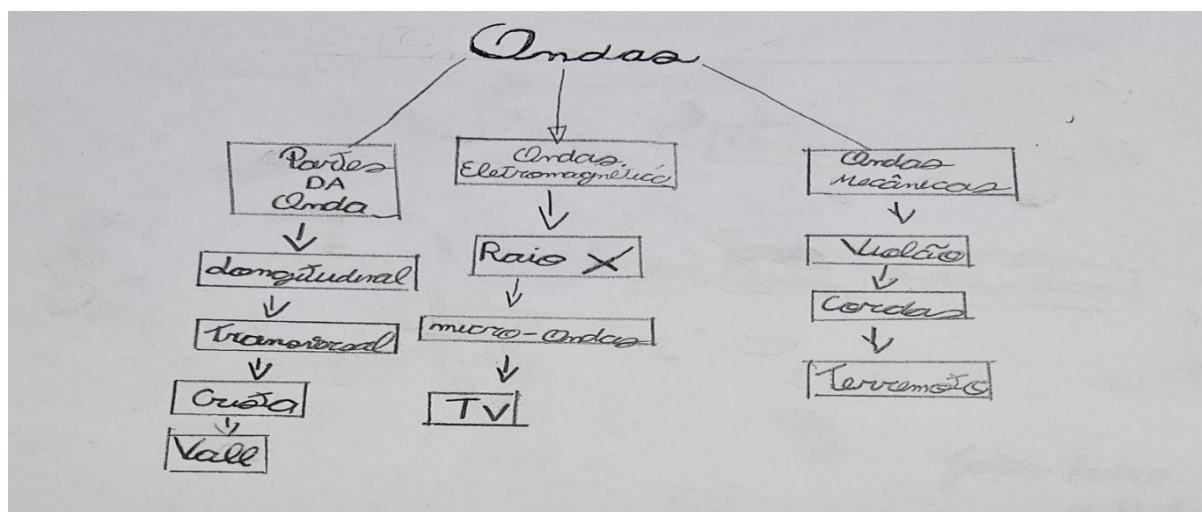
Figura 38 – Primeiro mapa conceitual do aluno Jonas.



Fonte: acervo pessoal (2026).

No segundo mapa o aluno identifica ondas mecânicas e eletromagnéticas e cita corretamente seus exemplos. Define crista e vale como partes da onda e transcreve longitudinal e transversal mesmo que com erro de conceito. Para um mapa mais coeso o aluno deveria ter conceituado longitudinal e transversal como direção de propagação da onda e ter relacionado violão como propagador da onda e não ela em si, ou seja, o violão não é uma onda, mas tem a capacidade de produzir ondas sonoras. Percebe-se que o aluno teve dificuldade na compreensão das características das ondas e na definição de direção de propagação e em como ligar as ondas as suas aplicações e identificar as palavras de ligações.

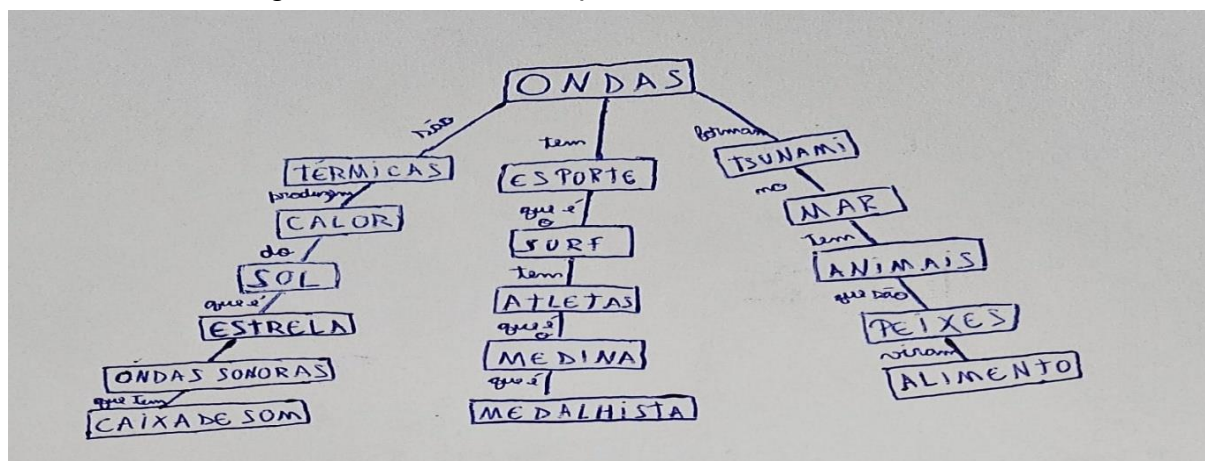
Figura 39 – Segundo Mapa Conceitual do aluno Jonas.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Encerrando esse primeiro grupo, temos o aluno Josiel, que em seu primeiro mapa conceitual também descreve ondas sonoras e ondas do mar e explora palavras que remetem a emergências climáticas e lazer. Também evidencia palavras relacionadas a esporte como o Surf, citando até mesmo um atleta dessa modalidade.

Figura 40 – Primeiro mapa conceitual do aluno Josiel.

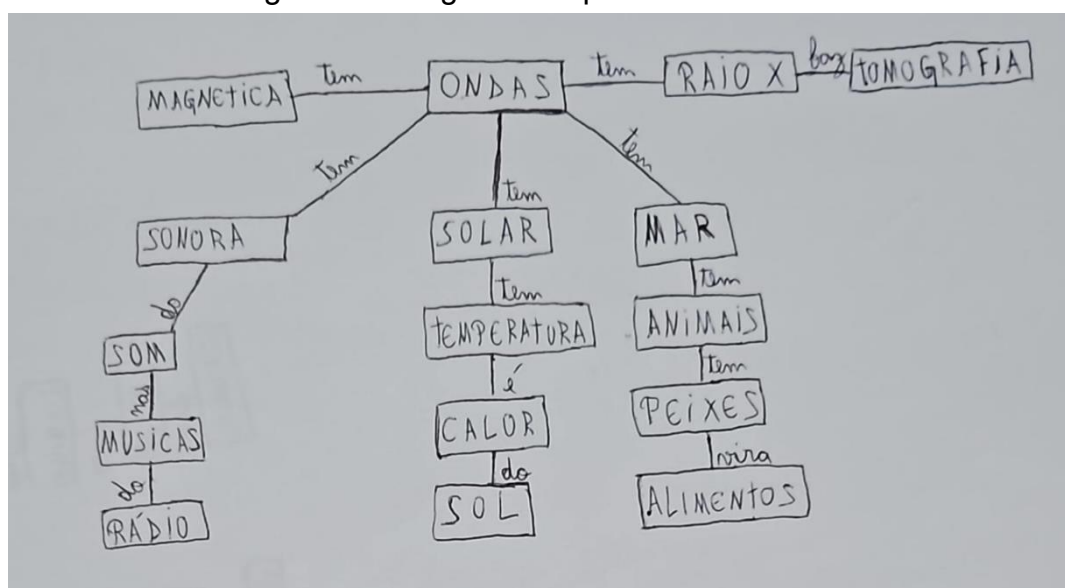


Fonte: acervo pessoal (2026).

Já em seu segundo mapa, listou exemplos de ondas mecânicas e eletromagnéticas e suas aplicações no cotidiano. Um fato em destaque é que ele não corrigiu o termo “magnética” para “eletromagnética”, não cita o termo “ondas mecânicas” e não relaciona os exemplos às suas respectivas ondas. Por fim, o mapa não apresenta uma organização coesa e demonstra que o aluno ainda apresentava

dificuldade de entender os termos e relacioná-los. Mas, positivamente em comparação ao primeiro mapa teve um aumento de conceitos científicos e podemos perceber que a última atividade teve bastante influência em seu mapa, já que o aluno cita algumas utilidades das ondas de acordo com o seu cotidiano. Acrescentamos também que o aluno manteve o esboço de uma hierarquia em seu mapa e apresentou as palavras de ligação.

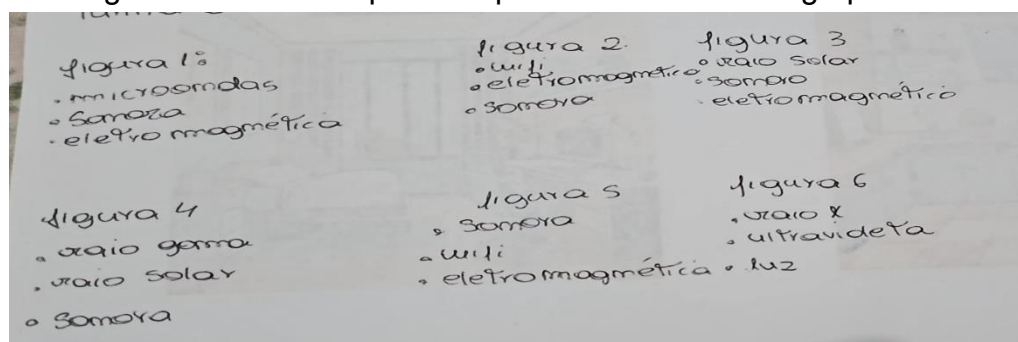
Figura 41 – Segundo mapa do aluno Josiel.



Fonte: acervo pessoal (2026).

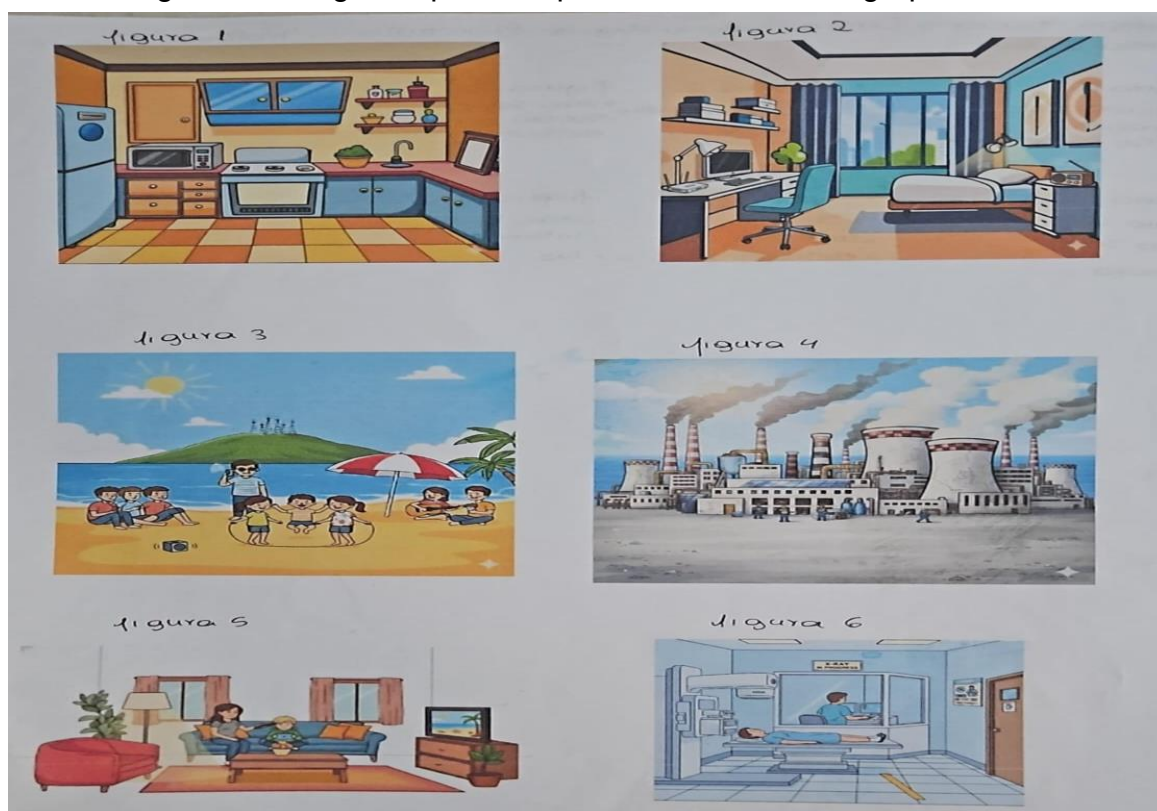
No grupo “B” analisamos as atividades dos alunos Eduardo, Marciel e Juliana. Dentre as três atividades somente a Juliana não participou da primeira atividade. No geral o grupo foi participativo e cooperativo durante o decorrer das tarefas.

Figura 42 – Primeira parte da primeira atividade do grupo “B”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 43 – Segunda parte da primeira atividade do grupo “B”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Esse grupo já na primeira atividade conseguiu listar muitas palavras associadas a cada cenário e citar ondas menos visíveis como raio solar no terceiro cenário, luz no sexto, e onda sonora na segunda figura com o rádio menos perceptível. Destaca-se também que esse grupo optou por numerar os cenários e, no verso da folha, identificar as respectivas ondas de acordo com a numeração atribuída a cada imagem. Mostraram, assim, como cada grupo pode desenvolver seus próprios meios de resolver uma mesma atividade e ter resultados diferentes.

Sobre a segunda atividade, exemplificamos na figura 11:

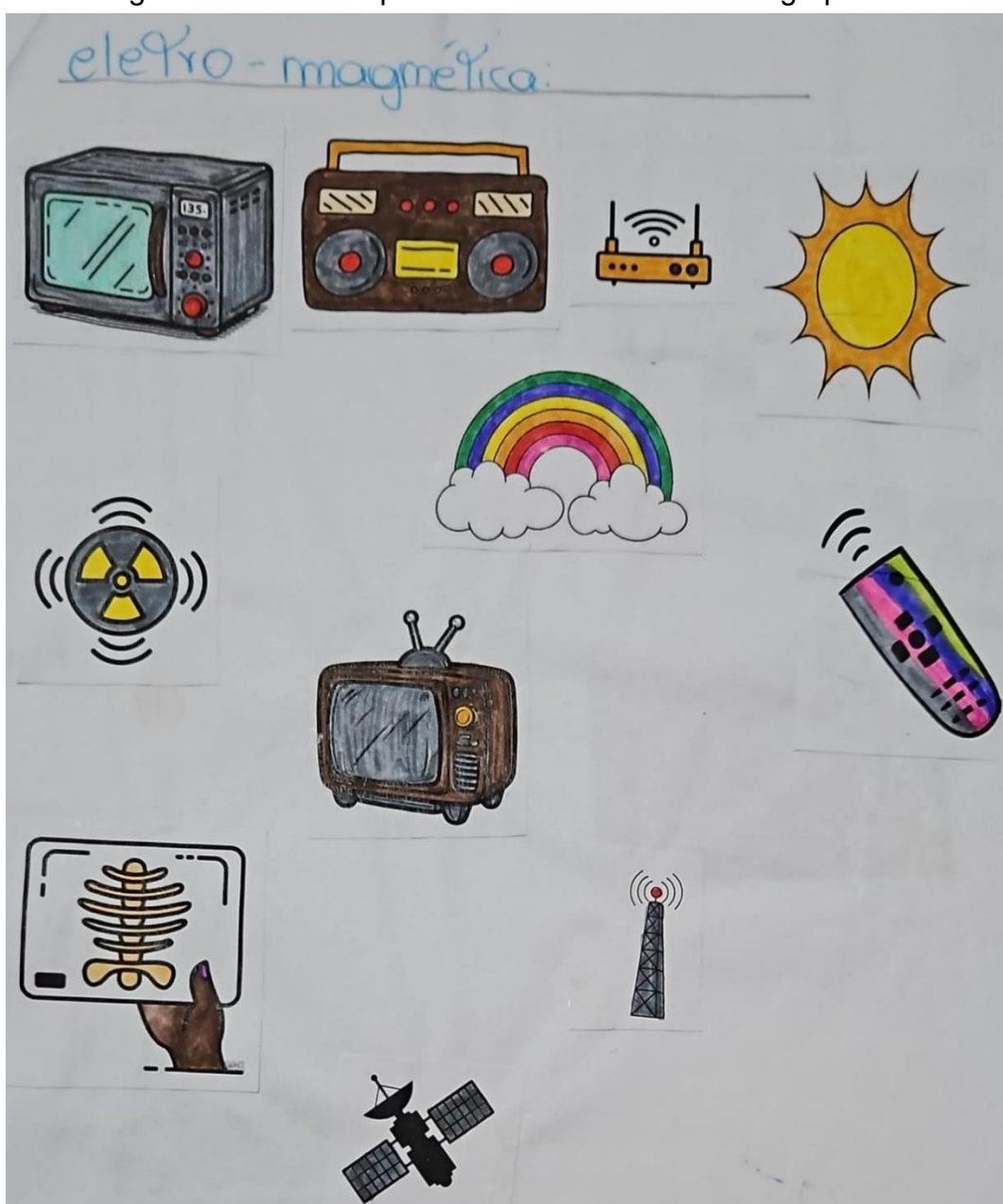
Figura 44 – Segunda atividade do grupo “B”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

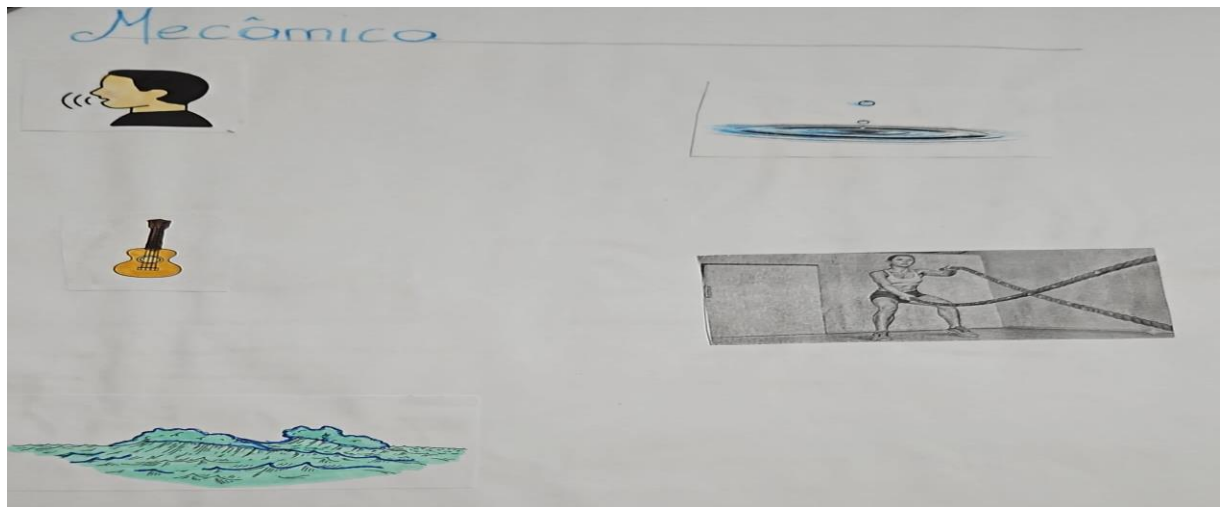
Apesar de poucas imagens para representar as ondas eletromagnéticas, houve um cuidado na montagem do espectro. Nesse grupo também, notamos que conceitos como comprimento de onda foram respeitados na representação. Pode-se destacar a presença de imagens relacionadas ao cotidiano dos estudantes, como a televisão, o celular, a praia e o símbolo de material radioativo, com os quais eles podem ter tido contato em diferentes contextos, como em exames médicos, por exemplo. aos diferentes tipos de ondas.

Figura 45 – Primeira parte da terceira atividade do grupo “B”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 46 – Segunda parte da terceira atividade do grupo “B”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 47– Terceira parte da terceira atividade do grupo “B”.

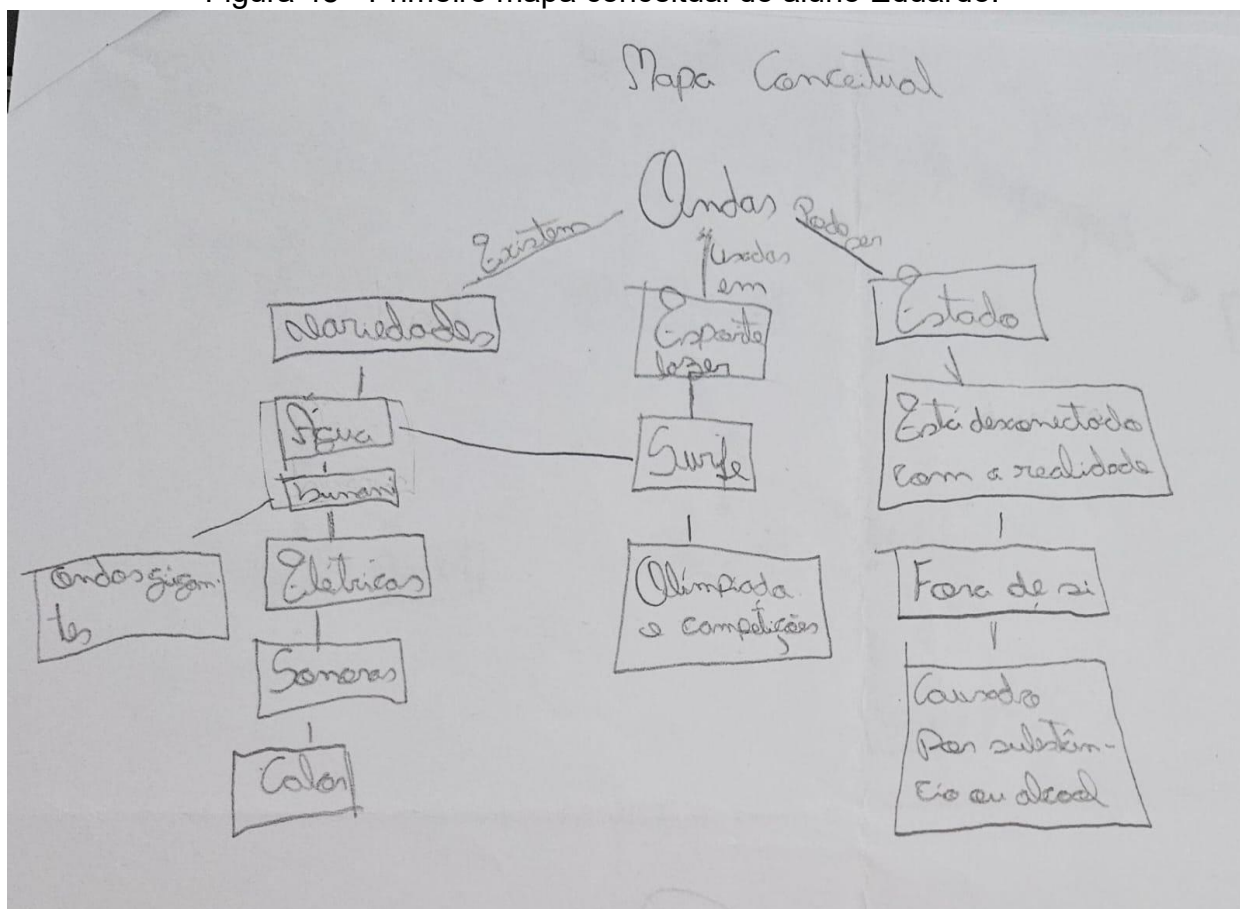
Aplicações	
material	uso no dia a dia
1 Televisão (eletro-magnética)	entretenimento
2 Rádio (eletro-magnética)	música, distração
3- Micro-ondas (eletro magnética)	aquecimento
4- controle remoto (eletro-magnético)	controlar câmeras de tv
5 Wi-Fi (eletro magnético)	Sinal e Internet
6 Violão (mecânica)	música, entretenimento
7 Raio X (eletro magnético)	Ver "ossos" no hospital
8 Sol (eletro magnético)	iluminação, aquecer
9 arco-luz (eletro magnético)	beleza, luz, cores
10 Torre de sinal (eletro magnético)	sinal para todas áreas
11 Corda (mecânica)	exercício, força
12 gota d'água (mecânica)	
13 onda do mar (mecânica)	força
14 Satélite (eletro magnética)	transmitir sinal
15 voz (mecânica)	sonar, conversar
16 radiação (eletro magnética)	uso no hospital, esterilizar

Fonte: acervo pessoal (2026).

O grupo descreveu todas as imagens, e dentre as classificações podemos destacar novamente o rádio que mesmo sendo representado como aparelho de som é classificado corretamente como ondas eletromagnéticas e seu uso vem de música e distração. Esse grupo cita aplicações medicinais para os raios X e radiação gama, cita para ondas do mar o termo força e itens de tecnologia como o *Wi-fi* e televisão para o lazer. Pode-se notar que não surgem termos técnicos ou científicos, evidenciando que os estudantes estabeleceram relações com aplicações e situações presentes em suas próprias rotinas, em vez de recorrerem à nomenclatura científica.

O material analisado do primeiro aluno desse grupo é do Eduardo que participou de todas as atividades. Em seu primeiro mapa cita ondas sonoras e o termo “elétricas”, mas o decorrer do seu mapa é um reflexo do seu próprio conhecimento, pois ele retrata situações de lazer e termos utilizados numa linguagem informal como o dizer “estar na onda”. Assim como outros alunos, cita também a palavra calor que entra na categoria de emergência climática.

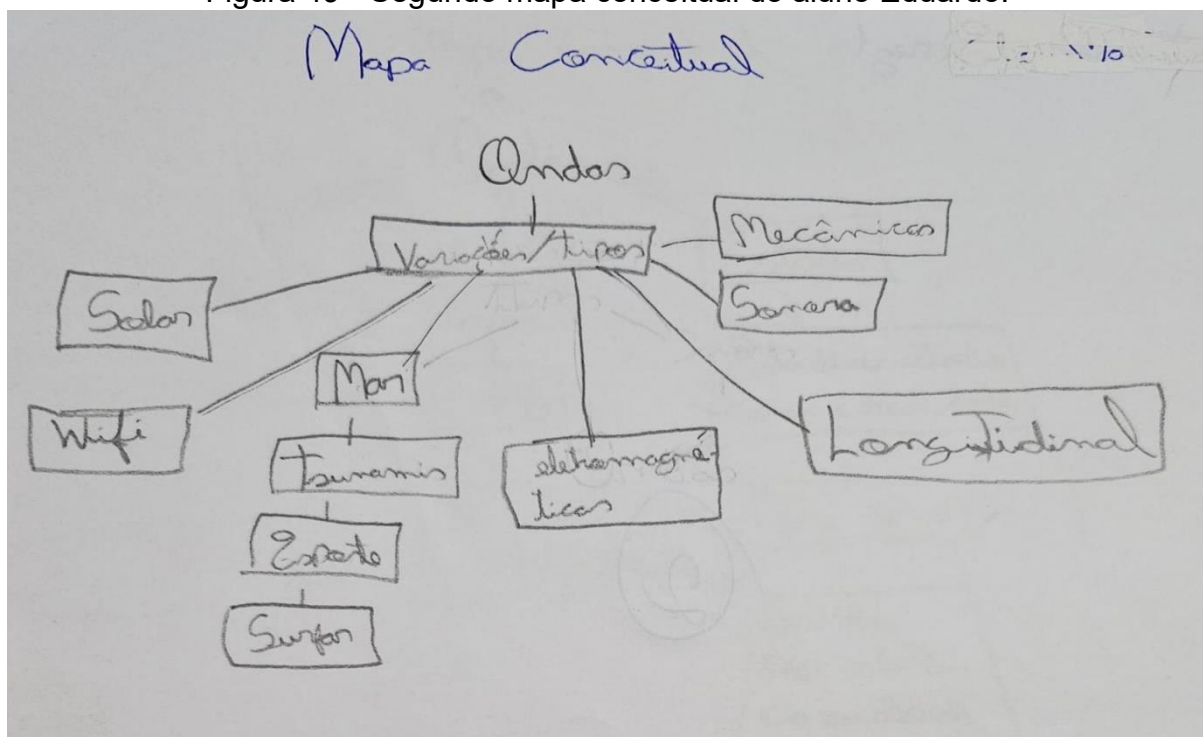
Figura 48 – Primeiro mapa conceitual do aluno Eduardo.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Já no segundo mapa percebemos que ele não utiliza mais termos do conhecimento científico sobre ondulatória e até mesmo expressões citadas anteriormente como mar, esporte e surfar já surgem para uma ideia de uso e não caracterização de onda. Positivamente pode-se ressaltar que ele coloca as divisões de ondas em ondas mecânicas e eletromagnéticas, indica o termo referente à direção de propagação (longitudinal) e cita exemplos como ondas sonoras e *Wi-fi*. Porém, ele não organiza corretamente dentro da hierarquia as ondas mecânicas e eletromagnéticas, não associa seus exemplos como ondas sonoras e ondas do mar para ondas mecânicas e *Wi-fi* e solar para ondas eletromagnéticas. A palavra longitudinal não recebeu nenhuma classificação que a defini como propagação de onda. Pode-se concluir que ele montou um mapa com um número mediano de termos, mas com ausência de uma relação correta entre os termos e palavras de ligação.

