

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL**

**RITA DANIELA DIETERICH DOS SANTOS**

**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA PROMOVER  
A APRENDIZAGEM DE ONDULATÓRIA NO ENSINO MÉDIO**

**CAXIAS DO SUL, RS  
DEZEMBRO  
2022**

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA PROMOVER  
A APRENDIZAGEM DE ONDULATÓRIA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, sob a orientação do Prof. Dr. Odilon Giovannini Júnior, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

**CAXIAS DO SUL**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

S237u Santos, Rita Daniela Dieterich dos

Uma unidade de ensino potencialmente significativa para promover a aprendizagem de ondulatória no ensino médio [recurso eletrônico] / Rita Daniela Dieterich dos Santos. – 2022.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2022.

Orientação: Odilon Giovannini Júnior.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Física - Estudo e ensino. 2. Aprendizagem. 3. Ensino médio. I. Giovannini Júnior, Odilon, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 53:37

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)  
Carolina Machado Quadros - CRB 10/2236

**RITA DANIELA DIETERICH DOS SANTOS**

**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA PROMOVER  
A APRENDIZAGEM DE ONDULATÓRIA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

**Aprovado em 19/12/2022**

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Italo Gabriel Neide  
UNIVATES

---

Prof. Dr. Alexandre Mesquita  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

## RESUMO

Atualmente, muitas pesquisas voltadas ao ensino de Física têm sido realizadas em programas acadêmicos e profissionais. Um desafio, entre tantos outros relacionados aos fenômenos educacionais, tem sido compreender as dificuldades no ensino e na aprendizagem e, a partir dos resultados da pesquisa, propiciar ações pedagógicas que visam conquistar o interesse dos alunos para as aulas de Física. Nota-se, na prática docente, que há um certo desinteresse dos alunos pelo aprendizado em Física e também em outras disciplinas como Química e Matemática, pois os alunos chegam ao Ensino Médio e assistem aulas demasiadamente expositivas, predominantemente com uso da lousa, descontextualizada e que não consideram os conhecimentos prévios dos alunos, prejudicando, assim, o desejo mais natural do ser humano que é o de aprender coisas novas. Nesta perspectiva, o presente estudo é uma tentativa de criar um ambiente atrativo para o ensino de Física, que contribua para tornar o aluno participativo nas aulas, com um caráter investigativo e crítico através do uso de atividades experimentais e situações problemas em Ondulatória para promover a aprendizagem significativa. Para tanto, realizou-se uma pesquisa em uma turma do segundo ano do Ensino Médio da rede privada, na escola de atuação da professora pesquisadora, na qual havia 34 alunos matriculados. A aplicação da proposta de intervenção ocorreu nas aulas de Física, no período de outubro a novembro de 2021. Elaborou-se uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), na qual uma sequência de atividades voltadas ao ensino de Ondulatória foram propostas para promover a aprendizagem significativa dos estudantes. A partir da análise dos dados obtidos por meio de diversos instrumentos de coleta identificou-se que os estudantes participaram ativamente das atividades experimentais, debateram os resultados entre eles e responderam testes individualmente e em grupo contribuindo para a aquisição de conhecimento de Ondulatória e promovendo, em certo grau, a aprendizagem significativa. Como resultado da pesquisa realizada foi elaborado um produto educacional que consiste em um material de apoio pedagógico, com planos de aulas organizados e estruturados na forma de uma UEPS, envolvendo atividades experimentais, uso de simulações e situações problemas que podem contribuir para o aprimoramento dos processos de ensino e de aprendizagem.

**Palavras-chave: Ensino de Física, Aprendizagem Significativa, UEPS, Fenômenos Ondulatórios.**

## **ABSTRACT**

Currently a lot of researches have been made in the academic field in Physics teaching. The challenge has been, among others, to understand and provide pedagogical actions that aim to capture the interest of students for Physics classes because both social networks and news, scientific and entertainment, through numerous resources, images, videos and simulations associated with physical phenomena and with a strong visual appeal are shared. It is seen, in teaching practice, that there is a lack of interest of the students in learning Physics and also in other disciplines such as Chemistry and math, because students reach high school and attend classes too expository, predominantly using the blackboard, decontextualized and that do not consider the students' prior knowledge, thus harming the most natural desire of human beings, which is to learn new things. In this perspective, the present study is an attempt to create an attractive environment for the teaching of Physics, which contributes to make the student participatory in classes, with an investigative and critical character through the use of experimental activities and problem situations in wave Physics to promote meaningful learning. The research was developed in a class of the second grade of high school in the private network, in the school where the researcher teacher works, in which there were 34 students enrolled. The application of the intervention proposal took place in Physics classes, from October to November 2021. A Potentially Meaningful Teaching Unit (UEPS) was elaborated, in which a sequence of activities aimed at teaching wave Physics were proposed to promote meaningful learning for the students. From the analysis of the data obtained through various collection instruments, it was identified that the students actively participated in the experimental activities, discussed the results among themselves and answered tests individually and in groups, contributing to the acquisition of knowledge of wave Physics and promoting, to a certain degree, meaningful learning. As a result of the research, It was created an educational product which consists of pedagogical support material, with organized lesson plans and structured in the form of a UEPS, involving experimental activities, the use of simulations and problem situations that can contribute to the improvement of teaching and learning processes.

**Keywords: Physics Teaching, Meaningful Learning, UEPS, Wave Phenomena.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagens do simulador comparando o pulso para diferentes frequências. ....	27
Figura 2 – Alunos realizando a atividade 1. ....	29
Figura 3 – Alunos confeccionando a atividade 2. ....	30
Figura 4 – Kits da atividade prática (um motor 6 Volts, pilhas, destorcedor de anzóis, barbante e fio condutor para conectar as pilhas com o motor). ....	33
Figura 5 – Algumas respostas dos estudantes para a Questão 1. ....	45
Figura 6 – Atividade experimental sobre ondas estacionárias. ....	48
Figura 7 – Barbante após o uso. . ....	51
Figura 8 – Questão 1 do quiz interativo. ....	52
Figura 9 – Questão 2 do quiz interativo. ....	53
Figura 10 – Questão 3 do quiz interativo. ....	53
Figura 11 – Questão 4 do quiz interativo. ....	54
Figura 12 – Questão 5 do quiz interativo. ....	54
Figura 13 – Questão 6 do quiz interativo. ....	55
Figura 14 – Questão 7 do quiz interativo. ....	55
Figura 15 – Questão 8 do quiz interativo. ....	56
Figura 16 – Questão 9 do quiz interativo. ....	56
Figura 17 – Questão 10 do quiz interativo. ....	56
Figura 18 – Questão 11 do quiz interativo. ....	57
Figura 19 – Questão 12 do quiz interativo. ....	57
Figura 20 – Questão 13 do quiz interativo. ....	58
Figura 21 – Questão 14 do quiz interativo. ....	58
Figura 22 – Exercícios sobre ondulatória. ....	59
Figura 23 – Recortes de algumas respostas da Questão 1. ....	59
Figura 24 – Recortes de algumas respostas da Questões 2 e 3. ....	60
Figura 25 – Frequência das respostas dos alunos para a Questão 1. ....	62
Figura 26 – Frequência das respostas dos alunos para a Questão 2. ....	63
Figura 27 – Frequência das respostas dos alunos para a Questão 3. ....	64
Figura 28 – Frequência das respostas dos alunos para a Questão 4. ....	65
Figura 29 – Frequência das respostas dos alunos para a Questão 6. ....	66
Figura 30 – Questões da avaliação e autoavaliação e frequência das resposta dos alunos. ....	67
Figura 31 – Algumas respostas dos alunos da autoavaliação.. ....	68

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Passos para a construção de uma UEPS.....</b>	<b>20</b>
<b>Quadro 2 – Indicadores de aprendizagem Colégio Sagrado Coração de Jesus .....</b>	<b>24</b>
<b>Quadro 3 – Síntese dos encontros realizados na UEPS .....</b>	<b>25</b>



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Amplitude Modulada
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FM	Frequência Modulada
G	Giga
GAD	Grupos com Atividades Diferentes
GHz	Gigahertz
Hz	Hertz
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
MHz	Megahertz
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
Phet	Physics Education Technology
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel .....	14
2.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS .....	19
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	21
3.1. Caracterização da pesquisa.....	21
3.2. Contexto da pesquisa.....	22
3.3. Instrumentos de coleta de dados .....	22
3.4. Técnicas de análise de dados .....	23
3.5. Desenvolvimento da pesquisa .....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5. PRODUTO EDUCACIONAL .....	70
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	71
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
8. APÊNDICE A.....	74
9. APÊNDICE B.....	75
10. APÊNDICE C.....	76
11. APÊNDICE D.....	77
APÊNDICE E.....	79
12. APÊNDICE F .....	81
13. APÊNDICE G .....	844
14. APÊNDICE H.....	85
15. ANEXO A .....	114

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos do Ensino Médio por muito anos foi a preparação do estudante para ingressar no Ensino Superior, a aprovação no vestibular e mais, recentemente, para o ENEM. Porém, algumas mudanças aconteceram no sistema educacional brasileiro a partir do Novo Ensino Médio (<https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio>), em 2017, e as implementações dessas mudanças ainda estão em curso para que haja uma ampliação na formação esperada dos egressos do Ensino Médio. Segundo a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), o Ensino Médio não deve somente proporcionar o desenvolvimento de habilidades específicas para o trabalho, mas também habilidades para inserir o jovem na sociedade atual.

Uma formação mais ampla e integral dos estudantes é um assunto debatido entre pesquisadores há vários anos. Kawamura e Housome (2003) defendem uma educação para a cidadania voltado à promoção do desenvolvimento dos alunos incluindo temas mais atuais no mundo contemporâneo. No ensino de Física, por exemplo, é possível promover essa mudança abordando temas que permitam compreender as telecomunicações, a internet, a área de diagnósticos médicos e ainda as questões ambientais, entre outros. Para tanto, o professor pode transformar o ambiente de ensino definindo metas para a utilização de estratégias pedagógicas que tomam como referência o que um estudante precisará saber para atuar e viver solidariamente em um mundo tecnológico, complexo e em transformação.

Moreira (2000), no entanto, aponta que com aulas tradicionais, baseadas na instrução programadas, utilizando testagem das provas, questões, exames locais, nacionais e internacionais, a disciplina de Física é vista pelos alunos como um componente de difícil compreensão e sem ligação com a realidade, refletindo no desinteresse e dificuldades de aprendizado dos conteúdos. Moreira (2000) relata, ainda, a preocupação dos professores de Física em ensinarem somente para provas e resolução de questões tornando o ensino como algo abstrato, longe do cotidiano dos alunos, gerando desinteresse no conhecimento e preocupação somente com as notas finais. Dessa forma, após a aplicação das avaliações, os assuntos que foram estudados serão esquecidos, pois não tiveram significado para o estudante, representando, assim, uma aprendizagem mecânica e efêmera.

Diante disso, há uma necessidade de se propor alternativas no ensino, em particular, no ensino de Física, para atender aos objetivos de aprendizagem dos estudantes expressos nos documentos oficiais, como a BNCC (BRASIL, 2018).

Os estudantes chegam ao Ensino Médio com conhecimentos adquiridos ao longo de suas vidas e, neste sentido, os conhecimentos prévios dos alunos podem facilitar a aprendizagem dos estudantes. David Ausubel, pesquisador em Psicologia da Educação do século XX, a partir de suas pesquisas, identificou a importância dos conhecimentos prévios para a construção do conhecimento e formulou a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003).

A aprendizagem significativa, de acordo com Ausubel (2003), ocorre por meio da interação não arbitrária e não literal entre novos conhecimentos e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dando, a partir dessa interação, origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos são, também eles, obrigatoriamente únicos. Nesse sentido, o significado atribuído pelo estudante aos novos conhecimentos resulta de um processo cognitivo do indivíduo.

Nesta perspectiva, atividades experimentais e práticas possuem significativa relevância para o ensino e a aprendizagem em Física (GAMA JÚNIOR; NEIDE; MOREIRA, 2021), pois desafiam o estudante a relacionar as ideias existentes na sua estrutura cognitiva com os novos conhecimentos. Com isso, as atividades experimentais, nas qual o estudante interage com materiais e utiliza métodos de observação, registro e análise para compreender os fenômenos naturais, podem tornar as aulas de física mais atrativas para que os estudantes manifestem vontade para construir o conhecimento científico (CARVALHO, 2010).

Como sugere Moreira (2012), uma forma de promover a aprendizagem significativa dos estudantes é por meio da aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS. A UEPS é uma sequência didática fundamentada nos princípios que regem a Teoria de Aprendizagem Significativa. Assim, nesta investigação, construiu-se uma UEPS com atividades experimentais e práticas complementadas com situações problemas, que será detalhada mais adiante.

Conforme Wesendonk (2016), existe um amplo debate sobre a utilização das atividades experimentais ou práticas no ensino de Física, consideradas como um importante recurso didático para facilitar a aprendizagem, (OLIVEIRA; CASSAB; SELLES, 2012; LOPES, 2004; ARAÚJO; ABIB, 2003; GALIAZZI et al., 2001, entre

outros). Sendo importante para os processos de ensino e de aprendizagem, o crescente estudo da experimentação nos mostra a importância desse recurso como alternativa didática às aulas expositivas.

Observa-se, assim, que para os conceitos serem assimilados pelos educandos o professor precisa utilizar uma linguagem ou meios adequados, para estimular a participação do aluno, despertar curiosidade e interesse, criando um ambiente mais agradável e com situações desafiadoras, tornando o sujeito ativo, participando de todos os processos, fugindo de roteiros prontos e de aulas apenas expositivas. E as atividades experimentais podem contribuir para facilitar a assimilação de conceitos pelos alunos.

Neste sentido, para o ensino de Física não ser restrito à aquisição do conhecimento para uma prova ou para seguir roteiros prontos, os estudantes precisam levar o conhecimento construído para a vida, além do ambiente escolar, ou seja, fazer sentido para o aluno promovendo a Aprendizagem Significativa.

Entre os vários tópicos de Física para o Ensino Médio, o de Ondulatória está entre aqueles que pode ser ensinado explorando suas aplicações em situações reais. O ensino de Ondulatória, e de outros conteúdos de Física, não pode se restringir ao quadro e giz sob o risco, quase certo, de torna-lo desinteressante para se aprender. Atividades experimentais e demonstrações práticas, por exemplo, podem contribuir para facilitar a aprendizagem dos conceitos relacionados ao movimento ondulatório. Por exemplo, Souza (2021) em sua dissertação do mestrado profissional em Ensino de Física, desenvolveu uma sequência didática para promover a aprendizagem dos alunos em Ondulatória por meio de atividades experimentais. Santos (2020) utilizou atividades lúdicas e experimentais como ferramenta didática para auxiliar as aulas de Física e torná-las mais significativa para seus alunos.

Uma forma de promover a aprendizagem significativa, como sugere Moreira (2012), é por meio da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. A UEPS, que será detalhada mais adiante, é uma sequência didática fundamentada na Teoria de Aprendizagem Significativa.

Assim, diante do cenário acima descrito, essa investigação buscou responder a seguinte questão de pesquisa: De que forma uma sequência didática com atividades experimentais e demonstrações práticas no ensino de Ondulatória podem contribuir para promover a aprendizagem significativa dos estudantes do Ensino Médio?

Dessa forma, o objetivo geral desta investigação foi criar um ambiente dinâmico e atrativo para o ensino de Ondulatória para estimular o protagonismo do aluno nas aulas através do uso de atividades experimentais e demonstrações práticas visando promover a aprendizagem significativa.

Os objetivos específicos que auxiliaram na execução desta pesquisa foram, então: i) elaborar uma UEPS de Ondulatória; ii) aplicar a UEPS em uma turma de segundo do Ensino Médio; iii) avaliar a ocorrência de aprendizagem significativa; e iv) gerar, como produto educacional, um guia didático com a descrição da UEPS desenvolvida nesta pesquisa e disponibilizá-la aos professores do Ensino Médio.

Para alcançar os objetivos propostos, elaborou-se uma sequência didática na forma de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (MOREIRA, 2012) e que foi aplicada em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, na escola da rede privada de atuação da professora pesquisadora.

A professora pesquisadora possui licenciatura em Física pelo Instituto Federal do Rio Grande do Sul (2013), pedagogia pelo Centro Universitário Internacional (2020), especialização em Organização do trabalho pedagógico: Supervisão escolar, pelo Centro Universitário Internacional (2017) e especialização em Novas tecnologias aplicadas à educação, pela Faculdade Dom Alberto (2019), atua como professora do Ensino Médio na rede pública de ensino do estado do Rio Grande do Sul desde 2014 e na rede de ensino privado desde 2015.

No texto, a seguir, apresenta-se o referencial teórico, os procedimentos metodológicos que nortearam o desenvolvimento desta investigação, a análise e a discussão dos resultados obtidos da aplicação da proposta de intervenção pedagógica, a proposta de produto educacional gerado a partir da avaliação realizada e encerra-se com as considerações finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O embasamento teórico que fundamenta essa pesquisa em ensino de física é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), desenvolvida por David P. Ausubel na década de 60 (AUSUBEL, 2003). Nesta perspectiva, para promover a aprendizagem significativa dos estudantes elaborou-se uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que é uma sequência didática fundamentada na TAS, para promover a aprendizagem dos estudantes em Ondulatória.

Nesta seção, apresenta-se, inicialmente, os principais aspectos da TAS e, em seguida, descreve-se a estrutura de uma UEPS.

### 2.1. Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A concepção de que o educando é um mero receptor do conhecimento e esse é transmitido pelo detentor, no caso o professor, foi algo que incomodou e de certa forma decepcionou a educação que David Paul Ausubel (1918 - 2018) recebeu, mas, por outro lado, o motivou a se dedicar na busca do entendimento dos processos que envolvem a educação.

Com a publicação do livro “The psychology of meaningful verbal learning”, Ausubel, em 1963, apresentou formalmente a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Na TAS, conforme um novo conteúdo é incorporado às estruturas do conhecimento de um educando e adquire significado pessoal a partir da relação com seus conhecimentos prévios transformando em uma aprendizagem significativa.

Para Ausubel (2003), portanto, o conhecimento prévio é o fator principal de sua teoria:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso os seus ensinamentos. (AUSUBEL, 2003, p. 20)

De acordo com Moreira e Masini (2009), a aprendizagem significativa é um processo mediador entre uma nova informação (que se configura a um novo conhecimento) se relacionando de maneira não arbitrária (existe uma relação com o antigo) e não literal (sem memorização) com algum conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, ampliando e reconfigurando o

conhecimento, ou seja, ancorando as novas aprendizagens aos conhecimentos prévios de sua estrutura significativa.

De forma resumida, a aprendizagem significativa é a relação do que está sendo aprendido com o que o indivíduo já sabe, ou seja, seu conhecimento prévio. Os conhecimentos prévios, também chamados de subsunçores, podem ser mais completos ou específicos que os novos conhecimentos a serem estudados e ainda podem ser alterados e reorganizados durante o processo de construção do conhecimento. Nesse sentido, o conceito subsunçor ou subsunçores são estruturas de conhecimento específicos da estrutura cognitiva.

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados, é caracterizada por dois processos dinâmicos principais, a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora*.

A *diferenciação progressiva* é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor resultante da sucessiva utilização desse subsunçor. Através de sucessivas interações, um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas (MOREIRA, 2011).

A *reconciliação integradora*, ou *integrativa*, por sua vez, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados e fazer superordenações.

Quando se aprende de maneira significativa tem-se que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferencia-se cada vez mais os significados, acaba-se por perceber tudo diferente. Se somente integra-se os significados indefinidamente, termina-se percebendo tudo igual. Os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas parecem ocorrer com intensidades distintas (MOREIRA, 2011).

Nesse sentido, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos da dinâmica da estrutura cognitiva e que, necessariamente, precisam ocorrer para que o estudante possa atribuir significado ao conteúdo da matéria de ensino.