Figura 49 – Segundo mapa conceitual do aluno Eduardo.

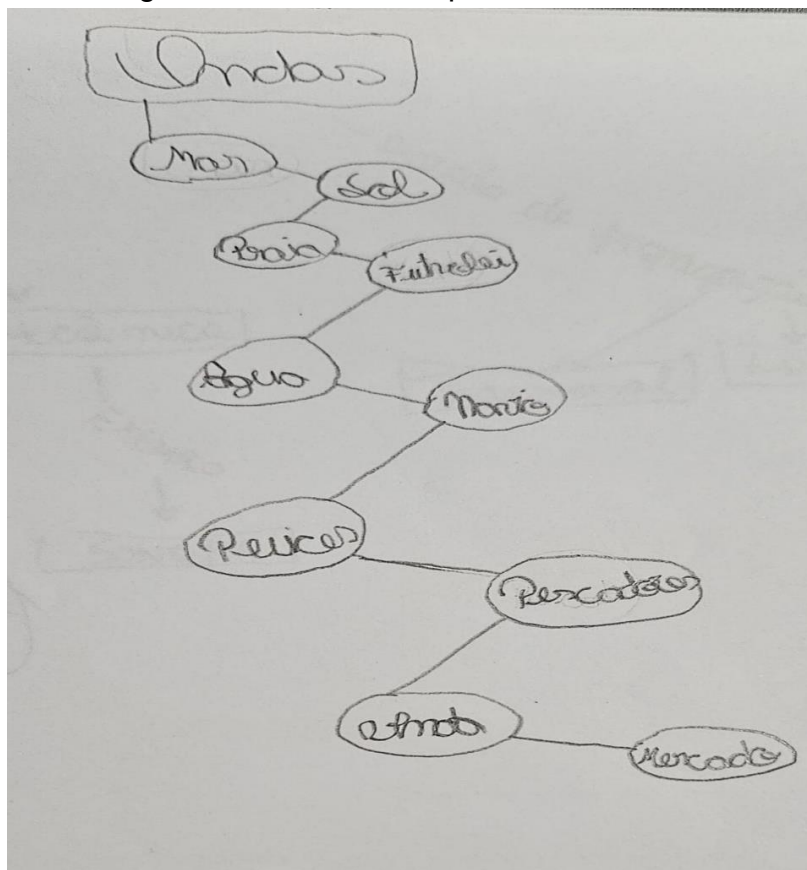


Fonte: acervo pessoal (2026).

O aluno Marciel elaborou o primeiro mapa conceitual sem a utilização de palavras de ligação, apresentando apenas os conceitos mar e sol. Embora tenha utilizado o termo sol, observa-se que sua associação estava relacionada ao contexto

de praia, e não ao conceito físico em si. Seu mapa foi definido apenas com termos que remetem à praia, citando pescadores, peixes, vendas e mercado. Apesar de haver uma hierarquia, não colocou as palavras de ligação.

Figura 50 – Primeiro mapa do aluno Marciel.

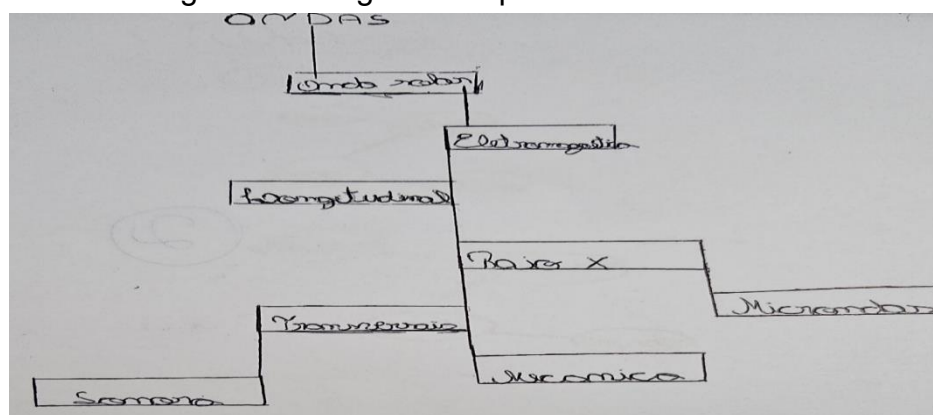


Fonte: acervo pessoal (2026).

Em seu segundo mapa surgem as palavras ondas mecânicas e eletromagnéticas, escreve exemplos referentes a cada uma delas e menciona termos de direção de propagação (longitudinal e transversal). Faltou definir corretamente ondas mecânicas e eletromagnéticas como grupos de ondas e relacionar seus exemplos a cada uma delas. Seu mapa apresentou poucos termos e teve organização que não demonstrava precisamente as conexões de hierarquia. O aluno não estabeleceu relações entre exemplos de ondas mecânicas e eletromagnéticas nem entre os conceitos de ondas longitudinais e transversais como formas de propagação. Além disso, assim como no primeiro mapa conceitual, não utilizou palavras de ligação. Porém considerando que as atividades e aulas tiveram a duração de 8 encontros, pode-se notar uma melhora justa. Seu conhecimento de associar ondas, somente a

situações que envolvem praia e suas diversas possibilidades como lazer, profissão e comércio não surgiram nesse segundo momento e ele colocou termos corretos e aprendidos nas atividades que desenvolveu juntamente com seu grupo. Trabalhar em grupo é essencial para melhorar as habilidades dos alunos, favorecer o desenvolvimento cognitivo e promover a Aprendizagem Significativa. A interação e a troca de ideias permitem relacionar os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios, além de estimular a argumentação, a reflexão e a construção coletiva do conhecimento.

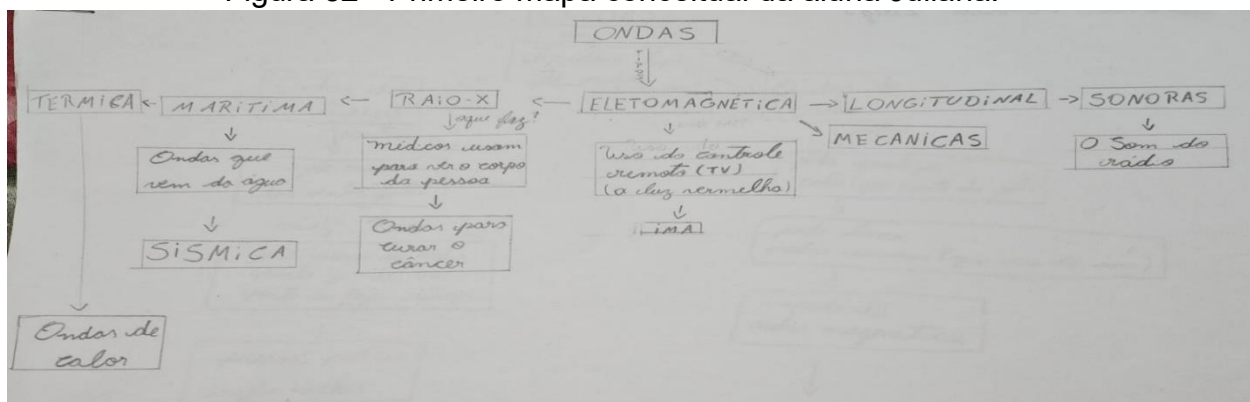
Figura 51 – Segundo mapa do aluno Marciel.



Fonte: acervo pessoal (2026).

A análise desse grupo termina com a aluna Juliana, que criou um primeiro mapa bem estruturado e uma certa precisão nas ideias de hierarquia e palavras de ligação. Ela cita termos como ondas da natureza e evidencia fenômenos climáticos como a ocorrência de fortes ventos associando a tragédias e de lazer ao citar como os surfistas se utilizam dessas ondas. Dentro do tema emergência climática ela apresenta as ondas de calor ligadas com o conectivo sol e delas derivam as conexões ondas sonoras e ondas magnéticas, termo este que surgiu em mapas de colegas do seu grupo.

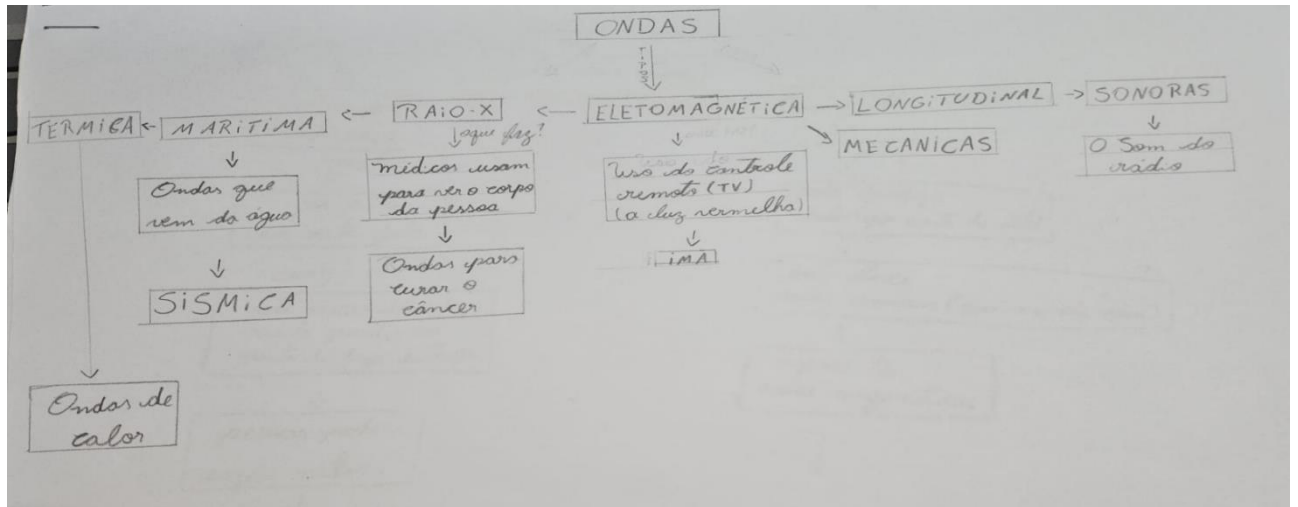
Figura 52 – Primeiro mapa conceitual da aluna Juliana.



Fonte: acervo pessoal (2026).

No segundo mapa ela aponta conceitos como ondas eletromagnéticas e mecânicas e cita exemplos para elas, além de relacionar esses exemplos a usos no cotidiano. Também coloca a palavra longitudinal, mas não indica sua relação com a direção de propagação. Um mapa mais estruturado ocorreria se ela relacionasse corretamente os termos “eletromagnéticas” e “mecânicas” como grupos de ondas e não estabelecesse uma relação hierárquica entre eles. Para ondas eletromagnéticas ela indica corretamente os exemplos de raios X e controle remoto representando o infravermelho, mas cria uma hierarquia saindo do conector raio para ondas marítimas e ainda surge o termo térmicas, mesmo não sendo trabalhado em sala, mas presente em seu primeiro mapa. Também associa corretamente que ondas sonoras são longitudinais, mas não cria relação com ondas mecânicas, e depois define corretamente que o som emite esse tipo de onda. Concluímos, então, que a aluna conseguiu identificar algumas aplicações das ondas, porém apresentou dificuldades em estabelecer relações entre os conceitos e em diferenciar ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas, bem como em associar corretamente seus exemplos. Além disso, não identificou adequadamente que os raios gama são utilizados no tratamento do câncer, enquanto os raios X são empregados principalmente na realização de exames por imagem. O segundo mapa conceitual produzido por ela é apresentado na Figura 53.

Figura 53 – Segundo mapa conceitual da aluna Juliana.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Para o grupo “C”, foram analisados os alunos Lorenzo e Luiza, que, assim como os demais colegas, realizaram as três atividades propostas. Embora tenha sido um grupo participativo, apresentou alguns problemas comportamentais ao longo da sequência didática, como conversas paralelas e dispersão durante as aulas e atividades, o que, em alguns momentos, interferiu na dinâmica da turma. Entretanto, após serem orientados, os alunos adequaram sua postura e passaram a participar de forma mais produtiva.

Na primeira atividade, o grupo identificou as ondas presentes nos seis cenários, mas classificou equivocadamente as ondas sonoras como eletromagnéticas no cenário que representa um quarto. Também surgiu o termo *pêndulo*, conteúdo ainda não abordado na sequência didática. Como as atividades foram realizadas em grupo, cada aluno contribuiu de maneira particular, e essa menção pode ter partido de estudantes que frequentavam cursos preparatórios. Entretanto, o termo não apareceu nos mapas conceituais dos alunos analisados, que foram elaborados individualmente. Destaca-se ainda que a equipe citou a palavra *movimento* no cenário da praia, demonstrando atenção a outros elementos presentes na imagem.

Figura 54 – Primeira atividade do grupo “C”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Na segunda atividade, os alunos montaram sua própria representação do espectro eletromagnético. Porém, é perceptível que não se preocuparam em seguir a ordem do espectro. Colocaram a representação do aparelho televisor após imagens que representam a luz, mas em relação ao comprimento de onda eles tiveram cuidado ao ilustrar na tarefa.

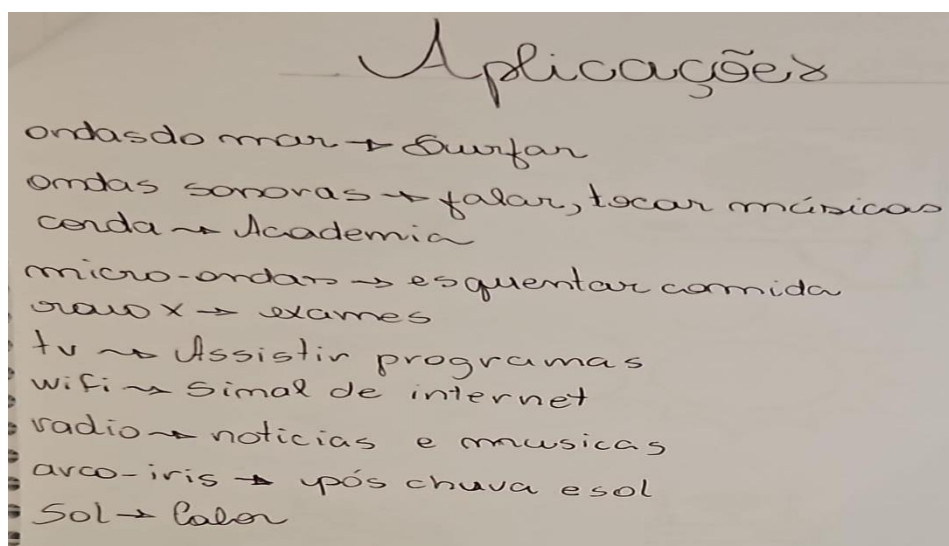
Figura 55 – Segunda atividade do grupo “C”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

A terceira atividade foi elaborada corretamente por essa equipe, onde eles separaram corretamente os elementos das ondas sonoras e das ondas eletromagnéticas. Na parte em que eles deveriam colocar as aplicações das ondas contidas na atividade, eles citaram situações que correspondiam, ao que nos parece, às suas próprias vivências.

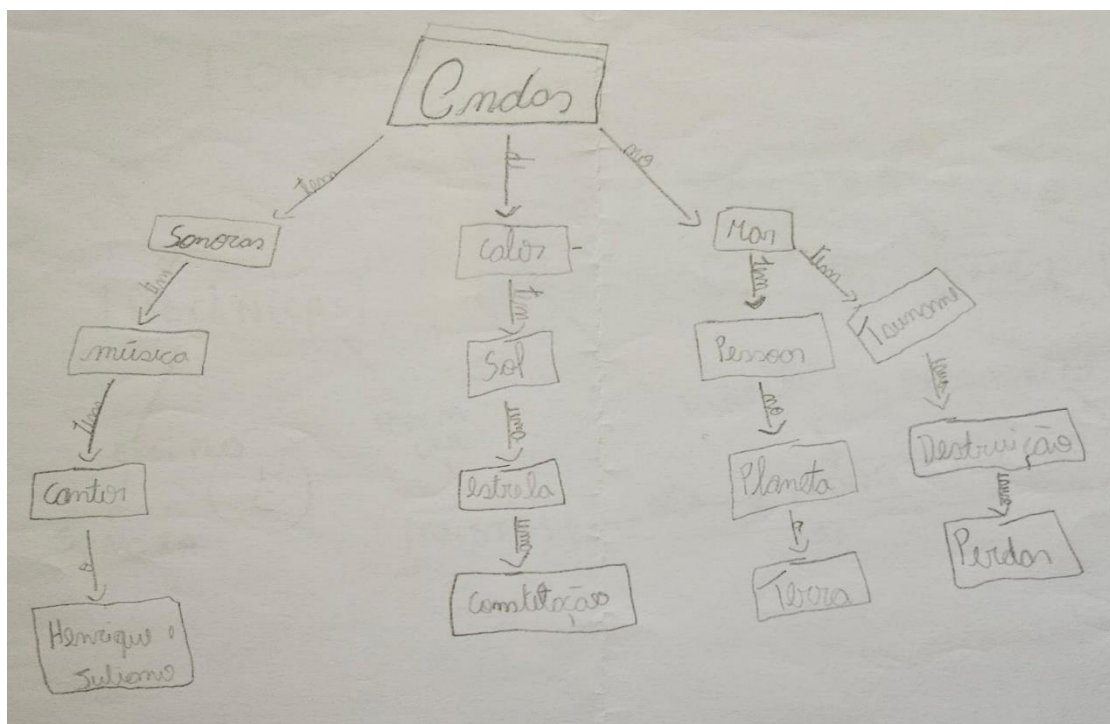
Foto 54 – Terceira atividade do grupo “C”



Fonte: acervo pessoal (2026).

Dentre os alunos do grupo “C”, temos o aluno Lorenzo, que em um primeiro momento coloca em seu mapa conceitual palavras que fogem do tema abordado e estão relacionados ao seu próprio conhecimento, como relacionar ondas sonoras a música e então relacionar à dupla de cantores Henrique e Juliano. Assim como vários outros alunos ele também cita o termo ondas de calor e a ela seguem associações como sol, estrela e constelações. Seu primeiro mapa conceitual foi elaborado de forma semelhante aos de seus colegas, tendo as ondas do mar e as ondas sonoras como conceitos centrais.

Figura 56 – Primeiro mapa do aluno Lorenzo.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Para o segundo mapa, o aluno traz bastante conceitos científicos. Ele cita exemplos de ondas mecânicas e eletromagnéticas, característica da onda e direções de propagação. Para um mapa conceitual mais completo, ele deveria ter colocado dentro da hierarquia ondas mecânicas e eletromagnéticas, seguida de seus exemplos sem misturar outros elementos. Não define que crista, vale e amplitude são características das ondas e não relaciona ondas mistas às ondas mecânicas e os conceitos “longitudinais” e “transversais” à direção de propagação. No geral, apesar de ser um mapa rico em termos, as relações poderiam ser mais bem trabalhadas e ele deveria ter feito o uso de palavras de ligação.

```

graph TD
    Ondas --> Ondas_Mecanicas[Ondas Mecânicas]
    Ondas --> Ondas_Eletronicas[Ondas Eletromagnéticas]
    Ondas --> Ondas_Gravitacionais[Ondas Gravitacionais]
    
    Ondas_Mecanicas --> Ondas_Longitudinais[Ondas Longitudinais]
    Ondas_Mecanicas --> Ondas_Transversais[Ondas Transversais]
    
    Ondas_Longitudinais --> Ondas_Sonicas[Ondas Sonoras]
    Ondas_Longitudinais --> Ondas_Misturas[Ondas Mistas]
    
    Ondas_Transversais --> Ondas_Raios_X[Ondas de raios-X]
    Ondas_Transversais --> Ondas_Radio[Ondas de rádio]
    
    Ondas_Gravitacionais --> Ondas_Vale[Ondas Vale]
    Ondas_Vale --> Amplitude[amplitude]
  
```

A aluna Luiza compõe o grupo “C” juntamente com o aluno analisado anteriormente. Ela, em seu primeiro mapa, citou os conceitos “mar” e “ondas sonoras” presentes em boa parte dos mapas executados pela turma. Ela também citou palavras associadas à emergência climática e palavras relacionadas a situações que ocorrem na praia.

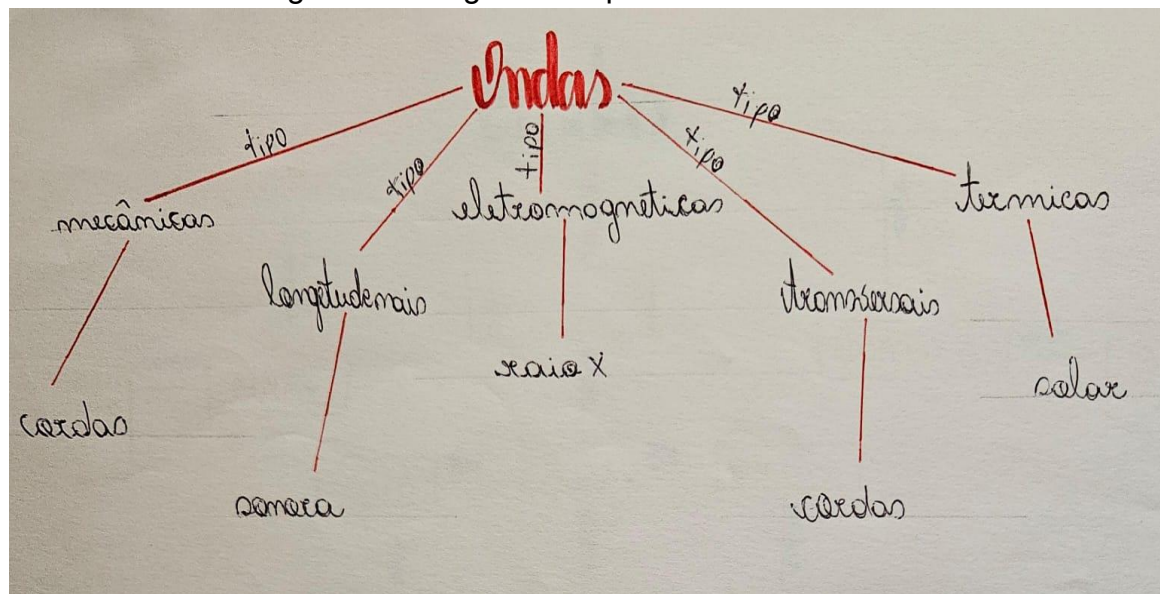
Umdas

```
graph TD
    Umdas ---|tipo-| Calor
    Calor ---|composiçao| EquipamentoAlcalal
    Umdas ---|composiçao| Transmisor
    Transmisor ---|onde| Agua
    Agua ---|temperatura| Max
    Max ---|temperatura| Agua
    Agua ---|indicaçao| Conchas
    Conchas ---|indicaçao| Batidos
    Batidos ---|indicaçao| Musica
    Musica ---|indicaçao| Conchas
    Conchas ---|tipo-| Animais
    Animais ---|tipo-| Rixen
    Agua ---|tipo-| Salgada
    Salgada ---|tipo-| Agua
```

Fonte: acervo pessoal (2026).

No segundo mapa ela identificou ondas mecânicas e eletromagnéticas na hierarquia correta e com a palavra de ligação “tipos” e citou corretamente exemplos de ondas mecânicas e eletromagnéticas; e para os termos longitudinais e transversais citou exemplos de ondas precisos.

Figura 59 – Segundo mapa da aluna Luiza.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Para um mapa mais coeso ela precisaria: relacionar corretamente direção de propagação para ondas longitudinais e transversais, colocar uma relação que usa os exemplos que ela define para ondas transversais e longitudinais com ligação para ondas mecânicas. Como não trabalhamos emergência climática dentro da sequência ela poderia ter excluído o termo de ondas térmicas e ter colocado a palavra “solar” para ondas eletromagnéticas. Concluímos que a aluna apresentou alguma dificuldade em entender que direção de propagação não é uma onda e sim sua propagação e isso acontece com todos os tipos de ondas e por fim, ela poderia ter definido que ondas mecânicas e eletromagnéticas se propagam em um meio, ou no vácuo.

Por fim, para o grupo “D” temos os alunos Paulo e Marcelo que comparados com os outros grupos, foram o que menos participaram ativamente das atividades. Muitos alunos que formaram essa equipe estavam faltosos, e como as aulas ocorriam em um único dia acabavam perdendo bastante conteúdo. No entanto alguns membros trabalharam para que pudessem entregar as atividades, incluindo os alunos analisados.

Na primeira atividade, eles reconheceram as principais ondas presentes nos cenários, mas algumas eles não listaram. Porém, o objetivo inicial era que os alunos pudessem identificar ondas que até o momento eles não entendiam com essa natureza, mas conheciam por estarem presentes no dia a dia. Concluíram a tarefa e citaram algumas ondas eletromagnéticas.

Figura 60 – Primeira atividade do grupo “D”.

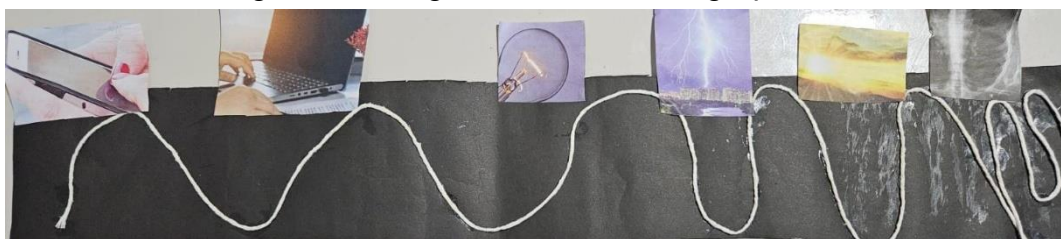


Fonte: acervo pessoal (2026).

A segunda atividade foi a construção do espectro eletromagnético, na qual eles deveriam buscar em revistas imagens que representassem as ondas para colocarem

na cartolina. Embora as imagens coladas estivessem relacionadas ao espectro eletromagnético, observa-se que os alunos conseguiram associá-las aos conteúdos trabalhados anteriormente, nos quais foram discutidas a organização do espectro, a relação entre frequência e comprimento de onda e suas aplicações no cotidiano. Entretanto, apresentaram dificuldade em estabelecer corretamente a relação entre essas grandezas, não conseguindo organizar as imagens de acordo com o comprimento de onda.

Figura 61 – Segunda atividade do grupo “D”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

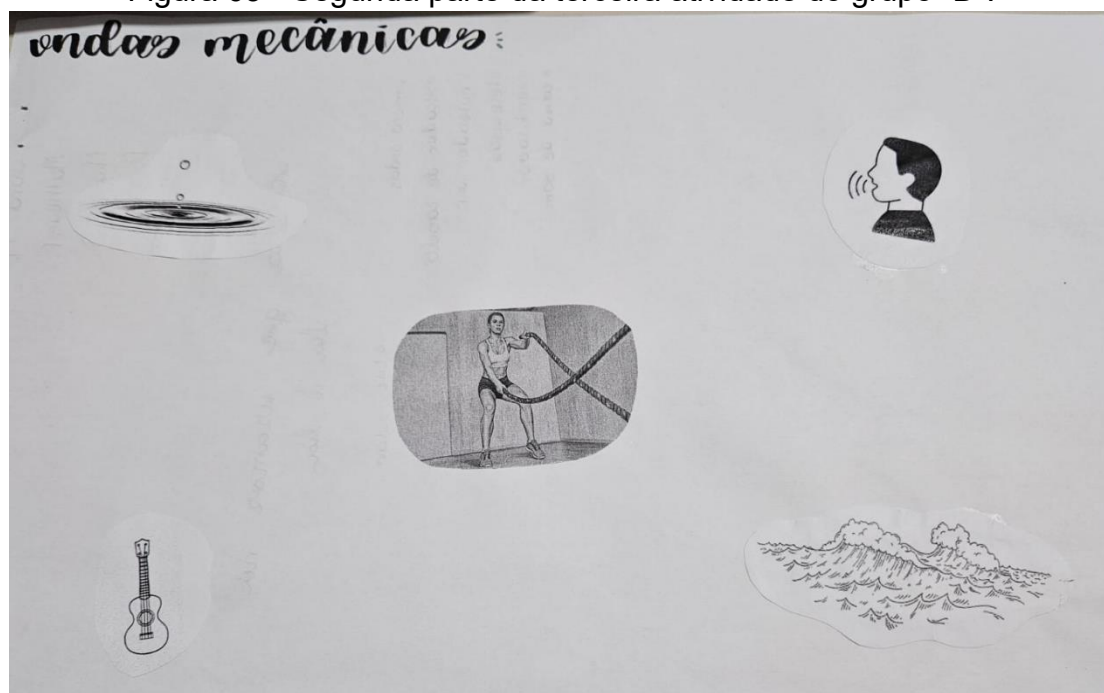
A terceira atividade e também a última, foi realizada na sétima aula e, assim como os demais grupos, os estudantes separaram as imagens relacionadas às ondas mecânicas e eletromagnéticas. Embora tenham realizado corretamente essa classificação, esse grupo foi um dos poucos que não seguiu completamente a proposta da atividade. Na etapa em que deveriam identificar as ondas presentes nas imagens e relacioná-las às suas aplicações no cotidiano, os alunos apenas listaram alguns elementos, sem estabelecer as relações esperadas. Foram citados exemplos como micro-ondas, roteador de Wi-Fi e aparelho de televisão, porém sem indicar suas aplicações, como o uso das micro-ondas no aquecimento de alimentos, do Wi-Fi na transmissão de informações e da televisão como meio de comunicação e lazer. Também foi mencionado o secador de cabelo, embora esse aparelho não estivesse presente em nenhuma das imagens propostas. Além disso, apesar da presença da imagem de um violão, não foi estabelecida a relação com as ondas sonoras produzidas pelo instrumento. Esperava-se que os alunos associassem as imagens às aplicações das ondas no cotidiano, como a luz solar relacionada ao aquecimento e à secagem de objetos e as ondas eletromagnéticas utilizadas em sistemas de comunicação, mas essas conexões não foram identificadas na atividade.

Figura 62 – Primeira parte da terceira atividade do grupo “D”.



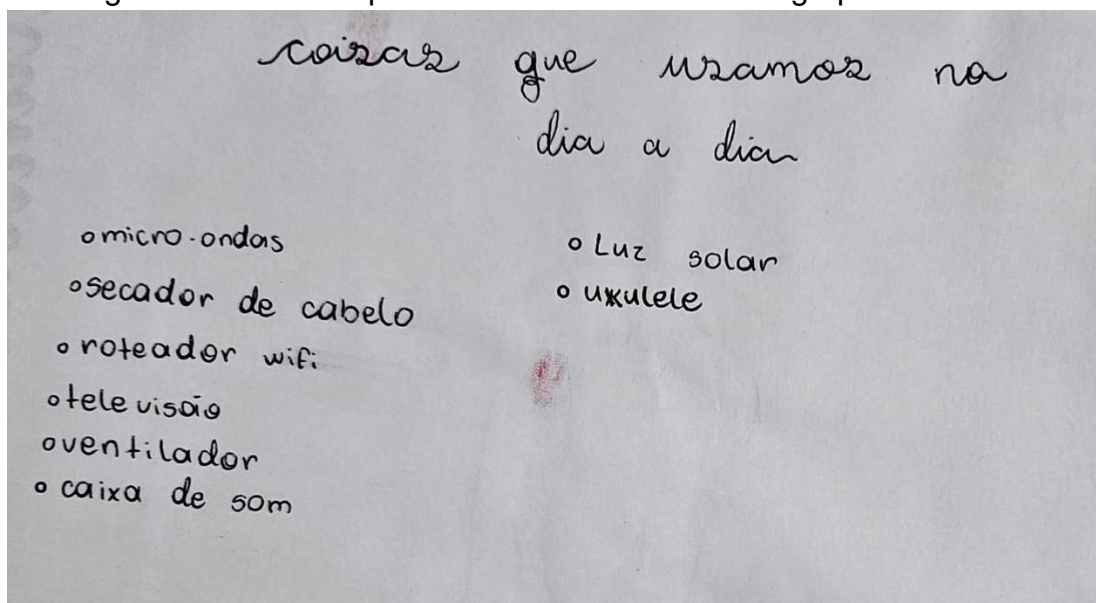
Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 63 – Segunda parte da terceira atividade do grupo “D”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

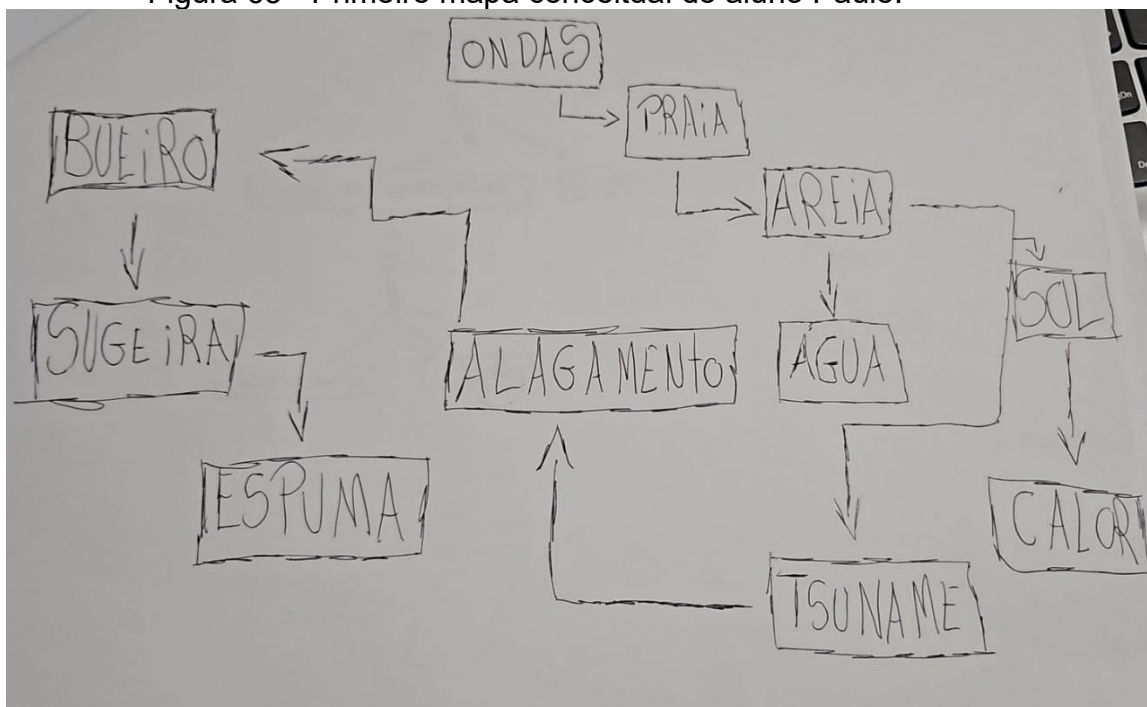
Figura 64 – Terceira parte da terceira atividade do grupo “D”.



Fonte: acervo pessoal (2026).

A primeira análise individual do grupo “D” será do aluno Paulo. Em seu primeiro mapa ele citou palavras que se associam aos fenômenos climáticos como alagamento e tsunami, também associou os termos a acontecimentos que giram em torno de um contexto de praia. Como conceitos citamos as palavras sol e tsunami.

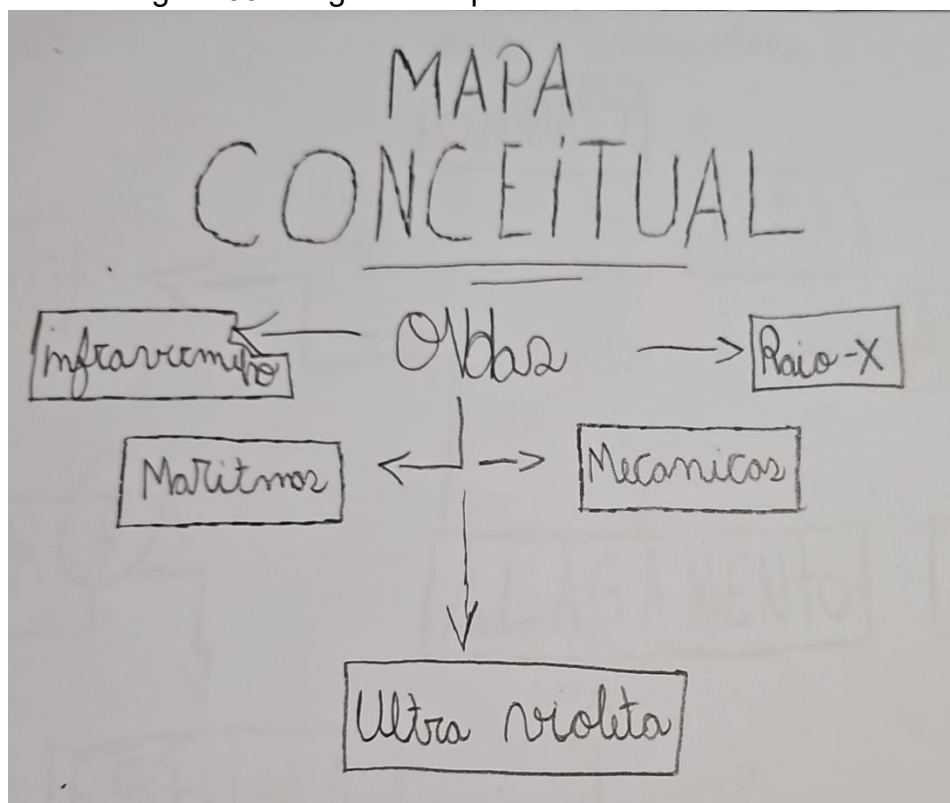
Figura 65 – Primeiro mapa conceitual do aluno Paulo.



Fonte: acervo pessoal (2026).

No segundo mapa o aluno substituiu termos e passou a listar somente itens condizentes com o conteúdo escolar, como a expressão mecânica e exemplos coerentes de ondas mecânicas e eletromagnéticas. Porém ele não define as ondas eletromagnéticas e não relaciona os exemplos infravermelho, ultravioleta e raios X a essas ondas e ondas marítimas as ondas mecânicas. Por fim, temos um mapa com poucas palavras sobre ondulatória e nenhuma palavra de ligação, mas comparado ao primeiro nota-se uma evolução do conhecimento do aluno.

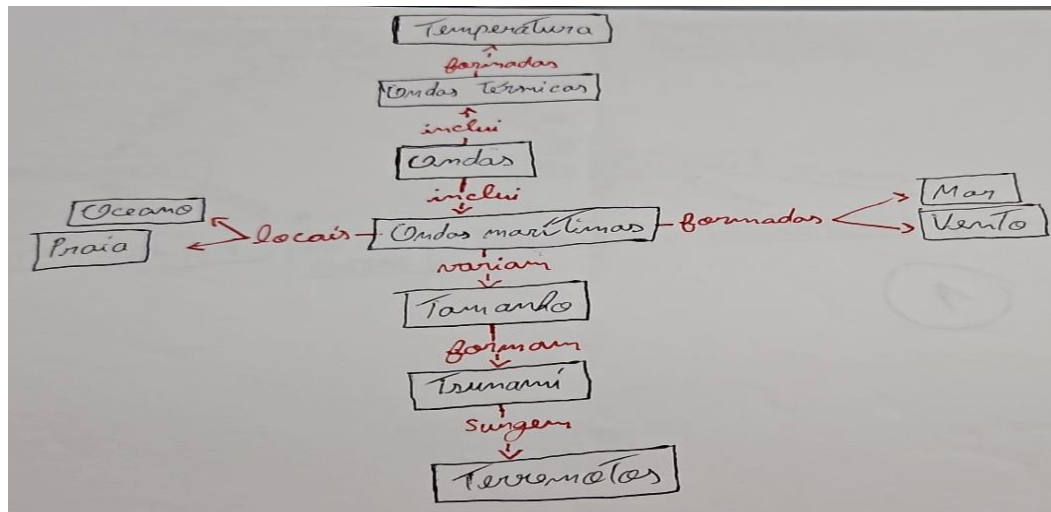
Figura 66 – Segundo mapa do aluno Paulo.



Fonte: acervo pessoal (2026).

O aluno Marcelo, em seu primeiro mapa conceitual citou alguns conceitos como mar, tamanho e terremotos, mas também relacionou a palavra ondas com eventos relacionados a praia e emergência climática. Colocou palavras de ligações e apresenta uma hierarquia em seu primeiro mapa.

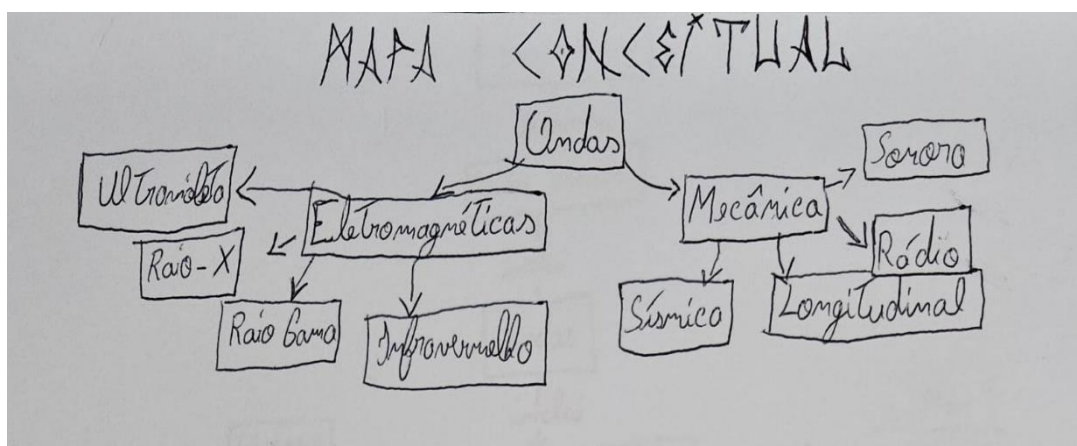
Figura 67 – Primeiro mapa conceitual do aluno Marcelo.



Fonte: acervo pessoal (2026).

No segundo mapa ele define de forma coesa a hierarquia entre ondas mecânicas e eletromagnéticas, estabelecendo exemplos. Para as ondas eletromagnéticas ele associa corretamente os termos raios X, raios gama, infravermelho e ultravioleta a esse grupo e para as ondas mecânica os termos sonoras e sísmica são coesos ao grupo. Ondas mecânicas podem ser longitudinais e ele faz uma boa relação sobre isso, mas ele não cria a ligação com propagação de onda. Sobre o termo “rádio”, podemos inferir que ele associou ao aparelho de som e então para uma construção mais coerente ele podia ter citado ondas sonoras e ligado o rádio às suas aplicações. O mapa mostra sua evolução desde o primeiro mapa, porém no primeiro ele cria palavras de ligação e nesse isso já não ocorre.

Figura 68 – Segundo mapa conceitual do aluno Marcelo.



Fonte: acervo pessoal (2026).

Concluindo a análise, é notável que alunos de um mesmo grupo tenham apresentado resultados diferentes, pois Ausubel relata que para a SD funcionar precisamos do interesse do próprio aluno. (Ausubel, 1980, p.42-43). Além disso, os conhecimentos prévios dos alunos eram distintos, resultado de diferentes contextos e experiências. Por exemplo, os alunos que frequentavam cursos preparatórios apresentaram, no primeiro mapa conceitual, conhecimentos científicos mais estruturados e relacionados ao tema, indicando que já haviam estudado o conteúdo anteriormente. Por esse motivo, esse grupo foi excluído da análise, buscando avaliar apenas o desenvolvimento proporcionado pela SD. Já os alunos que não haviam estudado o tema apresentaram, inicialmente, maior associação com ondas mecânicas, como ondas sonoras e ondas do mar, refletindo experiências do cotidiano e de lazer. Observou-se que a participação de estudantes com diferentes conhecimentos contribuiu para as discussões e para a realização das atividades, porém a estrutura cognitiva apresentada nos mapas conceituais é individual. Dessa forma, as melhorias observadas nos segundos mapas dos alunos analisados estão relacionadas principalmente às atividades desenvolvidas na SD, embora a interação com os colegas também tenha contribuído para o processo de aprendizagem. Isso evidencia que, dentro de um mesmo grupo, existem estudantes com diferentes perfis e níveis de conhecimento, reforçando a importância do trabalho colaborativo.

Outro fato interessante que surgiu no primeiro mapa foram palavras referentes a tópicos de emergência climática. No ano de 2024 surgiram inúmeras matérias em meios de comunicação que noticiavam o surgimento de ondas de calor, aumento alarmante de temperatura e desastres que envolviam essas ocorrências. Em novembro de 2025 (data próxima a construção do primeiro mapa conceitual), ocorreu no Brasil a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP30) o que pode ter influenciado nos termos relacionados a esse tema que apareceram nesse primeiro momento.

O conhecimento anterior que os alunos apresentavam estava ligado a momentos de lazer, pois a palavra onda remete a onda do mar que se relaciona com momentos prazerosos e divertidos. Além do termo ondas sonoras, que está conectado com música algo totalmente presente na rotina do aluno.

Para o segundo mapa, desenvolvido após a sequência didática (SD), observou-se que a maioria dos alunos não apresentou termos relacionados à emergência climática. Em contrapartida, emergiram conceitos e exemplos associados às ondas mecânicas e eletromagnéticas. Destaca-se que os termos vinculados às ondas eletromagnéticas foram particularmente relevantes, pois evidenciam um avanço na compreensão dos estudantes, que passaram a reconhecer que diversos fenômenos presentes em seu cotidiano, especialmente aqueles associados ao uso de tecnologias, também podem ser compreendidos como manifestações ondulatórias, e não apenas as ondas do mar ou as ondas sonoras. Colocaram também palavras para características de ondas como, vale, crista e direção de propagação como longitudinal e transversal.

É notável o aumento de conceitos do mapa conceitual inicial para o final, dando indícios de uma evolução na estrutura cognitiva dos estudantes, influenciada pelas atividades desenvolvidas. Essas atividades abordaram situações do cotidiano em que as ondas estão presentes, bem como o espectro eletromagnético e a distinção entre ondas mecânicas e eletromagnéticas. Tais aspectos foram refletidos no segundo mapa conceitual, ainda que os alunos tenham apresentado certa dificuldade na organização das ideias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi elaborar uma sequência didática para o ensino de ondas mecânicas e eletromagnéticas no ensino médio. A proposta foi elaborada a partir da identificação da dificuldade dos estudantes em relacionar tecnologias presentes no cotidiano à propagação de ondas, especialmente no que se refere ao reconhecimento de fenômenos associados às ondas eletromagnéticas.

Apesar de terem citado no mapa conceitual inicial alguns tipos de ondas mecânicas, percebemos que as citações se restringiam às ondas do mar e ondas sonoras, demonstrando que inicialmente o conhecimento era limitado às experiências cotidianas. Ao final da sequência, com as análises concluídas, observamos uma evolução referente aos conceitos surgidos no mapa inicial comparados com o final. Os alunos passaram a apresentar um conhecimento científico mais elaborado e com termos mais coesos ao tema estudado, o que nos dá indícios de um avanço no aprendizado de ondulatória.

A sequência foi montada e implementada em oito aulas que ocorreram em quatro semanas, pois os alunos tinham duas aulas seguidas de Física nas terças-feiras. A SD foi dividida na construção de mapas conceitual inicial e final realizados na primeira e última aula e contemplando aulas expositivas e três atividades relacionadas aos objetivos. Durante as atividades, os alunos foram divididos em grupos para cooperarem entre si e se ajudarem diante das dificuldades para concluir os objetivos. Os grupos tinham perfis diversificados, nos quais havia influência de questões comportamentais e de interesse na participação das tarefas. Até mesmo dentro dos grupos os alunos se envolviam de forma diversa, onde alguns participavam mais efetivamente e outros faziam somente as tarefas designadas pelos seus colegas. O fato de a turma ao final do ano letivo ter chegado a 38 alunos foi um fator significativo na questão comportamental, afinal eram muitos adolescentes dentro de um mesmo ambiente.

O primeiro objetivo específico deste trabalho era identificar, dentro do conteúdo de ondulatória, os conhecimentos científicos sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas. A SD estruturada contou com atividades que trabalhavam bastante esse tópico. Tratamos da contextualização dos conceitos no cotidiano do próprio estudante, das diferenças entre eles e nas aulas expositivas foram trabalhados os

fenômenos que as envolviam e como cada tipo de onda se comportava. No mapa final notamos que as palavras que surgiram decorriam das atividades e assim montamos o quadro 5, que separou e organizou essas palavras e sua relação com as tarefas, demonstrando que elas foram cruciais para o aumento de conceitos utilizados.

O segundo objetivo do trabalho era estabelecer a relação dos fenômenos de reflexão e refração às ondas estudadas. A reflexão para a luz inicialmente era de fácil compreensão e entendimento para os alunos, pois é um fenômeno que faz parte da sua rotina, onde eles lidam o tempo todo com espelhos e demais refletos. Porém, quando falamos que esse mesmo fenômeno também diz respeito ao som, eles apresentaram dúvidas e dificuldade de entendimento. Somente quando foi falado que para o som esse fenômeno era denominado “eco”, que eles passaram a apresentar um maior entendimento. Foi trabalhado então como se define a reflexão e como esse fenômeno se estende a ondas mecânicas e eletromagnéticas. Para a refração, apesar de eles terem bastante contato com o fenômeno no dia a dia, era mais difícil a associação, mas depois de citados alguns exemplos com imagens nos slides, a compreensão melhorou. Outro fato interessante foi a dificuldade para entender que o som se propaga mais rápido nos líquidos e sólidos do que no ar, mas essa discussão não se estendeu além desta aula. Como essa questão dos fenômenos foi trabalhada somente na aula expositiva e não houve uma atividade referente a ela, os mapas não apresentaram termos que conectassem as ondas estudadas a esses fenômenos. Para demonstrar que a luz apresenta comportamento ondulatório montamos um experimento que trabalhava o fenômeno de difração para que assim, os alunos pudessem observar os padrões de interferência. Infelizmente, com a claridade da sala e a falta de outro espaço para a realização do experimento a visualização não foi perfeita. Porém, vale ressaltar, que para contornar essa situação utilizamos uma imagem presente nos slides que continha os padrões de interferência com uma visualização melhor.

O terceiro objetivo era demonstrar que ocorreu um avanço tecnológico graças aos estudos de ondas eletromagnéticas, pois diferentes aparatos presentes na sociedade propagam e recebem essas ondas. Trabalhamos questões de comunicação e seus avanços diante da última década e na própria geração dos alunos. Falamos como era a internet no início dos anos 2000 e como ela evoluiu de internet via rádio para internet com fibra óptica. Para isso, usamos a experiência

peçoal, pois vivemos o início desse avanço e demonstramos aos alunos como, em pouco mais de 10 anos de evolução, podemos ter acesso a uma internet mais rápida e com uma estabilidade bem melhor. Comentamos também de uma ferramenta crucial na vida do jovem atual que é o *Wi-fi* e isso ajudou a atrair o interesse dos alunos, porque lidamos com uma geração mais dependente dessa tecnologia para se comunicar, criar vínculos e se expressar. A discussão também se estendeu a outros tipos de ondas eletromagnéticas como uso das micro-ondas presentes nas cozinhas para esquentar alimentos e radiação para alguns tratamentos medicinais. Essa discussão foi refletida no mapa conceitual, pois ao entenderem como se dá seu funcionamento, eles conseguiram desenvolver os conhecimentos dessas ondas e suas propriedades. No último mapa, boa parte dos alunos citou exemplos de ondas eletromagnéticas, que estavam escassos no primeiro mapa.

O último objetivo do trabalho era uma extensão do anterior, onde saímos da explicação científica de como os aparatos tecnológicos funcionam com as ondas eletromagnéticas para contextualizações no cotidiano do aluno. Os nomes das ondas eletromagnéticas eram totalmente acessíveis à realidade deles, pois as conhecem e as utilizam. O que não era de conhecimento para eles, era que toda essa tecnologia presente em suas vidas era caracterizada como ondas e que elas se estendem a conceitos muito mais amplos que ondas do mar e sonoras.

Eles fizeram atividade para esse objetivo, onde além de separarem os grupos das ondas mecânicas e eletromagnéticas, colocaram aplicações para essas ondas. Essa atividade referente a esse objetivo refletiu de uma forma muito positiva no mapa, onde também no quadro 5, conseguimos perceber a influência dela para os estudantes. De fato, levar o conhecimento científico à realidade dos alunos e mostrar como está presente no cotidiano ajudou significativamente na aprendizagem.

As dificuldades enfrentadas eram situações que todo professor pode estar suscetível, que são questões de comportamento, faltas de recursos e de um laboratório ou espaço para execução de experimentos e atividades. A SD foi desenvolvida numa escola pública com muitos alunos e muitas turmas, com recursos pouco acessíveis ou inexistentes. O fato de terem sido desenvolvidas atividades simples e com materiais de baixo custo teve a intenção de lidar com essa realidade presente em diferentes escolas do Brasil.

O próprio espectro eletromagnético não ficou com mais imagens na colagem desenvolvida pelos estudantes porque tivemos que levar as nossas próprias revistas para a escola e os alunos tiveram que dividi-las entre si. Mesmo levando recursos para a escola como cola, barbante e lápis de colorir, não foi suficiente para atender a demanda e tivemos que pegar emprestado com alunos de outras turmas. Tínhamos proposto atividades que os alunos também pudessem se divertir como pintar as gravuras e colar para ampliar o interesse e aumentar a interação entre eles, mas alguns não conseguiram fazer, pois não havia lápis e canetas coloridas disponíveis.

Para atender ao grande número de alunos e turmas, a escola precisou ocupar alguns espaços que poderiam ser destinados a laboratórios e desenvolvimento de atividades extras. A parte externa da escola era relativamente pequena e não atenderia às nossas necessidades, então ficamos restritos à sala de aula. O experimento do laser foi um fator de dificuldade porque tivemos que lidar com a alta claridade em sala, pois naquele momento as cortinas não estavam disponíveis. Portanto, observamos o fenômeno do jeito que era possível.

O próprio perfil da turma sofreu uma mudança alarmante, porque no começo do ano tínhamos cerca de 30 alunos matriculados, e frequentes cerca de 25. Com a chegada dos outros alunos que foram remanejados, a turma ficou mais agitada, menos receptiva e mais apática à prática de atividades e à participação em sala. Durante a SD, alguns grupos foram atrapalhados constantemente por conversas paralelas e alunos que não demonstravam interesse. Mas também temos que evidenciar que muitos alunos se envolveram nas atividades e tiveram bons resultados e isso foi perceptível em todas as tarefas. Grupos que tiveram bons resultados desde a primeira tarefa, mantiveram o padrão e entregaram mapas conceituais com mais termos e uma organização mais precisa.

A sequência não foi muito longa, por isso, tivemos que priorizar atividades que se adequassem aos nossos objetivos. Dentro da realidade escolar atual, sabemos que uma sequência com um número maior de aulas é inviável por questões relacionadas à redução do número de aulas semanais da disciplina, aos eventos que surgem no ambiente escolar e à saída dos alunos de sala para participarem dessas atividades, que incluem palestras e visitas a universidades da cidade, dentre outras situações. A sequência foi pensada para atender professores que também participam dessa realidade e precisam otimizar o tempo disponível.

Podemos refletir sobre a possibilidade de elaborar aulas para trabalhar as dificuldades encontradas diante dos resultados obtidos no segundo mapa e após a execução das análises, porque o mapa realmente tem essa finalidade de avaliar e encontrar pontos de possível melhora. Nas nossas análises percebemos que no segundo mapa houve um aumento no número de conceitos, mas percebemos um impasse na hora de organizar esses termos. Esse fato evidencia que os alunos têm dúvidas com relação a conceitos como propagação de ondas, à classificação de ondas mecânicas e eletromagnéticas e a relacionar corretamente suas características. Para uma próxima atividade o professor poderia planejar atividades que envolvam essas adversidades encontradas e solicitar a construção de um terceiro mapa para uma reavaliação.

Esse tópico de ondulatória e a SD podem servir como introdução ao conteúdo de óptica. Os alunos, de acordo com o ensino de ondas, aprenderam sobre fenômenos ondulatórios para todos os tipos de ondas, inclusive eletromagnéticas como a luz. Logo, eles já têm nesse primeiro momento um conhecimento prévio. Para Óptica podemos direcionar todo conhecimento anterior para o caso específico da luz, acreditando que seja mais interessante primeiro trabalharmos com os casos gerais e posteriormente particularizar. Apesar de dentro do ensino de óptica também lidarmos com as formulações geométricas, a parte conceitual não seria novidade para os alunos.

O desenvolvimento da sequência ampliou particularmente a minha habilidade de resolução rápida de situações que ocorrem em sala de aula e mostrou que o conhecimento pode contribuir para uma mudança na vida dos alunos e a forma como eles interagem com o mundo. O grupo que mais chamou a atenção durante o desenvolvimento das atividades, era formado por alunos que durante o ano apresentaram dificuldades de aprendizado e um comportamento irregular. Em diversos momentos eles solicitavam ajuda, tiravam dúvidas e mostravam um interesse vigoroso para apresentarem um bom resultado. Demonstravam bastante satisfação ao serem incentivados e elogiados pelo resultado do próprio trabalho, e isso alavancou a motivação que eles tinham, contribuindo ainda para uma possível mudança de perspectiva sobre si mesmos. Quando os processos de ensino colocam o aluno como protagonista e valorizam suas habilidades e conhecimentos, ele pode

passar a perceber que o conhecimento de áreas como a Física, que é geralmente vista como inacessível, é para todos.