Pode-se apresentar, como exemplo, a aprendizagem significativa da cinemática que requer indispensavelmente os subsunçores referentes à velocidade, deslocamento



e tempo. Contudo, ao aprender significativamente cinemática, os conhecimentos referentes a velocidade, deslocamento e tempo reorganizam-se de forma a possuírem um significado mais amplo, ou seja, os subsunçores são modificados e reorganizados devido às interações com os novos conhecimentos que encaminham o aprendiz a ressignificação desses conceitos e ampliando o conhecimento.

Para Moreira (2011), de maneira simples, subsunçores são conhecimentos específicos que existem na estrutura de conhecimentos do indivíduo, permitindo significados a um novo conhecimento, que dependerá dos conhecimentos prévios relevantes para a interação entre eles. Esse novo conhecimento pode ser apresentado ao indivíduo ou por ele descoberto, e essa ancoragem vai depender da existência de conhecimentos prévios relevantes para a assimilação.

Quando o indivíduo não consegue realizar a assimilação, uma ancoragem do novo com algo que conhece, acontece a aprendizagem mecânica, ou seja, uma aprendizagem literal com repetição e memorização de forma arbitrária, sem nenhuma relação com os conhecimentos prévios. Ausubel era contra uma aprendizagem puramente mecânica, porém em casos de conceitos inteiramente novos haverá uma aprendizagem literal que posteriormente se transformará em significativa.

De acordo com Ausubel (2003), a partir da estrutura cognitiva, existem as seguintes condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa:

- 1) o material de aprendizagem de ser potencialmente significativo;
- 2) o educando ter a predisposição para relacionar o novo conhecimento com aquele já existente.

O material instrucional é potencialmente significativo pois é o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e a predisposição para aprender não se refere a alunos motivados e que gostem do objeto de estudo, mas sim a possibilidade de estabelecer uma relação com o novo conhecimento. Qualquer material pode ser significativo, vai depender do significado atribuído pelo aluno. Por exemplo, incentivar a experimentação em sala de aula aguça a curiosidade e dá continuidade para questionamentos e resoluções de temas pertinentes. Dessa forma, o novo ganha novos significados, se integra e se diferencia em relação aos significados existentes e assimila com novos conhecimentos, pois os conhecimentos prévios ou ideias âncoras podem ser mais completos que os novos conhecimentos e serem modificados para serem reorganizados de maneira significativa.

Quando o indivíduo não faz ligações do que está aprendendo com os seus conhecimentos prévios o tipo de conhecimento é mecânico; por exemplo, ao decorar que a divisão do deslocamento pelo tempo decorrido é a velocidade, mas se esse aluno perceber que quanto mais rápido ele percorre o mesmo deslocamento ou no mesmo intervalo de tempo ele percorre um deslocamento maior, faz assimilações e desenvolve uma aprendizagem significativa na definição de uma velocidade. Para que ocorra a Aprendizagem Significativa o educador deve atuar como mediador, questionando e gerando oportunidades que transcendam a sala de aula.

Se o educando não possui subsunçores adequados para a nova ancoragem, sugere-se a utilização de organizadores prévios. Para Moreira e Masini (2009) organizadores prévios são pontes de ligações entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber, reorganizando a estrutura cognitiva para que aprenda de maneira significativa. Ausubel et al. (1980) afirmam:

A principal função do organizador está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta. (Ausubel et al, 1980, p. 144).

De acordo com a maneira que o aluno recebe os conteúdos, a aprendizagem significativa ocorre de duas maneiras, por recepção e por descoberta (MOREIRA, 2010). Na aprendizagem por recepção a informação é passada de forma acabada, o aluno recebe a informação, como em uma aula expositiva, por exemplo e deve relacionar as ideias assimilando na sua estrutura cognitiva. E na aprendizagem por descoberta, o aluno aprende sozinho, inicialmente ele descobre o que vai aprender, e assim assimila o conhecimento. De acordo com Moreira (2010), aprender por recepção ou por descoberta não leva a necessariamente à Aprendizagem Significativa, pois recepção e descoberta não constituem uma dicotomia.

Moreira (2010) afirma que Ausubel articula de três formas diferentes de Aprendizagem Significativa: por subordinação, por superordenação e combinatória.

A subordinação ocorre quando os conceitos interagem com novos conhecimentos que servem de base para a atribuição de novos significados que também se modificam, existindo progressivamente subsunçores bem organizados e que, por sua vez, servem de âncoras para a aquisição de novos conhecimentos.

A divisão da aprendizagem por subordinação pode acontecer segundo duas formas: derivativa e correlativa. Na forma derivativa o conteúdo aprendido é proveniente de um outro mais inclusivo que o educando já conhece. Por exemplo, se o

aluno já possui o conceito de tensão e corrente elétrica na sua estrutura cognitiva e for aprender como utilizar amperímetros e voltímetros, o novo conhecimento será assimilado pelos conceitos mais inclusivos de tensão e corrente elétrica já adquiridos. Na forma correlativa o conteúdo aprendido é uma extensão, elaboração, modificação de conceitos aprendidos, interagindo com subsunçores relevantes e inclusivos e esse processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. Por exemplo, se os alunos já possuem os conceitos de tensão e corrente elétrica na sua estrutura cognitiva, esses servirão de subsunçores para as novas informações em um circuito elétrico, e à medida que novos conceitos forem aprendidos significativamente se tornarão subsunçores cada vez mais elaborados.

Na superordenação o novo conceito é mais geral e inclusivo que os conceitos subsunçores. Ou seja, um novo conhecimento, mais geral e inclusivo do que os conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva do aluno, passa a ser assimilado. Por exemplo, o educando conhece as energias mecânicas e o novo conhecimento é sobre a conservação da energia. De acordo com Ausubel (1980), é mais fácil o indivíduo aprender por subordinação do que por superordenação. E a aprendizagem combinatória é quando não há hierarquia no novo conhecimento, não há ligação com os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva para fazer ligação. De acordo com Pozo (1998), o novo conhecimento e aqueles já existente na estrutura cognitiva não estão relacionados hierarquicamente, mas estão no mesmo nível, nem há maior ou menor inclusão de conhecimento.

Portanto, diante do exposto, para promover a aprendizagem significativa o professor deve compreender não apenas as fragilidades dos seus estudantes, mas também as potencialidades em atribuir significados aos conceitos científicos que se deseja ensinar, embasados naqueles presentes na sua estrutura cognitiva. Assim, considerando que o mais importante é o que o estudante já sabe, essas informações existentes podem tornar-se possíveis subsunçores que interagirão com os novos conceitos da matéria de ensino. Cabe, então, ao professor encontrar a melhor forma para que isso ocorra, levando em conta que se a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos fundamentais da dinâmica da estrutura cognitiva, a facilitação desta aprendizagem em situações de ensino deverá usá-los como princípios programáticos da matéria de ensino (MOREIRA, 2011).

Na próxima subseção, apresenta-se o conceito de UEPS, o meio pelo qual é possível promover a aprendizagem significativa.

## 2.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa - UEPS

Com o objetivo de promover a aprendizagem significativa dos estudantes, Moreira (2011) propõe uma sequência didática, composta de oito passos, denominada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, cujas estratégias e materiais utilizados são norteados pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Moreira (2011) elenca um conjunto de princípios para a elaboração da UEPS:

- O conhecimento prévio é a variável que mais influência na construção da Aprendizagem Significativa;
- Quando a aprendizagem é significativa, pensamentos, sentimentos e ações integram em quem aprende de maneira positiva e construtiva;
- O aluno que decide se quer aprender significativamente;
- Organizadores prévios, trata-se da conexão entre aquilo que o aluno já sabe, conhecimento prévio, e o que se pretende ensinar, os novos conhecimentos;
- Os professores devem criar situações-problema, para despertar a intencionalidade do aluno, expostas em níveis crescentes de complexidade, elas também servem de organizadores prévios;
- O aluno cria um modelo mental para resolver uma nova situação-problema;
- A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação são consideradas no planejamento;
- Registrar o que os alunos desenvolvem e externalizam para garantir a aprendizagem significativa; não é uma avaliação somativa mas continuamente avaliar o que está sendo proposto, de forma progressiva;
- O processo de aprendizagem não deve ser mecânico, mas sim significativo;
- O professor é mediador da aprendizagem, propõe situações de acordo com os conhecimentos prévios dos alunos visando alcançar domínio de conhecimentos e desenvolvimento das capacidades cognitivas;
- O professor deve promover a interação social entre alunos para construir significados em sua estrutura cognitiva.
- A interação entre alunos, professor, materiais e a linguagem busca gerar significados aceitos no contexto de ensino. Por meio de questionamentos, e diversidade de materiais e estratégias instrucionais os significados vão sendo construídos.

Quadro 1: Passos para a construção da UEPS.

Passo 1	Definir o tópicos específico a ser trabalhado. A estratégia utilizada deve identificar aspectos declarativos e procedimentais, e estar condizente com a realidade dos alunos.
Passo 2	Criar ou propor situações que levem os alunos a externalizar seu conhecimento prévio. As situações utilizadas são diversas, como por exemplo, questionário, mapa conceitual, reportagem, demonstração em sala de aula entre outros utilizados como um organizador prévio fazendo conexão com os conceitos que se pretende ensinar e o conhecimento do aluno aceito ou não no contexto da matéria de ensino no momento.
Passo 3	Propor situações-problema. Considerar o conhecimento prévio do aluno, utilizando um nível introdutório para o conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar.
Passo 4	Apresentar o conhecimento a ser ensinado. Levar em conta a diferenciação progressiva, dos aspectos mais gerais para os mais específicos.
Passo 5	Retomar os aspectos mais gerais, estruturantes que se pretende ensinar do conteúdo da unidade de ensino, utilizando um nível mais alto de complexidade em relação à situação anterior. O professor é mediador da aprendizagem, preferência para atividades colaborativas, para promover a reconciliação integradora, afim dos alunos utilizarem seus conhecimentos na resolução das situações propostas.
Passo 6	Retomar as características mais relevantes do conteúdo buscando a reconciliação integrativa. Utilizar situações com níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores. As atividades devem ser colaborativas e apresentadas ao grande grupo tendo o professor como mediador.
Passo 7	Avaliar a aprendizagem, ao longo da implementação da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa.
Passo 8	A implementação de uma UEPS será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. Essa é progressiva, ou seja, a ênfase é em evidências e não em comportamentos finais.

Para construir uma UEPS, contemplando os princípios acima descritos, Moreira (2001) orienta alguns aspectos sequenciais, dividido em oito passos, descritos no Quadro 1.

Na próxima seção são descritos os procedimentos metodológicos da presente pesquisa.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Nesta seção, apresenta-se os procedimentos que foram utilizados para a realização da pesquisa. Inicia-se com a caracterização da pesquisa e, em seguida, apresenta-se o contexto no qual a investigação se desenvolveu. Após, são descritos os instrumentos de coleta de dados, as técnicas para a análise e finaliza-se com a apresentação do desenvolvimento da intervenção pedagógica.

#### **3.1. Caracterização da pesquisa**

O objetivo desta pesquisa é avaliar a utilização de atividades experimentais para promover a aprendizagem significativa em alunos do Ensino Médio sobre conceitos relativos à Ondulatória.

Para alcançar o objetivo proposto, a presente pesquisa é de natureza aplicada, pois visa buscar respostas a um problema imediato relacionado ao ensino a partir de conhecimento já estabelecido.

Em relação aos objetivos, a pesquisa é classificada com explicativa e interpretativa, pois, segundo Gil (2007), esse tipo de pesquisa preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, a explicação ocorre através dos resultados, e esses precisam estarem satisfatoriamente descritos e delineados.

Quanto à abordagem, classifica-se como pesquisa qualitativa. De acordo com Moreira (2009), uma pesquisa com abordagem qualitativa se preocupa com o aprofundamento da aprendizagem, uma investigação a partir do aprofundamento da compreensão dos sujeitos envolvidos, mas não quantificam os dados analisados.

E, em relação aos procedimentos, esta pesquisa se caracteriza como uma intervenção pedagógica. Conforme Damiani et al. (2013), esse procedimento é muito utilizado na pesquisa empírica em Ensino pois o professor compartilha o conhecimento com os estudantes para as discussões e desenvolvimento de conceitos, atitudes e procedimentos. Como na pesquisa em ensino a intenção é descrever detalhadamente os procedimentos realizados, avaliando-os e produzindo explicações plausíveis, sobre seus efeitos, fundamentadas nos dados e em teorias pertinentes, este procedimento fornece as condições necessárias para o desenvolvimento desta investigação de abordagem qualitativa.

### **3.2. Contexto da pesquisa**

A aplicação da pesquisa ocorreu no Colégio Sagrado Coração de Jesus, uma escola privada, localizada no município de Bento Gonçalves, RS. O Colégio Sagrado Coração de Jesus possui, aproximadamente, 1200 alunos, distribuídos na Educação Infantil, Ensino Fundamental I e II e Ensino Médio, tendo, nesse nível, aproximadamente 180 alunos matriculados.

O Colégio Sagrado Coração de Jesus, fundado em 18 de março de 1956, é uma instituição confessional católica, conduzida por uma congregação religiosa feminina oriunda da Itália. O colégio é um dos trinta e cinco estabelecimentos do “Sagrado – Rede de Educação”. Salienta-se que sua criação foi uma iniciativa do Instituto das Apóstolas do Sagrado Coração de Jesus, criado por Clélia Merloni e um grupo de religiosas no ano de 1894, em Viareggio, Itália. A congregação religiosa possui como valor fundamental a espiritualidade do Coração de Jesus a partir do carisma legado por Madre Clélia Merloni.

A presente pesquisa foi realizada em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, na qual havia 34 alunos matriculados. A aplicação da proposta de intervenção ocorreu na disciplina de Física, ministrada pela professora pesquisadora, no período de outubro a novembro de 2021.

### **3.3. Instrumentos de coleta de dados**

O problema principal abordado nesta pesquisa refere-se à aplicação de uma proposta de intervenção pedagógica que evidencie a ocorrência de aprendizagem significativa em Ondulatória nos alunos do segundo ano do Ensino Médio a partir da aplicação de atividades experimentais no ensino de Física.

Moreira (2006) afirma que a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos já presentes nas experiências de aprendizado anteriores e, por isso, o fator mais importante que influencia na aprendizagem consiste no que o aluno já sabe.

Dessa forma, os instrumentos selecionados para o processo de coleta de dados precisam ser coerentes com a abordagem qualitativa da pesquisa e que possam fornecer evidências de ocorrência da aprendizagem significativa.

Assim, nesta pesquisa qualitativa, utilizou-se uma avaliação diagnóstica, na forma de questionário, com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos. Segundo Gil (2009), o questionário é uma técnica de investigação composta por conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações, uma ferramenta para obter dados para o estudo.

No decorrer da aplicação da UEPS, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora foram identificadas pela professora pesquisadora por meio da realização das atividades experimentais, questionários que envolviam situações-problemas relacionados às atividades experimentais e questionários (tipo testes de conhecimento) sobre os objetos de estudo, ou seja, Ondulatória. Ao final de cada encontro, os questionários eram guardados por alunos em um portfólio mantido pela professora pesquisadora.

Para obter informações sobre a ampliação e reconfiguração dos conceitos estudados, para auxiliar a pesquisadora na busca por evidências da ocorrência de aprendizagem significativa, os educandos faziam suas anotações, respondiam os questionamentos realizados em aula, sejam essas situações problemas ou atividades experimentais e, posteriormente, a professora pesquisadora adicionava ao portfólio de cada aluno.

### **3.4. Técnicas de análise de dados**

Nesta investigação, de abordagem qualitativa e de intervenção pedagógica, os dados coletados pelos diversos instrumentos, citados anteriormente, foram analisados de forma a poder se avaliar a ocorrência ou não da aprendizagem significativa.

Na análise das respostas das questões dos questionários aplicados ao longo da UEPS foi utilizada a estatística descritiva para determinar a distribuição de frequência das respostas (MOREIRA, 2011).

A análise dos dados qualitativos obtidos das questões abertas dos questionários, das respostas fornecidas pelos alunos às questões propostas durante as aulas expositivas dialogadas e das atividades experimentais, foi realizada por meio da leitura aprofundada do corpus da pesquisa buscando identificar padrões, conceitos e percepções que poderiam representar os significados atribuídos pelos alunos na compreensão do conteúdo de Ondulatória. A teorização a partir dos dados coletados, ou seja, a emergência de elementos explicativos e interpretativos para responder à



questão de pesquisa, está amparada, em certos aspectos, na metodologia da teoria fundamentada, como descrita por Massoni e Moreira (2017).

### 3.5. Desenvolvimento da pesquisa

Inicialmente, elaborou-se uma UEPS, seguindo os oito passos indicados por Moreira (2012), na qual uma sequência de atividades (experimentais, demonstrações práticas, aulas expositivas dialogadas e situações problemas) voltadas ao ensino de Ondulatória foram propostas para promover a aprendizagem significativa dos estudantes.

Quadro 2: Indicadores de aprendizagem utilizados no Colégio Sagrado Coração de Jesus.

Indicadores de aprendizagem	Identificar ondas mecânicas e eletromagnéticas na natureza e no meio tecnológico. Identificar os movimentos periódicos.
	Definir a ondas mecânicas e eletromagnéticas, os fenômenos de refração, reflexão, difração, polarização, interferência e dispersão da luz.
	Relacionar período e frequência com a velocidade da onda.
	Interpretar o desenvolvimento tecnológico a partir dos fenômenos ondulatórios e/ou movimentos periódicos buscando possíveis inovações.

As atividades propostas na UEPS foram elaboradas relacionando elementos, informações e situações da Ondulatória com a finalidade de despertar a curiosidade dos educandos, a partir das suas concepções prévias e integrando com o objeto de estudo. Dessa forma, a UEPS visou a integração por meio de atividades experimentais e estratégias de aprendizagem ativa levando o aluno a aprofundar o conhecimento tendo o professor como mediador dessa aprendizagem. É importante mencionar que os estudantes da turma na qual a UEPS de Ondulatória foi aplicada já haviam estudado ótica e alguns fenômenos ondulatórios relacionados à luz.

A UEPS elaborada e aplicada nessa pesquisa visou o desenvolvimento de competências e habilidades de estudantes do segundo ano do Ensino Médio (EM) definidas pela escola na qual a pesquisadora atua e que estão descritas no documento da escola, disponível no Anexo A.

Os indicadores de aprendizagem previstos no tópico Ondulatória na escola da

pesquisadora, assunto dessa UEPS, são apresentados no Quadro 2.

O Quadro 3 apresenta uma síntese dos encontros realizados na UEPS.

Quadro 3: Síntese dos encontros realizados na UEPS.

Passo da UEPS	Encontro	Duração (min)	Data	Atividades
1	1	50	15/10/2021	Avaliação diagnóstica (Apêndice A)
2	2	100	20/10/2021	Aula expositiva com auxílio de atividade experimental demonstrativa e simulador computacional
	3	50	22/10/2021	Aula expositiva com o auxílio de simulador computacional. Questionário (Apêndice B).
3	4	100	27/10/2021	Elaboração atividade experimental
	5	50	29/10/2021	Atividade experimental. Questionário. (Apêndice C)
4	6	100	03/11/2021	Revisão dos conteúdos. Aula expositiva: reflexão.
	7	50	05/11/2021	Aula expositiva: interferência e ressonância.
5	8	100	10/11/2021	Aula expositiva: ondas estacionárias. Atividade experimental.
6	9	50	12/11/2021	Revisão e quiz (Apêndice D). Questionário (Apêndice E).
7	10	100	17/11/2021	Aula expositiva: refração, difração e polarização.
	11	50	19/11/2021	Questionário (Apêndice F). Avaliação da UEPS e Autoavaliação (Apêndice G).
8			Até maio de 2022	Avaliação da UEPS pela professora pesquisadora

A seguir são descritos detalhadamente os encontros da UEPS.

No encontro 1, desenvolveu-se o passo 1 da UEPS. Neste encontro, os alunos responderam uma avaliação diagnóstica (Apêndice A) que era composta por seis questões abertas relacionadas aos conceitos a serem abordados ao longo da UEPS com a finalidade de identificar os conhecimentos prévios dos alunos. As questões da avaliação diagnóstica foram elaboradas pela professora pesquisadora e as respostas obtidas tiveram por objetivo orientá-la no desenvolvimento de suas aulas. A avaliação diagnóstica foi respondida pelos 34 alunos presentes em aula; os alunos demoraram em média 10 minutos para finalizá-lo e utilizaram a plataforma que a escola possui, Microsoft teams, no recurso *forms*. As questões utilizadas na avaliação diagnóstica estão no Apêndice A.

Após análise das respostas da avaliação diagnóstica a professora pesquisadora planejou os encontros seguintes da UEPS.

O passo 2 foi dividido em dois encontros, os encontros 2 e 3. Os objetivos de aprendizagem desses encontros foram: compreender o movimento de uma onda em um determinado meio, observar as características principais das ondas e determinar a velocidade de uma onda. Além disso, nesses encontros também teve como objetivo de aprendizagem compreender que a onda transporta energia e sua velocidade de propagação é a rapidez com que a energia é transportada.

O encontro 2 iniciou com uma breve demonstração experimental utilizando uma rolha e uma bacia com água. A demonstração consistia em agitar levemente a bacia para formar pequenas ondas.

Enquanto a professora realizava a demonstração, os educandos observaram o que estava acontecendo e, após finalizar, a professora pesquisadora propôs a seguinte questão: O barquinho sai do lugar, se movimenta? Crie hipóteses para explicar este fato.

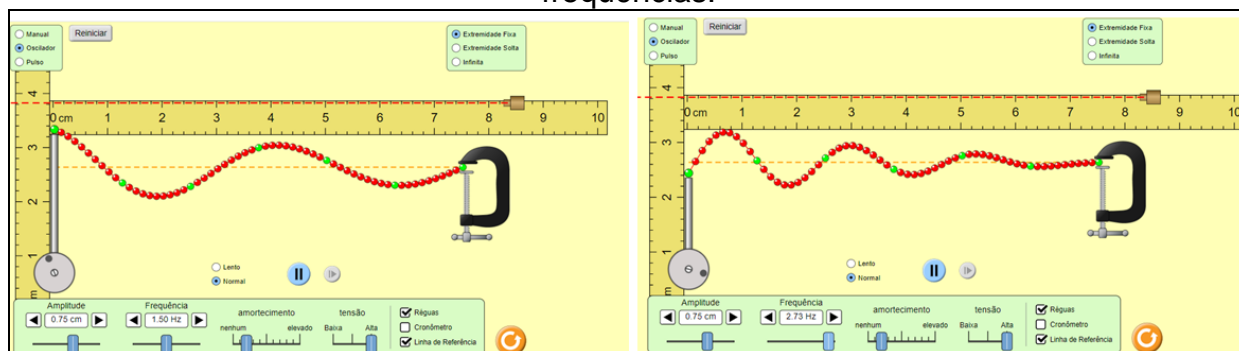
As hipóteses foram registradas em um papel, e posteriormente adicionados a um portfólio para cada aluno. Na sequência, a professora pesquisadora realizou a definição de ondas e a classificação quanto a sua natureza.

Neste encontro, ocorreu uma segunda demonstração, na qual a professora pesquisadora utilizou-se de uma corda e uma mola para uma representação didática de ondas longitudinais e transversais. Complementando essa demonstração, foram utilizados os simuladores “Ondas: Intro” ([https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html)) e “Ondas na Corda” ([https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html)) do Phet - Interactive Simulations ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)),

Os simuladores foram projetados em sala de aula para demonstrar e explicar a classificação das ondas quanto a natureza e propagação, pulso de onda, amplitude e frequência de propagação.

Ao utilizar o segundo simulador, a professora pesquisadora selecionou a opção do oscilador e régua, como na Figura 1, para que os alunos visualizassem as oscilações e identificassem o comprimento de onda. Escolheu-se um valor aleatório da frequência para observarem os pulsos criados; nesse momento os alunos foram muito participativos solicitando para alterar esse valor de frequência, alterando entre um valor maior ou menor observando os pulsos produzidos.

Figura 1: Imagens do simulador comparando o pulso para diferentes frequências.



Fonte: Phet Colorado.

Após analisarem e compararem as oscilações com diferentes valores para as frequências, a professora orientadora propôs as seguintes questões aos educandos:

- (i) O que aconteceu com os pulsos quando a frequência foi alterada?
- (ii) O que acontece ao período de uma onda quando sua frequência diminui?
- (iii) Como podemos calcular a velocidade de propagação das ondas?

As respostas foram registradas em uma folha de papel, e posteriormente adicionados ao portfólio de cada aluno. Como dica para os alunos, a professora pesquisadora escreveu no quadro a equação que define a velocidade média dos corpos; com isso, os alunos poderiam fazer relação para descobrir a velocidade de propagação de uma onda. Essa dica ajudou alguns dos alunos a fazer a relação, porém para alguns essa informação foi irrelevante no momento, pois continuaram inseguros para fornecer uma resposta de imediato.

Após as respostas dos alunos serem entregues, a professora pesquisadora explicou no quadro (lousa) a relação entre a velocidade de propagação de uma onda, a frequência, o comprimento de onda e o período. Foi ressaltado que a onda não transporta matéria, e sim, que a onda transporta energia. Comentou com os alunos que a velocidade da onda é a rapidez com que a energia é transportada. A energia da onda pode ser observada, por exemplo, quando se coloca um barquinho em águas agitadas. O barquinho irá se movimentar, ou seja, adquirir energia cinética e energia potencial gravitacional transferidas pela água que, por sua vez, adquire após o impacto com uma pedra jogada na água, por exemplo.

No encontro 3, a professora pesquisadora iniciou a aula projetando, novamente, o simulador do PhET “Ondas na corda”, utilizada no encontro anterior. Dessa vez,

explorou os demais recursos disponíveis na simulação: amplitude, amortecimento e tensão, a fim de que os alunos observassem o que modificava nos pulsos.

Em seguida, a professora pesquisadora ministrou uma aula expositiva dialogada sobre cordas tensionadas. A professora explicou que a composição dos materiais de uma corda, massa e comprimento, definem a densidade linear do material e, junto com a força tensora que a corda estará sujeita, determinam a velocidade de propagação da onda em cordas tensionadas.

Para finalizar esse encontro, foi realizada uma avaliação, composta por cinco questões (Apêndice B), sendo duas abertas e três fechadas, e essas deveriam ser justificadas, a fim de auxiliar na avaliação pela professora pesquisadora dos conhecimentos adquiridos até esse momento. As respostas foram registradas em um papel e, posteriormente, adicionados ao portfólio para cada aluno. Nesse questionário, os estudantes não apresentaram muitas as dúvidas para responderem e todos devolveram no tempo de 10 minutos.

O passo 3 foi dividido em dois encontros; os encontros 4 e 5. Os objetivos de aprendizagem desses encontros foram: identificar e determinar a velocidade de propagação de uma onda relacionando com o comprimento de onda, período e frequência em uma atividade experimental.

O encontro 4 iniciou com uma breve retomada dos objetos de estudo sobre as características de uma onda de maneira expositiva, com o auxílio de slides projetados na sala de aula. Na sequência a turma foi dividida em grupos de no máximo 4 educandos, para realizarem duas atividades experimentais distintas, sendo que cada grupo realizou apenas uma das atividades experimentais.

Foram formados 10 grupos, sendo 8 grupos com 4 integrantes e 2 grupos com 3 integrantes, escolhidos pelos próprios educandos. Após a escolha dos grupos, a professora pesquisadora explicou as duas atividades com o auxílio da projeção dos slides e realizou um sorteio para saber quem iria fazer qual experimento, formou-se 6 grupos do experimento 1 e 4 do experimento 2, em função dos materiais disponíveis, porém se julgassem necessário poderiam entre eles trocarem a atividade sorteada, o que não aconteceu posteriormente.

Os materiais para a confecção dos experimentos estavam na mesa do educador e as instruções necessárias para ambas atividades estavam projetadas na sala de aula. Essa estratégia foi utilizada a fim de instigar o protagonismo, os alunos deveriam

identificar qual material utilizar e suas quantidades, exatamente como ocorreu, nenhum grupo ficou sem material ou realizou algo errado na confecção.

As atividades experimentais propostas foram:

Experiência 1: máquina de ondas com palitos de picolé

Materiais utilizados:

1 metro de fita elástica, régua, palitos de picolé.

Montagem do experimento: Na fita elástica de um metro deve ser fixado os palitos de picolé, aproximadamente no ponto médio de cada um. Os palitos devem ficar a uma separação de 3 centímetros um do outro, de maneira perpendicular. Deixar 10 centímetros de distância entre o início da fita e o primeiro palito de picolé e da mesma forma, com o último palito de picolé e a outra ponta da fita, representado na Figura 2.

Figura 2: Alunos realizando a atividade 1.



Após a montagem do experimento, deveriam segurar a fita plástica de forma que ficasse esticada. Em um dos palitos de sorvete precisavam fazer um movimento de torque, para então observar como o movimento se propagava ao longo da fita.

Experiência 2: máquina de ondas com palitos de churrasco

Materiais utilizados:

1 metro de fita elástica, régua, palitos de churrasco, pacote de jujubas ou massa de modelar.

Montagem do experimento: Na fita elástica de um metro deve ser fixado os palitos de churrasco com uma jujuba em cada extremidade, aproximadamente no ponto médio dos palitos. Os palitos devem ficar a uma separação de aproximadamente, 3 centímetros um do outro, de maneira perpendicular. Conforme representado na Figura 3, deveriam deixar cerca de 10 centímetros de distância entre o início da fita e o primeiro palito de churrasco e da mesma forma, com o último palito de churrasco e a outra ponta da fita.

Figura 3: Alunos confeccionando a atividade 2.



Após a montagem do experimento, deveriam segurar a fita plástica de forma que ficasse esticada. Em um dos palitos de churrasco precisavam fazer um movimento de torque, para então observar como o movimento se propagava ao longo da fita.

Durante a realização dos experimentos os alunos mostraram-se dedicados, participativos e circulavam na sala de aula para verificar como estava ficando a atividade dos colegas. Ao final desse encontro, todos haviam finalizado a confecção dos experimentos e a professora pesquisadora recolheu as atividades dos grupos.

A professora pesquisadora entregou os experimentos para os grupos no início encontro 5, junto com algumas questões (Apêndice C) para serem respondidas, e posteriormente foram adicionadas ao portfólio para cada aluno.

Para realizar a atividade experimental, foi utilizada a estratégia de aprendizagem ativa Grupos com Atividades Diferentes (GTD). Segundo Elmôr Filho et al (2019, p.91), trata-se de uma estratégia cooperativa de aprendizagem ativa que se enquadra em todas as turmas e o principal objetivo explorado na mesma é possibilidade de aprofundar os objetos de estudo nos conteúdos conceituais, e promover o comportamento ativo e cooperativo na sala de aula, nos conteúdos comportamentais a atitudinais.

Na sequência, a professora pesquisadora solicitou aos alunos para fazerem a gravação (utilizando a câmera do aparelho celular) de uma das oscilações do experimento para identificar: o comprimento de onda, o período, a frequência e a velocidade de propagação da onda, desse pulso registrado. Nesse momento os alunos fizeram a gravação utilizando o recurso de câmera lenta dos seus celulares, não houve dificuldade pois pelo menos um integrante do grupo tinha esse recurso em seu celular, essa dica fornecida por um dos grupos, foi utilizada por todos os outros.

Após a gravação dos alunos, a professora pesquisadora percebeu que a maioria dos alunos estavam com dificuldades de identificar um pulso completo. Nesse momento, a professora pesquisadora utilizou o quadro para representar uma onda transversal, retomando os conceitos de comprimento de onda e período. Para a maioria dos grupos essa retomada de conteúdos ajudou, porém alguns grupos ainda continuaram com dúvidas.

Para os grupos que estavam com dificuldade, a professora pesquisadora foi auxiliando a identificarem as informações solicitadas, nas gravações. A dificuldade encontrada era identificar um comprimento de onda, pois estavam confundindo com o comprimento total do elástico, após o auxílio, os grupos com dificuldade perceberam que bastava analisar a quantidade de palitos que formavam uma oscilação para depois realizar a medida desses.

Não houveram dúvidas na última questão: “O que exatamente viaja com essa velocidade encontrada?” Todas as respostas foram registradas em uma folha de papel e posteriormente adicionados a um portfólio para cada aluno. Para finalizar essa etapa, os grupos explicaram ao grande grupo brevemente como realizaram a atividade experimental.

O passo 4 foi dividido em dois encontros: o 6 e o 7. Os objetivos de aprendizagem desses encontros foram: reconhecer os fenômenos ondulatórios; compreender os fenômenos de reflexão, interferência e ressonância.



A professora pesquisadora iniciou o encontro 6 retomando as questões do último encontro e, especialmente, revisando os elementos de uma onda: comprimento de onda, amplitude, período e frequência. A professora projetou em sala de aula uma gravação do experimento da aula anterior e identificou os elementos da onda: amplitude, frequência, período e comprimento de onda.

Na sequência, a professora pesquisadora ministrou uma aula expositiva para explicar os fenômenos ondulatórios da reflexão. Para isso, utilizou a máquina de ondas (Figuras 2 e 3) que é um dispositivo confeccionado pelos alunos na aula anterior para demonstrar como ocorre a reflexão.

No encontro 7, a professora projetou em sala de aula slides para explicar e exemplificar os fenômenos da interferência e a ressonância. No final desse encontro, os alunos responderam aos seguintes questionamentos:

- (i) Você conhece algum exemplo de onda estacionária? Se sim, qual?
- (ii) Pesquise exemplos nos quais ocorre o fenômeno das ondas estacionárias.

Todas as respostas foram registradas em papel e, posteriormente, adicionados ao portfólio de cada aluno.

O passo 5 ocorreu no encontro 8. Os objetivos de aprendizagem desse encontro foram: reconhecer em ondas estacionárias os fenômenos da reflexão, interferência e ressonância; identificar os elementos da onda: frequência, período, velocidade de propagação e comprimento de onda.

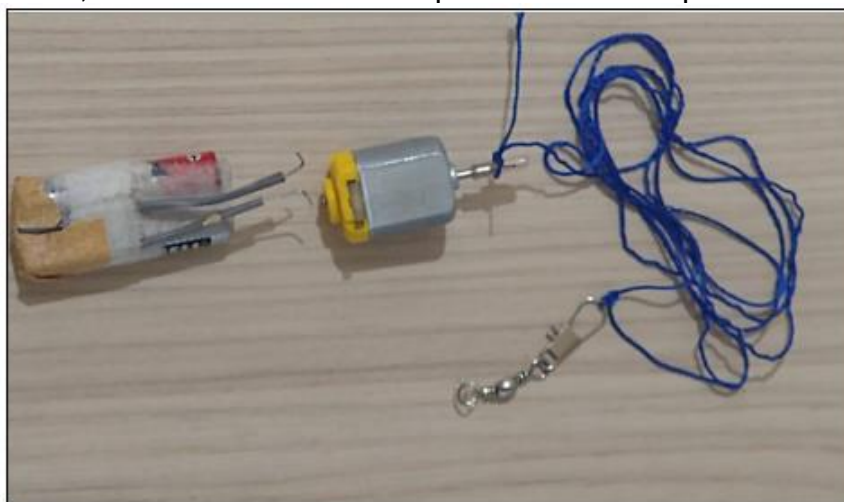
Primeiramente, a professora pesquisadora ministrou uma aula expositiva utilizando slides e projetando-os para explicar a formação de ondas estacionárias. A professora explicou aos alunos que ondas estacionárias são formadas devido à superposição de duas ondas que se propagam em sentidos contrários. Para demonstrar, gerou vibrações em uma mangueira de látex, com a reflexão que ocorreu nela, gerou harmônicos, que por conseguinte foram explicando.

Após a explicação das ondas estacionárias, os alunos foram desafiados a realizarem uma atividade prática, que utilizava materiais: um motor 6 Volts, duas pilhas, destorcedor de anzóis, barbantes e fios condutores, exibidos na Figura 4, entregues aos alunos após a explicação da montagem. A turma foi dividida em grupos de no máximo 4 educandos, a escolha foi a critério dos alunos, sendo que foi formado 9 grupos, sendo 6 grupos com 4 integrantes e 3 grupos com 3 integrantes.

A professora pesquisadora solicitou ajuda de dois alunos para demonstrar o que deveriam fazer. Um desses alunos foi orientado a realizar a conexão das pilhas com o

motor enquanto o outro segurava o destorcedor de anzol para esticar o barbante que estava conectado ao motor, ficando tensionado. Os demais alunos do grupo deveriam realizar a gravação das oscilações, pois a frequência do motor gerava ondas estacionárias no barbante, pela reflexão nas extremidades fixas. Os alunos deveriam encontrar estratégias para alterar a quantidade de harmônicos e identificar em uma oscilação: comprimento de onda, frequência e período.

Figura 4: Kit da atividade prática composto por um motor de 6 V, pilhas, destorcedor de anzóis, barbante e fio condutor para conectar as pilhas com o motor.



Com suas gravações, os educandos responderam as seguintes questões:

- (i) Como ocorre a formação de ondas estacionárias na corda?
- (ii) Qual é a amplitude de um nó?
- (iii) Ondas estacionárias também ocorrem para ondas sonoras? Cite algum exemplo.

Todas as respostas foram registradas em papel e, posteriormente, adicionados a um portfólio para cada aluno.

Para finalizar a aula, alguns alunos de maneira aleatória e voluntária apresentaram as suas estratégias para a professora pesquisadora e para os colegas. Alguns grupos preferiram trabalhar com o barbante mais tensionado e, dessa forma conseguiram identificar a diferença de harmônicos formados. Um dos alunos que toca guitarra comentou sobre o seu instrumento musical e as notas musicais brevemente.

O passo 6 ocorreu em um encontro, o encontro 9. O objetivo de aprendizagem desse encontro foi retomar os conceitos de ondulatória estudados até o momento.

O encontro iniciou com uma revisão sobre os assuntos abordados até o momento e, para tanto, utilizou-se um quiz interativo na plataforma Kahoot

<<https://create.kahoot.it/details/10832316-4ddd-4cd0-8131-e2da8ff7da99>>, elaborado pela professora pesquisadora (Apêndice D).

Todos os alunos presentes em aula participaram da atividade. As perguntas foram projetadas na sala de aula e os alunos usaram os seus celulares; a maioria possuía acesso à internet móvel, pois a escola não fornecia o wi-fi aos alunos. Para os alunos sem acesso à internet móvel, fizeram duplas com quem possuía. A conexão estava muito boa no dia, não havendo dificuldades para acessar.

Para finalizar o encontro, a professora pesquisadora propôs três questões de maior complexidade para os alunos responderem em duplas, que estão no Apêndice E.

As questões foram respondidas em duplas. Enquanto a professora pesquisadora circulava pela sala alguns alunos perguntavam algumas dúvidas que essa mais relacionadas a interpretação das questões do que quanto ao conteúdo. Todas as respostas foram registradas em um papel, e posteriormente adicionados a um portfólio de cada aluno.

O passo 7 foi dividido em dois encontros, os encontros 10 e 11. O objetivo de aprendizagem desses encontros foi reconhecer os fenômenos ondulatórios: refração, difração e polarização.

O encontro 10 iniciou de maneira expositiva para explicar a refração, com o auxílio de slides projetados na sala de aula. De acordo com programação pedagógica da escola, no segundo ano do Ensino Médio inicia-se o estudo de Ondulatória após a Óptica; assim, a professora pesquisadora retomou os conceitos da refração estudados em Óptica, no entanto, agora aplicado às ondas mecânicas e eletromagnéticas.