Os métodos tradicionais de ensino não colaboram para que o professor perceba totalmente a capacidade de seus alunos, pois são limitados às provas para avaliação e aulas que passam o conteúdo de uma forma mecânica. A construção de uma sequência didática que usa a aprendizagem significativa para elaborar atividades que levam o conhecimento para os jovens de forma significativa e avalia esse conhecimento com mapas conceituais, permite que o professor identifique as dificuldades e assim possa trabalhar para melhorar a forma como o aluno aprende e possa pensar em novas estratégias. Na nossa sequência, com a montagem dos mapas, percebemos a evolução dos alunos em pouco tempo e com uma avaliação mais qualitativa conseguimos perceber o que tinham aprendido e sobre o que ainda havia certa dificuldade.

Como pesquisas futuras propomos que essa sequência seja estendida ao ensino de óptica, porque nesse conteúdo, de acordo com nossa experiência profissional, os alunos também sentem dificuldade de relacionar a esse tópico os conceitos aprendidos em ondulatória. O professor regente pode trabalhar os fenômenos aproveitando os estudos da SD que generaliza os fenômenos para todos os tipos de ondas e criar atividades que dão um enfoque em como esses fenômenos se comportam para a luz, relacionar com outras ondas eletromagnéticas e comparar para os casos de ondas mecânicas.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. 1. ed. Lisboa: PARALELO EDITORA, LDA. 2003. ISBN 972-707-364-6.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, JOSEPH DONALD; HANESIAN, HELEN. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BBC NEWS BRASIL. Como “domo de calor” atinge o Brasil e promete recordes de temperatura nos próximos dias. BBC, 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cd18l31grm9o>. Acesso em: 22 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BRASIL. **Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025**. Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica. Brasília, DF: Presidência da República, [2025]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/lei/l15100.htm. Acesso em: 22 abr. 2026.

BRUNER, Jerome Seymour. **O processo da educação**. Lisboa: Edições 70.LDA, 1960.

GIANNINI, Alessandro. Nasa confirma que 2024 foi o ano mais quente já registrado. Veja, São Paulo, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/nasa-confirma-que-2024-foi-o-ano-mais-quente-ja-registrado/>. Acesso em: 22 abr. 2026.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 2.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1997).

Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2026

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Qurrriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora UnB, 2006

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Ondas**. In: **Curso de Física Básica**. Vol. 2. 5 Ed, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014.

RIBEIRO, R. J; SILVA, S. C. R.; KOSCIANSKI, A. **Organizadores prévios para aprendizagem significativa em física: o formato curta de animação**. Revista Ensaio, v. 14, n. 3, p. 171, 2012. Disponível em: archive.org. Acesso em: 22 abr. 2026.

SANTOS, Reginaldo. **Simulação da transmissão de ondas em uma corda**

SANTOS, W. L. P. dos. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. Revista Brasileira de Educação, vol. 12, n. 36, p. 474-550, 2007.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. **Experimento das duas fendas**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/experimento-das-duas-fendas.htm>. Acesso em: 22 abr. 2026.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. **Interferência de ondas**. Brasil Escola, [2026]. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/interferencia-ondas.htm>. Acesso em: 22 abr. 2026.

SOUZA, Beto. **Brasil teve ondas de calor em todos os meses de 2024; veja quando será a próxima.** CNN Brasil, São Paulo, 10 out. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-teve-ondas-de-calor-em-todos-os-meses-de-2024-veja-quando-sera-a-proxima/>. Acesso em: 22 abr. 2026.

OLIVEIRA, R. A. DE.; MARTINS, A. F. P.; SILVA, A. P. B. DA. Thomas Young e a teoria ondulatória da luz no início do século XIX: aspectos conceituais e epistemológicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 2, 2019.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. PhET Interactive Simulations. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 22 abr. 2026.

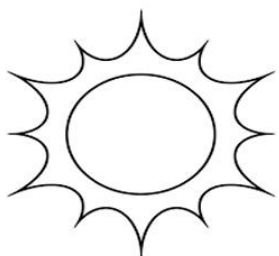
YouTube, 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OWmvevbYsYg>. Acesso em: 22 abr. 2026.

YOUNG, Hugh David; FREEDMAN, Roger A. **Sears and Zemansky física IV: ótica e física moderna**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2015. 1 recurso online. ISBN 9788543006710. Disponível em: archive.org. Acesso em: 22 abr. 2026.

ANEXO A- ATIVIDADE DOS CENÁRIOS



ANEXO B – ATIVIDADE PARA DIFERENCIAR ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS



ANEXO C – EXPERIMENTO DE DIFRAÇÃO PARA DEMONSTRAR A NATUREZA ONDULATÓRIA DA LUZ

A prática experimental nesse trabalho teve o objetivo demonstrar a natureza ondulatória da luz. Foi um experimento simples, com materiais de baixo custo com a finalidade de se adaptar a vários ambientes escolares, que muitas das vezes não contêm laboratórios e materiais para trabalhar experimentação.

O objetivo principal, era enriquecer a sequência com um experimento que tem a finalidade de esclarecer o comportamento ondulatório da luz, sem tratar do tópico da dualidade da luz. Não trabalhamos esse tópico, mas o experimento serve como base para estender a discussão para assuntos de uma física mais contemporânea.

O experimento foi apenas demonstrativo e foi utilizado para complementar a aula expositiva em que tratamos dos fenômenos ondulatórios. Como a discussão em um certo momento teve o enfoque na luz, a experimentação foi utilizada para trabalhar com os alunos também um pouco do objetivo por trás desse experimento e como ele demonstra através do entendimento de fenômenos ondulatórios como a luz foi classificada como uma onda e está presente no espectro eletromagnético.

Materiais utilizados:

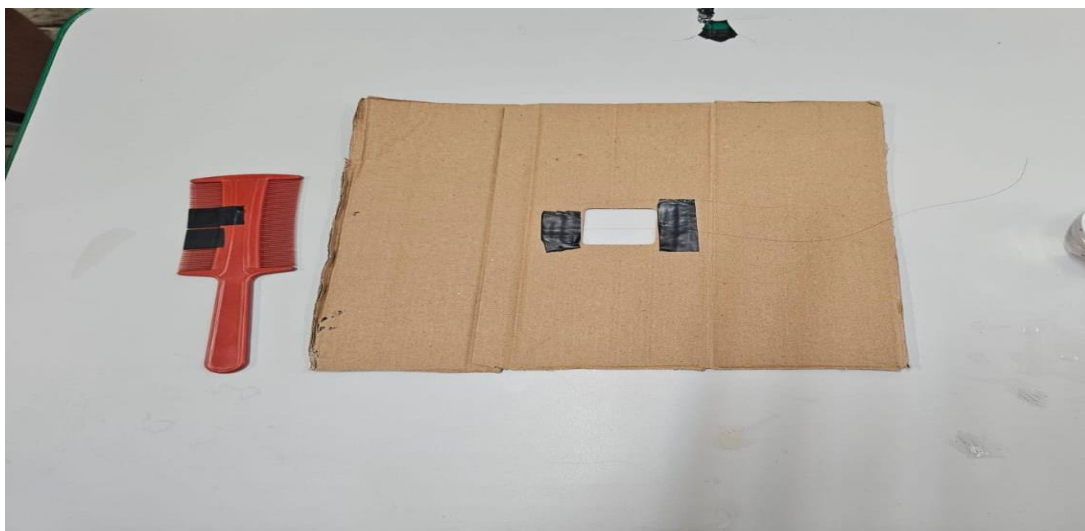
- Papelão (15x15 cm)
- Fita isolante
- Fio de cabelo
- Laser (de preferência verde)
- Pente fino

Desenvolvimento

No papelão foi feito um corte no meio para colar o fio de cabelo com a ajuda de uma fita isolante. Logo após mira-se o laser na direção do fio e como aparato para observar os padrões de interferência, utilizamos o quadro branco e testamos também com a parede da sala. Para complementar resolvemos testar também o mesmo experimento com um pente fio, onde entre duas cerdas foi colocado a fita isolante e

os alunos puderam comparar em qual situação os padrões de interferência foram mais perceptíveis. Como suporte para deixar o laser, e evitar que ele saísse da mira do fio de cabelo foi utilizado a própria caixinha do laser para prendê-lo e alguns livros para que alcançasse a altura do quadro.

Figura 67 – Imagem dos materiais do experimento



Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 68 – Imagem do suporte do laser



Fonte: acervo pessoal (2026).

Não trabalhamos esse experimento com finalidade investigativa, pois o objetivo era apenas demonstrar as franjas de interferências, para que os alunos em seguida a atividade do espectro eletromagnético. Mas deixamos aqui a sugestão em que o educador (a) tenha a oportunidade, possa trabalhar esse experimento em cunho investigativo.

ANEXO D – CONSTRUÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Uma das principais atividades produzida na SD pelos alunos foi o espectro eletromagnético, onde os próprios alunos em grupo construíram os seus. Foi uma atividade colaborativa e interativa com colagens e pinturas.

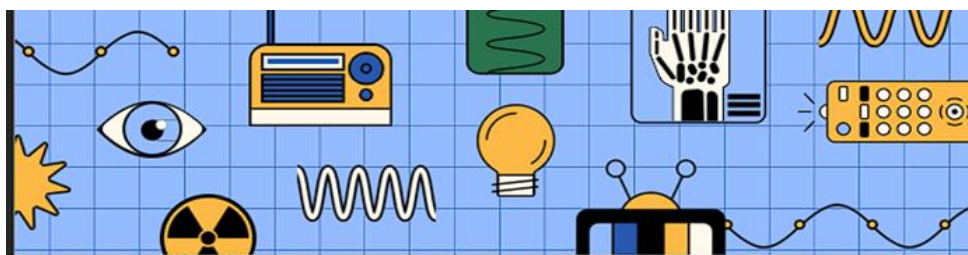
Em uma cartolina com fundo preto, os alunos que já haviam trabalhado com conceitos como frequência e comprimento de onda e o próprio espectro eletromagnético, puderam dispor na cartolina as figuras que representavam as ondas, que encontraram em revistas. Para simbolizar a frequência eles ganharam um pedaço de barbante e assim trabalhamos o conceito de como a frequência se dá para cada tipo de onda.

Em uma última sugestão, colocamos como opção que os alunos podiam desenhar as representações de algumas ondas, caso não as encontrassem nas revistas. E a cartolina foi cortada ao meio, para criar a simulação da faixa do espectro e também para que o material consiga atender a mais grupos.

Materiais utilizados:

- **Cartolina (de preferência preta)**
- **Revistas e jornais**
- **Barbante**
- **Lápis de cor e canetinhas (opcional)**

ANEXO E – SLIDES DA AULA 2



Ondas e propriedades

Taynara Mendonça

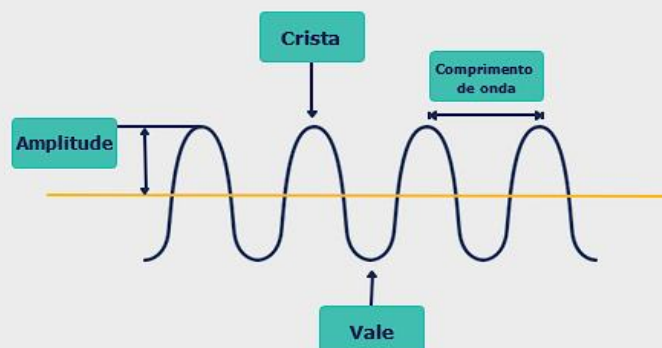
O que é uma onda?

- É uma série de vibrações ou oscilações viajando de um ponto a outro, podemos também definir como perturbações em um meio.
- Ela carrega energia sem transferir matéria.

Uma pequena gota caindo sobre uma superfície de água pode criar ondulações.



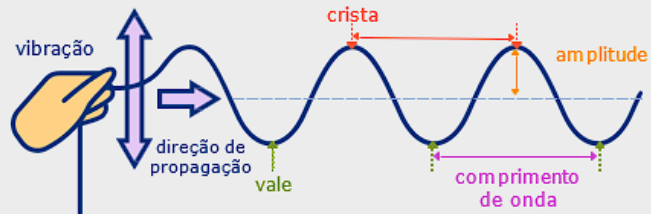
Partes da onda



TIPOS DE ONDAS:

Onda transversal

as vibrações das partículas são **perpendiculares** à direção de propagação



TIPOS DE ONDAS:

Onda longitudinal

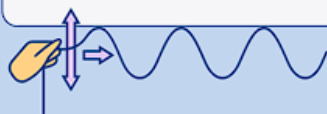
as vibrações das partículas são **paralelas** à direção de propagação



Exemplos de ondas

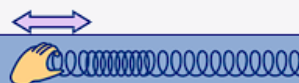
Transversal

- luz
- mola se movendo para cima e para baixo;
- ondas S



Longitudinal

- ondas sonoras;
- mola se movendo de um lado para o outro;
- ondas P

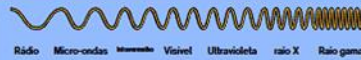


Ondas Eletromagnéticas

Ondas eletromagnéticas são ondas transversais. Caracterizam-se por campos elétricos e magnéticos oscilantes em ângulos retos em relação à direção de propagação da onda. Essas ondas viajam a uma velocidade de $3,0 \times 10^8$ m/s no vácuo.



O espectro eletromagnético pode ser dividido em sete grupos: ondas de rádio, micro-ondas, luz infravermelha, luz visível, luz ultravioleta, raios X e raios gama.

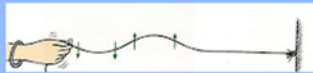


A divisão entre algumas categorias é distinta, mas algumas faixas se sobrepõem (por exemplo, infravermelho, visível e ultravioleta)

Ondas Mecânicas

Necessitam de meio material para se propagarem (sólido, líquido, ou gasoso). Podem ser transversais, como por exemplo quando se joga um objeto na superfície de um lago, ou longitudinais como o som.

8



Direção de propagação:

- Unidimensionais: ondas que se propagam em apenas uma direção
- Bidimensionais: são aquelas que se propagam por uma superfície,
- Tridimensionais: se propagam em todas as dimensões.



TIPOS DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Ondas de rádio



Micro-ondas

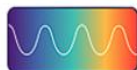


Infravermelho



Luz visível

TIPOS DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Luz visível



Ultravioleta

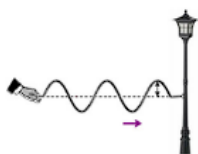
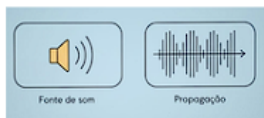


Radiação X

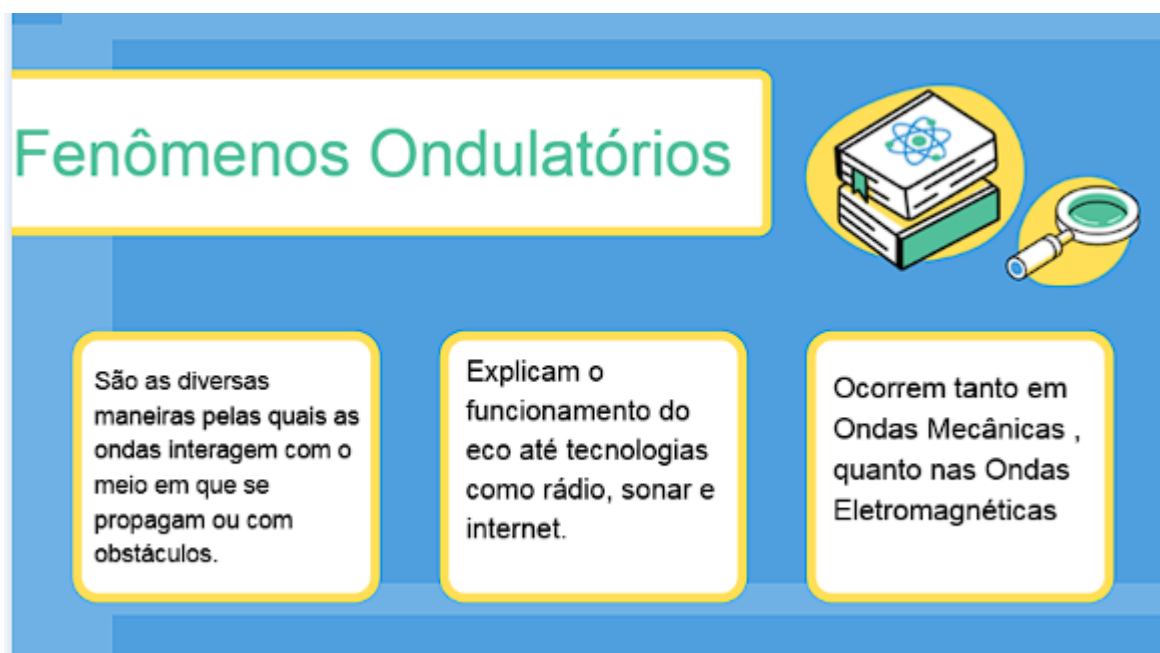


Raio gama

TIPOS DE ONDAS MECÂNICAS



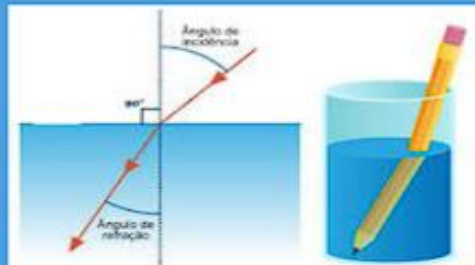
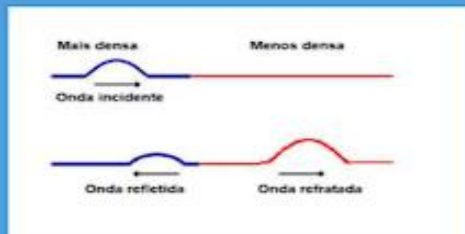
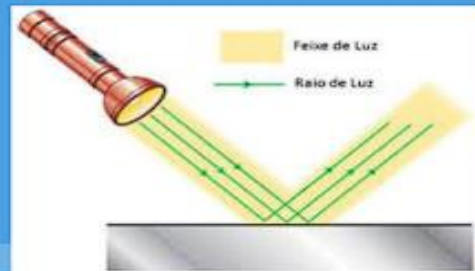
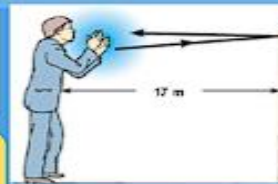
ANEXO F- SLIDE DA AULA 4 DE FENÔMENOS E APLICAÇÕES



Reflexão

É o fenômeno em que uma onda, ao atingir a superfície de separação entre dois meios, retorna ao meio de onde veio.

- **Princípio:** A frequência (f), a velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) não se alteram.
- **Exemplos:** O eco (reflexão do som) e a formação de imagens em espelhos (reflexão da luz).



refração

É a passagem de uma onda de um meio de propagação para outro, onde sua velocidade de propagação muda.

- **Princípio:** A frequência (f) se mantém constante, pois depende apenas da fonte emissora. A velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) são alterados.
- **Exemplos:** O desvio da luz ao passar do ar para a água, fazendo um objeto parecer "quebrado" ou em uma posição diferente.

Difração

É a capacidade de uma onda de contornar obstáculos ou se espalhar após passar por fendas ou aberturas.

- **Princípio:** A difração é mais evidente quando o comprimento de onda (λ) é da mesma ordem de grandeza da dimensão do obstáculo ou da fenda.
- **Exemplos:** Conseguimos ouvir o som de uma sala mesmo que a porta esteja apenas entreaberta.



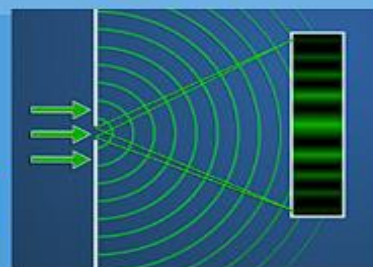
DIFRAÇÃO



Interferência

É o fenômeno da superposição de duas ou mais ondas no mesmo ponto do espaço e ao mesmo tempo. A amplitude da onda resultante é a soma algébrica das amplitudes das ondas que se superpõem.

- **Interferência Construtiva:** Ocorre quando crista encontra crista ou vale encontra vale. A amplitude resultante é máxima.
- **Interferência Destrutiva:** Ocorre quando crista encontra vale. A amplitude resultante é mínima (pode ser zero, anulando a onda).
- **Exemplos:** Fones de ouvido com cancelamento de ruído (interferência destrutiva) e os spots de som mais altos e mais baixos em um auditório.



Aplicações



Internet

Música

Medicina

Eletrodomésticos

Lazer

Sonar



Ondas de Rádio

A difração das ondas de rádio é um dos fenômenos mais cruciais para as telecomunicações, pois é o que permite que os sinais de rádio e TV (e até mesmo o Wi-Fi) contornem obstáculos como edifícios, montanhas e colinas, alcançando receptores que não estão em linha reta com a antena emissora.

Micro-Ondas

A reflexão ocorre quando uma micro-onda (que é uma onda eletromagnética de alta frequência e curto comprimento de onda) encontra uma superfície e retorna ao meio de origem, sem ter sua frequência alterada.

Superfícies Refletoras: As micro-ondas são mais eficientemente refletidas por materiais que possuem alta condutividade elétrica.

- **Metais:** A reflexão é quase total. É por isso que o interior do forno de micro-ondas é de metal (para manter a energia dentro) e é proibido usar objetos metálicos dentro dele.
- **Água e Terra Úmida:** Também são boas refletoras, o que influencia os sistemas de comunicação baseados no solo.



Infravermelho

O infravermelho (IV) é uma forma de radiação eletromagnética que possui um comprimento de onda maior do que o da luz visível e menor do que o das micro-ondas.

Sua característica mais importante é que a radiação infravermelha está intimamente ligada ao calor ou à energia térmica.



Raio x



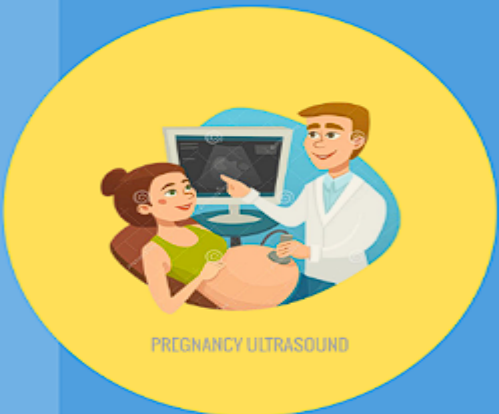
Os Raios X são uma forma de radiação eletromagnética de alta energia, localizados no espectro eletromagnético entre os raios ultravioleta e os raios gama.

Eles são mais conhecidos por sua aplicação na medicina diagnóstica, devido à sua capacidade de penetrar a maioria dos materiais e tecidos biológicos.



Raios gama

Os Raios Gama são a forma de radiação eletromagnética com a maior energia, maior frequência e o menor comprimento de onda em todo o espectro eletromagnético. Eles são, em sua maioria, produzidos por eventos nucleares e são extremamente ionizantes e penetrantes.



Ultrassom

O aparelho envia ondas sonoras de alta frequência que refletem em órgãos e tecidos, permitindo a criação de imagens de bebês e estruturas internas.

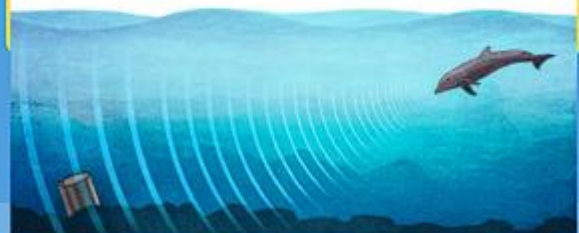
O ultrassom está numa frequência que os humanos não conseguem ouvir, pois a audição humana está limitada 20 Hertz (Hz) 20.000\$ Hertz (20 Hz).



Sonar

Usado em navios para medir a profundidade do oceano ou detectar objetos submersos. Envia pulsos sonoros e mede o tempo que o eco leva para retornar.

Na natureza alguns animais utilizam esse recurso para se locomoverem, como os morcegos e golfinhos.





Fofoca

O som (uma onda longitudinal mecânica) contorna obstáculos como quinas de paredes, permitindo que você ouça uma conversa mesmo que a pessoa esteja fora do seu campo de visão.



Instrumentos musicais

A ressonância faz com que as cordas ou colunas de ar de um instrumento vibrem com amplitude máxima em certas frequências, produzindo notas musicais.



Canto

Cantar é a arte de produzir sons musicais usando a voz, através do uso coordenado da respiração, das cordas vocais e dos ressonadores (como a boca e as cavidades nasais).

Férias



Uma caixa de som (ou alto-falante) é um dispositivo eletroacústico cuja função é converter sinais elétricos (a energia da música ou da fala) em ondas sonoras (energia mecânica) que o ouvido humano pode perceber.

A central white rectangular box with a yellow border contains the text "Fim!!!". Surrounding this box are ten circular yellow icons on a blue background. Clockwise from the top left, the icons are: a rocket ship, a satellite, a stack of books with a gear on top, a glowing lightbulb, a battery with a lightning bolt, a telescope, a pair of goggles, a magnifying glass, a clipboard with a pie chart, and a satellite dish.

Fim!!!

ANEXO G – PLANEJAMENTO DAS AULAS DA SD

Quadro 1 – Planejamento da aula 1

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2º ano	Aula 01
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Externalizar os conceitos básicos através de mapas conceituais (40 min) • Discutir os resultados dos mapas conceituais (10min)	
Conteúdos: Ondulatória (Ondas eletromagnéticas e mecânicas)	
Atividades de ensino e metodologia: Os alunos irão elaborar um mapa conceitual sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas	
Avaliação: Discussão sobre os resultados dos mapas mentais	
Recursos: Folhas, lápis e pincéis.	
Atividade extraclasse sugerida: Assistir um vídeo sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas. BENFICA, Ítalo. Classificação das ondas quanto à natureza - Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Vídeo. Matemática no Papel, 23 mar. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=AqROm1eXZ8A . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os estudantes: DOUGLAS. <i>Como fazer um mapa conceitual</i> [vídeo]. Lucid Software Português, YouTube, 12 jun. 2018. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: MOREIRA, Marco Antônio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, 2013.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Nessa aula os alunos realizaram o primeiro mapa conceitual, sem ter passado pelo da SD. No final, foi realizada uma breve discussão sobre os resultados, introduzindo a segunda aula que foi feita em seguida.

Quadro 2 – Planejamento da aula 2.

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 02
Tema: Ondulatória	
Objetivos: • Definir ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. • Discutir as diferenças entre os tipos de ondas presentes na natureza. • Esclarecer onde no cotidiano tem a presença de ondas mecânicas ou eletromagnéticas.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.	
Atividades de ensino e metodologia: • Aula expositiva dialogada com o uso de uma apresentação de <i>slides</i> para a definição dos tipos de ondas presentes na natureza (30min) • Esclarecimento sobre onde, no nosso cotidiano, essas ondas estão e como se comportam, onde os alunos terão algumas imagens com alguns cenários e com esse recurso farão a investigação. (15min) • Listagem de tipos de ondas (5 min)	
Avaliação: Listagem de tipos de ondas presentes no dia a dia	
Recursos: Quadro branco e slides	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar na internet em sites como Brasil Escola e Toda Matéria, aparelhos eletrônicos que usam ondas em seu funcionamento. Sugestão de sites: AZEHEB. <i>Física no dia a dia: aparelhos eletrônicos</i> . Azeheb, 10 out. 2019. Disponível em: https://blog.azeheb.com.br/fisica-no-dia-a-dia-aparelhos-eletronicos/ . Acesso em: 20 out. 2025. CIÊNCIA TODO DIA. [Canal do YouTube]. YouTube. Disponível em: https://www.youtube.com/@cienciatododia	
Referências bibliográficas para os estudantes: DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. <i>Física: volume 2 – Termologia, Ondulatória, Óptica</i> . 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 288 p.	
Referências bibliográficas para os professores: NUSSENZVEIG, Moisés. <i>Física básica: volume 2</i> . São Paulo: Edgard Blücher, 2000. Fonte: o próprio autor (2026).	

Quadro 3 – Planejamento da aula 3.