Na sequência, a professora explicou o fenômeno de difração. Para exemplificar a difração, a professora pesquisadora utilizou o som de máquinas que estavam trabalhando em uma construção ao lado da escola e, por mais que as janelas ficassem fechadas, ainda se conseguia ouvir o som, pois havia pequenas aberturas por onde o som conseguia contornar os obstáculos.

O último fenômeno abordado foi o da polarização. A professora pesquisadora entregou para os alunos três óculos polarizadores que havia levado para a sala de aula. Ao colocarem os óculos polarizadores, os alunos puderam perceber a diferença ao olhar para uma região bem iluminada com e sem esses óculos polarizadores.

A professora pesquisadora propôs aos alunos algumas questões (Apêndice F) para serem respondidas no encontro 11. A resolução das questões foi de maneira

individual, todas as respostas foram registradas em um papel, e posteriormente adicionados a um portfólio de cada aluno.

No final do encontro, a professora pesquisadora solicitou que os educandos fizessem a avaliação da UEPS e a sua autoavaliação. O questionário está disponível no Apêndice G.

O passo 8 foi realizado após a aplicação em sala de aula da UEPS, nesse momento a professora pesquisadora realizou uma análise qualitativa sobre as evidências avaliadas na aprendizagem significativa dos conceitos da unidade, na avaliação individual dos alunos, bem como a avaliação da UEPS feita em sala de aula pelos alunos no último encontro.

A seguir são apresentados os resultados e as discussões dos dados coletados por meio dos instrumentos de coleta de dados aplicados durante a intervenção pedagógica.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionado na subseção 3.4 “Técnicas de Análise de Dados”, as análises dos dados coletados durante a aplicação da UEPS foram realizadas por meio das ferramentas da estatística descritiva para cálculo de percentuais e distribuição de frequência e da técnica de análise de dados qualitativos para identificar na produção textual e falas dos alunos elementos que revelassem os significados atribuídos aos conceitos de Ondulatória, em busca de evidências da ocorrência de aprendizagem significativa dos alunos.

O primeiro passo da UEPS ocorreu no primeiro encontro e teve como objetivo identificar os subsunçores (conhecimento prévios) dos estudantes por meio de uma avaliação diagnóstica (Apêndice A) composta de seis questões abertas, abordando o conteúdo de Ondulatória. A avaliação foi respondida por 34 alunos presentes na aula, utilizando a plataforma digital utilizada pela escola. As respostas dos alunos reproduzidas neste texto estão transcritas sem alterações.

Para a Questão 1 da avaliação diagnóstica, “Para a Física, ondas são perturbações ou oscilações do meio que se propagam transportando energia. Na praia, ao observar um surfista, percebe-se que ele consegue surfar quando a onda está quebrando. Do ponto de vista da Física, ou seja, do conceito de onda, como o surfista consegue surfar? Justifique.”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

- *Ele se aproveita do movimento de rotação da onda, que fica constante.*
- *ele consegue graças a energia de movimento das ondas*
- *O surfista consegue surfar na onda pois com o auxílio da prancha aproveita a energia da onda para entrar em movimento*
- *Pois a energia presente no movimento da água gera uma tensão suficiente para sustentar o surfista.*
- *Ele consegue por conta de surfar na onda transversalmente, pelo movimento que a onda faz*
- *Ele utiliza a energia das partículas de água em movimento circular.*
- *Ondas mecânicas ondas se propagam em meus o meio e a água e a onda e mecânica provocada pela ação do vento*

Nas respostas, quatorze das 34 respostas utilizaram a energia da água como parte da explicação. Outras explicações dos estudantes envolveram, por exemplo, equilíbrio do surfista, ação do vento, impulso gerado pela onda.

Segundo Hewitt (2015), as ondas são geradas por perturbações ou oscilações que se propagam no espaço transportando energia. Por exemplo, quando uma pedra cai sobre a água em uma lagoa parada, produzem-se oscilações do meio (água) que se propagam em forma de círculos e se expandem chegando nas margens da lagoa, dando a impressão que a água foi transportada. O sobe e desce das ondas geradas na água possuem associadas energia cinética (energia de movimento) e energia potencial gravitacional (energia associada a elevação) que são transferidas ao surfista que o faz deslizar sobre a água.

Pelas respostas dadas, a maioria dos alunos utilizou outras palavras mas não o termo “energia” como parte da explicação da questão. Portanto, do ponto de vista físico, a maioria dos alunos relacionou o movimento do surfista com o movimento da água, mas não associando, explicitamente, ao conceito de energia.

Para a Questão 2 da avaliação diagnóstica, “O Sol é a nossa principal fonte de calor (energia). Como ocorre a propagação de calor (ou da energia) do Sol até a Terra?”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo:

- *A propagação de calor ocorre por meio da irradiação, advinda da emissão dos raios solares.*
- *Através de ondas infravermelhas ou radioativas se não me engano.*
- *ondas dos raios solares – irradiação*
- *Por meio de ondas*
- *Através de ondas de calor*
- *Por radiação?*

Analisando as respostas dadas na Questão 2, a maioria dos estudantes citou como resposta a irradiação e ondas como responsáveis pela propagação da energia. Das 34 respostas, 25 utilizaram a expressão “irradiação” para a explicação.

A Questão 2 tinha como objetivo identificar o conhecimento prévio dos estudantes em relação à propagação de uma onda, especificamente onda de calor. Esse tipo de onda propaga-se no vácuo e em meios materiais, e a sua transmissão ocorre por irradiação, também conhecida por radiação. Trata-se do processo de transferência de calor através de ondas eletromagnéticas que são emitidas pelo Sol e chegam até a Terra propagando-se no vácuo.

Pelas respostas dadas, interpreta-se que alunos reconhecem que essa transmissão de energia do Sol até a Terra ocorre por meio de ondas.

Para a Questão 3 da avaliação diagnóstica, “Cite alguns exemplos de ondas que estão presentes no seu cotidiano.”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

- Ondas de rádio, eletromagnéticas e mecânicas.
- Ondas sonoras, ondas radioativas, quando faço algum exame, frequência cardíaca, etc.
- rádio, música, batimento cardíaco
- ondas da transmissão de sinais, wifi, no som, na luz...
- Sinal de rede, Cordas de violão, ondulações na piscina,
- Algumas ondas presentes no meu cotidiano são: micro-ondas, ondas de rádio, bluetooth, o celular, internet sem fio

Ondas sonoras foi o exemplo que a maioria dos alunos utilizou como resposta na Questão 3. Essa questão tinha por objetivo identificar se os estudantes conheciam algum tipo de onda presente no cotidiano. Pelas respostas fornecidas percebe-se que os estudantes conseguem identificar vários tipos de ondas no seu dia a dia, ou seja, possuem um conceito de onda em sua estrutura cognitiva.

Para a Questão 4, “Em muitos filmes de ficção científica, é comum as explosões ocorridas no espaço serem acompanhadas de grandes efeitos sonoros. Seria isso realmente possível?”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo:

- Não, pois não há propagação do som no vácuo.
- Não, mas não sei porque.
- Acho que sim
- Talvez.
- Depende o que é explodiu se bater em alguma superfície sólida, se for algo leve não.

Pelas explicações fornecidas, a maior parte dos alunos possuem a noção de que ondas sonoras não se propagam no vácuo. Foram 27 respostas satisfatória, apenas 5 explicações eram o oposto, e duas respostas como talvez e depende.

Para a Questão 5, “Em uma tempestade de raios, o que nós vivenciamos primeiro: enxergamos a luz dos raios ou ouvimos o som do trovão? Por quê?”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

- Enxergamos a luz, pois a velocidade da luz é mais rápida que a velocidade do som,

- *O som do trovão, o porque eu não sei*
- *Vemos a luz, porque a velocidade do som é inferior*
- *A luz dos raios, pois as ondas sonoras do trovão demoram mais para se propagar*
- *Enxergamos a luz, pois sua velocidade é superior a do som.*

Na Questão 5, apenas uma das respostas dos estudantes estava equivocada, pois não soube justificar a sua escolha. As demais respostas fornecidas estavam corretas, assim como a justificativa para a questão. A velocidade de propagação da luz é maior que a do som.

Para a Questão 6 da avaliação diagnóstica, “Você poderia citar algumas propriedades ou características físicas das ondas?”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

- *Vibração.*
- *Frequência, período, velocidade.*
- *Não sei nenhuma.*
- *Período, frequência e amplitude*
- *Perturbações ou oscilações do meio que se propagam transportando energia.*
- *Lembro de algo com os comprimentos da onda, que uma parte reflete outra é absorvida pela estrutura e outra parte passa direto.*
- *São rápidas*
- *Amplitude e frequência.*

Os alunos forneceram diversas propriedades e características físicas das ondas. Uma minoria, apenas 5 respondentes não lembraram de nenhuma característica. As respostas que prevaleceram foram: velocidade de propagação, amplitude, período e frequência. É importante ressaltar que os alunos estudaram brevemente alguns conceitos de Ondulatória no 9º ano do Ensino Fundamental. Também, alguns alunos comentaram que o assunto foi visto brevemente há tempo e não recordavam.

O segundo passo da UEPS ocorreu nos encontros 2 e 3 e os objetivos de aprendizagem eram compreender o movimento de uma onda em um determinado meio e observar as características principais das ondas, compreender que a onda transporta energia e sua velocidade de propagação é a rapidez com que essa energia é transportada e determinar a velocidade de uma onda. Os objetivos de aprendizagem para os encontros 2 e 3 foram definidos de modo a iniciar o processo de diferenciação



nos estudantes, a partir da avaliação diagnóstica. Participaram do segundo passo 33 alunos.

A professora pesquisadora iniciou o encontro 2 com uma atividade prática; colocou uma rolha em uma bacia com água e a agitou a fim de formar pequenas ondas. Antes de agitar a bacia, a professora fez o seguinte questionamento: O barquinho sai do lugar, se movimenta? Crie hipóteses para explicar este fato. A resposta foi individual e a professora ressaltou que nesse momento, não existia um certo ou um errado.

Algumas respostas fornecidas pelos alunos para o questionamento estão reproduzidas abaixo.

- *Sim. As ondas apresentam uma energia, que se torna em trabalho, fazendo com que o barquinho saia do lugar.*
- *Sim. As ondas que formam (agito) batem no barco e o movimentam.*
- *Sim. A força da onda cria uma movimentação que impulsiona o barco a outras direções, assim como nós somos levados em direção a areia se ficarmos boiando por aí.*
- *Se movimenta, saindo do lugar. As ondas criam uma espécie de relevo na água e fazem com que o barquinho acompanhe esses relevos, fazendo-o se movimentar.*
- *Sim. A energia (no caso a água) transportada pela onda, atinge a rolha empurrando-a.*
- *Não sai do lugar. A onda por si não consegue deslocar a rolha, ela apenas vai ser levantada quando a água passar.*
- *Vou dizer que não porque pensei num negócio. Não vai ser a ONDA acho que no caso do mar vai ser a correnteza, tem outro fator, mas não é a onda.*
- *Não. As ondas apenas movimentam o objeto para cima e para baixo, mas ele não sai do lugar. Não sei porque.*

A maioria dos alunos interpretou que a rolha se movimenta devido ao movimento na água. Das 33 respostas dadas pelos alunos, apenas 4 alunos acreditavam que não iria se mover. Os 29 alunos interpretaram que existe uma troca de energia, fazendo uma relação dos movimentos com o seu cotidiano, em seus subsunçores. Na Teoria da Aprendizagem Significativa, Ausubel (2003) salienta que o conhecimento tem mais significado quando o novo conhecimento é incorporado às estruturas mentais do estudante.

Na sequência da aula, a professora projetou na sala de aula o simulador “Ondas na Corda”, do Phet, para explicar os conceitos de Ondulatória e realizou mais alguns questionamentos, que foram respondidos individualmente.

A professora propôs aos alunos à questão “O que aconteceu com os pulsos quando a frequência foi alterada?”. As respostas dos alunos, transcritas abaixo, evidenciam que eles interpretaram corretamente a relação entre frequência e quantidade de pulsos gerados.

- *São diretamente proporcionais a alteração. Se a frequência aumentar, o movimento fica mais rápido, mais oscilações em menos tempo.*
- *Aumentou o número de oscilações.*
- *(Frequência aumentada) os pulsos se tornaram mais rápidos, porém de menor comprimento.*
- *Quando a frequência aumenta, os pulsos aumentam também.*
- *Aumenta ou diminui inversamente à frequência.*
- *Se for alterada para maior há um maior número de pulsos. Se for alterada para menos há um menor número de pulsos.*
- *Creio que os pulsos ficam mais curtos e maior quantidade, mas sem aumentar de tamanho.*
- *Mudou a quantidade de ondas.*

Não houve dificuldade em visualizar e interpretar esse questionamento. Nesse momento os alunos ainda solicitaram para diminuir a frequência para que não ficasse em dúvida quanto as suas respostas. Uma das respostas dos alunos foi “o tamanho da onda não será alterada”; quando questionado pela professora o que seria esse tamanho, o aluno falou na amplitude da onda. Outra resposta fornecida, “quantidade de onda”, ao solicitar uma nova explicação ao aluno, a professora pesquisadora entendeu que se referia as oscilações.

Na sequência, a professora pesquisadora realizou outro questionamento: “O que acontece com o período de uma onda quando sua frequência diminui?”. As respostas dos alunos, transcritas abaixo, interpretando corretamente que ao diminuir a frequência de uma onda, o seu período aumenta, com a velocidade de propagação constante.

- *O período aumenta, já que é o inverso da frequência.*
- *O período aumenta.*
- *Quando a frequência diminui o tempo aumenta, ficando mais lenta.*
- *$T = 1/f$ , se  $f$  diminui, o período aumenta.*

- Devagar e “prolongado”
- Aumenta, diminuir a frequência faz com que ocorram – oscilações em um determinado tempo
- O período tornou-se mais rápido ( $T$  e  $F$  são inversamente proporcionais)
- O número de ondas é menor e o tempo para alcançar tal ponto é maior.

Para o último questionamento do encontro, “Como podemos calcular a velocidade de propagação das ondas? Qual a sua hipótese?”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

- Por meio da frequência e período, creio eu.  $V = \frac{f}{\Delta t}$ , ou algo do tipo.
- Para calcular a velocidade, eu penso que precisamos pegar a frequência e dividir pelo tempo.  $V = \frac{f}{t}$
- Acho que podemos calcular a velocidade com base no tempo e na frequência de cada onda.
- Fazer um cálculo em função do nº de oscilação com o tempo em segundos.
- Frequência sobre tempo?
- Através de sua frequência
- Podemos calcular se a onda vai mais rápido ou lento através da frequência, podendo diminuir ou aumentar.
- Imagino que se relacione com o comprimento e frequência dessas ondas, tá que são grandezas que culminam na propagação constante das ondas. Sendo assim,  $f$  deve ser maior e  $\lambda$ , menor.

Em geral, os alunos conseguiram fazer uma relação entre frequência, comprimento de onda e período para descobrir a velocidade de propagação de uma onda. Inicialmente, os alunos ficaram com bastante dúvidas e a professora pesquisadora lembrou para os alunos, no quadro, a equação da velocidade média, que depende da distância e do tempo transcorrido por um corpo para percorrer essa distância. Após essa breve explanação, alguns alunos conseguiram assimilar que a velocidade de propagação da onda está relacionada com o seu comprimento de onda e período. Para os alunos que ainda ficaram inseguros em responder a professora pesquisadora procurou orientá-los para escreverem a suas conclusões.

No encontro 3, após explorar mais o simulador “Ondas na Corda utilizado no encontro anterior, a professora pesquisadora realizou uma aula expositiva dialogada sobre cordas tensionadas.

Para finalizar o encontro, os alunos responderam cinco questões (Apêndice B) para verificar se houve avanços ao longo dos encontros a fim de que os conceitos básicos ancorassem novas aprendizagens futuramente propostas.

Para a Questão 1, “O que é onda?”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

- *Vibrações que transportam energia.*
- *É uma oscilação no espaço e tempo que propaga energia.*
- *Vibrações que propaga somente energia.*
- *São perturbações que se propagam transportando energia.*
- *Propagação de energia, mas não matéria.*

Ao analisar as respostas, percebe-se que houve uma assimilação do conceito de ondas.

Nas respostas dos alunos para a Questão 2 “Ondas mecânicas podem se propagar no vácuo? ( ) verdadeiro ( ) falso. Justifique”, houve unanimidade ao afirmarem que não há propagação de ondas mecânicas no vácuo. As justificativas apresentadas pelos alunos nas suas respostas mostram indícios de que houve uma diferenciação em relação aos conhecimentos prévios e, possivelmente, a ocorrência de aprendizagem significativa nesse tópico.

Para a Questão 3, “Ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo? ( ) verdadeiro ( ) falso. Justifique”, novamente as respostas foram unânimes ao afirmarem que as ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo. As justificativas fornecidas também afirmavam que pode haver propagação de ondas eletromagnéticas no vácuo e em meios materiais. As respostas dos alunos são indícios da diferenciação progressiva para uma possível aprendizagem significativa.

Para a Questão 4, “As ondas na água, em uma corda e o som são ondas ( ) mecânicas ou ( ) eletromagnéticas. Justifique.”, as respostas fornecidas estavam em concordância em serem mecânicas, assim como a justificativa de que ondas de natureza mecânica necessitam de um meio material para se propagar. Esse dado indicou que os estudantes compreenderam que ondas mecânicas possuem origem diferente das ondas eletromagnéticas.

Na Questão 5, “Que distância, em termos de comprimento de onda, uma onda percorre durante um período?”, as respostas revelaram um problema conceitual em relação à velocidade da onda. A maioria dos alunos, 14, afirmou que para responder a quantidade de comprimento de onda era necessário saber a velocidade de

propagação da onda. Nove respostas dos alunos consideraram a velocidade constante. Porém, cometeram um equívoco quanto ao comprimento de onda, afirmando que de uma crista até um vale era um comprimento de onda, ao invés de meio comprimento de onda. Dez respostas que consideraram a velocidade como constante, afirmando que para um período a onda percorria um comprimento de onda. Por ser uma questão mais complexa, percebe-se que estavam com dúvidas para interpretar que em um pulso a velocidade de propagação da onda é constante e, conseqüentemente, essa onda percorre um comprimento de onda.

A devolutiva do questionário demorou, em média, 10 minutos. A professora pesquisadora realizou uma análise das questões em aula, fazendo a correção das mesmas. Os alunos perceberam que os erros cometidos foram, principalmente, por falta de atenção ou por terem confundido alguma das grandezas físicas.

O terceiro passo da UEPS foi dividido em dois encontros, 4 e 5. Os objetivos de aprendizagem eram identificar e determinar a velocidade de propagação de uma onda relacionando com o comprimento de onda, o período e a frequência em uma atividade experimental. Participaram desses dois encontros 34 alunos.

No encontro 4, inicialmente, a professora pesquisadora realizou uma revisão dos conteúdos estudados nos encontros anteriores. De acordo com Moreira (2012), no passo 3 da UEPS deve ser propostas situações-problemas que funcionam como organizador prévio que consideram o conhecimento prévio do aluno para dar sentido aos novos conhecimentos. A professora orientadora, neste sentido, propôs uma atividade prática.

Os alunos mostraram-se empolgados e curiosos com a atividade prática, que está representada nas Figuras 2 e 3, denominada “máquinas de ondas”. Solicitou-se aos alunos para formarem grupos de no máximo 4 integrantes e iniciassem a atividade de acordo com as orientações fornecidas. Com o objetivo de tornar o aluno protagonista, os materiais para a elaboração da prática foram colocados na mesa da professora pesquisadora. Conforme esperado, os alunos se mobilizaram e demonstraram autonomia na realização da tarefa. Todos os grupos conseguiram finalizar a confecção do experimento até o final do encontro.