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 03
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Definir velocidade, comprimento de onda e frequência na ondulatória • Identificar conceitos prévios surgidos nos mapas conceituais (produzidos anteriormente) • Debater sobre os conceitos presentes nos mapas conceituais • Comparar os resultados dos mapas conceituais (conhecimento prévio) com o novo conhecimento	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Definição mais detalhada do conceito de ondas mecânicas e de ondas eletromagnéticas (20 min) • Identificação pelos alunos se nos seus mapas contém os significados que foram definidos nessa aula (10 min) • Diálogo sobre os possíveis motivos de alguns conceitos não terem aparecido nos mapas conceituais e questionamento sobre a inserção de os novos conhecimentos, como por exemplo, a definição de luz como onda. (10 minutos) • Encontrar ondas presentes em cenários presentes na atividade.	
Avaliação: Alunos através da atividade dos cenários escreveram em cada cenário, as ondas presentes. E como sugestão foi pedido que os alunos escrevessem numa folha separada os termos que não apareceram em seu primeiro mapa.	
Recursos: Quadro branco e pincéis.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar sobre o funcionamento de um micro-ondas em canais no Youtube de divulgação científica e em sites voltados a educação como o Brasil Escola.	
Referências bibliográficas para os estudantes: LOOS, Pedro. <i>O que é uma onda?</i> [vídeo]. Ciência Todo Dia, YouTube, 24 jul. 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=M2D5-zXID6A&t=84s . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos. São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025.	

Fonte: o próprio autor

Quadro 4 – Planejamento da aula 4

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 4
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Recordar o conceito de onda eletromagnética, especificando sua aplicação à luz. • Descrever os objetivos do experimento, demonstrando o comportamento ondulatório da luz por meio dos fenômenos de interferência e difração. • Ilustrar o comportamento ondulatório da luz, através de uma experimentação	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Serão retomados os conceitos sobre a natureza ondulatória da luz para que os alunos consigam entender o objetivo do experimento. (20 min) • Descrição da montagem do experimento, que tem como objetivo mostrar que a luz apresenta comportamento ondulatório, sendo capaz de sofrer fenômenos como interferência, em que duas ou mais ondas se superpõem, resultando em regiões de reforço ou cancelamento da intensidade, e difração, em que as ondas contornam obstáculos ou passam por fendas, provocando espalhamento e alteração do padrão de propagação. (5 min) • O experimento será executado utilizando um fio de cabelo ou um pente fino (serão utilizados ambos), um laser e um suporte para alinhar o laser com o fio ou o pente. Quando o laser é apontado na direção do fio ou do pente, gera-se um padrão de interferência, característico do comportamento ondulatório das ondas. Assim os alunos conseguirão observar os fenômenos e compreender o comportamento da luz. (15 min) • Discutir e comparar os resultados apresentados pelo fio de cabelo, e pelo pente e quais fatores foram responsáveis pela diferença no padrão de interferência, onde cada grupo (formado previamente), poderá levantar sua hipótese e fazer perguntas ao professor. (10 min)	
Avaliação: Discussão sobre os resultados do experimento.	
Recursos: Quadro branco e pincéis, laser, fio de cabelo, pente fino e aparato.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar na plataforma do Youtube, vídeos de experimentação de interferência e difração com outros tipos de ondas, sugestão ondas sonoras.	
Referências bibliográficas para os estudantes: NOGUEIRA, Geriânio. Interferência e difração da luz utilizando um laser e fio de cabelo. Bora pra Lua! Canal INTERFERÊNCIA E DIFRAÇÃO DA LUZ UTILIZANDO UM LASER E FIO DE CABELO, 18 jan. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=HMI779PZ8EU . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos . São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025., 2019	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 5 – Planejamento da aula 5

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 05
Tema: Ondulatória	
Objetivos: • Revisar os conceitos já trabalhados de ondulatória, ampliando o conhecimento. • Ilustrar ondas eletromagnéticas através do estudo do espectro eletromagnético • Criar através de recursos fornecidos pelo professor seu próprio espectro eletromagnético.	
Conteúdos: Espectro eletromagnético (comprimento de onda, frequência e tipos de ondas eletromagnéticas)	
Atividades de ensino e metodologia: • Contextualização dos conhecimentos de ondas que os alunos possuem com o espectro eletromagnético e análise do comprimento de onda, da velocidade e da frequência e como isso caracteriza as ondas já estudadas. (20 min) • Construção em grupo de uma colagem sobre o espectro eletromagnético utilizando figuras de revistas e jornais e cartolinas pretas no objetivo de criar um fundo para o espectro.	
Avaliação: Análise das colagens, onde o professor vai observar se os alunos entenderam de fato a característica de cada tipo de onda eletromagnética e sua posição no espectro.	
Recursos: Quadro branco, pincéis, cartolinas, revistas, canetinhas e lápis de cor, jornais, tesouras e colas.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar como cada onda eletromagnética é utilizada na sociedade em artigos acadêmicos disponíveis na internet, ou sem sites com conteúdo voltado para educação.	
Referências bibliográficas para os estudantes: RUAS, Carlos. Quer que desenhe? Espectro eletromagnético. Vídeo. Matemática no Papel, 16 dez. 2013. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2010). <i>The Feynman Lectures on Physics</i> , Volume 3. Addison-Wesley.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 6 - Planejamento da aula 6

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 06
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Descrever onde ondas eletromagnéticas estão presentes no cotidiano dos alunos e suas aplicações. • Relatar como o estudo de ondas eletromagnéticas foi responsável pelo avanço tecnológico. • Comparar o uso das ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas e suas funcionalidades.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Aula expositiva dialogada com o uso de slides para trabalhar como os aparelhos utilizados pelos jovens usam as ondas para seu funcionamento.	
Avaliação: Discussão sobre a finalidade de cada tipo de onda e usos no cotidiano.	
Recursos: Slides, gravuras e folhas de ofício.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar sobre o funcionamento da fibra óptica em sites de divulgação científica e com conteúdo volta a educação e escrever um texto sobre como o estudo de ondas ajudou no avanço da tecnologia de distribuição de internet.	
Referências bibliográficas para os estudantes: IRIGOYEN, Rafael. Física – Ondas e luz: ondas e espectro eletromagnético. Como é bom ser nerd – Pura Física, 3 out. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=coVfbENnzIM . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos . São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025., 2019	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 7 – Planejamento da aula 7

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 07
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Retomar os conceitos previamente aprendidos sobre ondas. • Organizar conceitos sobre a natureza das ondas. • Discutir sobre os resultados apresentados nos textos. • Identificar elementos de ondas mecânicas e eletromagnéticas e suas aplicações.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Separar através da atividade, elementos de ondas mecânicas e eletromagnéticas e citar suas utilidades no cotidiano da sociedade.	
Avaliação: Analisar a montagem da atividade realizados pelos grupos e discutir com os alunos os critérios e resultados.	
Recursos: Folhas de ofício, canetas ou lápis e quadro.	
Atividade extraclasse sugerida: Fazer uma lista sobre palavras-chaves estudadas até o momento	
Referências bibliográficas para os estudantes: THENÓRIO, Iberê. Entenda o Wi-Fi de uma vez por todas. Manual do Mundo, 2 dez. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=V2XW8nxNjcc . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos. São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 8- Planejamento da aula 8

Escola: Escola Estadual	4° Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	Aula 08
Objetivos: • Organizar os conhecimentos sobre ondulatória • Ordenar palavras-chaves sobre ondulatória em um mapa conceitual • Avaliar o conhecimento adquirido pelo aluno desde a primeira aula	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Confecção de um novo mapa conceitual pelos estudantes para que o professor avalie se a aprendizagem foi significativa. (30min) • Comparação entre o mapa conceitual inicial com a versão final pelos estudantes. (20min)	
Avaliação: Discussão e análise sobre os mapas conceituais. Os critérios avaliados serão a inserção de novos conceitos, fez uma nova organização baseada em hierarquia, se ele conseguiu separar o conceito de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas com mais clareza	
Recursos: Folhas de ofício, canetas ou lápis.	
Atividade extraclasse sugerida: Fazer um mapa conceitual sobre Óptica	
Referências bibliográficas para os estudantes: GRACO, Caio. Óptica - 1.1 O que é a luz? (Modelo Clássico em Mapa Conceitual). Viciados em Física, 26 fev. 2016. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v= . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos ..São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025, 2019	

Fonte: o próprio autor (2026).

O planejamento é essencial para a execução da SD, mas como os alunos se comportam e receptam as atividades de forma diversa é importante saber considerar dentro do planejamento o que é mais relevante caso o tempo não seja suficiente.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

PRODUTO EDUCACIONAL

Taynara Alves Mendonça

**ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO
DE FÍSICA**

Juiz de Fora
2026

Produto Educacional

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 – UFJF / IF Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prezado (a), professor (a)

Neste material apresentamos a Sequência Didática (SD) como produto educacional que desenvolvemos com o objetivo de promover a Aprendizagem Significativa de Ausubel para o ensino de ondulatória com enfoque na definição das ondas mecânicas e eletromagnéticas. O objetivo foi uma discussão sobre ondas no geral e como elas estão presentes na vida todos de forma muito significativa. Para os alunos a definição inicial de ondas mecânicas não era abstrato, pois em um primeiro momento citaram bastante esse tipo de onda. Mesmo sem uma definição científica, eles conseguiam relacionar ondas do mar e ondas sonoras, por exemplo, a conceito de onda. Porém quando o assunto foi estendido a ondas eletromagnética mesmo com um contato expressivo com esse tipo de onda no dia a dia, eles tiveram um processo mais lento para compreender esse grupo como onda, principalmente a luz.

Temos como objetivos específicos:

- Identificar, no ensino de ondulatória, conhecimentos científicos sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas.
- Estabelecer a relação entre os fenômenos da refração e da reflexão e outros fenômenos com as ondas eletromagnéticas e mecânicas.
- Associar o avanço de tecnologias de comunicação ao conhecimento de conceitos de ondulatória.
- Relacionar o conhecimento científico a situações que envolvem o cotidiano do estudante.

Apresentamos um quadro com o desenvolvimento da SD, baseado na UEPS.

Quadro 1: Sequência de aula baseada na UEPS.

Aulas	Objetivo	Atividade/Metodologia	Recursos
Aula 1	Externalizar o conhecimento prévio.	Mapas Conceituais	Folhas, lápis e materiais para colorir (opcional).
Aula 2	Definir o conhecimento inicial sobre ondulatória.	Aula expositiva sobre conceitos iniciais e definição de Ondas Mecânicas e Ondas Eletromagnéticas. Tiveram contato com molas e laser.	Quadro branco e slides, mola e laser.
Aula 3	Relacionar o conhecimento prévio com o novo conhecimento.	Os alunos fizeram uma atividade sobre as ondas presentes em seu cotidianos, fazendo identificação nos cenários em gravuras fornecidos pelo professor.	Quadro, folha de atividade, lápis e canetinhas (opcional)
Aula 4	Ampliar o conhecimento do novo conteúdo de forma ainda geral.	Aula expositiva sobre o espectro eletromagnético e logo em seguida a apresentação de experimento.	Quadro, slides, laser, papelão, fio de cabelo.
Aula 5	Aumento da complexidade do conhecimento do novo conteúdo	Exercício de colagem sobre o espectro eletromagnético para fixar conceitos de comprimento de onda e frequência.	Cartolina, figuras, cola, barbante e canetinhas.
Aula 6	Retomar os aspectos gerais e aumentar o grau de complexidade.	Aula expositiva mostrando onde o conhecimento científico se aplica no conhecimento cotidiano.	Quadro e slides.
Aula 7	Avaliar o rendimento dos alunos com base na atividade prática.	Os alunos farão uma atividade proposta pelo professor que conta com diversas gravuras que representam as ondas no cotidiano e identificá-las como ondas mecânicas e eletromagnéticas e falar suas utilidades no cotidiano.	Papel, lápis e canetinhas.
Aula 8	Avaliar a UEPS	Verificar a evolução do conhecimento baseado na criação de um novo mapa pelos alunos e comparando com o anterior	Lápis, folha branca e canetinhas (opcional)

Fonte: o próprio autor (2026).

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

1ONDAS

1.1 CONCEITO INICIAL DE ONDAS

O conceito de onda é uma abstração usada para descrever e agrupar diversos fenômenos naturais que compartilham características semelhantes, como: transferência de energia sem transporte de matéria, propagação através de um meio ou no vácuo (como no caso das ondas eletromagnéticas), e presença de propriedades como frequência, amplitude, comprimento de onda etc.

A definição de onda, no senso comum, costuma estar associada às ondulações visíveis na superfície da água, como as que ocorrem no mar. No entanto, esse tipo de onda é um dos mais complexos de se caracterizar. Nussenzveig (2014) generaliza o conceito ao afirmar que “uma onda é qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio. Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte de matéria” (Nussenzveig, 2014, p. 125).

1.2 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)

Uma oscilação é um movimento que se repete, no qual um sistema varia em torno de uma posição de equilíbrio após um determinado intervalo de tempo. Suas aplicações são diversas, como o estudo de pêndulos, molas, balançar de um barco no cais e sinos. Porém, nesse capítulo o foco será a aplicação para ondas eletromagnéticas (luz, micro-ondas e raios gama, entre outros) e ondas mecânicas (ondas em cordas, ondas sonoras, entre outros).

O Movimento Harmônico Simples é um dos casos específicos de oscilações e uma de suas propriedades importantes, onde é a frequência f se define como o número de oscilações por segundo, sendo sua unidade dentro do Sistema Internacional (SI) o hertz (Hz). Define-se o período T de uma oscilação, como o tempo necessário para que se complete um ciclo e se relaciona com a frequência com uma relação inversa, ou seja,

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

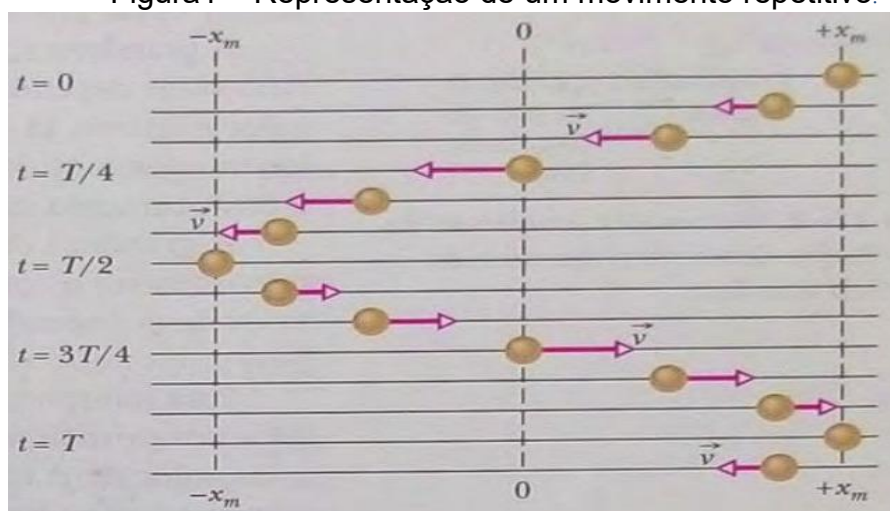
No MHS, a força restauradora, responsável por fazer o sistema retornar à posição de equilíbrio, é diretamente proporcional à distância da posição de equilíbrio (elongação), e essa força aponta para essa mesma posição (oposta à elongação). Sendo assim pode-se definir o MHS pela lei de Hooke

$$F = -kx, \quad (2)$$

onde F é a força (N), k é a constante de proporcionalidade (N/m) e x é a elongação.

A figura 3 descreve um caso particular de um movimento que se repete, onde nota-se uma oscilação se deslocando da esquerda para a direita. No ponto médio a velocidade é máxima e nos pontos extremos a velocidade é nula.

Figura1 – Representação de um movimento repetitivo.



Fonte: Halliday; Resnick (2012, p. 89).

Girando a figura num ângulo de 90 graus, percebe-se a formação de um gráfico que representa uma função cosseno, gerado da relação do deslocamento com o período. Nos pontos de máximo e mínimo ($+x_m$ e $-x_m$)¹⁶, que representam a amplitude, a velocidade é zero, e nos pontos em que x apresenta valor zero ela é máxima.

¹⁶ Até esse momento o termo que se refere a amplitude foi representado por x_m , A partir deste ponto denotaremos a amplitude como (A).

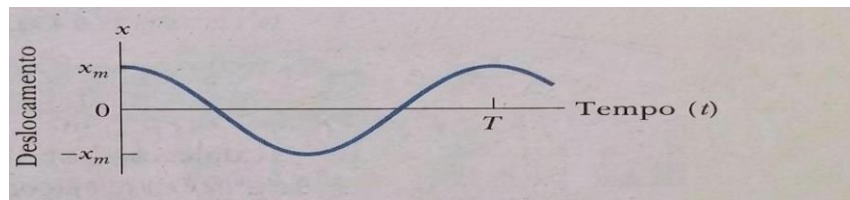
A equação da posição em função do tempo para um sistema massa-mola em MHS é importante para entender o conceito de ondas, pois descreve o comportamento periódico. Ela é dada por.

$$y(x, t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi), \quad (\text{deslocamento}) \quad (3)$$

onde A é a amplitude (m), ω é a frequência angular (rad/s), t é o tempo (s) e ϕ é a constante de fase.

A grandeza amplitude A representa o valor máximo do deslocamento, o qual oscila entre os valores $\pm A$. Já a grandeza de fase ϕ determina a posição inicial de um sistema oscilatório e depende do deslocamento e da velocidade do sistema no instante $t = 0$. (Halliday; Resnick, 2012).

Figura 2 – Gráfico do deslocamento *versus* período



Fonte: Adaptação de Halliday; Resnick (2012, p.89).

Na figura 4, a oscilação é representada por uma função cosseno, de modo que um ciclo se completa ao percorrer uma distância equivalente ao comprimento de onda no eixo espacial ou ao avançar 2π em termos de fase. Ou seja, um ciclo é completado quando a oscilação alcança 2π .

Quando calculamos a frequência angular ω , adota-se um referencial de $\phi = 0$, chegando na equação

$$\omega T = 2\pi. \quad (4)$$

Através da equação (4) definimos a frequência angular como

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ ou } \omega = 2\pi f. \quad (5)$$

O MHS será essencial para o entendimento de ondas, pois como definido anteriormente, ele advém de uma oscilação periódica em torno de uma posição de equilíbrio. Ele é descrito por funções senoidais ou cossenoidais que dependem do

tempo. Para exemplificar essa conexão temos o caso das cordas vibrantes que têm suas partículas realizando um MHS quando perturbadas.

1.3 DEFINIÇÃO DE ONDAS

A principal diferença entre MHS e as ondas é que, no MHS, a oscilação ocorre em torno de uma posição de equilíbrio, sem propagação pelo espaço. Já nas ondas, essa oscilação se propaga ao longo do espaço e do tempo, promovendo a transferência de energia sem transporte de matéria. No entanto, para o movimento harmônico simples o que é analisado é o movimento de uma única partícula em função do tempo. Assim, a descrição matemática de uma onda envolve tanto a variável temporal quanto a espacial, ressaltando que a perturbação se desloca sem que haja transporte de matéria, mas sim de energia. Podemos, então, definir ondas como uma sequência de MHS acoplados, oscilando com as mesmas frequências, mas com fases diferentes.

Existem três tipos de ondas que dependem de sua natureza:

- **Ondas mecânicas:** são perturbações que dependem de um meio material para se propagar, como o ar, a água, as cordas ou o solo. Essa dependência ocorre, pois, suas partículas precisam interagir entre si.
- **Ondas eletromagnéticas:** É importante destacar que, ao contrário das ondas mecânicas, as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagar e são geradas pela interação entre campo magnético e elétrico. É o caso, por exemplo, da luz solar que chega até a Terra atravessando o vácuo do espaço, de ondas de rádio (não confundir com ondas sonoras que são ondas mecânicas), raios X, entre outras.
- **Ondas de matéria:** Em mecânica quântica, uma onda de matéria, também chamada onda de De Broglie, está relacionada à dualidade onda-partícula, segundo a qual toda partícula material pode apresentar características ondulatórias. As relações propostas por De Broglie estabelecem que o comprimento de onda é inversamente proporcional ao momento linear da partícula, enquanto a frequência é diretamente proporcional à sua energia cinética. Esse comprimento de onda associado à matéria recebe o nome de

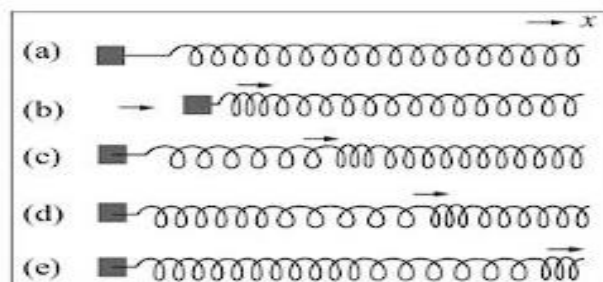
comprimento de onda de De Broglie. Neste trabalho serão apenas citadas, mas não serão abordadas.

1.4 DESLOCAMENTO DE ONDAS

Para entender a natureza das ondas, é essencial observar o movimento das partículas do meio. As ondas mecânicas podem ser classificadas como longitudinais ou transversais, dependendo da direção do deslocamento das partículas em relação à direção de propagação da onda. Já as ondas eletromagnéticas se propagam transversalmente.

- **Ondas longitudinais:** são aquelas em que as partículas vibram na mesma direção da propagação da onda. Alguns exemplos são ondas sonoras, ondas de compressão numa mola, e ondas em um fluido como pode-se visualizar nos exemplos abaixo:

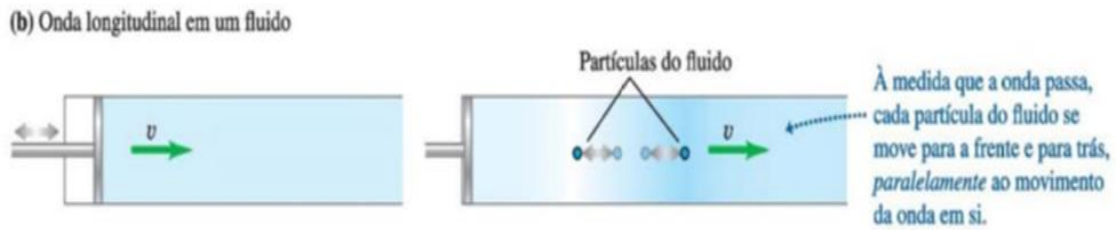
Figura 3 – Onda longitudinal em uma mola.



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126).

A figura 5 ilustra o processo de propagação de uma onda de compressão em uma mola. Na parte (a), a mola encontra-se em equilíbrio. Já em (b), uma de suas extremidades é comprimida, gerando a perturbação inicial. Em (c), nota-se que a região de espiras comprimidas é seguida por uma região de rarefação, caracterizada pelo aumento do espaçamento entre as espiras em relação à posição de equilíbrio. (Nussenzveig, 2014, p.126).

Figura 4 – Onda longitudinal em um fluido.

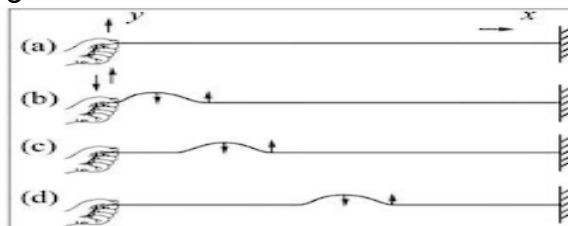


Fonte: Sears; Zemansky, (2015, p.114).

Colocando um líquido ou gás dentro de um tubo com uma parede fixa em uma ponta e um êmbolo móvel na outra, ao movimentar o êmbolo para frente e para trás, criamos uma perturbação que se propaga pelo meio. As partículas do fluido também se movem nessa mesma direção, gerando uma onda chamada onda longitudinal.

- **Ondas transversais:** as partículas vibram em direção perpendicular à direção de propagação. A figura 5 representa o comportamento da onda que se propaga transversalmente:

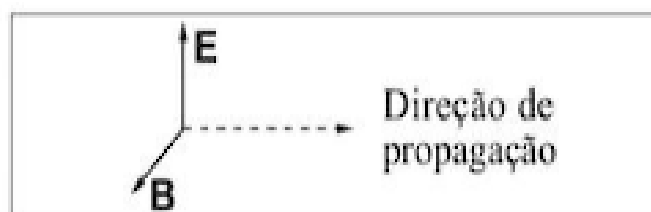
Figura 5 – Onda transversal em uma corda



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126).

A figura 5 representa uma corda esticada cuja extremidade é deslocada para cima e para baixo, gerando um impulso. Esse pulso propaga-se ao longo da corda na direção x , enquanto cada ponto do meio oscila na direção y , perpendicular à propagação.

Figura 6 – Onda eletromagnética.



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126)

As ondas eletromagnéticas são um exemplo importante de ondas transversais. Nelas, os campos elétricos $\vec{E}$ e magnético $\vec{B}$ oscilam perpendicularmente entre si e à direção de propagação.

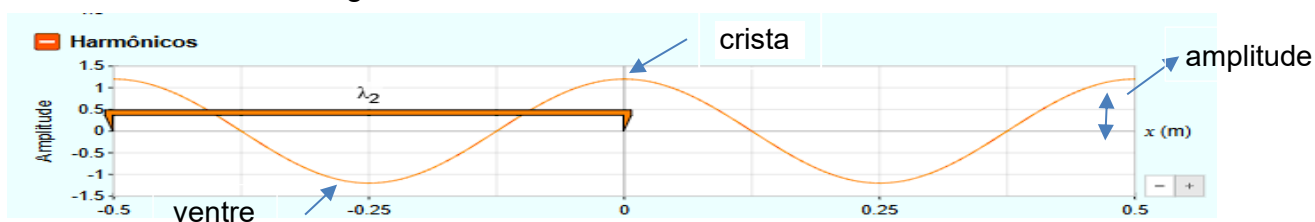
Quanto à sua propagação, as ondas podem ser classificadas como:

- Unidimensional: Nesse caso a onda vai se propagar em uma direção, tendo como exemplo ondas formadas em uma corda.
- Bidimensional: A onda se propaga em duas direções, tendo como exemplo a onda provocada por uma gota caindo na superfície de um lago.
- Tridimensional: A onda se propaga em três direções, tendo como exemplo bem conhecido a onda sonora.

1.5 PARÂMETROS BÁSICOS DE UMA ONDA

Na figura 7, são apresentados os elementos fundamentais de uma onda.

Figura 7 – Ondas com as suas características



Fonte: Simulador Phet Colorado¹⁷.

O comprimento de onda λ calcula o tamanho de uma oscilação, definido como a menor distância entre dois pontos iguais e consecutivos, como o exemplo de duas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos, sendo a crista é o ponto mais alto da onda, e o vale ou ventre é o ponto mais baixo. A amplitude A corresponde à distância entre a crista ou o vale e o eixo x , considerada apenas em módulo. A distância entre uma crista e um vale, tem exatamente a medida da metade do comprimento de onda

¹⁷ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

$\frac{\lambda}{2}$. Isso nos leva a definição de uma nova grandeza, nomeada número de onda, definida pela equação:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}. \quad (6)$$

O parâmetro k é uma grandeza física cuja unidade no Sistema Internacional é o radiano por metro (rad/m ou $rad.m^{-1}$).

Observando a figura 9, o período T é definido como o tempo necessário para que a onda complete um ciclo completo. Na figura, a onda é representada por uma função cosseno, de modo que um ciclo se completa ao percorrer uma distância λ no eixo espacial ou ao avançar 2π em termos de fase.

Para definir a velocidade de propagação de uma onda, denotamos a equação da velocidade por

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}, \quad (7)$$

onde V é a velocidade média escalar, ΔS é a variação da posição e Δt é a variação do tempo.

Neste caso, o comprimento de onda λ é uma variação da posição correspondente ao período T . Com as adequações chegamos à equação:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (8)$$

Assim a equação (8) torna-se:

$$v = \lambda f \quad (9)$$

1.6 ONDAS PERIÓDICAS

Ondas mecânicas são periódicas apenas quando a fonte da perturbação é regular, como ocorre, por exemplo, com o som ou as ondas formadas em uma superfície de água calma. Por outro lado, ondas geradas por eventos como terremotos ou o lançamento de uma pedra na água são não periódicas, pois a perturbação ocorre

de forma isolada e irregular. A onda transversal na corda vai ser um exemplo de onda periódica.

No caso das ondas eletromagnéticas, aquelas que são periódicas são produzidas por fontes que emitem radiação de maneira contínua e regular, como emissores de rádio, luz visível ou micro-ondas. Já fenômenos como explosões solares ou descargas elétricas geram ondas não periódicas, pois a emissão de radiação ocorre de forma abrupta e desordenada.

As ondas periódicas, assim como qualquer tipo de onda, são caracterizadas por grandezas fundamentais que descrevem sua propagação: amplitude A , que indica a máxima deformação do meio; comprimento de onda λ , correspondente à distância entre pontos consecutivos em fase (de uma crista a outra); frequência f , que define o número de oscilações por unidade de tempo; período T , o intervalo de tempo necessário para uma oscilação completa; e velocidade de propagação v , que determina a rapidez com que a perturbação se desloca pelo meio.

1.7 FUNÇÃO DE ONDA

Para chegar no conceito de função de onda é necessário entender o comportamento de uma onda progressiva. Elas são caracterizadas como perturbações que se propagam no espaço ao longo de um intervalo de tempo, carregando energia de um ponto para o outro sem transportar matéria. Ao longo dessa propagação as partículas do meio somente vibram, mas não seguem o fluxo da onda. Ondas em uma corda, causada por um movimento oscilatório são um exemplo de ondas progressivas e são estabelecidas com uma velocidade bem definida. A análise do seu comportamento é essencial para compreensão de uma onda harmônica

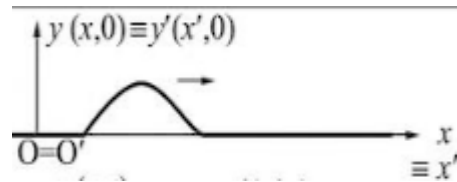
1.7.1 ONDAS PROGRESSIVAS

Para o estudo da função de onda vamos analisar o caso de ondas transversais em uma corda, que vai corresponder ao caso mais simples de uma onda progressiva (Nussenzveig, 2014).

Pela função $y = (x, t)$ podemos analisar o perfil da onda numa corda. Vamos analisar o comportamento para $t = 0$ (Figura 10) e para um instante t posterior.

Neste caso, seguindo para a direita, e em seguida com velocidade v se deslocando para a direita, mas como houve deslocamento, o tempo não é mais zero.

Figura 8 – Imagem de uma onda progressiva se locomovendo para a direita.

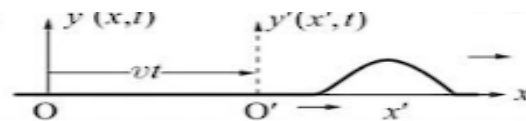


Fonte: Nussenzveig (2014, p.127)

Para $t = 0$ temos, $y = (x, 0)$ e para um instante t diferente de zero teremos a definição $y(x, t)$. Analisando outro referencial $Ox'y'$ que se comporta igualmente a Oxy para $t = 0$, porém se desloca ao longo do eixo Ox com a mesma velocidade v da onda, verifica-se que o perfil da onda permanece constante no tempo nesse novo referencial, isto é, uma função de x' . (Nussenzveig, 2014. p.127)

$$y' = (x', t) = y(x', 0) = f(x') \quad (10)$$

Figura 9 – Imagem de uma onda progressiva se locomovendo para a direita com velocidade v .



Fonte: Nussenzveig, (2014, p.127)

Na Figura 9, a relação entre as coordenadas dos dois referenciais será dada por:

$$x' = x - vt, \quad y' = y \quad (11)$$

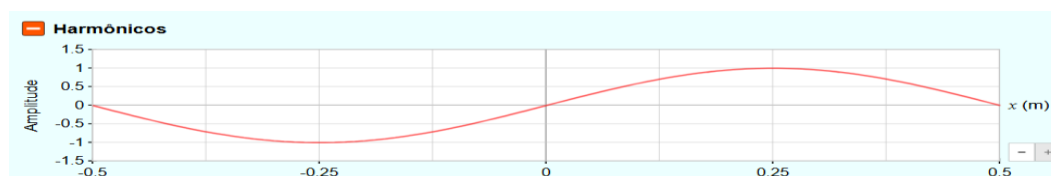
E retornando ao referencial original,

$$y(x, t) = f(x - vt) \quad (12)$$

Nesse caso, a equação é a representação de uma onda progressiva que se movimenta para a direita, mas a formulação com o deslocamento para a esquerda é análoga.

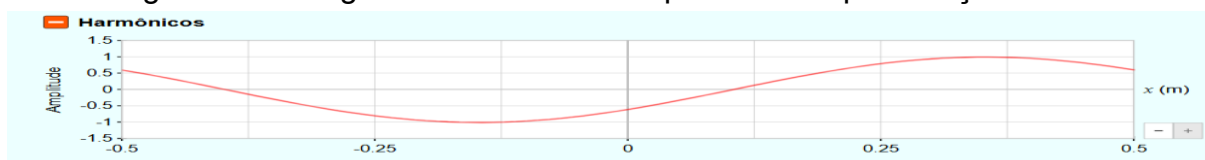
Pode-se descrever matematicamente a função da onda, compreendendo sua variação ao longo do tempo. Essa abordagem é especialmente útil porque as funções senoidais são soluções conhecidas da equação da onda. Dessa forma, ao decompor uma onda complexa em senos e cossenos, torna-se possível estudar sua propagação de maneira mais simples e eficiente. Abaixo pode-se observar imagens que retratam o comportamento das ondas senoidais em função do tempo:

Figura 10 – Imagem para um $t = 0$.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹⁸

Figura 11 – Imagem da onda senoidal para um tempo avançado $t = 1$



Fonte: Simulador Phet Colorado¹⁹

O estudo de ondas progressivas feito anteriormente representa uma equação da posição em função do tempo para um sistema massa-mola *MHS*, é superimportante para entender a ondulatória, pois descreve o comportamento periódico que também aparece em diversos fenômenos de ondas

Quando colocamos a equação da função de uma onda senoidal em função do tempo e do espaço (isto é, uma onda que se propaga), utilizamos os mesmos recursos da equação do Movimento Harmônico Simples, mas acrescentamos dois novos termos: o número de onda k e a posição x . Esses elementos indicam que agora há deslocamento da onda no espaço, ou seja, ela não está apenas oscilando em um

¹⁸ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

¹⁹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

ponto fixo, mas se propagando ao longo de um meio. Com isso chegamos numa nova equação:

$$Y(x, t) = A \cdot \text{sen}(kx - \omega t + \phi) \quad (13)$$

Esta equação permite calcular o deslocamento de todos os pontos da onda em um dado instante, bem como a variação temporal do deslocamento de um ponto específico, sendo os cálculos feitos em função do tempo. O parâmetro A representa a amplitude da onda e é sempre positivo. A fase da onda é dada pelo argumento $kx - \omega t + \phi$, que determina a posição relativa da onda em cada ponto e instante de tempo.

1.8 EQUAÇÃO DE ONDA UNIDIMENSIONAL

Para relacionar a equação do movimento com a propagação de uma onda, consideramos a aceleração em um ponto fixo x . A velocidade e a aceleração nesse ponto são determinadas mantendo x constante e derivando o deslocamento em

$$v = \frac{\partial}{\partial t} y(x, t) \quad (\text{para velocidade}) \quad (14)$$

relação ao tempo, ou seja, utilizando derivadas parciais. No caso de uma corda, por exemplo, a velocidade de deslocamento vertical do ponto x ao longo da direção y em um instante t é dada por:

E aceleração é dada por:

$$a = \frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x, t) \quad (\text{para aceleração}) \quad (15)$$

Pelas equações definidas acima, entende-se que y só depende do tempo através da variável $x' = x - vt$, logo podemos utilizar regra da cadeia chegando na equação:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{df}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial t} = -v \frac{df}{dx'} \quad (16)$$

O termo $\frac{\partial x'}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}(x - vt) = -v$ e da mesma forma para aceleração tem-se:

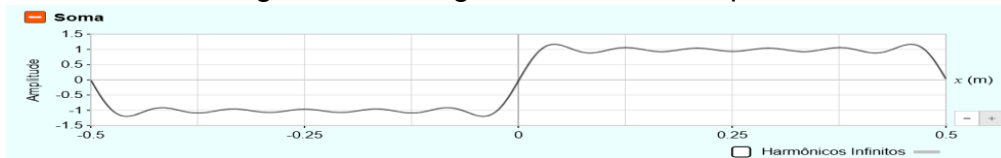
$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -v \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{df}{dx'} \right) \left(\frac{df}{dx'} \right) \frac{\partial x'}{\partial t} \quad (17)$$

A função de onda $Y(x, t)$ é solução da equação:

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = v^2 \frac{d^2 df}{dx'^2} \quad (18)$$

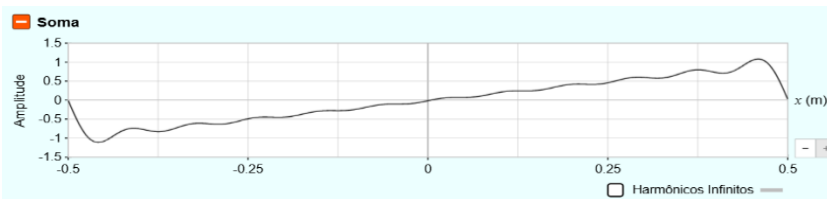
Qualquer função Y que satisfaça essa equação pode ser considerada uma onda, tendo a possibilidade de diversos tipos de onda como, ondas quadradas, serrilhada e triangular por exemplo.

Figura 12 – Imagem de uma onda quadrada.



Fonte: Simulador Phet Colorado²⁰

Figura 13 – Imagem de uma onda serrilhada.



Fonte: Simulador Phet Colorado²¹

Figura 14 – Imagem de uma onda triangular.



Fonte: Simulador Phet Colorado²²

Para evitar a necessidade de formular uma equação matemática diferente para cada tipo de onda (como ondas quadradas, triangulares, entre outras), utiliza-se a análise de Fourier.

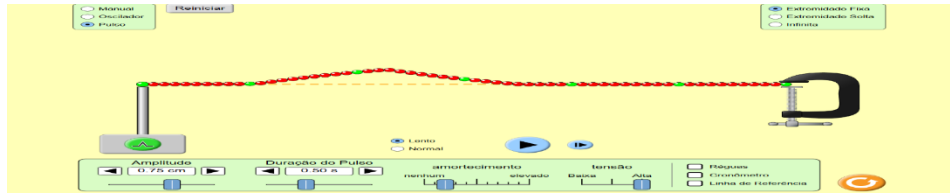
²⁰ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

²¹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

²² Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

1.9 ONDAS EM UMA CORDA

Figura 15 – Onda em uma corda esticada presa em uma extremidade fixa.



Fonte: Simulador Phet Colorado²³

A imagem retrata um pulso percorrendo uma corda presa a uma extremidade fixa. A tensão da corda representa a força que a mantém esticada ao longo do comprimento. A tensão é fundamental pois está relacionada a velocidade que a onda se propaga. Com essa relação se afirma que a velocidade v de uma onda transversal em uma corda esticada depende da tensão $\vec{T}$ da corda e da sua densidade linear μ (massa por unidade de comprimento). Quanto maior a tensão, maior é a força restauradora que age sobre os elementos da corda quando são deslocados de sua posição de equilíbrio. Essa força é a responsável por transmitir a perturbação ao longo da corda. Assim, ao aumentar a tensão, a corda transmite a perturbação mais rapidamente, aumentando a velocidade da onda. A densidade linear representa a quantidade de massa por unidade de comprimento da corda. Se a corda for mais “pesada” (maior μ), cada segmento da corda terá mais inércia, ou seja, mais dificuldade em responder às forças restauradoras. Isso reduz a velocidade de propagação da onda. Já em cordas mais leves (menor μ), a resposta é mais rápida, aumentando a velocidade da onda.

1.10 EQUAÇÃO DE ONDA NA CORDA

A equação abaixo descreve uma perturbação se deslocando em um meio elástico, no caso aplicado ao caso da corda:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\mu}{T} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (19)$$

²³ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

Com essa definição chegamos à fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (20)$$

Onde, v : velocidade da onda (m/s), T : tensão da corda ($N, newtons$) e μ : densidade linear da corda (kg/m).

Com isso, conclui-se que a velocidade de propagação da onda é diretamente proporcional à tensão aplicada à corda e inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade linear de massa (μ). Assim, quanto maior a tensão, maior será a velocidade da onda, e quanto maior a densidade linear de massa da corda, menor será sua velocidade de propagação.

1.11 PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO DE ONDA

O princípio da superposição afirma que quando duas ou mais ondas se encontram no mesmo ponto do espaço, o resultado é a soma algébrica de suas amplitudes naquele ponto, momento a momento.

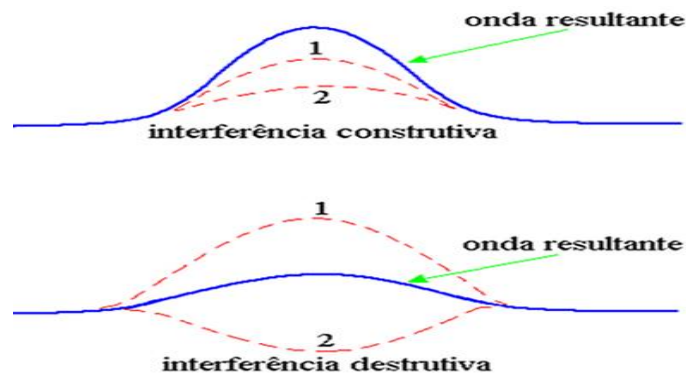
$$Y_1(x, t) \text{ e } Y_2(x, t) \quad (21)$$

$Ay_1 + Ay_2 = Y$, sendo assim solução.

Caracterizando ondas em interferência, temos:

- **Interferência Construtiva:** Ondas se reforçam.
- **Interferência Destrutiva:** Ondas se cancelam.

Figura 16 – Representação de uma interferência construtiva e interferência destrutiva.



Fonte: Brasil Escola (SILVA, 2024).

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) \quad (22)$$

Amplitude $A_0 = A_{02}$

$$Y(x, t) = y_0 \sin(kx - \omega t) + y_0 \sin(kx - \omega t + \phi) \quad (23)$$

$$y(x, t) = A[\sin(kx - \omega t) + \sin(kx - \omega t + \phi)] \quad (24)$$

Propriedade trigonométrica:

$$\sin A + \sin B = 2 \sin\left(\frac{A+B}{2}\right) \cos\left(\frac{A-B}{2}\right) \quad (25)$$

$$(x, t) = 2y_0 \cos\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right) \quad (26)$$

Fator amplitude: $2y_0 \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$

Fator oscilatório: $\sin\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right)$

$$\text{Se } \phi = 0 \text{ rad} \quad y(x, t) = 2y_0 \sin(kx - \omega t) \quad \text{Interferência construtiva} \quad (27)$$

$$\text{Se } \phi = \pi \text{ rad} \quad y(x, t) = 0 \quad \text{Interferência Destrutiva} \quad (28)$$

1.12 REFLEXÃO E REFRAÇÃO DE CORDAS

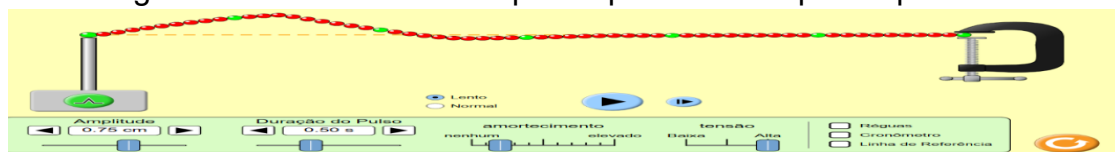
1.12.1 REFLEXÃO

Analisa-se uma corda presa em uma de suas extremidades com o objetivo de estudar o fenômeno da reflexão de ondas mecânicas. Para essa análise, considera-se que a corda é semi-infinita, ou seja, suficientemente longa para que os efeitos da extremidade livre não interfiram significativamente na região de interesse.

Esse modelo simplificado permite observar o comportamento das ondas quando atingem uma extremidade fixa. Nessa situação, ocorre uma reflexão com inversão de fase, característica de ondas que se refletem em um ponto de fixação rígido. Tal abordagem é útil para entender os princípios fundamentais da propagação e reflexão de ondas em meios unidimensionais.

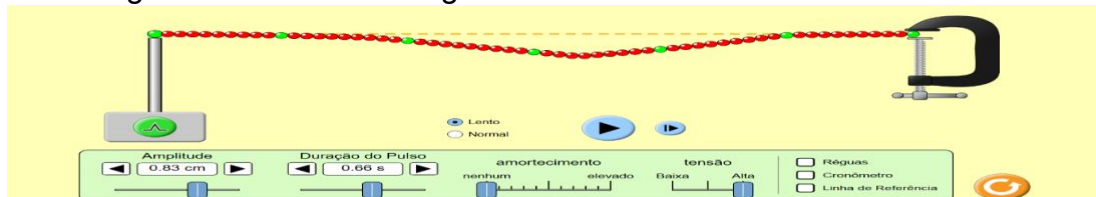
Podemos então analisar as imagens e comparar:

Figura 17 – A corda tem um pulso que sai da esquerda para a direita.



Fonte: Simulador Phet Colorado²⁴

Figura 18 – A corda atinge a outra extremidade e sofre uma inversão.



Fonte: Simulador Phet Colorado²⁵

Temos que:

$$Y(o, t) = 0 \quad (29)$$

Solução geral:

$$Y(x, t) = f(x - vt) + g(x + vt) \quad (30)$$

²⁴ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

²⁵ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

Onda “Imagem” em $x < 0$

Para todo $f \neq 0$ e $g \neq 0$

$$Y(0, t) = 0 \rightarrow f(x - vt) + g(x + vt) = 0 \quad (31)$$

Então:

$F = -g$ Inversão de fase numa extremidade fixa

Levando a conclusão de que a amplitude também é afetada, levando a:

$$A = -A \quad (32)$$

Onda incidente:

$$y_i(x, t) = A \sin(kx - \omega t) \quad (33)$$

Onda refletida (com inversão de fase):

$$y_r(x, t) = -A \sin(kx + \omega t) \quad (34)$$

Conclusão através da superposição das ondas (onda resultante):

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t) - A \sin(kx + \omega t) \quad (35)$$

$$y(x, t) = -2A \cos(kx) \sin(\omega t) \quad (36)$$

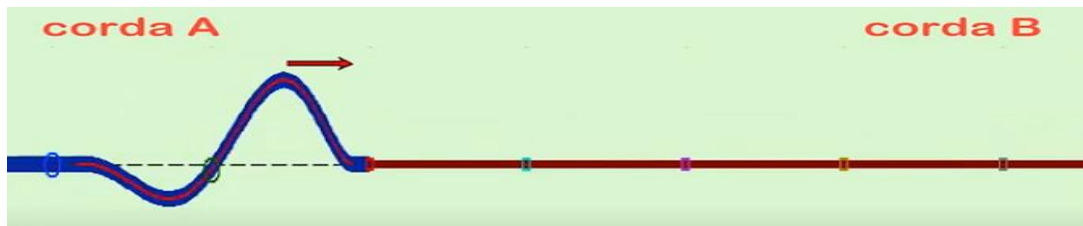
A amplitude da onda refletida é igual à do incidente, mas com inversão de fase

O valor máximo possível da amplitude é $2A$ (reforço por interferência construtiva).
Nos nós, a amplitude é zero (interferência destrutiva).

1.12.2 REFRAÇÃO EM CORDAS

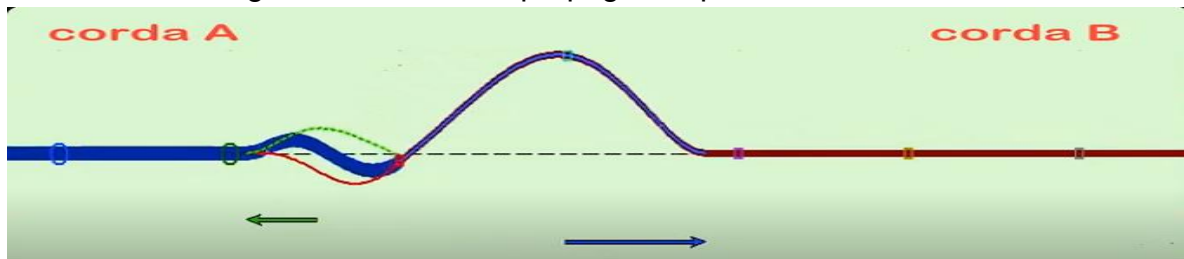
A refração em corda ocorre quando um pulso que se propaga transversalmente por uma corda A passa a se propagar em uma corda B com densidade diferente. Observe os exemplos nas imagens abaixo:

Figura 19 – Onda se propagando por uma corda A.



Fonte: Adaptado de YouTube (Reginaldo Santos, 2017).

Figura 20 – Onda se propagando por uma corda A



Fonte: Adaptado de YouTube (Reginaldo Santos, 2017).

O fenômeno visualizado acima, por meio da comparação entre as imagens, é denominado refração de ondas. Assim como ocorre com a luz ao passar de um meio para outro com diferentes índices de refração, aqui observamos um comportamento análogo quando uma onda mecânica transversal se propaga de uma corda para outra com propriedades diferentes, como densidade linear de massa e/ou tensão distintas.

Nesse contexto, a refração se manifesta por uma mudança na velocidade de propagação da onda ao atravessar a interface entre as duas cordas. A velocidade v de uma onda em uma corda tensionada é dada pela equação (1.13).

Quando a onda passa de uma corda mais leve (menor μ) para uma corda mais pesada (maior μ), a velocidade de propagação diminui, e, como a frequência permanece constante, o comprimento de onda também se reduz (1.5).

Esse comportamento caracteriza a refração mecânica da onda. Além disso, parte da energia da onda incidente é refletida na interface. Quando a onda entra de uma corda mais leve para uma mais pesada, a onda refletida sofre inversão de fase (ou seja, reflete com sinal oposto). Já a onda transmitida continua propagando-se, porém com menor velocidade, menor comprimento de onda e menor amplitude.

1.13 INTERFERÊNCIA DA LUZ

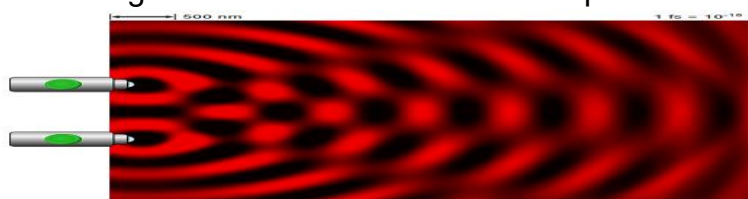
Embora o fenômeno de interferência gerado por duas fontes seja facilmente visualizado em um meio líquido, como nas ondas superficiais, essa mesma facilidade

não é observada quando se trata da luz. Isso se deve, principalmente, à dificuldade de se obter fontes luminosas coerentes, ou seja, que possuam a mesma frequência, fase constante e origem comum, além da forma como a luz se propaga em um meio transparente e homogêneo, como o ar.

No caso das ondas na água, a interferência é facilmente visível porque as cristas e vales geram variações macroscópicas na altura da superfície, que podem ser diretamente observadas. Já para a luz, que se propaga em linha reta e sofre pouca difração em meios homogêneos, os efeitos de interferência só se tornam perceptíveis sob condições experimentais controladas, como no uso de fendas estreitas, grades de difração ou interferômetros. Isso ocorre porque, no caso da luz, a interferência se manifesta em escalas muito menores, na ordem de centenas de nanômetros, correspondentes ao comprimento de onda da radiação visível.

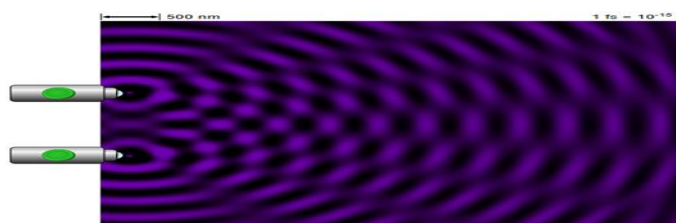
Assim, enquanto em meios mecânicos como líquidos ou cordas o padrão de interferência pode ser diretamente visualizado, a observação de interferência luminosa requer técnicas específicas que possibilitem a superposição coerente dos feixes e a formação dos padrões característicos desse fenômeno ondulatório.

Figura 21 – Luz vermelha emitida por duas



Fonte: Simulador Phet Colorado²⁶

Figura 22 – Luz Violeta emitida por duas fontes luminosas.



Fonte: Simulador Phet Colorado²⁷

²⁶ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro Acesso em 24 abr. 2026.

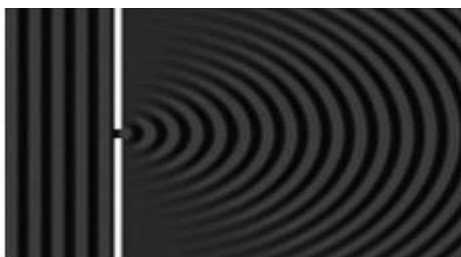
²⁷ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro Acesso em 24 abr. 2026.

Podemos relembrar o fato que quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda desde que a velocidade permaneça constante (no vácuo ou em um meio específico).

1.14 DIFRAÇÃO

Em 1678, Huygens formulou o princípio que afirmava que “cada ponto de uma frente de onda comporta-se como fonte puntiforme de novas ondas, chamadas de ondas secundárias” (Nussenszveig, 2014). Este princípio analisa o comportamento de uma onda que se depara com um obstáculo. Pode-se notar pela imagem a seguir, que tem-se uma onda plana, que vai passar por uma fenda estreita, denominada pelo próprio Huygens como fonte pontual de ondas secundárias. Isso demonstra que após a passagem a onda já não é mais plana e passa a apresentar forma esférica.

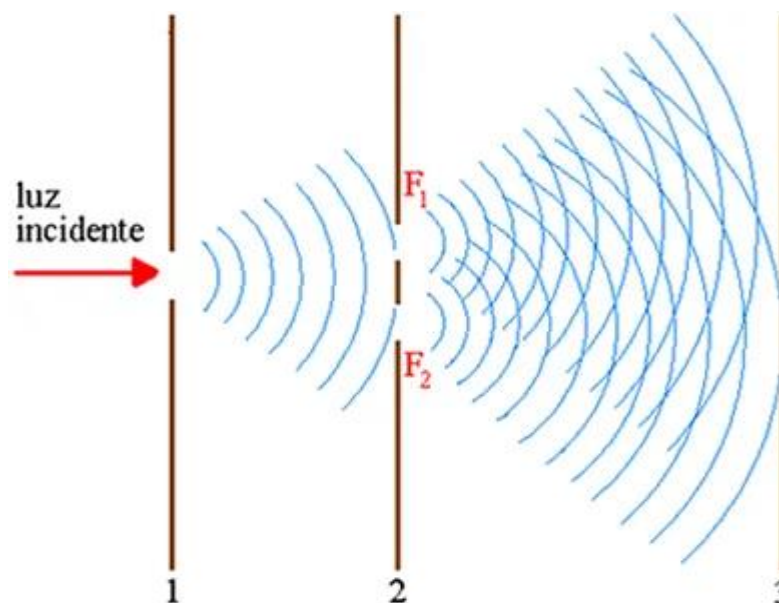
Figura 23 – Ondas na água atravessando uma barreira estreita.



Fonte: Nussenszveig (2014, p.174).

A condição para que esse fenômeno aconteça é que o comprimento de onda, tem de ser maior ou igual ao tamanho do comprimento da fenda. Este fenômeno foi muito importante para a comprovação do comportamento ondulatório da luz, pois é um fenômeno que indica que qualquer tipo de onda tem em suas propriedades a condição de contornar obstáculos, modificando sua forma. Além disso, também tem a propriedade de poder passar por duas fendas criando um padrão de pontos de interferência construtiva e destrutiva, assim como analisado na figura a seguir:

Figura 24 – Difração em duas fendas



Fonte: Brasil Escola (SILVA, 2026).

Embora seja designado um estudo separado para “difração” e “interferência” eles representam um fenômeno similar, que deriva do conceito da superposição de ondas que ocupam o mesmo ponto no espaço ao mesmo tempo. A interferência, no geral se conecta à combinação de um pequeno número de ondas, geralmente duas, usada para explicar o fenômeno de uma forma mais simples. Já a difração se liga a superposição de um grande número de ondas, exemplificando padrões e efeitos que surgem dessa interação mais elaborada.

O experimento da dupla fenda de Thomas Young realizado por volta de 1801 no início do século XIX, foi fundamental para esclarecer a natureza da luz, ao mostrar que uma única fonte luminosa, ao atravessar duas fendas, origina duas fontes secundárias coerentes, conforme o princípio proposto por Huygens como citado anteriormente. Essas fontes produzem padrões de interferência que evidenciam o caráter ondulatório da luz, resultado que teve grande impacto na história da ciência ao confrontar a teoria corpuscular estabelecida no final do século XVII por Isaac Newton. Assim, a luz passou a ser compreendida também como uma onda, o que é essencial para explicar fenômenos como difração e interferência, embora a descrição corpuscular permaneça válida em certos contextos, como na explicação do efeito fotoelétrico, evidenciando a natureza dual da luz.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SUBSUNÇORES

A responsabilidade de apresentar um conhecimento integrador, que se conecte ao saber prévio dos alunos, é do professor. No entanto, o desejo de aprender e de desenvolver esse conhecimento de forma significativa, de maneira não literal (substantiva) e não arbitrária, deve partir do próprio aluno. Afinal, é ele quem deve ter a consciência do que já sabe e de como pode relacionar esse saber ao novo conteúdo apresentado. Deve-se ressaltar que, nos casos em que o aluno não apresenta conhecimentos prévios, torna-se necessário que ele passe, inicialmente, por um processo de aprendizagem mecânica, de modo a construir uma base mínima que possibilite, em um momento posterior, o alcance de uma aprendizagem significativa.