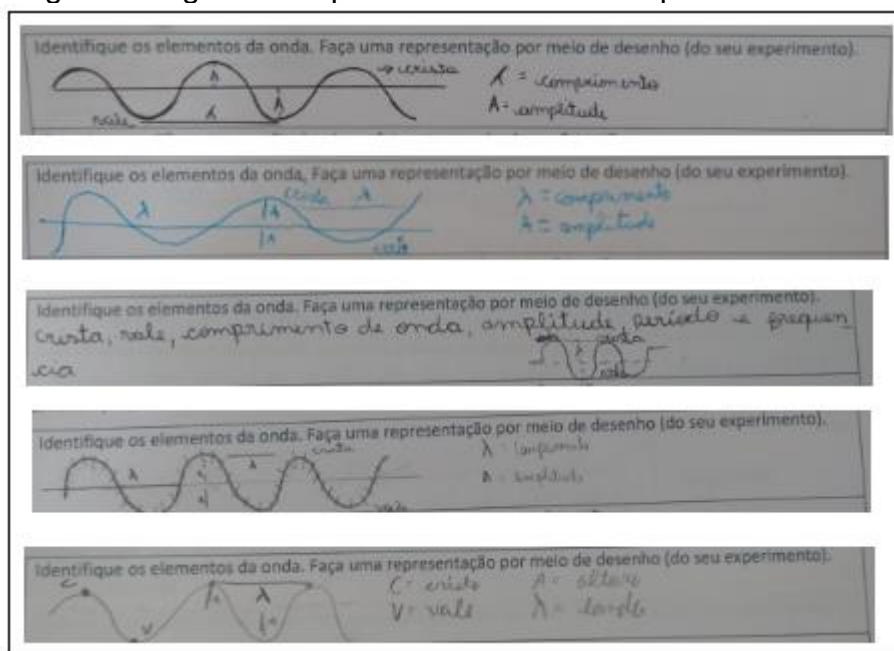
O encontro 5, iniciou com a entrega dos experimentos confeccionados no encontro anterior, juntamente com um questionário contendo cinco questões (Apêndice C).

Para conseguirem visualizar melhor os elementos da onda, solicitou-se a gravação de ondulações nos experimentos. Uma estratégia utilizada foi o recurso de câmera lenta, que foi sugerida por um grupo e compartilhada para os demais. Dessa forma foi possível uma melhor visualização de uma oscilação e, assim, os alunos continuaram motivados e envolvidos na tarefa.

Ao perceber a dificuldade dos alunos para identificarem uma oscilação na análise da gravação, a professora pesquisadora orientou a todos com um exemplo no quadro, representando uma onda transversal, e lembrou como reconhecer um comprimento de onda. Alguns grupos conseguiram assimilar rapidamente, porém ainda haviam grupos com dificuldade de compreensão, que foram orientados separadamente pela professora pesquisadora.

Pelas respostas dadas para a Questão 1 “Identifique os elementos da onda. Faça uma representação por meio de desenho (do seu experimento).”, houve compreensão satisfatória do conhecimento dos alunos, como pode-se observar na Figura 5 com algumas representações dos grupos.

Figura 5: Algumas respostas dos estudantes para a Questão 1.



Fonte: autora.

A Questão 2, “Experimente diferentes amplitudes. Isso afeta o tempo de viagem? Justifique”, algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

- Sim, quanto maior for a amplitude, mais demorado vai ser.

- *Sim, a viagem da onda oscila mais para cima e para baixo, fazendo com que seja mais longa.*
- *Sim, pois a onda percorre mais percurso até completar o pulso.*
- *Sim, maior a onda, maior é o espaço que ela tem de percorrer.*

Como pode-se notar, houve um equívoco nas respostas para essa questão, pois os alunos consideraram a amplitude como uma distância maior a ser percorrida pela onda, ou seja, confundiram com o comprimento de onda da onda. Fica evidente com base nas respostas dos estudantes que possuem conhecimento em relação ao tempo depender da distância percorrida. Quanto maior a amplitude de uma onda, maior será o movimento de oscilação, que é perpendicular à sua propagação. Ou seja, os estudantes apresentam um raciocínio lógico consistente entre tempo e distância, mas, por outro lado, não conseguem diferenciar a amplitude e comprimento de onda. Esse resultado evidencia que o professor deve revisar algumas características das ondas.

Para a Questão 3, “Faça a gravação de uma das oscilações do seu grupo e anote o valor do comprimento de onda, período, frequência e velocidade de propagação da onda.”, algumas respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

Pelas respostas, é possível observar a evolução dos estudantes quanto à aplicação dos conceitos de ondulatória analisados, pois os estudantes identificaram corretamente os elementos da onda que foram solicitados na questão. Outro resultado importante foi o uso correto das unidades de medida.

- *Frequência: 0,9 Hz; Período: 0,9 s; Comprimento de onda: 34 cm; Velocidade: 30,6 cm/s*
- *Frequência: 0,55 Hz; Período: 1,8 s; Comprimento de onda: 42 cm; Velocidade: 23,1 cm/s*
- *Frequência: 1 Hz; Período: 1s; Comprimento de onda: 40 cm; Velocidade: 40 cm/s*
- *Frequência: 0,33 Hz; Período: 3 s; Comprimento de onda: 25 cm; Velocidade: 8,25 cm/s*

Os alunos responderam corretamente a Questão 4 “O que exatamente viaja com essa velocidade encontrada?”, sendo unânimes em afirmar que é a “energia”.

Para finalizar o questionário, os estudantes relataram sua participação na atividade e dos demais integrantes do grupo, realizando uma avaliação por pares. Pelos relatos dos alunos, ocorreram duas situações. A primeira trata-se de grupos que

os integrantes dividiram as tarefas de confecção, gravação, e identificação dos elementos da onda no experimento “máquina de ondas” e a segunda situação foi dos grupos dos quais os integrantes participaram de todas as etapas.

Algumas das respostas dos alunos estão reproduzidas abaixo.

- *eu fiz a marcação e a colagem dos palitos. Os outros fizeram as demais tarefas.*
- *Todos do grupo realizaram uma tarefa bem executada, eu fiquei responsável por medir a fita e colar os palitos no lugar.*
- *todo mundo ajudou, não só na parte teórica quanto na prática, foi um trabalho em equipe.*
- *Todos participaram igualmente no experimento.*

O quarto passo da UEPS foi dividido em dois encontros, o 6 e o 7, cujos objetivos de aprendizagem eram reconhecer os fenômenos ondulatórios: reflexão, interferência, ressonância. Estavam presentes nesses encontros 28 alunos.

No encontro 6, a professora pesquisadora realizou um diálogo com os alunos sobre a atividade experimental realizada no passo 3 (encontros 4 e 5). Os alunos explanaram positivamente ao falarem da colaboração e empenho para realizarem a atividade e, também, comentaram que deveriam melhorar na interpretação e análise das questões. A professora pesquisadora percebeu a dificuldade em compreenderem a influência da amplitude em uma onda e, assim, realizou-se uma breve retomada dos conceitos estudados até o momento para melhorar o que os alunos haviam estudado. Os alunos, conforme notou a professora pesquisadora, precisavam desse momento para esclarecer e reorganizar alguns conceitos, e mostraram-se receptivos e participativos.

No quarto passo da UEPS, como sugere Moreira (2012), deve-se promover a diferenciação progressiva e, para isso, ocorreu uma aula expositiva sobre os fenômenos ondulatórios da reflexão, interferência e ressonância. Quando a professora pesquisadora utilizou a máquina de onda, confeccionada no último encontro, e exemplificou o fenômeno de reflexão, pode-se perceber pelo envolvimento dos alunos na demonstração que os subsunçores estavam presentes na estrutura cognitiva dos alunos ao observarem o fenômeno ondulatório.

O encontro 7, iniciou-se com uma aula expositiva dialogada sobre os fenômenos: interferência e ressonância. Após a explicação, foram propostas duas questões para os alunos responderem.



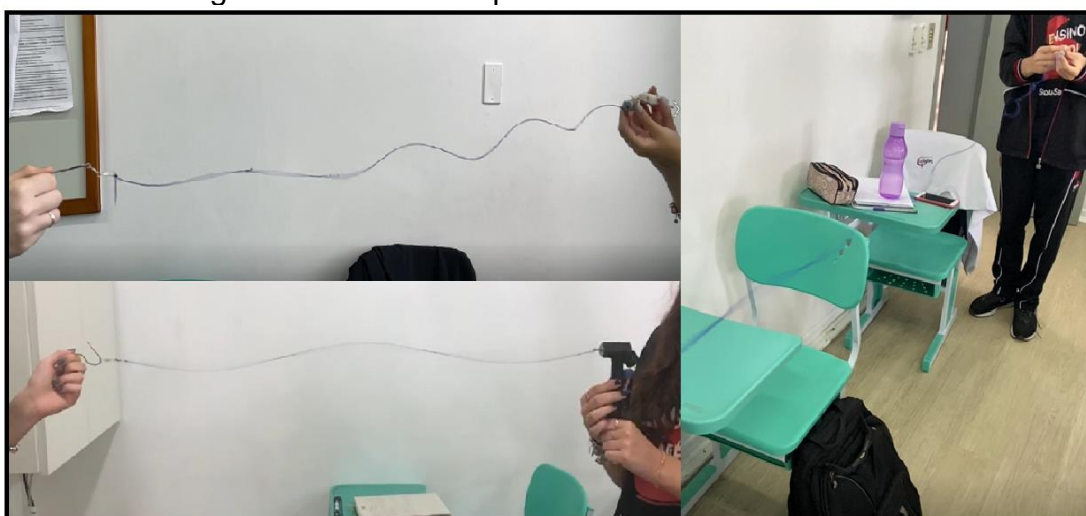
A Questão 1, “Você conhece algum exemplo de onda estacionária? Se sim, qual?”, as respostas dos alunos, dividiram-se em sim e não. A maioria dos alunos, 18, desconhecem o que são ondas estacionárias, e 10 respostas foram sim, exemplificado com instrumentos musicais.

O segundo questionamento solicitava aos alunos pesquisarem exemplos de ondas estacionárias. A pesquisa ocorreu em sala de aula por meio da consulta na internet. Ao analisar as respostas dos alunos, provavelmente transcreveram o que encontraram nos sites que tiveram acesso, pois foram unânimes em responder que ocorria em instrumentos musicais de sopro e corda.

O passo 5 da UEPS ocorreu no encontro 8, cujos objetivos de aprendizagem eram identificar em ondas estacionárias os fenômenos: reflexão, interferência e ressonância e os elementos da onda como frequência, período, velocidade de propagação e comprimento de onda. Estavam presentes na aula 33 alunos.

Primeiramente, houve uma explicação sobre ondas estacionárias. Como Moreira (2012) orienta, na quinta etapa da UEPS, após uma explicação oral pelo professor, deve-se promover a reconciliação integradora com uma atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador. Isso foi possível com a realização de uma atividade experimental relacionada com ondas estacionárias, que está representada na Figura 6.

Figura 6: Atividade experimental sobre ondas estacionárias.



Fonte: autora.

A turma dividiu-se em grupos de quatro integrantes no máximo, formados a critério dos alunos. A professora pesquisadora explicou o funcionamento do

experimento e separou os materiais para os alunos em kits. Os educandos estavam empolgados para novamente fazer outra atividade prática.

Em um nível crescente de complexidade em relação a prática anterior, desta vez os alunos deveriam encontrar uma estratégia para alterar a quantidade de harmônicos e ainda identificar comprimento de onda, frequência e período de oscilação da onda. Após a realização da atividade experimental, a professora pesquisadora propôs a questão: “Descreva a estratégia utilizada para alterar a quantidade de harmônicos e descobrir em descobrir: Comprimento de onda, frequência e período.”.

Pelas respostas fornecidas, percebe-se que os alunos utilizaram diferentes palavras para se referirem a mesma estratégia, ou seja, alterar a quantidade de harmônicos. Isso ocorre se houver alteração de tensão ou no comprimento do barbante. Abaixo estão algumas respostas dos alunos.

- *Estratégia: Maior a tensão, mais harmônicos; Comprimento de onda: 72 cm; Frequência: 4 Hz; Período: 0,25 s.*

- *Estratégia: Relaxar a corda para produzir dois harmônicos; Comprimento de onda: 60 cm; Frequência: 1 Hz; Período: 1 s*

- *Estratégia: Aumentar e diminuir o comprimento da corda; Comprimento de onda: 50 cm; Frequência: 2,5 Hz; Período: 0,4 s.*

- *Estratégia: Medimos o tamanho dos harmônicos pelas marcações, nós na corda, para mudar harmônicos aumentamos a tensão na corda; Comprimento de onda: 48 cm; Frequência: 4 Hz; Período: 0,25 s.*

- *Estratégia: Colocamos os dedos em certos pontos da propagação e diminuimos, estrategicamente, a firmeza nas extremidades da onda; Comprimento de onda: 25 cm; Frequência: 1,43 Hz; Período: 0,7 s.*

Os alunos tiveram dificuldades para conseguir fazer a aferição do comprimento de onda, diferente do experimento do passo 3, pois não havia marcação no barbante. A professora pesquisadora, sendo mediadora da aprendizagem, questionou aos grupos se o comprimento total do barbante era de fato o comprimento de onda; como deveriam analisar isso, ao repensarem, perceberam que eles precisavam medir três nós consecutivos, assim teriam o comprimento de onda. Então, os grupos realizaram marcações no barbante ou simplesmente geraram dois ventres com o comprimento total do barbante.

Ao avaliar a determinação do período, alguns grupos estavam inseguros pelo valor pequeno do tempo medido e solicitaram para que a professora pesquisadora

verificasse se estava correto. A análise realizada por eles estava correta, indicando uma evidência da ocorrência da reconciliação integradora e, conseqüentemente, de uma possível aprendizagem significativa dos estudantes.

Para finalizar o encontro, os alunos responderam três perguntas. Abaixo, estão algumas respostas dos alunos para a Questão 1; “Como ocorre a formação de ondas estacionárias?”, evidenciando que fizeram uma reprodução da explicação da professora pesquisadora sobre a formação de ondas estacionárias em uma corda.

- *O impulso é dado, reflete para voltar, entra em ressonância e gera interferência.*
- *Pela interferência e reflexão promovidas a partir da vibração do motor.*
- *Quando uma onda incidente se encontra com uma onda refletida por uma extremidade fixa em uma corda.*
- *Através da sobreposição de diferentes ondas.*
- *Com uma oscilação nas extremidades, refletida entra em ressonância e sobreposição.*

Para responderem a Questão 2, “Qual é amplitude de um nó?”, os alunos realizaram a gravação das oscilações utilizando uma parede ou o quadro como cenário de fundo para conseguirem visualizar as oscilações e realizarem a mensuração. Todavia, alguns grupos não entenderam que a amplitude solicitada se referia ao nó e não à crista, conforme algumas respostas representadas abaixo.

- *0 cm, está em equilíbrio.*
- *2 cm.*
- *0, pois está no equilíbrio.*
- *0, pois está em equilíbrio.*
- *0 cm*
- *zero.*

Nas respostas, observa-se que a maioria dos alunos compreendeu que em um nó a amplitude é nula.

Para a Questão 3, “Ondas estacionárias também ocorre para ondas sonoras? Cite algum exemplo”, abaixo algumas respostas dos alunos.

- *Sim, cordas de instrumentos musicais, sobrepondo-se às refletidas nas extremidades, originam uma onda estacionária.*
- *Sim, exemplo disso está a corda de um violão.*
- *Sim, usadas para produção das notas tocadas nos instrumentos musicais de corda.*
- *Sim, instrumentos de sopro e corda.*

- Sim, em tubo fechado.

Os alunos foram unânimes em citar os instrumentos musicais, indicando que fizeram uma relação com algo real e que, possivelmente, pode ser outra evidência da reconciliação integradora.

A professora pesquisadora fez uma breve análise das respostas fornecidas pelos alunos no final da aula. Retomou a diferença da amplitude entre os nós e ventres e também comentou que nos “nós” ocorre uma interferência destrutiva total e nos vales ou ventres ocorre uma interferência construtiva. Nas respostas, entretanto, alguns alunos utilizaram o valor da amplitude dos ventres para os nós.

Uma observação que apareceu nesse momento foi o desgaste do barbante após o uso, representado na Figura 7, colocado por eles como uma dissipação de energia e a importância da escolha do material das cordas nos instrumentos musicais.

Figura 7: Barbante após o uso.



Fonte: autora.

O passo 6 da UEPS ocorreu no encontro 9, cujo objetivo de aprendizagem era retomar os conceitos de ondulatória estudados até o momento. Nesse encontro estavam presentes na aula 33 alunos.

Para esse passo, Moreira (2012) sugere dar continuidade no processo de diferenciação progressiva retomando os conteúdos mais relevantes para uma reconciliação integradora. Esse passo foi realizado por meio de um quiz online, seguida de novas situações-problema em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores. Os alunos, de maneira colaborativa, resolveram as questões aos pares com posterior resolução no quadro pelos educandos mediados pela professora pesquisadora.

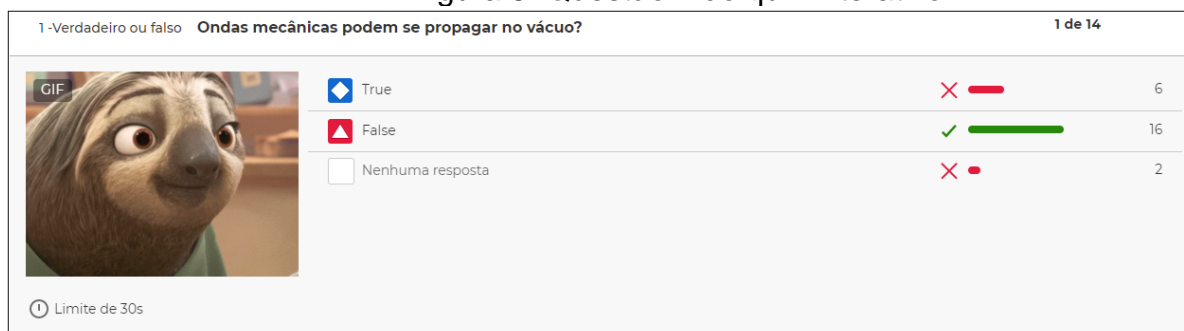
A ferramenta utilizada para o quiz foi o Kahoot, ao qual os alunos já conheciam e, como citado anteriormente, os educandos possuem acesso à internet móvel, o que facilitou o uso do Kahoot.

Inicialmente, os alunos ficaram empolgados e felizes em responder as questões de maneira diferente da tradicional. Após projetar o link de acesso ao Kahoot na sala, os alunos foram acessando o quiz; para aqueles alunos que não conseguiram acessar, organizaram-se em duplas com quem havia conseguido o acesso. O quiz, elaborado pela professora pesquisadora, era composto de 14 questões (Apêndice D). Participaram todos os 32 alunos presentes na aula, mas 24 alunos acessaram online.

O quiz interativo pontua à medida que os alunos acertam as respostas; além de pontuar pelo acerto, pontua mais quem responder mais rapidamente, um aspecto negativo ao usar esse recurso, pela competitividade dos alunos. Para cada questão, é necessário definir um tempo para a resolução e, por vezes, alguns alunos não conseguiram responder em tempo hábil, fato que também pode ter sido em função da má conexão à internet no momento da questão em específico. É importante ressaltar que essa pontuação do Kahoot não foi utilizada pela professora pesquisadora para avaliar as respostas dos alunos.

A primeira questão do quiz está representado na Figura 8.

Figura 8: Questão 1 do quiz interativo.



Fonte: autora.


Para esta questão, aproximadamente 73% das respostas estavam corretas. A professora pesquisadora, nesse momento, aproveitando que ainda havia um pequeno número de alunos com uma compreensão equivocada em relação a propagação de ondas mecânicas, comentou que ondas mecânicas necessitam de um meio material para se propagarem e que as ondas eletromagnéticas, por serem de natureza diferente, podem se propagar no vácuo e também em meios materiais. Uma corda, por exemplo, poderia oscilar no espaço, pois o meio que ela necessita para oscilar é a


corda. Porém, se essa corda gerar som, esse precisaria de um meio físico para se propagar e, dessa maneira, não será possível ouvir o som emitido pela corda (como a corda de instrumento musical).