No aprendizado de um teorema geométrico, por outro lado, cada palavra componente não é apenas significativa, como também a tarefa como um todo é também potencialmente significativa. Entretanto, a menos que o indivíduo manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa, neste último caso, nenhum significado emergirá: apenas decora uma série de palavras relacionadas arbitrariamente. Portanto, é importante distinguir entre aprendizagem significativa de material potencialmente significativo, por um lado, e, por outro, a aprendizagem automática de elementos componentes significativos de uma tarefa de aprendizagem que é apenas potencialmente significativa. (Ausubel, 1980, p.42-43).

Na perspectiva de Ausubel, a aprendizagem literal está associada à memorização mecânica de informações, sem conexão com conhecimentos prévios. Como dito, esse tipo de aprendizagem é superficial e tende a ser rapidamente perdida. Por isso, ele defende que a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno integra ativamente o novo conteúdo ao que já conhece, atribuindo-lhe sentido e facilitando sua retenção e aplicação.

Para que ocorra uma aprendizagem significativa, o aluno recorre aos conhecimentos já presentes em sua estrutura cognitiva, chamados subsunçores. Eles

correspondem a saberes previamente adquiridos, oriundos do conhecimento científico, como, por exemplo, um conteúdo antigo que se relaciona ao da matéria atual, que pode ter sido abordado no mesmo ano ou no ano anterior. Por exemplo, no primeiro ano do Ensino Médio, o aluno estuda energia e a lei da conservação da energia mecânica e esse conteúdo serve como subsunçor para o aprendizado das leis da termodinâmica, sendo fundamental para o entendimento de máquinas térmicas.

Alguns desses conhecimentos, especialmente os conceituais, que apresentam uma estrutura mais elaborada, também podem funcionar como subsunçores. Entretanto, devemos nos atentar ao conhecimento do aluno, pois ele tem que ter embasamento científico, no qual opiniões ou senso comum não podem auxiliar como um conhecimento que vai servir de ancoragem ao novo. Nesse processo, o papel do professor é fundamental para identificar esses conhecimentos e estabelecer conexões entre o novo conteúdo e o conhecimento científico prévio do aluno, favorecendo a construção de significados e promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

No processo de aprendizagem potencialmente significativa é comum supor que o material trabalhado deva ser necessariamente inovador, exigindo que o professor crie constantemente novos recursos para servir como subsunçores. Entretanto, o material potencialmente significativo corresponde, na realidade, aos recursos disponíveis no âmbito escolar, como experimentos, imagens, artigos, textos diversos, simuladores e até mesmo a aula expositiva, frequentemente desconsiderada nas discussões sobre aprendizagem significativa. O objetivo não é excluir os métodos tradicionais, mas integrá-los a outras estratégias que favoreçam a conexão entre conhecimentos prévios e novos conteúdos. Em muitos casos, soluções simples e práticas mostram-se fundamentais. Ao estudar ondulatória, por exemplo, geralmente no segundo ano do Ensino Médio, o estudante já possui conhecimentos sobre energia, movimento harmônico, luz, entre outros. Uma explicação concisa ou uma demonstração experimental pode atuar como elo entre esses saberes, permitindo que o conhecimento anterior se integre ao novo e, gradualmente, aumente a complexidade do aprendizado sempre ancorando os conhecimentos.

É fundamental ressaltar que o conhecimento científico prévio é essencial para o aprendizado, pois ele proporciona ao aluno uma contextualização que enraíza novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva. Moreira (2012) reitera que a aprendizagem

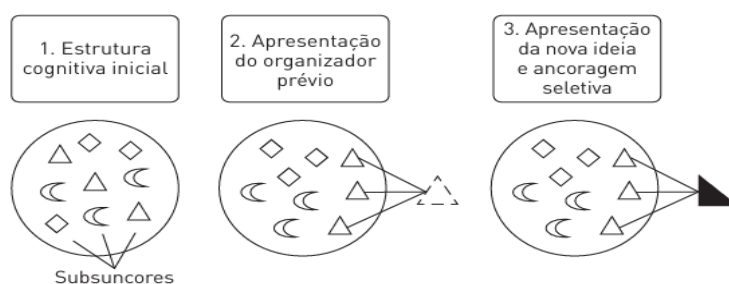
significativa ocorre quando há interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, sendo a interação não-arbitrária, ou seja, “a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende” (Moreira, 2012, p. 2).

2.2 ORGANIZADORES PRÉVIOS

No processo de aprendizado de um novo conhecimento há várias maneiras de se ancorar o que vai ser aprendido ao que já era conhecido pelo aluno. Uma delas é modificando em certo grau a estrutura cognitiva preexistente. Isso quer dizer que há possibilidade de se usar uma “ancoragem provisória”, por meio de uma comparação que pode ser uma situação presente no cotidiano do aluno ou usar um recurso para mostrar de forma abstrata algum evento ou fenômeno. Porém deve ser bem especificado para que o aluno não confunda com o conhecimento científico real a ser ensinado, mas apenas um recurso para melhorar a aprendizagem e assimilação. Como representado na figura 1,

o organizador prévio faz o papel de mediador e também faz a alteração das ideias preexistentes, preparando-as para o estudo do material posterior: [...] devem salientar os pontos mais evidentes do material e omitir informações menos importantes; eles auxiliam o estudante a realizar sua própria codificação da nova informação na memória. Rafael; Silva; Koscianski (2012, p. 171)

Figura 25– Representação do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva.



Fonte: Rafael; Silva; Koscianski (2012, p. 171)

Por exemplo, o uso de simuladores constitui um recurso valioso para a apresentação de fenômenos que, muitas vezes, são difíceis de representar em sala de aula, como o comportamento dos gases. Entretanto, os simuladores costumam representar as partículas do gás como bolinhas em quantidade limitada que, embora numerosa, não corresponde ao número real de partículas. É importante destacar que essa representação é apenas uma simplificação visual: na realidade, as partículas de gás são moléculas ou átomos em constante movimento aleatório, de tamanhos e formas variadas, impossíveis de serem visualizadas individualmente. Torna-se, portanto, necessário que o educador esclareça que a simulação utiliza recursos destinados a representar determinados fenômenos e que a situação apresentada não corresponde exatamente à realidade, mas constitui um modelo que auxilia na compreensão e demonstração dos conceitos abordados. Quando esse cuidado não é adotado, ou seja, quando o professor não explicita que o simulador representa apenas uma aproximação da realidade, o estudante pode desenvolver interpretações equivocadas, como associar as partículas a pequenas esferas ou "bolinhas", entre outras concepções incorretas.

Para contornar uma compreensão e aprendizagem que vem de um subsunção com uma definição difusa, o professor pode utilizar perguntas, estudar a simulação com os alunos, realizar um experimento discutindo pontos interessantes do conteúdo, entre outros recursos que ajudem a ancorar e ativar o cognitivo do estudante sem que ele desvie do real conhecimento. Algumas situações que o professor trabalha e discute em sala podem levar o aluno a refletir sobre aspectos do seu cotidiano que talvez nunca tenha questionado, como, por exemplo: “Por que a conta de luz aumenta se na minha casa temos um uso regular da eletricidade?”; “Por que o uso do micro-ondas gera medo em algumas pessoas?”; “Usar celular em excesso pode causar câncer?”; “Por que devemos usar protetor solar?”; “Qual é a melhor forma de armazenar os alimentos na geladeira?”; “Por que os instrumentos musicais produzem sons diferentes?”. São perguntas que, por meio de uma introdução contextualizada ou de um levantamento inicial feito pelo professor, contribuem para que o aluno seja questionador e possa sair da posição passiva de uma aula tradicional, que tende a promover uma aprendizagem mecânica.

Na Teoria da Aprendizagem Significativa, Ausubel (2003) descreve diferentes processos de assimilação do conhecimento. O primeiro ocorre na ancoragem, que, como o próprio nome indica, serve de conectivo entre o conhecimento prévio e o novo conteúdo. Em seguida, surge o processo de interação, no qual as ideias novas se relacionam com as já ancoradas; nesse momento, o aluno, com o conhecimento prévio estabilizado, começa a estudar o conteúdo embasando-se nesse referencial, ampliando e aprofundando sua compreensão. Por fim, ocorre o processo de retenção, no qual o estudante, já com os conhecimentos organizados, consegue assimilar novas informações de maior complexidade, consolidando o aprendizado.

As ideias de Ausubel foram revisitadas por Joseph Donald Novak (1930- 2023), educador americano que acrescentou à teoria de Ausubel uma perspectiva humanística, enfatizando que as emoções e o envolvimento do aluno com o conteúdo são fundamentais para o aprendizado. Assim, quando o estudante vivencia experiências positivas durante o processo de ensino, seus resultados tendem a ser muito melhores do que em situações negativas ou desmotivadoras.

Para tornar esses princípios mais aplicáveis, Novak desenvolveu o mapa conceitual, uma ferramenta gráfica que organiza e representa visualmente os conceitos e suas relações hierárquicas. Os mapas conceituais ajudam o aluno a integrar o conhecimento prévio com o novo, promovendo a aprendizagem significativa, ao mesmo tempo em que tornam o aprendizado mais concreto e acessível, respeitando a dimensão cognitiva e afetiva do estudante.

2.3 MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais partem de conceitos-chave, conectados por ligações que explicam a relação entre eles, formando uma rede hierárquica de informações. Esse recurso auxilia o estudante a organizar e estruturar o conhecimento, promovendo a aprendizagem significativa, pois torna explícita a ligação entre o que já é conhecido e o que está sendo aprendido.

São um excelente recurso para visualizar o conhecimento prévio que o aluno possui. São elaborados com uma organização hierárquica, utilizando setas e palavras-chave para relacionar os conceitos. Essas relações são construídas a partir de palavras mais gerais, que provavelmente fazem parte do conhecimento comum do

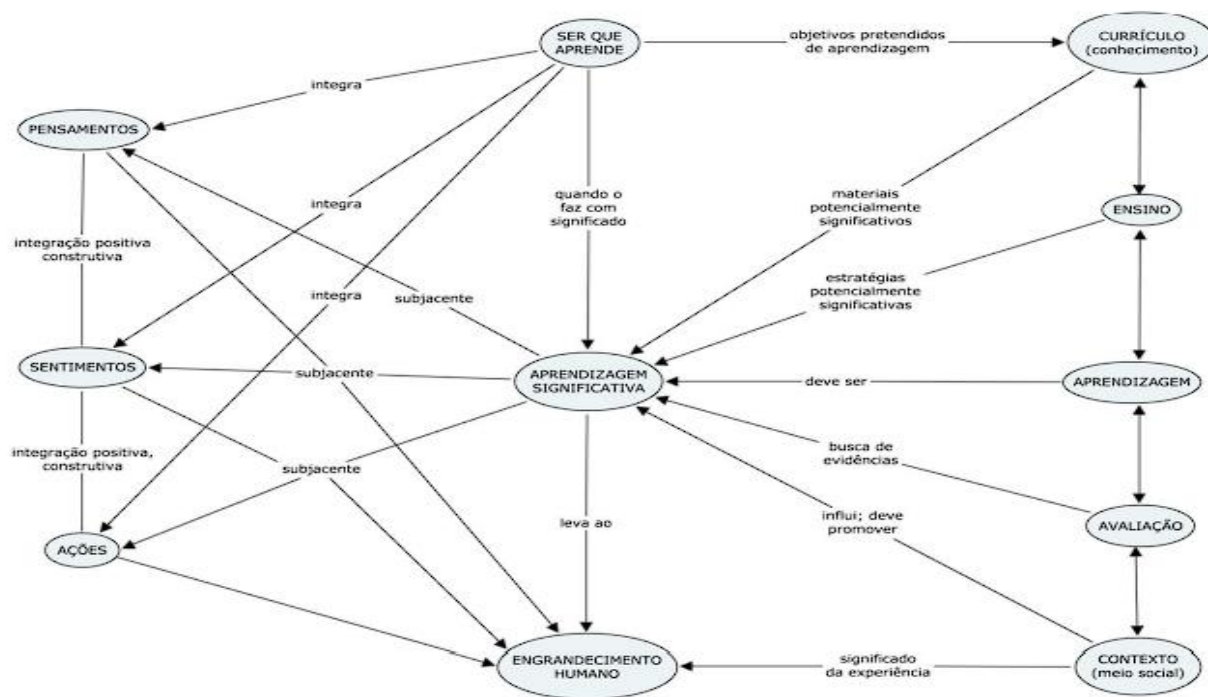
estudante, até palavras mais específicas do conteúdo. Isso possibilita que o professor avalie o conhecimento prévio dos alunos. Os mapas conceituais são diagramas bidimensionais destinados a representar de forma hierárquica os conceitos de uma disciplina, refletindo a própria estrutura conceitual do conhecimento na área (Moreira, 1997).

Aparentemente simples e às vezes confundidos com esquemas ou diagramas organizacionais, mapas conceituais são instrumentos que podem levar a profundas modificações na maneira de ensinar, de avaliar e de aprender. Procuram promover a aprendizagem significativa e entram em choque com técnicas voltadas para aprendizagem mecânica. (Moreira, 1997, p.8)

Além disso, os mapas conceituais podem ser utilizados para verificar o grau de aprendizado a longo prazo, por meio da comparação, em determinados casos, entre mapas iniciais e posteriores, observando-se como o aluno associa seu conhecimento a determinadas palavras, que podem ser familiares ou não.

Por fim, os mapas conceituais podem ser usados como um recurso de aprendizagem, pois permitem avaliar como os alunos organizam os conhecimentos, incorporam novas palavras e conceitos, e possibilitam verificar se o aprendizado foi realmente significativo. Como exemplo, na figura 2, apresentamos um mapa conceitual sobre Aprendizagem Significativa.

Figura 696 – Mapa Conceitual sobre a visão humanística de Novak da Aprendizagem Significativa.



Fonte: Moreira (2013, p.20).

3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

A busca por práticas pedagógicas que favoreçam a aprendizagem com sentido tem sido uma constante no campo da educação. Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, oferece importantes fundamentos para a construção de propostas didáticas mais efetivas.

Com base nesses princípios, foi desenvolvido o modelo da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que organiza o ensino em etapas planejadas com o intuito de promover a construção ativa do conhecimento pelos alunos. O método da UEPS foi desenvolvido por Marco Antônio Moreira, onde os conceitos ausubelianos foram adotados e publicados inicialmente em 2006, no livro "Teoria da Aprendizagem Significativa: Conceitos e Aplicações" (Moreira, 2006). O autor afirma que objetivando contribuir para modificar pelo menos parcialmente a situação da educação brasileira, propôs a:

(...) a construção de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula. (Moreira, 2011, p.2).

Com base nas teorias de Ausubel, o autor destaca que só há aprendizagem real quando o ensino é significativo. Para isso, é essencial considerar o conhecimento prévio do aluno, que não se limita apenas ao saber científico, mas também envolve sentimentos, pensamentos e ações. Aprender, portanto, precisa fazer sentido para o estudante em sua realidade (Moreira, 2011).

Nesse sentido, a elaboração de uma situação-problema é um recurso importante para despertar o interesse e o engajamento dos alunos no processo de aprendizagem. Essa situação deve ser cuidadosamente pensada para que dialogue com o cotidiano do estudante, envolvendo questões que façam parte do seu contexto. Um exemplo seria abordar problemas enfrentados pela sua comunidade, como a falta de água encanada ou questões relacionadas ao fornecimento de energia elétrica. Ao partir de situações concretas e relevantes, o ensino se torna mais próximo da vivência do aluno, favorecendo uma aprendizagem significativa.

A aprendizagem mecânica, como apresentado, não estimula o raciocínio do aluno e, por isso, tende a ser rapidamente esquecida. Em contraste, a aprendizagem significativa busca desenvolver um ensino onde o novo aprendizado ancorado num subsunçor seja de fato significativo e assim o aluno assimila o novo conteúdo. O desafio desse processo é promover a construção de um conhecimento que permita ao aluno compreender situações-problema propostas pelo professor, formular soluções com base em sua compreensão e levantar questionamentos pertinentes. Dessa forma, o estudante pode deixar de ser um agente passivo e passar a participar ativamente do processo educativo, contribuindo com reflexões, perguntas e ideias que enriquecem o ambiente de aprendizagem.

Para que a UEPS atinja seus objetivos e proporcione uma aprendizagem verdadeiramente significativa, é fundamental que sua implementação siga uma estrutura bem definida. Essa estrutura é composta por oito etapas interdependentes, que orientam o planejamento e a execução das atividades de ensino de forma a considerar o conhecimento prévio dos alunos, estimular o interesse e promover a construção ativa do saber. A seguir, são apresentados os oito passos essenciais para a implementação eficaz da UEPS.

1. Definição do tópico: identificar o tema específico e seus aspectos declarativos (fatos, conceitos e princípios) e procedimentais (métodos, técnicas e processos), conforme a disciplina;
2. Situações para a exploração do conhecimento prévio: criar atividades que permitam aos alunos revelar seus conhecimentos prévios, sejam eles corretos ou não no contexto da disciplina;
3. Introdução de situações-problema: apresentar situações-problema simples para conectar os conhecimentos prévios dos alunos ao novo conteúdo, funcionando como organizadores prévios;
4. Apresentação do conhecimento: introduzir o novo conteúdo de forma progressiva, começando pelos aspectos gerais e depois abordando detalhes específicos, usando atividades colaborativas;
5. Reforço e reconciliação integradora: reapresentar o conteúdo em maior complexidade, relacionando-o a novas situações-problema e promovendo a negociação de significados em grupo, com mediação docente;
6. Revisão e integração: revisar o conteúdo, reforçando conceitos de

forma integradora e propondo situações-problema mais complexas para resolver colaborativamente;

7. Avaliação formativa e somativa: avaliar continuamente durante o processo, com foco em evidências de aprendizagem significativa, complementada por uma avaliação somativa final.

8. Sucesso da UEPS: considerar a unidade bem-sucedida se houver evidências de compreensão, aplicação e progressão na aprendizagem significativa dos alunos.

Todas as etapas têm de ser bem trabalhadas, para que se cumpra o objetivo de uma aprendizagem significativa (Moreira, 2006).

Também é mencionada a questão dos aspectos transversais, que dizem que mesmo sendo colaborativa a UEPS pode ser trabalhada individualmente. Os alunos também possuem liberdade para sugerirem situações-problema e devem ser estimulados a críticas, assim como a terem acesso a estratégias de ensino diversificadas. (MOREIRA, 2012)

4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Embasado nos objetivos foi elaborado um produto educacional que preza pela importância de uma aprendizagem significativa com enfoque no entendimento de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas e suas funcionalidades na sociedade. O produto problematiza a aprendizagem mecânica, onde o conhecimento se perde a curto prazo e valoriza uma aprendizagem significativa onde o conhecimento aprendido seja lembrado a longo prazo e sirva de ancoragem para novos aprendizados.

A aplicação do produto ocorreu em novembro de 2025 numa escola estadual na cidade de Juiz de Fora, para uma turma de 2º ano do Ensino Médio e foi realizada a implementação com 38 alunos. A SD teve um total de 8 encontros e ocorreu em 4 semanas.

A sequência foi estruturada com base em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que contou com processos como avaliação prévia através de mapas conceituais, aulas expositivas, atividades em grupo que envolviam colagens e trabalhavam o uso de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas, um experimento para demonstrar os fenômenos de difração, e por fim uma última avaliação também através de mapas conceituais para comparar com os resultados iniciais e avaliar a sequência.

O quadro a seguir retrata a SD e mostra a divisão das aulas e quais metodologias foram adotadas, considerando a necessidade didática-metodológica daquele momento. Cada aula tinha um objetivo bem definido baseado na estrutura pré-definida de uma UEPS e anteriormente exposta nesse trabalho. O principal objetivo foi aumentar o conhecimento prévio à medida que as aulas foram avançando e, assim, finalmente atingir a meta de uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

A seguir apresentamos a UEPS construída e implementada (quadro 1).

Quadro1: Sequência de aulas baseada na UEPS.

Aulas	Objetivo	Atividade/Metodologia	Recursos
Aula 1	Externalizar o conhecimento prévio.	Mapas Conceituais	Folhas, lápis e materiais para colorir (opcional).
Aula 2	Definir o conhecimento inicial sobre ondulatória.	Aula expositiva sobre conceitos iniciais e definição de Ondas Mecânicas e Ondas Eletromagnéticas. Tiveram contato com molas e laser.	Quadro branco e slides, mola e laser.
Aula 3	Relacionar o conhecimento prévio com o novo conhecimento.	Os alunos fizeram uma atividade sobre as ondas presentes em seu cotidianos, fazendo identificação nos cenários em gravuras fornecidos pelo professor.	Quadro, folha de atividade, lápis e canetinhas (opcional)
Aula 4	Ampliar o conhecimento do novo conteúdo de forma ainda geral.	Aula expositiva sobre o espectro eletromagnético e logo em seguida a apresentação de experimento.	Quadro, slides, laser, papelão, fio de cabelo.
Aula 5	Aumento da complexidade do conhecimento do novo conteúdo	Exercício de colagem sobre o espectro eletromagnético para fixar conceitos de comprimento de onda e frequência.	Cartolina, figuras, cola, barbante e canetinhas.
Aula 6	Retomar os aspectos gerais e aumentar o grau de complexidade.	Aula expositiva mostrando onde o conhecimento científico se aplica no conhecimento cotidiano.	Quadro e slides.
Aula 7	Avaliar o rendimento dos alunos com base na atividade prática.	Os alunos farão uma atividade proposta pelo professor que conta com diversas gravuras que representam as ondas no cotidiano e identificá-las como ondas mecânicas e eletromagnéticas e falar suas utilidades no cotidiano.	Papel, lápis e canetinhas.
Aula 8	Avaliar a UEPS	Verificar a evolução do conhecimento baseado na criação de um novo mapa pelos alunos e comparando com o anterior	Lápis, folha branca e canetinhas (opcional)

Fonte: o próprio autor (2026).

5 PLANEJAMENTO DAS AULAS

Quadro 2 – Planejamento da aula 1

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2º ano	Aula 01
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Externalizar os conceitos básicos através de mapas conceituais (40 min) • Discutir os resultados dos mapas conceituais (10min)	
Conteúdos: Ondulatória (Ondas eletromagnéticas e mecânicas)	
Atividades de ensino e metodologia: Os alunos irão elaborar um mapa conceitual sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas	
Avaliação: Discussão sobre os resultados dos mapas mentais	
Recursos: Folhas, lápis e pincéis.	
Atividade extraclasse sugerida: Assistir um vídeo sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas. BENFICA, Ítalo. Classificação das ondas quanto à natureza - Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Vídeo. Matemática no Papel, 23 mar. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=AqROM1eXZ8A . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os estudantes: DOUGLAS. <i>Como fazer um mapa conceitual</i> [vídeo]. Lucid Software Português, YouTube, 12 jun. 2018. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: MOREIRA, Marco Antônio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, 2013.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Nessa aula os alunos realizaram o primeiro mapa conceitual, sem ter passado pelo da SD. No final, foi realizada uma breve discussão sobre os resultados, introduzindo a segunda aula que foi feita em seguida.

Quadro 3 – Planejamento da aula 2.

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 02
Tema: Ondulatória	
Objetivos: • Definir ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. • Discutir as diferenças entre os tipos de ondas presentes na natureza. • Esclarecer onde no cotidiano tem a presença de ondas mecânicas ou eletromagnéticas.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.	
Atividades de ensino e metodologia: • Aula expositiva dialogada com o uso de uma apresentação de <i>slides</i> para a definição dos tipos de ondas presentes na natureza (30min) • Esclarecimento sobre onde, no nosso cotidiano, essas ondas estão e como se comportam, onde os alunos terão algumas imagens com alguns cenários e com esse recurso farão a investigação. (15min) • Listagem de tipos de ondas (5 min)	
Avaliação: Listagem de tipos de ondas presentes no dia a dia	
Recursos: Quadro branco e slides	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar na internet em sites como Brasil Escola e Toda Matéria, aparelhos eletrônicos que usam ondas em seu funcionamento. Sugestão de sites: AZEHEB. <i>Física no dia a dia: aparelhos eletrônicos</i> . Azeheb, 10 out. 2019. Disponível em: https://blog.azeheb.com.br/fisica-no-dia-a-dia-aparelhos-eletronicos/ . Acesso em: 20 out. 2025. CIÊNCIA TODO DIA. [Canal do YouTube]. YouTube. Disponível em: https://www.youtube.com/@cienciatododia	
Referências bibliográficas para os estudantes: DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. <i>Física: volume 2 – Termologia, Ondulatória, Óptica</i> . 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 288 p.	
Referências bibliográficas para os professores: NUSSENZVEIG, Moisés. <i>Física básica: volume 2</i> . São Paulo: Edgard Blücher, 2000. Fonte: o próprio autor (2026).	

Quadro 4 – Planejamento da aula 3.

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 03
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Definir velocidade, comprimento de onda e frequência na ondulatória • Identificar conceitos prévios surgidos nos mapas conceituais (produzidos anteriormente) • Debater sobre os conceitos presentes nos mapas conceituais • Comparar os resultados dos mapas conceituais (conhecimento prévio) com o novo conhecimento	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Definição mais detalhada do conceito de ondas mecânicas e de ondas eletromagnéticas (20 min) • Identificação pelos alunos se nos seus mapas contém os significados que foram definidos nessa aula (10 min) • Diálogo sobre os possíveis motivos de alguns conceitos não terem aparecido nos mapas conceituais e questionamento sobre a inserção de os novos conhecimentos, como por exemplo, a definição de luz como onda. (10 minutos) • Encontrar ondas presentes em cenários presentes na atividade.	
Avaliação: Alunos através da atividade dos cenários escreveram em cada cenário, as ondas presentes. E como sugestão foi pedido que os alunos escrevessem numa folha separada os termos que não apareceram em seu primeiro mapa.	
Recursos: Quadro branco e pincéis.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar sobre o funcionamento de um micro-ondas em canais no Youtube de divulgação científica e em sites voltados a educação como o Brasil Escola.	
Referências bibliográficas para os estudantes: LOOS, Pedro. <i>O que é uma onda?</i> [vídeo]. Ciência Todo Dia, YouTube, 24 jul. 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=M2D5-zXID6A&t=84s . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos . São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025; .	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 5 – Planejamento da aula 4

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 4
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Recordar o conceito de onda eletromagnética, especificando sua aplicação à luz. • Descrever os objetivos do experimento, demonstrando o comportamento ondulatório da luz por meio dos fenômenos de interferência e difração. • Ilustrar o comportamento ondulatório da luz, através de uma experimentação	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Serão retomados os conceitos sobre a natureza ondulatória da luz para que os alunos consigam entender o objetivo do experimento. (20 min) • Descrição da montagem do experimento, que tem como objetivo mostrar que a luz apresenta comportamento ondulatório, sendo capaz de sofrer fenômenos como interferência, em que duas ou mais ondas se superpõem, resultando em regiões de reforço ou cancelamento da intensidade, e difração, em que as ondas contornam obstáculos ou passam por fendas, provocando espalhamento e alteração do padrão de propagação. (5 min) • O experimento será executado utilizando um fio de cabelo ou um pente fino (serão utilizados ambos), um laser e um suporte para alinhar o laser com o fio ou o pente. Quando o laser é apontado na direção do fio ou do pente, gera-se um padrão de interferência, característico do comportamento ondulatório das ondas. Assim os alunos conseguirão observar os fenômenos e compreender o comportamento da luz. (15 min) • Discutir e comparar os resultados apresentados pelo fio de cabelo, e pelo pente e quais fatores foram responsáveis pela diferença no padrão de interferência, onde cada grupo (formado previamente), poderá levantar sua hipótese e fazer perguntas ao professor. (10 min)	
Avaliação: Discussão sobre os resultados do experimento.	
Recursos: Quadro branco e pincéis, laser, fio de cabelo, pente fino e aparato.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar na plataforma do Youtube, vídeos de experimentação de interferência e difração com outros tipos de ondas, sugestão ondas sonoras.	
Referências bibliográficas para os estudantes: NOGUEIRA, Geriânio. Interferência e difração da luz utilizando um laser e fio de cabelo. Bora pra Lua! Canal INTERFERÊNCIA E DIFRAÇÃO DA LUZ UTILIZANDO UM LASER E FIO DE CABELO, 18 jan. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=HMI779PZ8EU . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos . São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025., 2019	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 6 – Planejamento da aula 5

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 05
Tema: Ondulatória	
Objetivos: • Revisar os conceitos já trabalhados de ondulatória, ampliando o conhecimento. • Ilustrar ondas eletromagnéticas através do estudo do espectro eletromagnético • Criar através de recursos fornecidos pelo professor seu próprio espectro eletromagnético.	
Conteúdos: Espectro eletromagnético (comprimento de onda, frequência e tipos de ondas eletromagnéticas)	
Atividades de ensino e metodologia: • Contextualização dos conhecimentos de ondas que os alunos possuem com o espectro eletromagnético e análise do comprimento de onda, da velocidade e da frequência e como isso caracteriza as ondas já estudadas. (20 min) • Construção em grupo de uma colagem sobre o espectro eletromagnético utilizando figuras de revistas e jornais e cartolinas pretas no objetivo de criar um fundo para o espectro.	
Avaliação: Análise das colagens, onde o professor vai observar se os alunos entenderam de fato a característica de cada tipo de onda eletromagnética e sua posição no espectro.	
Recursos: Quadro branco, pincéis, cartolinas, revistas, canetinhas e lápis de cor, jornais, tesouras e colas.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar como cada onda eletromagnética é utilizada na sociedade em artigos acadêmicos disponíveis na internet, ou sem sites com conteúdo voltado para educação.	
Referências bibliográficas para os estudantes: RUAS, Carlos. Quer que desenhe? Espectro eletromagnético. Vídeo. Matemática no Papel, 16 dez. 2013. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2010). <i>The Feynman Lectures on Physics</i> , Volume 3. Addison-Wesley.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 7 – Planejamento da aula 6.

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 06
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Descrever onde ondas eletromagnéticas estão presentes no cotidiano dos alunos e suas aplicações. • Relatar como o estudo de ondas eletromagnéticas foi responsável pelo avanço tecnológico. • Comparar o uso das ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas e suas funcionalidades.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Aula expositiva dialogada com o uso de slides para trabalhar como os aparelhos utilizados pelos jovens usam as ondas para seu funcionamento.	
Avaliação: Discussão sobre a finalidade de cada tipo de onda e usos no cotidiano.	
Recursos: Slides, gravuras e folhas de ofício.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar sobre o funcionamento da fibra óptica em sites de divulgação científica e com conteúdo volta a educação e escrever um texto sobre como o estudo de ondas ajudou no avanço da tecnologia de distribuição de internet.	
Referências bibliográficas para os estudantes: IRIGOYEN, Rafael. Física – Ondas e luz: ondas e espectro eletromagnético. Como é bom ser nerd – Pura Física, 3 out. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=coVfbENnzIM . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos . São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025., 2019	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 8 – Planejamento da aula 7

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 07
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Retomar os conceitos previamente aprendidos sobre ondas. • Organizar conceitos sobre a natureza das ondas. • Discutir sobre os resultados apresentados nos textos. • Identificar elementos de ondas mecânicas e eletromagnéticas e suas aplicações.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Separar através da atividade, elementos de ondas mecânicas e eletromagnéticas e citar suas utilidades no cotidiano da sociedade.	
Avaliação: Analisar a montagem da atividade realizados pelos grupos e discutir com os alunos os critérios e resultados.	
Recursos: Folhas de ofício, canetas ou lápis e quadro.	
Atividade extraclasse sugerida: Fazer uma lista sobre palavras-chaves estudadas até o momento	
Referências bibliográficas para os estudantes: THENÓRIO, Iberê. Entenda o Wi-Fi de uma vez por todas. Manual do Mundo, 2 dez. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=V2XW8nxNjcc . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos. São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 9- Planejamento da aula 8

Escola: Escola Estadual	4° Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	Aula 08
Objetivos: • Organizar os conhecimentos sobre ondulatória • Ordenar palavras-chaves sobre ondulatória em um mapa conceitual • Avaliar o conhecimento adquirido pelo aluno desde a primeira aula	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Confecção de um novo mapa conceitual pelos estudantes para que o professor avalie se a aprendizagem foi significativa. (30min) • Comparação entre o mapa conceitual inicial com a versão final pelos estudantes. (20min)	
Avaliação: Discussão e análise sobre os mapas conceituais. Os critérios avaliados serão a inserção de novos conceitos, fez uma nova organização baseada em hierarquia, se ele conseguiu separar o conceito de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas com mais clareza	
Recursos: Folhas de ofício, canetas ou lápis.	
Atividade extraclasse sugerida: Fazer um mapa conceitual sobre Óptica	
Referências bibliográficas para os estudantes: GRACO, Caio. Óptica - 1.1 O que é a luz? (Modelo Clássico em Mapa Conceitual). Viciados em Física, 26 fev. 2016. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v= . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos ..São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025, 2019	

Fonte: o próprio autor (2026).

O planejamento é essencial para a execução da SD, mas como os alunos se comportam e receptam as atividades de forma diversa é importante saber considerar dentro do planejamento o que é mais relevante caso o tempo não seja suficiente.

6 EXPERIMENTO DE DIFRAÇÃO PARA DEMONSTRAR A NATUREZA ONDULATÓRIA DA LUZ

A prática experimental nesse trabalho teve o objetivo demonstrar a natureza ondulatória da luz. Foi um experimento simples, com materiais de baixo custo com a finalidade de se adaptar a vários ambientes escolares, que muitas das vezes não contêm laboratórios e materiais para trabalhar experimentação.

O objetivo principal, era enriquecer a sequência com um experimento que tem a finalidade de esclarecer o comportamento ondulatório da luz, sem tratar do tópico da dualidade da luz. Não trabalhamos esse tópico, mas o experimento serve como base para estender a discussão para assuntos de uma física mais contemporânea.

O experimento foi apenas demonstrativo e foi utilizado para complementar a aula expositiva em que tratamos dos fenômenos ondulatórios. Como a discussão em um certo momento teve o enfoque na luz, a experimentação foi utilizada para trabalhar com os alunos também um pouco do objetivo por trás desse experimento e como ele demonstra através do entendimento de fenômenos ondulatórios como a luz foi classificada como uma onda e está presente no espectro eletromagnético.

Materiais utilizados:

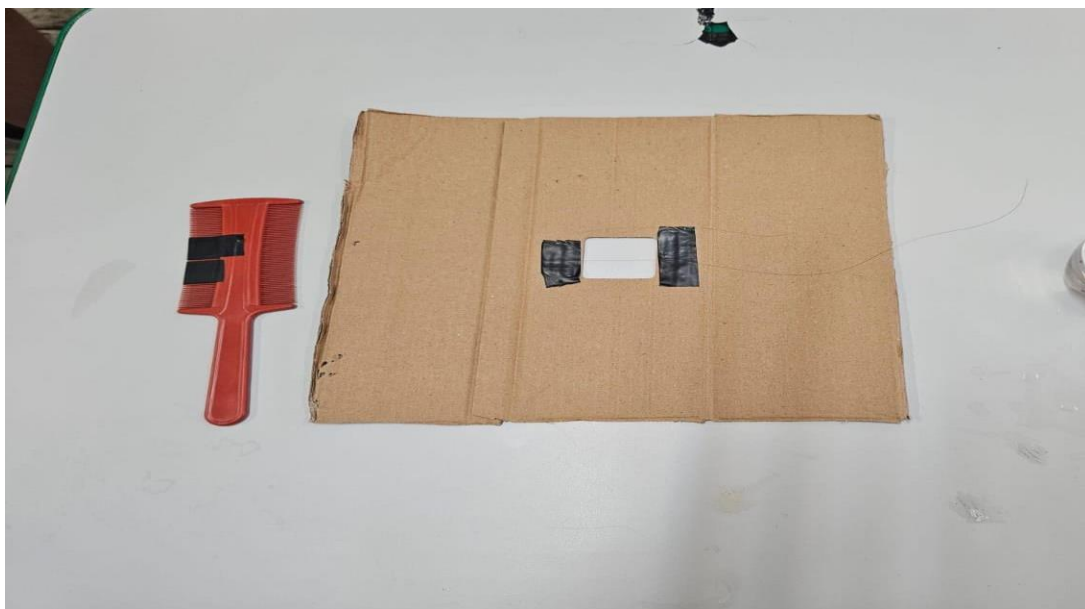
- Papelão (15x15 cm)
- Fita isolante
- Fio de cabelo
- Laser (de preferência verde)
- Pente fino

Desenvolvimento

No papelão foi feito um corte no meio para colar o fio de cabelo com a ajuda de uma fita isolante. Logo após mira-se o laser na direção do fio e como aparato para observar os padrões de interferência, utilizamos o quadro branco e testamos também com a parede da sala. Para complementar resolvemos testar também o mesmo experimento com um pente fio, onde entre duas cerdas foi colocado a fita isolante e os alunos puderam comparar em qual situação os padrões de interferência foram mais

perceptíveis. Como suporte para deixar o laser, e evitar que ele saísse da mira do fio de cabelo foi utilizado a própria caixinha do laser para prendê-lo e alguns livros para que alcançasse a altura do quadro.

Figura 27 – Imagem dos materiais do experimento



Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 28 – Imagem do suporte do laser



Fonte: acervo pessoal (2026).

Não trabalhamos esse experimento com finalidade investigativa, pois o objetivo era apenas demonstrar as franjas de interferências, para que os alunos em seguida a atividade do espectro eletromagnético. Mas deixamos aqui a sugestão em que o educador (a) tenha a oportunidade, possa trabalhar esse experimento em cunho investigativo.

7 CONSTRUÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Uma das principais atividades produzida na SD pelos alunos foi o espectro eletromagnético, onde os próprios alunos em grupo construíram os seus. Foi uma atividade colaborativa e interativa com colagens e pinturas.

Em uma cartolina com fundo preto, os alunos, que já haviam trabalhado com conceitos como frequência, comprimento de onda e o próprio espectro eletromagnético, puderam dispor as figuras que representavam diferentes tipos de ondas, encontradas em revistas. Como orientação, foi sugerido que as imagens fossem organizadas de acordo com a posição que cada onda ocupa no espectro eletromagnético, seguindo uma sequência das ondas de menor frequência para as de maior frequência. Para simbolizar a frequência, receberam um pedaço de barbante, o que possibilitou trabalhar esse conceito e compreender como ela se manifesta para cada tipo de onda.

Em uma última sugestão, colocamos como opção que os alunos podiam desenhar as representações de algumas ondas, caso não as encontrassem nas revistas. E a cartolina foi cortada ao meio, para criar a simulação da faixa do espectro e também para que o material consiga atender a mais grupos.

Materiais utilizados:

- **Cartolina (de preferência preta)**
- **Revistas e jornais**
- **Barbante**
- **Lápis de cor e canetinhas (opcional)**

Figura 29 – Exemplo de uma atividade realizada pelos alunos.



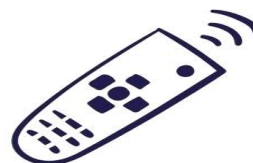
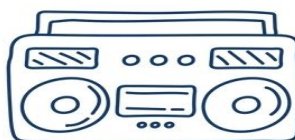
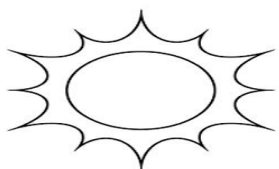
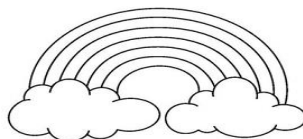
Fonte: o próprio autor (2026).

8 ATIVIDADE DOS CENÁRIOS



Sugestão ao professor: Também é possível solicitar que os alunos, em vez de registrarem as respostas por escrito, realizem as marcações diretamente no cenário, indicando os elementos solicitados por meio de setas, círculos ou legendas. Outra possibilidade é pedir que utilizem cores diferentes para destacar cada conceito trabalhado, facilitando a visualização e a discussão coletiva. Caso a atividade seja desenvolvida em grupos, recomenda-se que os estudantes justifiquem oralmente as marcações realizadas antes da socialização das respostas, permitindo ao professor identificar possíveis concepções alternativas e promover intervenções quando necessário.

9 ATIVIDADE PARA DIFERENCIAR ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS



Sugestão ao professor: O uso das imagens fornecidas não é obrigatório. Caso disponha de revistas, jornais ou outros materiais ilustrados, o professor pode solicitar que os próprios alunos realizem a busca e o recorte de imagens que representem diferentes tipos de ondas. Como complemento à atividade, pode ainda pedir que os estudantes organizem as imagens de acordo com a posição que cada onda ocupa no espectro eletromagnético e indiquem aplicações de cada uma delas no cotidiano, relacionando-as a situações ou tecnologias conhecidas. Essas adaptações tornam a atividade mais participativa, favorecem a contextualização dos conceitos e possibilitam uma maior aproximação entre o conteúdo estudado e a realidade dos alunos.

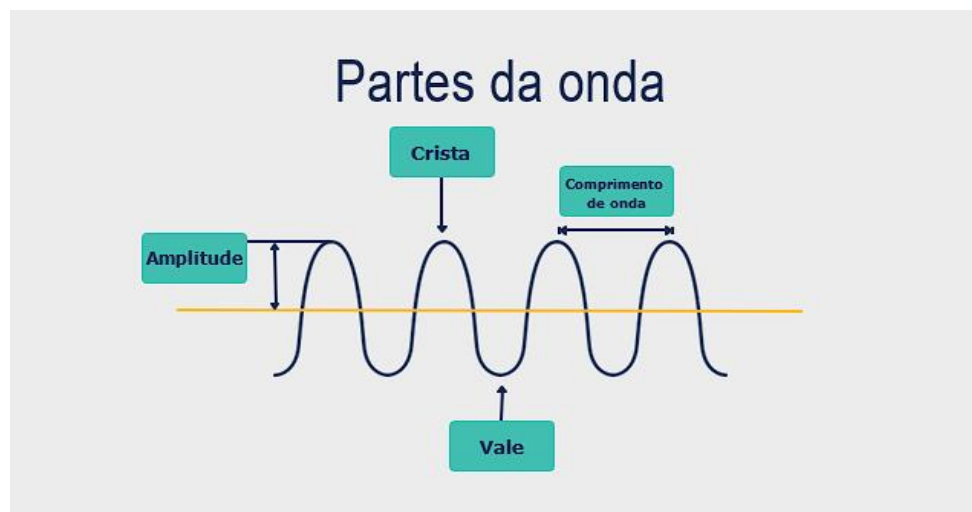
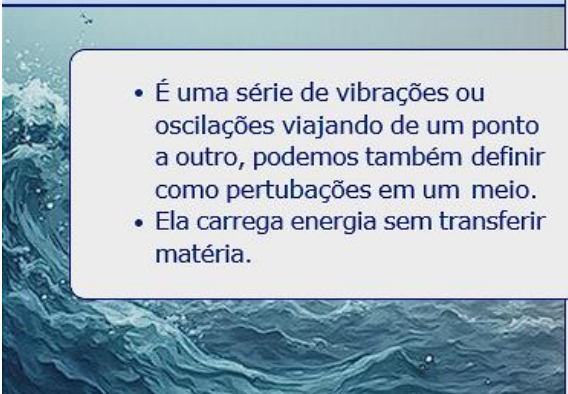
10 SLIDES DA AULA 2 DE ONDAS E PROPRIEDADES



O que é uma onda?

- É uma série de vibrações ou oscilações viajando de um ponto a outro, podemos também definir como perturbações em um meio.
- Ela carrega energia sem transferir matéria.

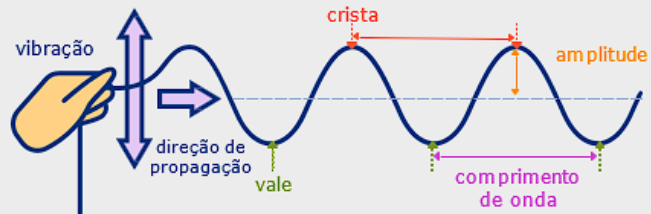
Uma pequena gota caindo sobre uma superfície de água pode criar ondulações.



TIPOS DE ONDAS:

Onda transversal

as vibrações das partículas são **perpendiculares** à direção de propagação



TIPOS DE ONDAS:

Onda longitudinal

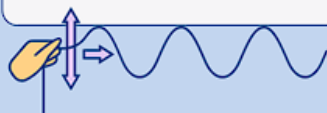
as vibrações das partículas são **paralelas** à direção de propagação



Exemplos de ondas

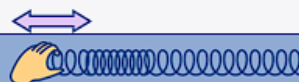
Transversal

- luz
- mola se movendo para cima e para baixo;
- ondas S



Longitudinal

- ondas sonoras;
- mola se movendo de um lado para o outro;
- ondas P

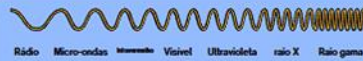


Ondas Eletromagnéticas

Ondas eletromagnéticas são ondas transversais. Caracterizam-se por campos elétricos e magnéticos oscilantes em ângulos retos em relação à direção de propagação da onda. Essas ondas viajam a uma velocidade de $3,0 \times 10^8$ m/s no vácuo.



O espectro eletromagnético pode ser dividido em sete grupos: ondas de rádio, micro-ondas, luz infravermelha, luz visível, luz ultravioleta, raios X e raios gama.



A divisão entre algumas categorias é distinta, mas algumas faixas se sobrepõem (por exemplo, infravermelho, visível e ultravioleta)

Ondas Mecânicas

Necessitam de meio material para se propagarem (sólido, líquido, ou gasoso). Podem ser transversais, como por exemplo quando se joga um objeto na superfície de um lago, ou longitudinais como o som.

8



Direção de propagação:

- Unidimensionais: ondas que se propagam em apenas uma direção
- Bidimensionais: são aquelas que se propagam por uma superfície,
- Tridimensionais: se propagam em todas as dimensões.



TIPOS DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Ondas de rádio



Micro-ondas

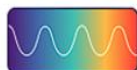


Infravermelho



Luz visível

TIPOS DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Luz visível



Ultravioleta

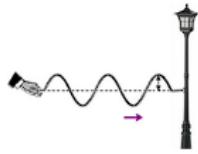
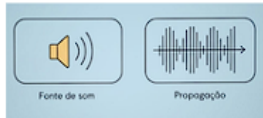


Radiação X

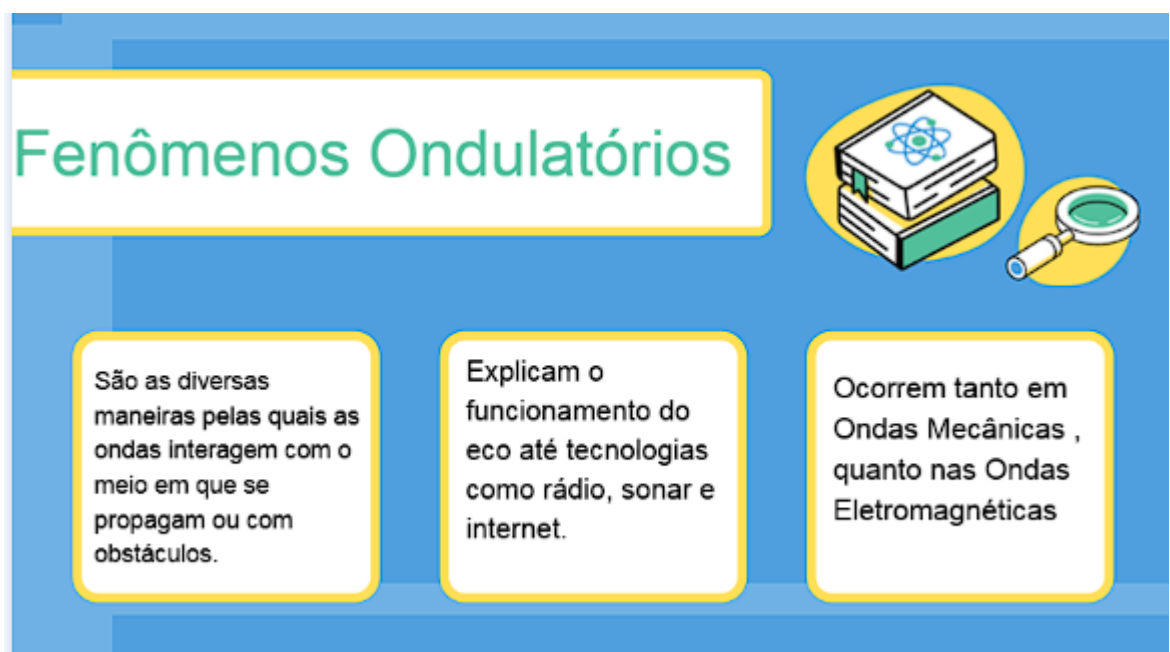


Raio gama

TIPOS DE ONDAS MECÂNICAS



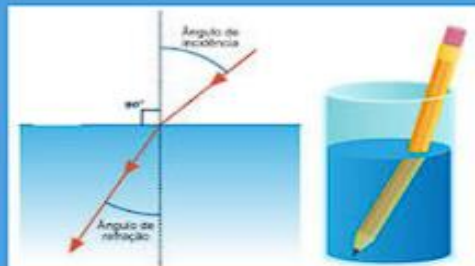
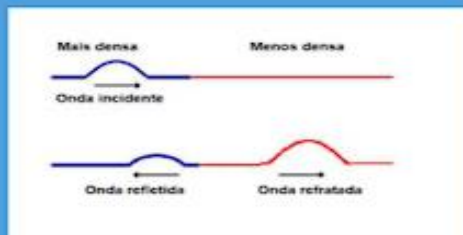
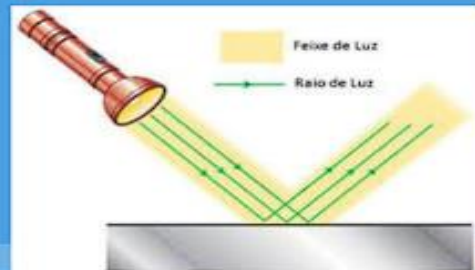
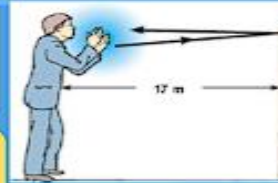
11 SLIDES DA AULA 4 DE FENÔMENOS E APLICAÇÕES



Reflexão

É o fenômeno em que uma onda, ao atingir a superfície de separação entre dois meios, retorna ao meio de onde veio.

- **Princípio:** A frequência (f), a velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) não se alteram.
- **Exemplos:** O eco (reflexão do som) e a formação de imagens em espelhos (reflexão da luz).



refração

É a passagem de uma onda de um meio de propagação para outro, onde sua velocidade de propagação muda.

- **Princípio:** A frequência (f) se mantém constante, pois depende apenas da fonte emissora. A velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) são alterados.
- **Exemplos:** O desvio da luz ao passar do ar para a água, fazendo um objeto parecer "quebrado" ou em uma posição diferente.

Difração

É a capacidade de uma onda de contornar obstáculos ou se espalhar após passar por fendas ou aberturas.

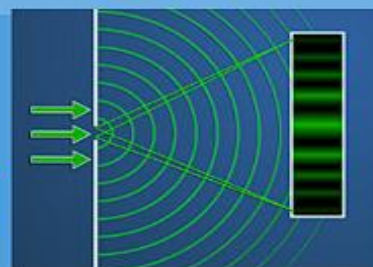
- **Princípio:** A difração é mais evidente quando o comprimento de onda (λ) é da mesma ordem de grandeza da dimensão do obstáculo ou da fenda.
- **Exemplos:** Conseguimos ouvir o som de uma sala mesmo que a porta esteja apenas entreaberta.



Interferência

É o fenômeno da superposição de duas ou mais ondas no mesmo ponto do espaço e ao mesmo tempo. A amplitude da onda resultante é a soma algébrica das amplitudes das ondas que se superpõem.

- **Interferência Construtiva:** Ocorre quando crista encontra crista ou vale encontra vale. A amplitude resultante é máxima.
- **Interferência Destrutiva:** Ocorre quando crista encontra vale. A amplitude resultante é mínima (pode ser zero, anulando a onda).
- **Exemplos:** Fones de ouvido com cancelamento de ruído (interferência destrutiva) e os spots de som mais altos e mais baixos em um auditório.



Aplicações



Internet

Música

Medicina

Eletrodomésticos

Lazer

Sonar



4G

5G

Ondas de Rádio

A difração das ondas de rádio é um dos fenômenos mais cruciais para as telecomunicações, pois é o que permite que os sinais de rádio e TV (e até mesmo o Wi-Fi) contornem obstáculos como edifícios, montanhas e colinas, alcançando receptores que não estão em linha reta com a antena emissora.

Micro-Ondas

A reflexão ocorre quando uma micro-onda (que é uma onda eletromagnética de alta frequência e curto comprimento de onda) encontra uma superfície e retorna ao meio de origem, sem ter sua frequência alterada.

Superfícies Refletoras: As micro-ondas são mais eficientemente refletidas por materiais que possuem alta condutividade elétrica.

- **Metais:** A reflexão é quase total. É por isso que o interior do forno de micro-ondas é de metal (para manter a energia dentro) e é proibido usar objetos metálicos dentro dele.
- **Água e Terra Úmida:** Também são boas refletoras, o que influencia os sistemas de comunicação baseados no solo.



Infravermelho

O infravermelho (IV) é uma forma de radiação eletromagnética que possui um comprimento de onda maior do que o da luz visível e menor do que o das micro-ondas.

Sua característica mais importante é que a radiação infravermelha está intimamente ligada ao calor ou à energia térmica.



Raio x

Os Raios X são uma forma de radiação eletromagnética de alta energia, localizados no espectro eletromagnético entre os raios ultravioleta e os raios gama.

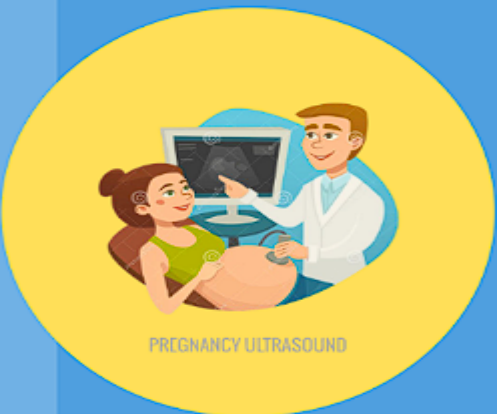
Eles são mais conhecidos por sua aplicação na medicina diagnóstica, devido à sua capacidade de penetrar a maioria dos materiais e tecidos biológicos.





Raios gama

Os Raios Gama são a forma de radiação eletromagnética com a maior energia, maior frequência e o menor comprimento de onda em todo o espectro eletromagnético. Eles são, em sua maioria, produzidos por eventos nucleares e são extremamente ionizantes e penetrantes.



Ultrassom

O aparelho envia ondas sonoras de alta frequência que refletem em órgãos e tecidos, permitindo a criação de imagens de bebês e estruturas internas.

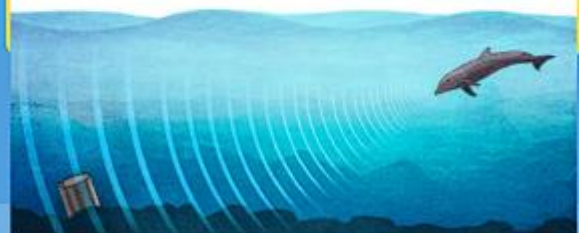
O ultrassom está numa frequência que os humanos não conseguem ouvir, pois a audição humana está limitada 20 Hertz (Hz) 20.000\$ Hertz (20 Hz).



Sonar

Usado em navios para medir a profundidade do oceano ou detectar objetos submersos. Envia pulsos sonoros e mede o tempo que o eco leva para retornar.

Na natureza alguns animais utilizam esse recurso para se locomoverem, como os morcegos e golfinhos.





The illustration shows a man in a suit standing on the left, holding a megaphone and speaking into it. A sound wave is depicted as a curved line passing around a corner. On the right, a man in a red shirt and a woman in a green dress are standing and talking. The scene is set in a room with a yellow circular background.

Fofoca

O som (uma onda longitudinal mecânica) contorna obstáculos como quinas de paredes, permitindo que você ouça uma conversa mesmo que a pessoa esteja fora do seu campo de visão.



The illustration shows a collection of musical instruments. At the top left, a man in a black hat and red shirt is playing a guitar. To his right, a woman in a red dress is playing a violin. Below them, there is a trumpet, a drum, a guitar, and a xylophone. The scene is set in a room with a yellow circular background.

Instrumentos musicais

A ressonância faz com que as cordas ou colunas de ar de um instrumento vibrem com amplitude máxima em certas frequências, produzindo notas musicais.



The illustration shows a man in a red and black striped shirt singing into a microphone. He is holding the microphone with his right hand and gesturing with his left hand. The scene is set in a room with a yellow circular background.

Canto

Cantar é a arte de produzir sons musicais usando a voz, através do uso coordenado da respiração, das cordas vocais e dos ressonadores (como a boca e as cavidades nasais).

Férias



Uma caixa de som (ou alto-falante) é um dispositivo eletroacústico cuja função é converter sinais elétricos (a energia da música ou da fala) em ondas sonoras (energia mecânica) que o ouvido humano pode perceber.



Fim!!!