Essa retomada contribuiu para responderem corretamente a Questão 2, que está representada na Figura 9.

Figura 9: Questão 2 do quiz interativo.

2 - Verdadeiro ou falso Ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo? 2 de 14

GIF 

<input checked="" type="checkbox"/> True	✓ 	22
<input type="checkbox"/> False	✗	0
<input type="checkbox"/> Nenhuma resposta	✗ •	2

⌚ Limite de 30s

Fonte: autora.

A classificação de exemplos de ondas fornecidas no enunciado da Questão 3 foi interpretada corretamente pelos alunos, como mostra a Figura 10. A única resposta que estava equivocada foi justificada, pelo aluno, que o celular travou e, dessa forma clicou em qualquer resposta, explicando o seu erro.

Figura 10: Questão 3 do quiz interativo.

3 - Quiz As ondas na água, na corda e o som são ondas ... 3 de 14

GIF 

<input type="checkbox"/> mecânica	✓ 	21
<input checked="" type="checkbox"/> eletromagnéticas	✗	0
<input type="checkbox"/> ionizantes	✗ •	1
<input type="checkbox"/> radiantes	✗	0
<input type="checkbox"/> Nenhuma resposta	✗ •	2

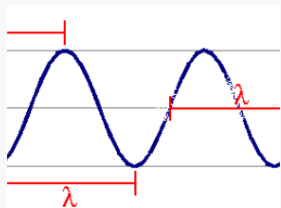
⌚ Limite de 30s

Fonte: autora.

Após alguns equívocos cometidos na Questão 4, sobre a interpretação da simbologia de comprimento de onda, representado na Figura 11, a professora pesquisadora retomou no quadro as representações utilizadas nas grandezas, em Ondulatória.

Figura 11: Questão 4 do quiz interativo.

4 -Quiz O que a letra grega lambda representa em ondulatória? 4 de 14



<input type="checkbox"/>	frequência	×	2
<input type="checkbox"/>	amplitude	×	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Comprimento de onda	✓	16
<input type="checkbox"/>	período	×	2
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	×	3

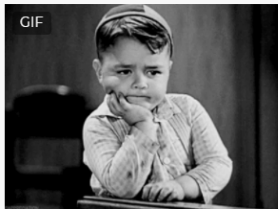
Limite de 30s

Fonte: autora.

Ao projetar no quadro a distribuição das respostas da Questão 5, representado na Figura 12, a maioria dos alunos comentou que havia um equívoco na resposta correta. Período e frequência variam na proporção inversa, os alunos nesse momento, ficaram entusiasmados por conseguirem analisar esse detalhe.

Figura 12: Questão 5 do quiz interativo.

5 -Quiz Qual a relação entre frequência e período de uma onda? 5 de 14



<input checked="" type="checkbox"/>	Diretamente proporcional	✓	6
<input type="checkbox"/>	dobro	×	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Inversamente proporcional	×	14
<input type="checkbox"/>	não há relação entre essas grandezas	×	0
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	×	3

Limite de 30s

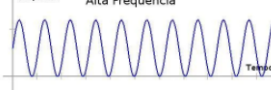
Fonte: autora.

Antes de projetar a Questão 6, que está representado na Figura 13, a professora pesquisadora comentou que os alunos deveriam considerar constante a velocidade de propagação da onda. Com essa informação, 80 % das respostas estavam corretas, pois se a velocidade é constante, ao aumentar a frequência o comprimento de onda diminui.


Figura 13: Questão 6 do quiz interativo.

6-Quiz Quando a frequência de uma onda aumenta, o que acontece com o comprimento de onda? 6 de 14

Amplitude Alta Frequência



Amplitude Baixa Frequência



<input checked="" type="checkbox"/> Aumenta	✗ -	3
<input checked="" type="checkbox"/> Diminui	✓ —	16
<input type="checkbox"/> Não altera	✗ •	1
<input type="checkbox"/> desaparece da onda	✗	0
<input type="checkbox"/> Nenhuma resposta	✗ -	4

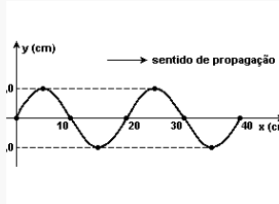
⌚ Limite de 30s

Fonte: autora.

A imagem utilizada nas Questões 7 e 8 foi a mesma, como mostram as Figuras 14 e 15. Houve alguns equívocos em relação à identificação da amplitude e comprimento de onda. A professora pesquisadora, então, após a projeção de ambas questões, reproduziu no quadro a imagem para diferenciar a identificação de comprimento de onda e amplitude e facilitar a compreensão dessas grandezas.

Figura 14: Questão 7 do quiz interativo.

7-Quiz Qual a amplitude da onda representada na imagem? 7 de 14



<input checked="" type="checkbox"/> 3 cm	✓ —	8
<input type="checkbox"/> 10 cm	✗ -	3
<input type="checkbox"/> 6 cm	✗ -	6
<input type="checkbox"/> 20 cm	✗ -	3
<input type="checkbox"/> Nenhuma resposta	✗ -	4

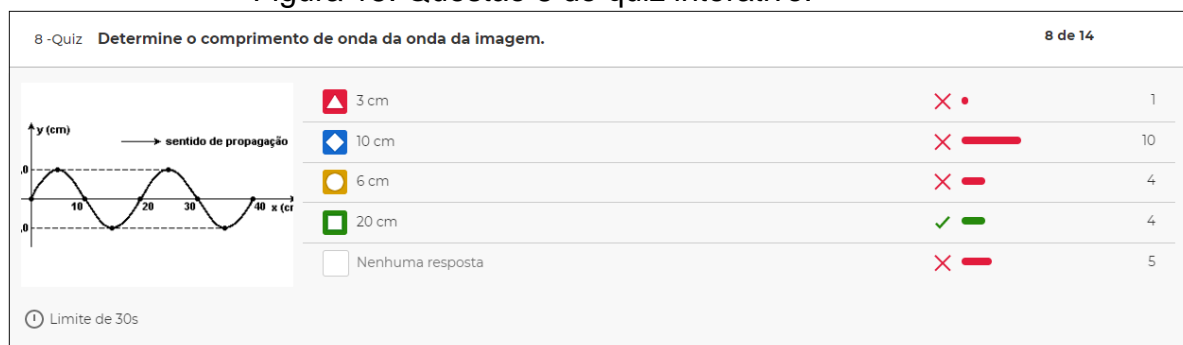
⌚ Limite de 30s

Fonte: autora.

Mesmo com a explicação no quadro, alguns alunos responderam de maneira equivocada, sendo necessário reforçar esses conceitos posteriormente.



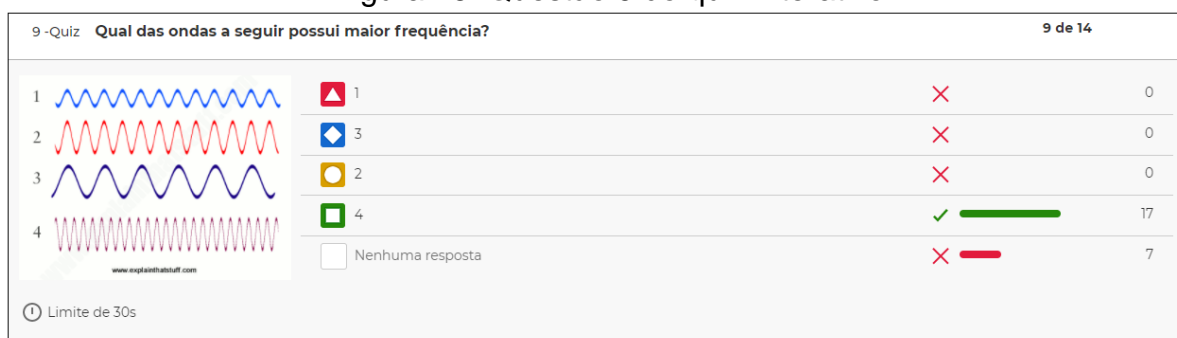
Figura 15: Questão 8 do quiz interativo.



Fonte: autora.

A Figura 16 mostra que houve 100 % de acertos nas respostas dos alunos na Questão 9 ao identificarem qual onda representava maior frequência.

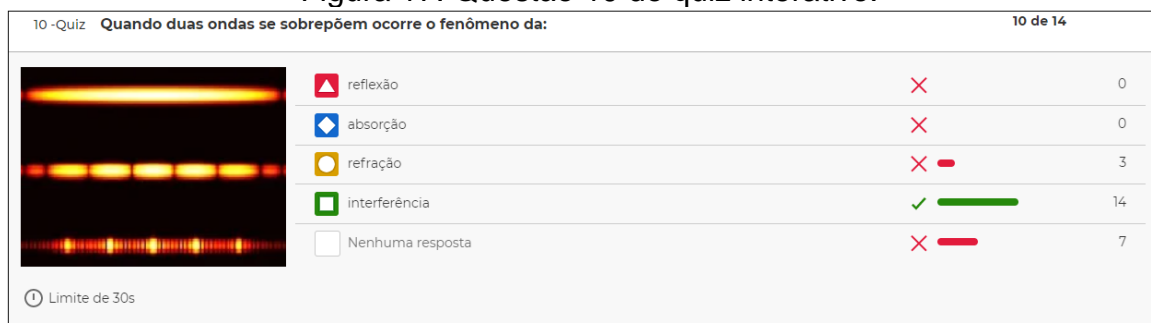
Figura 16: Questão 9 do quiz interativo.



Fonte: autora.

Alguns alunos cometeram equívocos ao interpretar a Questão 10 (Figura 17). Nesse momento, houve uma falha na conexão da internet de alguns alunos e 7 alunos não conseguiram responder.

Figura 17: Questão 10 do quiz interativo.



Fonte: autora.

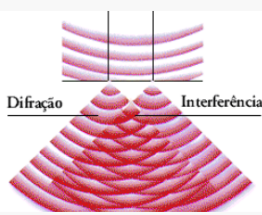
A professora pesquisadora retomou, utilizando o quadro, o fenômeno de interferência. A professora comentou que a sobreposição de ondas em fase resulta em

uma interferência construtiva e a sobreposição em oposição de fase gera uma interferência destrutiva.

Essa breve retomada do fenômeno de interferência auxiliou os alunos a responderem a Questão 11, como mostra a Figura 18. O problema de conexão à internet em alguns celulares permanecia.

Figura 18: Questão 11 do quiz interativo.

11-Quiz A interferência pode ser: 11 de 14



<input type="checkbox"/>	Somente destrutiva	×	0
<input type="checkbox"/>	Somente construtiva	×	0
<input type="checkbox"/>	reflexiva	×	2
<input checked="" type="checkbox"/>	Construtiva e destrutiva	✓	15
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	×	7


Limite de 30s

Fonte: autora.

Ao avaliar as respostas dos alunos na Questão 12, representado pela Figura 19, percebe-se que duas respostas estão equivocadas, pois ondas transportam apenas energia e não ocorre o transporte de matéria. Os dois alunos que cometeram o equívoco, socializaram que confundiram ao clicar a resposta, justificando o equívoco cometido.

Figura 19: Questão 12 do quiz interativo.

12-Quiz Uma das características da onda é que : 12 de 14



<input type="checkbox"/>	ela transportam matéria mas não transportam energia	×	0
<input type="checkbox"/>	elas não transportam energia nem matéria	×	0
<input checked="" type="checkbox"/>	elas transportam energia mas não transportam matéria	✓	15
<input type="checkbox"/>	elas transportam apenas matéria	×	2
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	×	7

Limite de 30s

Fonte: autora.

A imagem utilizada nas Questões 13 e 14 era a mesma, e tinha como objetivo identificar as grandezas física da onda, como mostram as Figuras 20 e 21.

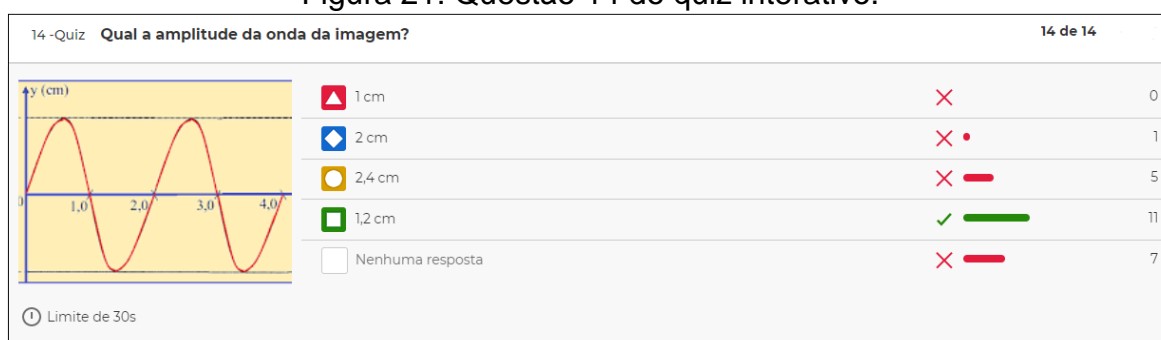
Figura 20: Questão 13 do quiz interativo.



Fonte: autora.

Ao observar o número de acertos na Questão 13, percebe-se que a maioria dos alunos conseguiram identificar um comprimento de onda. Da mesma forma, o número de acertos dos alunos na Questão 14 demonstra evolução em identificar a amplitude de uma onda. Se compararmos as respostas fornecidas na Questão 7 (Figura 14), que também solicitava a identificação da amplitude de uma onda, alguns alunos atingiram o objetivo.

Figura 21: Questão 14 do quiz interativo.

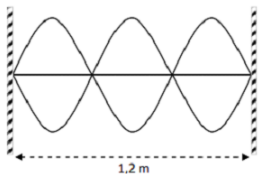
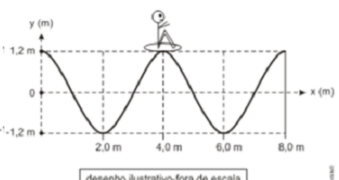


Fonte: autora.

Pelas respostas fornecidas no quiz e o entusiasmo ao longo da atividade, percebeu-se um excelente envolvimento dos alunos. Apesar do quiz apresentar somente questões objetivas, foi possível obter novos registros de indícios de aprendizagem significativa.

Após o quiz interativo, os alunos foram desafiados a resolverem exercícios envolvendo ondulatória, em um nível de maior complexidade. As questões estão representadas na Figura 22 e no Apêndice F. Os exercícios foram resolvidos de maneira colaborativa, em duplas e um grupo formado por 3 alunos.

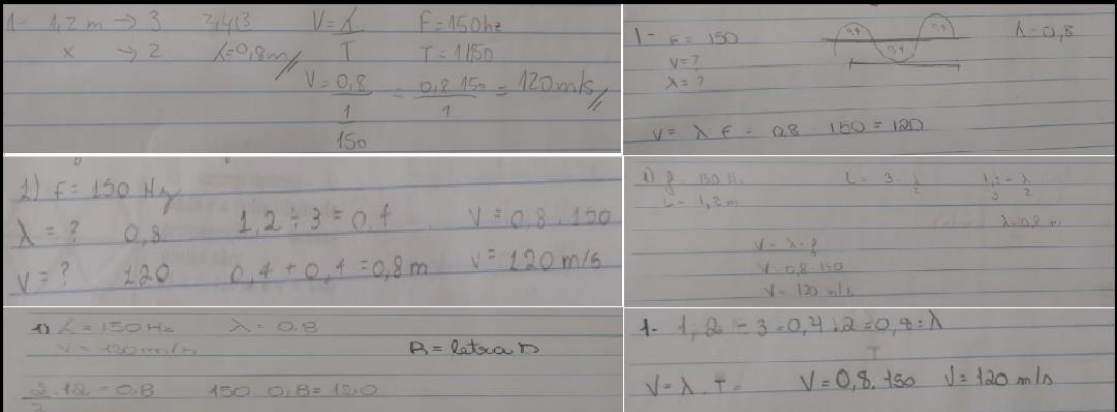
Figura 22: Exercícios sobre Ondulatória.

<p>1. A figura abaixo representa uma configuração de ondas estacionárias propagando-se numa corda e produzidas por uma fonte que vibra com uma frequência de 150 Hz. O comprimento de onda e a velocidade de propagação dessas ondas são:</p>  <p>a) <math>\lambda = 1,2 \text{ m}</math> e <math>v = 180 \text{ m/s}</math>          b) <math>\lambda = 0,8 \text{ m}</math> e <math>v = 180 \text{ m/s}</math>          c) <math>\lambda = 1,2 \text{ m}</math> e <math>v = 120 \text{ m/s}</math>          d) <math>\lambda = 0,8 \text{ m}</math> e <math>v = 120 \text{ m/s}</math>          e) <math>\lambda = 2,4 \text{ m}</math> e <math>v = 120 \text{ m/s}</math></p>	<p>O motor que impulsiona as águas da piscina gera ondas periódicas. Com base nessas informações, e desconsiderando as forças dissipativas na piscina de ondas, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade de:</p> <p>a) 0,15 m/s          b) 0,30 m/s          c) 0,40 m/s          d) 0,50 m/s          e) 0,60 m/s</p>
<p>2. Uma das atrações mais frequentadas de um parque aquático é a "piscina de ondas". O desenho abaixo representa o perfil de uma onda que se propaga na superfície da água da piscina em um dado instante.</p>  <p>Um rapaz observa, de fora da piscina, o movimento de seu amigo, que se encontra em uma boia sobre a água e nota que, durante a passagem da onda, a boia oscila para cima e para baixo e que, a cada 8 segundos, o amigo está sempre na posição mais elevada da onda.</p> <p>a) 0,50Hz 0,40m 0,20m/s          b) 0,50Hz 0,40m 2,0m/s          c) 2,0Hz 0,20m 2,0m/s          d) 2,0Hz 0,80m 0,20m/s          e) 30Hz 0,80m 8,0m/s</p>	<p>3. Um estudante de Física encontra-se num barco ancorado num lago de águas calmas. Repentinamente, começa a soprar uma brisa leve, que gera pequenas ondulações na superfície da água, fazendo oscilar uma folha que flutua nas proximidades do barco. Observando essas ondulações e o movimento da folha, o estudante estima que a distância entre duas cristas de onda sucessivas é aproximadamente 40cm e que passam pela folha 30 cristas por minuto. De acordo com essas informações, a frequência, o comprimento de onda e a velocidade de propagação das ondas são, respectivamente:</p>

Fonte: autora.

As respostas fornecidas pelos alunos na Questão 1 evidenciaram a relação entre o conhecimento e a aplicação de conceitos por parte dos estudantes, conforme nota-se em algumas respostas que estão representadas na Figura 23. Para resolver essa questão os alunos utilizaram estratégias diferentes e chegaram à resolução exata da questão.

Figura 23: Recortes de algumas respostas da Questão 1.



Handwritten student solutions for Question 1:

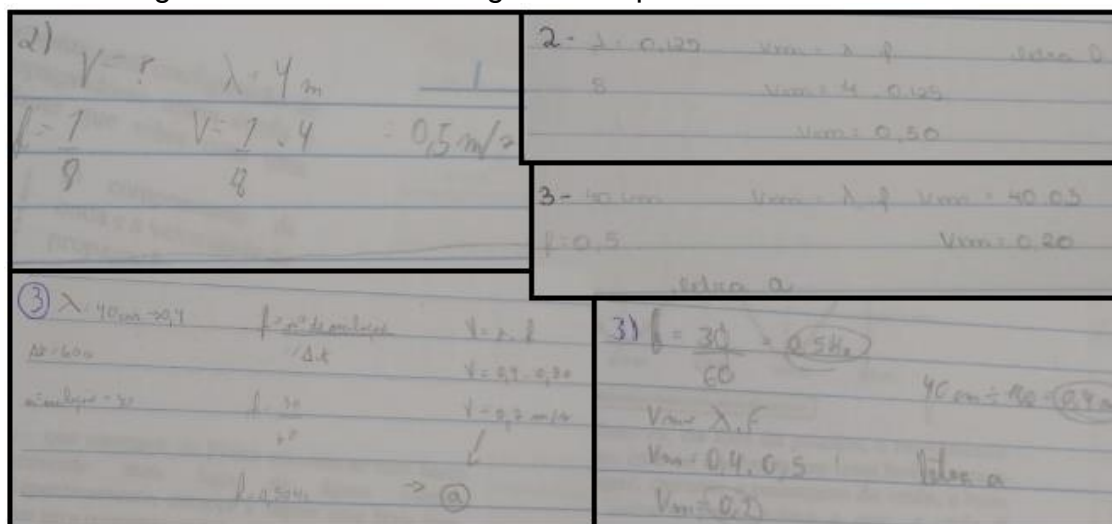
- Student 1:  $\lambda = 1,2 \text{ m} \rightarrow 3$  cycles,  $f = 150 \text{ Hz}$ ,  $v = \lambda \cdot f = 1,2 \cdot 150 = 180 \text{ m/s}$ . (Incorrect)
- Student 2:  $\lambda = 0,8 \text{ m}$ ,  $f = 150 \text{ Hz}$ ,  $v = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ m/s}$ . (Correct)
- Student 3:  $f = 150 \text{ Hz}$ ,  $\lambda = 0,8$ ,  $1,2 \div 3 = 0,4$ ,  $v = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ m/s}$ . (Correct)
- Student 4:  $f = 150 \text{ Hz}$ ,  $\lambda = 0,8$ ,  $v = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ m/s}$ . (Correct)
- Student 5:  $f = 150 \text{ Hz}$ ,  $\lambda = 0,8$ ,  $v = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ m/s}$ . (Correct)
- Student 6:  $f = 150 \text{ Hz}$ ,  $\lambda = 0,8$ ,  $v = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ m/s}$ . (Correct)

Fonte: autora.

As Questões 2 e 3 também foram resolvidas de maneira correta por todos os alunos, algumas respostas estão representadas na Figura 24, trazendo evidências de uma aprendizagem significativa. Como aponta Moreira (2010) na concepção cognitiva, quando o aluno tem acesso a uma visão dos objetos ou elementos importantes (no

caso, uma visualização das grandezas do movimento ondulatório), ele terá mais facilidade na aprendizagem para diferenciar e reconciliar os significados.

Figura 24: Recortes de algumas respostas das Questões 2 e 3.



Fonte: autora

Para finalizar o encontro, foi realizada a correção das questões no quadro mediada pela professora pesquisadora e realizada pelos alunos.

O passo 7 da UEPS ocorreu em dois encontros, os encontros 10 e 11, cujos objetivos de aprendizagem eram reconhecer os fenômenos ondulatórios: refração, difração e polarização. Estavam presentes na aula 34 alunos.

Moreira (2012) orienta para que nesse passo aconteça uma avaliação somativa individual. Para buscar evidências da captação de significados pelos alunos, a professora pesquisadora propôs questões de Ondulatória que serão descritas e avaliadas a seguir.

No encontro 10, utilizou-se uma aula expositiva dialogada sobre fenômenos ondulatórios: refração, difração e polarização. O primeiro fenômeno que a professora pesquisadora explicou foi a refração, pelo fato de os alunos já terem estudado esse fenômeno quando estudaram Óptica. A explicação foi uma breve retomada do assunto e exemplificou que o fenômeno da refração também ocorre com ondas mecânicas, pois até o momento, haviam estudado refração somente com a luz.

Na sequência, a professora pesquisadora explicou o fenômeno da difração. Próximo a escola havia a construção de um prédio e máquinas estavam trabalhando no momento, emitindo som. A professora pesquisadora solicitou que fechassem as janelas e a porta. Então, questionou se ainda era possível ouvir o som das máquinas.

Como esperado, todos conseguiam ouvir e o fato do som contornar obstáculos explicava isso, pois ainda haviam aberturas para a passagem do som.

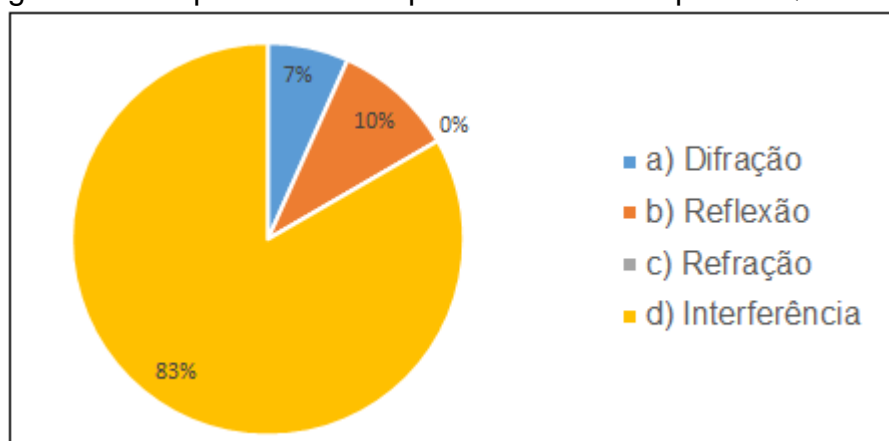
A professora pesquisadora utilizou outros exemplos, como a passagem da luz por baixo da porta, para que os alunos percebessem que a difração é um fenômeno ondulatório que ocorre tanto com ondas mecânicas como eletromagnéticas.

O último fenômeno ondulatório abordado foi a polarização. Após uma exposição acerca do fenômeno de polarização, a professora pesquisadora entregou dois óculos polarizadores aos alunos e solicitou que olhassem para um local claro; alguns olharam para as lâmpadas ligadas na sala, outros olharam a rua através da janela, já que era um dia ensolarado. Eles comentaram que diminuía a claridade, pois bloqueiam parcialmente os reflexos oriundos da luz. Como alguns dos alunos utilizam óculos, questionaram se nas lentes dos seus óculos era isso que tinha. Outro aluno, ainda comentou que seu pai utiliza polarizadores em suas lentes fotográficas. As manifestações dos alunos indicam que conseguiram associar a polarização com situações reais.

No encontro 11, a professora pesquisadora apresentou algumas questões para os alunos responderem individualmente. Essas questões envolviam ondas em gerais, ou seja, ondas mecânicas e eletromagnéticas. Dessa forma, pretendeu-se verificar se os alunos conseguiam compreender que os fenômenos ondulatórios estudados se aplicam para todos tipos de ondas. A seguir está a análise destas questões.

A Questão 1, “Alguns modelos mais modernos de fones de ouvido têm um recurso, denominado “cancelador de ruídos ativo”, constituído de um circuito eletrônico que gera um sinal sonoro semelhante ao sinal externo (ruído), exceto pela sua fase oposta. Qual fenômeno físico é responsável pela diminuição do ruído nesses fones de ouvido?”, pelas respostas fornecidas pelos alunos (Figura 25), percebe-se que a maioria conseguiu interpretar a questão e identificar o fenômeno ondulatório a qual se referia a questão. Alguns alunos, comentaram que possuem esses fones de ouvido, e pediram para que a professora pesquisadora utilizasse para perceber a diferença dos fones de ouvido convencionais.

Figura 25: Frequência das respostas dos alunos para a Questão 1.

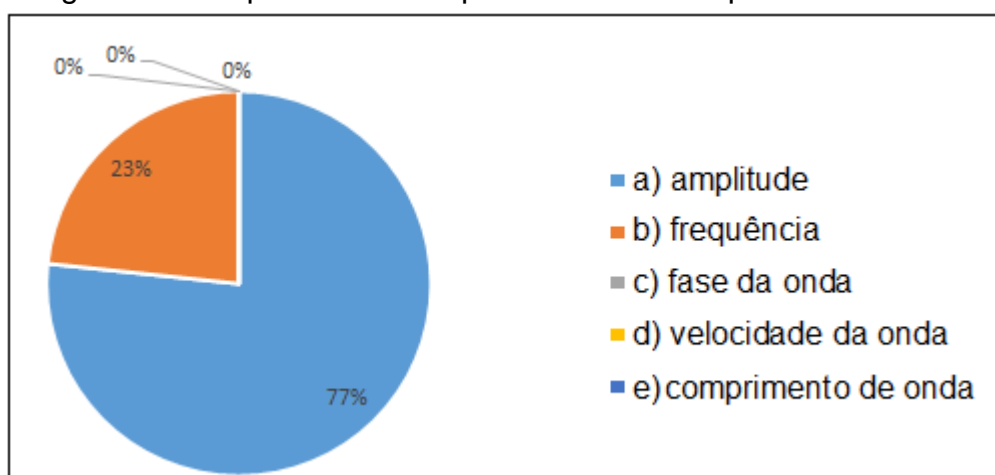


Fonte: autora.

A Questão 2, “Um professor percebeu que seu apontador a laser, de luz monocromática, estava com o brilho pouco intenso. Ele trocou as baterias do apontador e notou que a intensidade luminosa aumentou sem que a cor do laser se alterasse. Sabe-se que a luz é uma onda eletromagnética e apresenta propriedades como amplitude, comprimento de onda, fase, frequência e velocidade. Dentre as propriedades de ondas citadas, aquela associada ao aumento do brilho do laser é o(a): deixou os alunos indecisos entre amplitude e frequência ao responderem.

Percebendo a indecisão dos alunos, a professora pesquisadora orientou-os explicando que frequência e comprimento de onda de uma onda estão associados à cor e a fase e a velocidade estão associados à propagação da onda. A professora solicitou, então, para que os alunos pesquisassem a influência da amplitude. A maioria dos alunos conseguiu relacionar a amplitude com o brilho do laser. No entanto, alguns alunos não conseguiram relacionar a amplitude com a energia que a onda propaga (Figura 26).

Figura 26: Frequência das respostas dos alunos para a Questão 2.



Fonte: autora

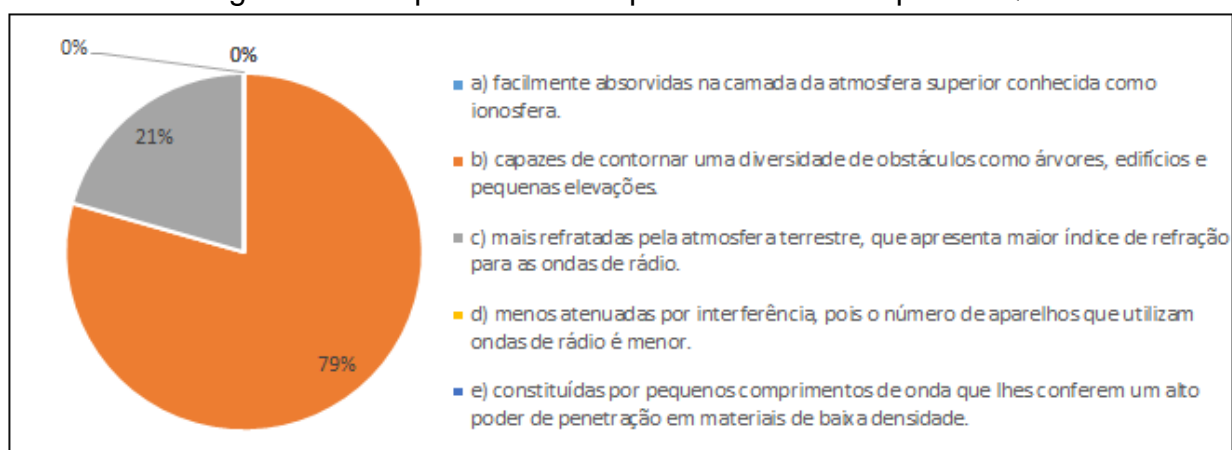
Na Questão 3 “O sonorizador é um dispositivo físico implantado sobre a superfície de uma rodovia de modo que provoque uma trepidação e ruído quando da passagem de um veículo sobre ele, alertando para uma situação atípica à frente, como obras, pedágios ou travessia de pedestres. Ao passar sobre os sonorizadores, a suspensão do veículo sofre vibrações que produzem ondas sonoras, resultando em um barulho peculiar. Considere um veículo que passe com velocidade constante igual a 108 km/h sobre um sonorizador cujas faixas são separadas por uma distância de 8 cm. A frequência da vibração do automóvel percebida pelo condutor durante a passagem nesse sonorizador é mais próxima de: a) 8,6 hertz. b) 13,5 hertz. c) 375 hertz. d) 1 350 hertz. e) 4 860 hertz.”, alguns alunos cometeram equívocos nas unidades de medidas, porém todos os alunos conseguiram realizar sua interpretação.

Por não perceberem que deveriam fazer a conversão de algumas unidades de medidas, 7 alunos não conseguiram resolver corretamente a pergunta. Na Figura 27, algumas repostas fornecidas pelos alunos.





Figura 28: Frequência das respostas dos alunos para a Questão 4.



Fonte: autora.

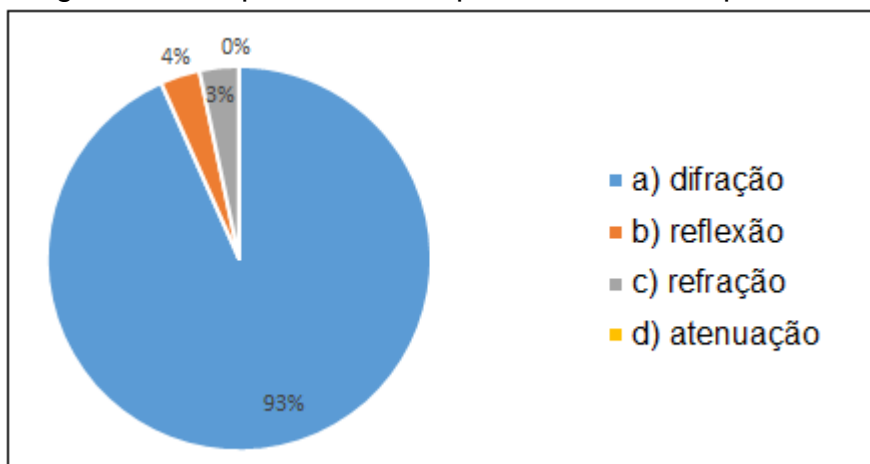
Na questão 5 “Um garoto que passeia de carro com seu pai pela cidade, ao ouvir o rádio, percebe que a sua estação de rádio preferida, a 94,9 FM, que opera na banda de frequência de megahertz, tem seu sinal de transmissão superposto pela transmissão de uma rádio pirata de mesma frequência que interfere no sinal da emissora do centro em algumas regiões da cidade. Considerando a situação apresentada, a rádio pirata interfere no sinal da rádio do centro devido à:”, todos os alunos conseguiram compreender que quando a velocidade e a frequência de duas ondas são iguais, as radiações têm comprimentos de onda semelhantes, resolvendo corretamente a questão.

Os alunos conseguiram interpretar a Questão 6, “Ao assistir a uma apresentação musical, um músico que estava na plateia percebeu que conseguia ouvir quase perfeitamente o som da banda, perdendo um pouco de nitidez nas notas mais agudas. Ele verificou que havia muitas pessoas bem mais altas à sua frente, bloqueando a visão direta do palco e o acesso aos alto-falantes. Sabe-se que a velocidade do som no ar é 340 m/s e que a região de frequências das notas emitidas é de, aproximadamente, 20 Hz a 4 000 Hz. Qual fenômeno ondulatório é o principal responsável para que o músico percebesse essa diferenciação do som?”, a professora pesquisadora pediu para os alunos considerarem som agudo o de maior frequência e o som grave o de menor frequência.

Conhecendo o valor da velocidade do som no ar, os alunos perceberam que precisavam utilizar a frequência de 4000 Hz para descobrir o comprimento de onda. Ao resolver a questão, concluíram que a altura média das pessoas na frente do músico possuíam dimensões maiores que o comprimento de onda do som mais agudo. A

capacidade que o som possui de contornar obstáculos fazia com que o som grave, com maior comprimento de onda, fosse percebido pelo músico, ou seja, pela difração das ondas sonoras, conclusão da maioria dos alunos (Figura 29).

Figura 29: Frequência das respostas dos alunos para a Questão 6.

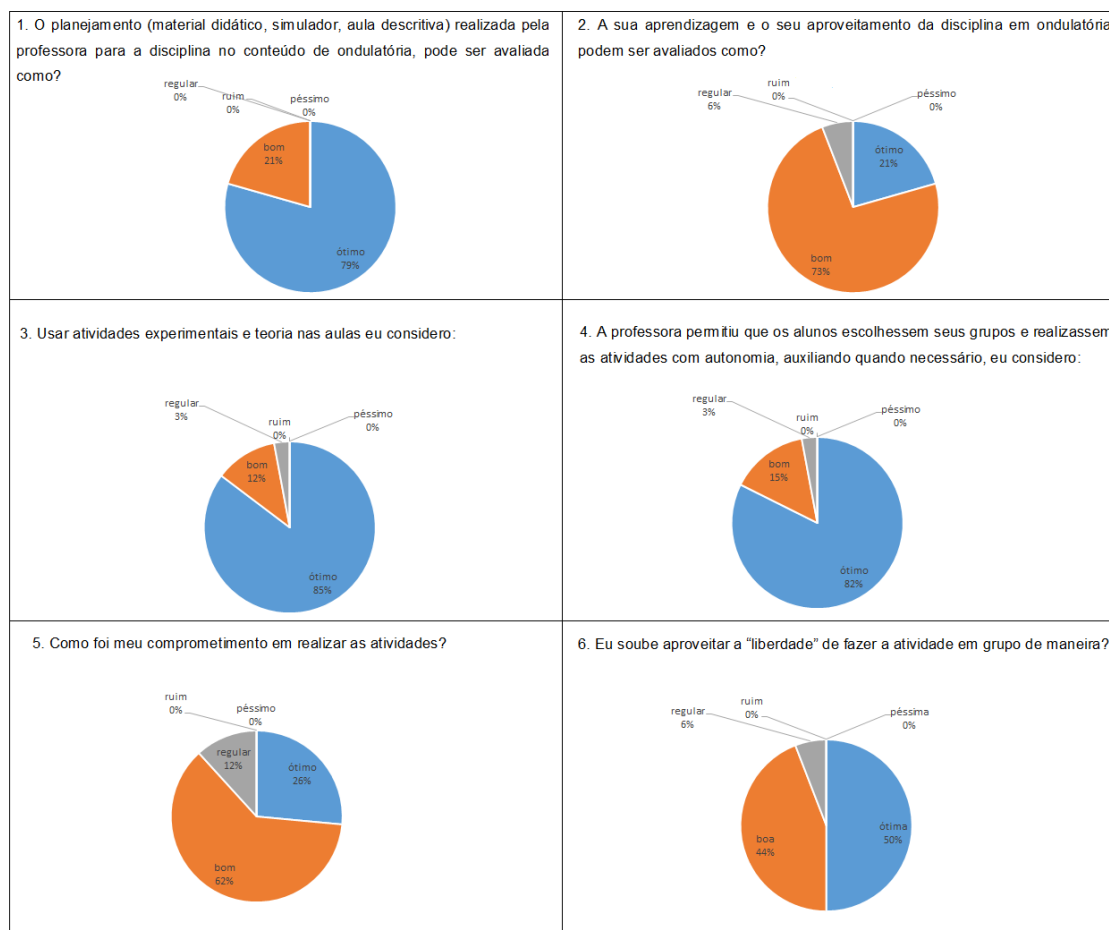


Fonte: autora.

Para finalizar o encontro, a professora pesquisadora solicitou que os alunos realizassem a avaliação da UEPS e sua autoavaliação (APÊNDICE G). As questões 1, 3 e 4 estavam relacionadas com a avaliação da UEPS e as questões 2, 5 e 6 com a autoavaliação dos alunos.

Na Figura 30 estão as questões e as distribuições de frequência das respostas dos alunos. Em relação à UEPS, os alunos avaliaram de maneira positiva o planejamento das aulas, a utilização de atividades experimentais e a autonomia, com ótimo e bom acima de 90%. Em relação à autoavaliação, 73% dos alunos consideraram como bom as aprendizagens adquiridas, 88% avaliaram como ótimo e bom seu comprometimento nas atividades e 94% consideraram ótimo e bom a liberdade promovida pela professora durante a realização das atividades da UEPS.

Figura 30: Questões da avaliação e autoavaliação e frequência das respostas dos alunos.



Fonte: autora.

Além das questões acima, a professora pesquisadora solicitou aos alunos que fizessem um relato escrito das atividades experimentais. Na Figura 31 são apresentados alguns relatos dos alunos em relação à utilização de atividades experimentais em sala de aula. Outros relatos são apresentados abaixo.

*- Eu gostei muito e consegui absorver o conteúdo de uma maneira muito melhor e com mais facilidade, muito mais que os outros conteúdos. Acho que isso se deu pelas aulas práticas, realmente muito bom ensino.*

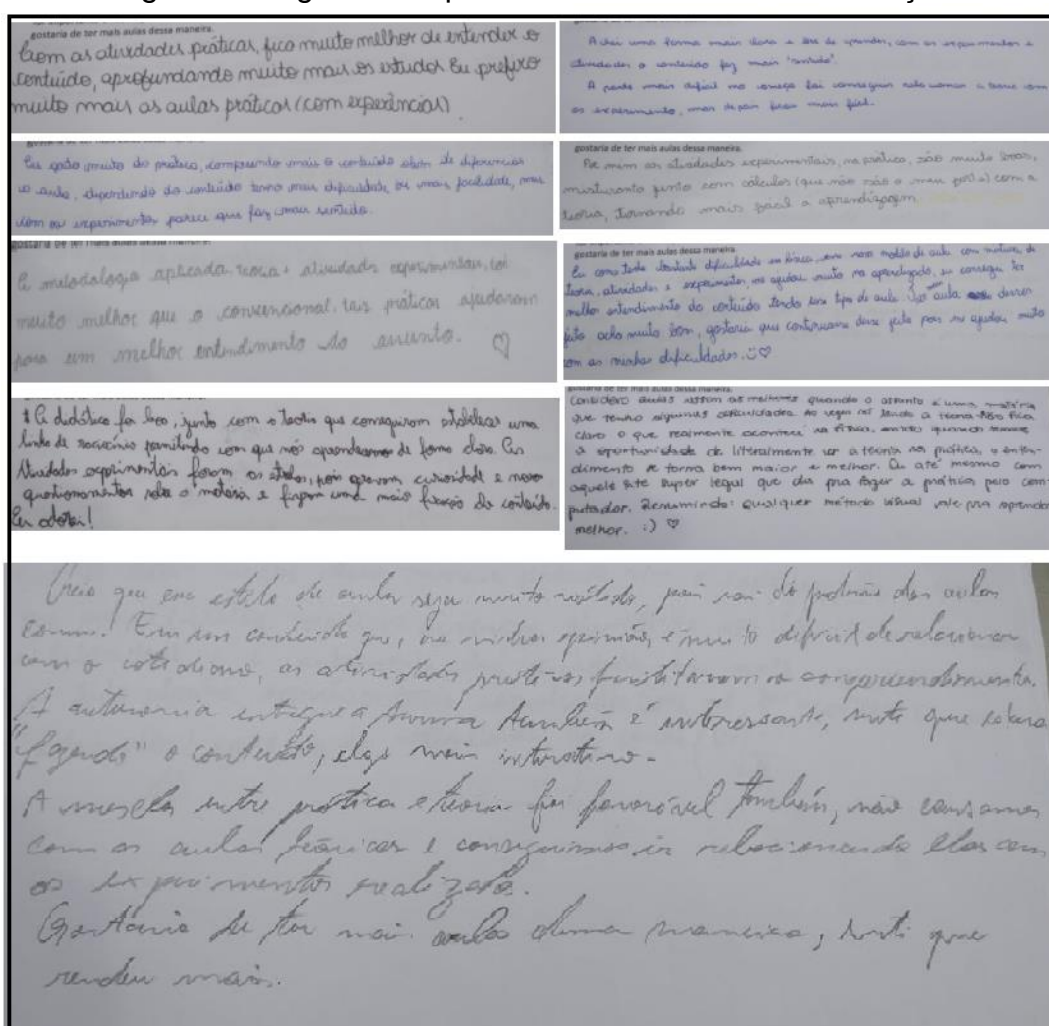
*- Eu como tenho bastante dificuldade em física, esse novo modelo de aula com mistura de teoria, atividades e experimentos, me ajudou muito no aprendizado, eu consegui ter melhor entendimento do conteúdo tendo esse tipo de aula. Ter mais aulas desses jeito acho muito bom, gostaria que continuasse desse jeito pois me ajudou muito com as minhas dificuldades.*

*- O fato de colocar em prática o conteúdo tornou o aprendizado mais fácil e envolvente, tornando as aulas mais leves e gerando maior comprometimento.*

- Achei uma forma interativa e prática de estudar o conteúdo, a realização das atividades práticas foi muito importante para minha aprendizagem. Gostaria de ter mais aulas dessa maneira.

Os relatos, em geral, indicaram que as atividades experimentais e demonstrações prática foram importantes para o entendimento dos conceitos explorados, que algumas situações que podem ser aprimoradas e, principalmente, acreditam que estratégias didáticas conectando a teoria com a prática contribuíram para a aprendizagem de Ondulatória.

Figura 31: Algumas respostas dos alunos da autoavaliação.



Fonte: autora.

Diante da análise apresentada, a aplicação da UEPS para o ensino de Física, contextualizada com o objeto de estudo de Ondulatória aliada às atividades experimentais, possibilitou criar um ambiente de ensino e de aprendizagem mais dinâmico, que facilitou a aplicação do conteúdo e promoveu a ocorrência dos

processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora indicando uma possível aprendizagem significativa dos alunos.

A forma como a UEPS foi desenvolvida proporcionou que muitos alunos participassem assiduamente das atividades práticas e da resolução de exercícios, demonstrando interesse e motivação no processo de aprendizagem.

Uma das dificuldades encontradas inicialmente pelos alunos foi a identificação dos elementos de uma onda. Dessa forma, percebe-se a importância de retomar alguns conceitos no início de cada aula, para fixar melhor os objetos de estudo. No entanto, a maior dificuldade encontrada foi o entendimento da amplitude de uma onda, como descrito no encontro 5 na Questão 2 e no encontro 9, nas Questões 7 e 14, devido ao equívoco de assimilação de amplitude com energia de propagação da onda.

Essas informações são fundamentais, também, para o docente refletir sobre a sua prática e aprimorar suas estratégias de ensino visando a promoção da aprendizagem dos alunos.

## 5. PRODUTO EDUCACIONAL

Com os resultados obtidos a partir da pesquisa realizada, a primeira versão da proposta de intervenção, ou seja, a primeira versão do produto educacional, foi aprimorado para a elaboração da versão final do produto educacional associado a esta dissertação de mestrado profissional. A versão final do produto educacional está no Apêndice H desta dissertação.

O produto educacional consiste em um material de apoio pedagógico, na forma de uma sequência didática, organizada como uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), envolvendo atividades experimentais, demonstrações práticas, simulações e propostas de situações problemas para serem realizadas em grupo ou individualmente.

No produto educacional estarão descritas as aulas que contemplam todos os passos para o desenvolvimento da UEPS, visando a aprendizagem significativa dos alunos.

As atividades experimentais e os procedimentos para os encontros descritos na UEPS podem ser adaptados para a realidade da escola que será aplicada, conforme avaliação do professor.

Espera-se que o presente produto educacional poderá servir de inspiração aos professores, como um material didático ou complementar para o ensino de Ondulatória e contribuir no aprimoramento do processo de aprendizagem dos alunos

O produto educacional, gerado a partir desta pesquisa, também estará disponível em um documento em PDF, a ser compartilhado no site do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGE CiMa, da Universidade de Caxias do Sul.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inovar na abordagem didática dos conteúdos em sala de aula é uma tarefa desafiadora. Nem sempre o que é proposto é garantia de que os objetivos de aprendizagem serão alcançados, pois vários elementos influenciam as ações em sala de aula. Entretanto, cabe ao professor a tarefa, mediante objetivos bem estabelecidos, de selecionar atividades e articulá-las de forma lógica para que possam ser realizadas em sequência, e no tempo certo, contribuir de forma efetiva na construção do conhecimento pelos alunos.

Um caminho promissor, conforme recomenda a Teoria de Aprendizagem Significativa, é partir do que os alunos já conhecem, ou seja, o conhecimento prévio, e propor situações que possam avançar, melhorar e dar significado na construção deste conhecimento.

Assim, a construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) envolvendo várias atividades experimentais, simulações, discussões e situações problemas podem ser eficiente para este propósito.

Com o intuito de conectar o conhecimento formal com o cotidiano, propomos relacionar alguns conceitos de ondas com equipamentos que fazem parte da vivência dos alunos, para que percebam que a Física está presente no seu dia a dia.

A premissa de que a contextualização é importante neste processo não deve ser entendida no sentido de abandono do conteúdo formal, mas sim como parte integrante do processo e o professor deve atuar como mediador entre o aluno e o que se deseja ensinar.

Baseado na análise dos dados obtidos por meio de diversos instrumentos de coleta, identificou-se que os estudantes participaram ativamente das atividades experimentais, debateram os resultados entre eles e responderam testes individualmente e em grupo contribuindo para a aquisição de conhecimento de Ondulatória e promovendo, em certo grau, a aprendizagem significativa.

A formação de um cidadão crítico que possa entender e interagir com o mundo que o cerca é um dos objetivos que deve ser considerado por todos os professores, efetivamente, comprometidos com a importante tarefa de ensinar.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de ensino de física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. *Plátano: Lisboa*, v. 1, p.71-85, 2003.
- DAMIANI, F.D.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F.; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. *Cadernos de Educação*, Pelotas, v. 45, n. 57, p. 57-67, 2013.
- ELMÔR FILHO, G. et al. Uma nova sala de aula é possível: aprendizagem ativa na educação em engenharia. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- GALIAZZI, M. do C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- HEWITT, P. *Física Conceitual*. 12. ed. Bookman Editora, 2015.
- MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. *Pesquisa Qualitativa em Educação em Ciências: projetos, entrevistas, questionários, teoria fundamentada, redação científica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.
- MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. In: SILVA, Maria Gorette Lima da Silva; MOHR, Adriana; ARAÚJO, Magnólia Fernandes Florêncio. *Temas de Ensino e formação de professores de ciências*. Natal, RN: Ed. da UFRN, p. 45-57, 2012.
- KAWAMURA, M. R.; HOSOUME, Y. A. Contribuição da física para um novo ensino médio. In: *Revista Física na Escola*, vol. 4, n. 2, p.22-27, 2003.
- MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo. Vol. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.
- MOREIRA, A. F. B. Currículo, cultura e formação de professores. *Revista Educar*, Curitiba, Editora da UFPR, n. 17, p. 39-52, 2001.

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

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2009.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro Editora, 2010.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. 2ª Edição. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

MOREIRA, M. A. O que é afinal Aprendizagem significativa? 2010. Disponível em: Acesso em: 11 jan. 2022.

OLIVEIRA, A. A. Q.; CASSAB, M.; SELLES, S. E. Pesquisas brasileiras sobre a experimentação no ensino de Ciências e Biologia: diálogos com referenciais do conhecimento escolar. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 12, n. 2, p. 183-209, 2012.

POZO, J. I. Teorias cognitivas da aprendizagem. 3ª. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1998.

SANTOS, B. M.; SILVA, H. E. da; ROSA, R. C. RELATO DE EXPERIÊNCIA: ATIVIDADES LÚDICAS E EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ONDAS. REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 327-351, 2020.

SANTOS, R. de S.; OLIVEIRA, R. D.; SILVA, T. P. da. Atividades experimentais investigativas: concepções e práticas assumidas por 51 professores de química da cidade de São Raimundo Nonato-Pi. V CONEDU – CONGRESSO NACIONAL E EDUCAÇÃO. 2018.

Souza, L. A., et al. "Discutindo a natureza ondulatória da luz e o modelo da óptica geométrica através de uma atividade experimental de baixo custo." Revista Brasileira de Ensino de Física 37 (2015): 4311-1.

WESENDONK, F. S; TERRAZZAN, E. A. Caracterização dos focos de estudo da produção acadêmico-científica brasileira sobre experimentação no ensino de física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 779-821, dez. 2016.

## 8. APÊNDICE A

### Avaliação diagnóstica – passo 1 da UEPS

Questão 1: Para a Física, ondas são perturbações ou oscilações do meio que se propagam transportando energia. Na praia, ao observar um surfista, percebe-se que ele consegue surfar quando a onda está quebrando. Do ponto de vista da Física, ou seja, do conceito de onda, como o surfista consegue surfar? Justifique.

Questão 2: O Sol é a nossa principal fonte de calor (energia). Como ocorre a propagação de calor (ou da energia) do Sol até a Terra?

Questão 3: Cite alguns exemplos de ondas que estão presentes no seu cotidiano.

Questão 4: Em muitos filmes de ficção científica, é comum as explosões ocorridas no espaço serem acompanhadas de grandes efeitos sonoros. Seria isso realmente possível?

Questão 5: Em uma tempestade de raios, o que nós vivenciamos primeiro: enxergamos a luz dos raios ou ouvimos o som do trovão? Por quê?

Questão 6: Você poderia citar algumas propriedades ou características físicas das ondas?

## 9. APÊNDICE B

Questionário do encontro 3 (avaliação de conhecimento adquiridos até o encontro 2).

Nome:

Data:

1. O que é onda?

2. Ondas mecânicas podem se propagar no vácuo?

( ) verdadeiro ( ) falso. Justifique.

3. Ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo?

( ) verdadeiro ( ) falso. Justifique.

4. As ondas na água, em uma corda e o som são ondas...

( ) mecânicas ( ) eletromagnéticas. Justifique.

5. Que distância, em termos de comprimento de onda, uma onda percorre durante um período?

## 10. APÊNDICE C

Questionário do encontro 5 (questionário referente a atividade experimental do passo 3 da UEPS).

Nome:

Data:

Identifique os elementos da onda. Faça uma representação por meio de desenho do seu experimento.

Experimente diferentes amplitudes. Isso afeta o tempo de viagem? Justifique.

Faça a gravação de uma das oscilações do seu grupo e anote o valor do comprimento de onda, o período, a frequência e a velocidade de propagação da onda.

Frequência (f):

Período (T):

Comprimento de onda ( $\lambda$ ):

Velocidade de propagação da onda (v):

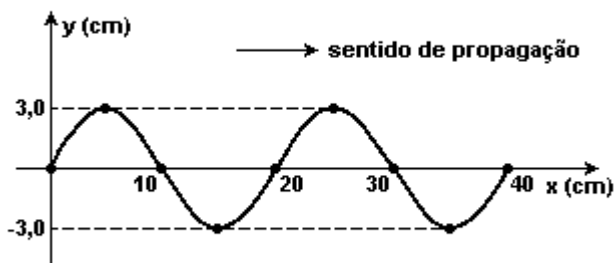
O que exatamente viaja com essa velocidade encontrada?

Relate a sua participação na atividade proposta e a participação dos demais integrantes.

## 11. APÊNDICE D

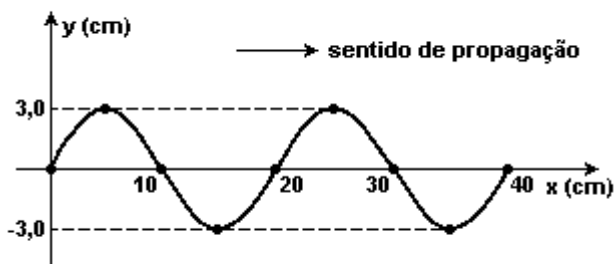
Questionário, quiz interativo, do encontro 9.

1. Ondas mecânicas podem se propagar no vácuo?  
( ) verdadeiro ( ) falso
2. Ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo?  
( ) verdadeiro ( ) falso
3. As ondas na água, em uma corda e o som são ondas ...  
a) mecânica b) eletromagnéticas c) ionizantes d) radiantes
4. O que a letra grega lambda significa em ondulatória?  
a) frequência b) amplitude c) comprimento de onda d) período
5. Qual a relação entre frequência e período de uma onda?  
a) diretamente proporcional b) dobro c) inversamente proporcional d) não há relação entre essas grandezas.
6. Quando a frequência de uma onda aumenta, o que acontece com o comprimento de onda para a mesma velocidade?  
a) aumenta b) diminui c) não altera d) desaparece da onda
7. Qual a amplitude da onda representada na imagem?



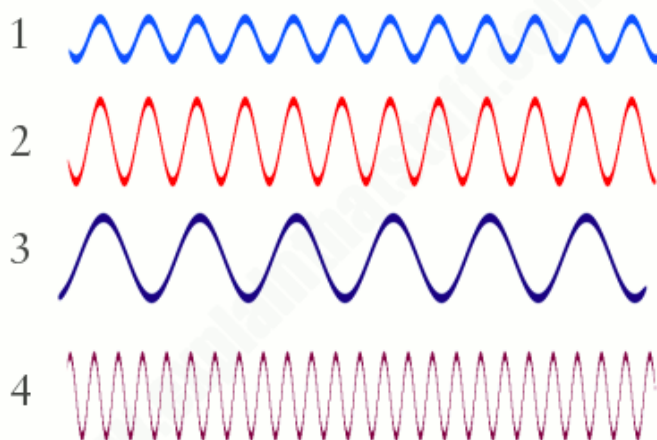
- a) 3 cm b) 10 cm c) 6 cm d) 20 cm

8. Determine o comprimento de onda da onda da imagem.



a) 3 cm b) 10 cm c) 6 cm d) 20 cm

9. Qual das ondas a seguir possui maior frequência?



a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

10. Quando duas ondas se sobrepõem ocorre o fenômeno da:

a) reflexão b) absorção c) refração d) interferência

11. A interferência só pode ser:

a) somente destrutiva b) somente construtiva c) reflexiva d) construtiva e destrutiva

12. Uma das características da onda é que:

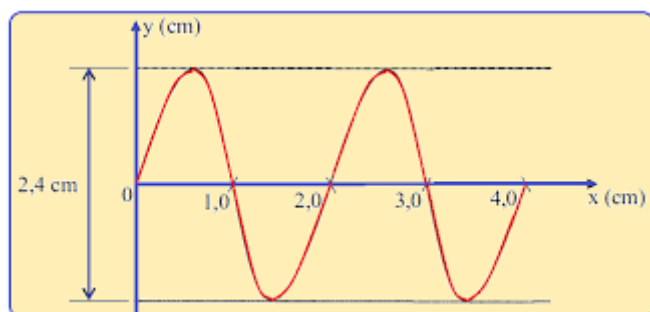
a) ela transporta matéria mas não transporta energia.

b) elas não transportam matéria e nem energia.

c) elas transportam energia mas não transportam matéria.

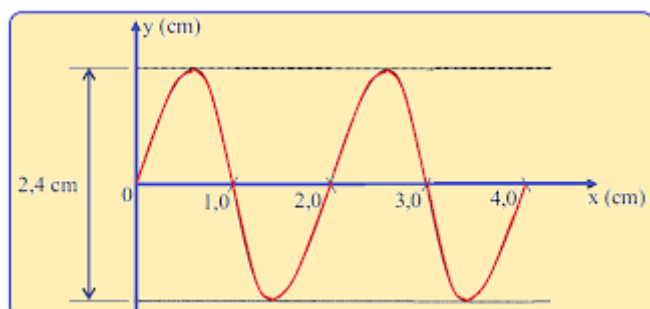
d) elas transportam apenas matéria.

13. Qual o comprimento de onda da onda da imagem?



a) 1 cm b) 3 cm c) 2 cm d) 4 cm

14. Qual a amplitude da onda da imagem?



a) 1 cm b) 2 cm c) 2,4 cm d) 1,2 cm

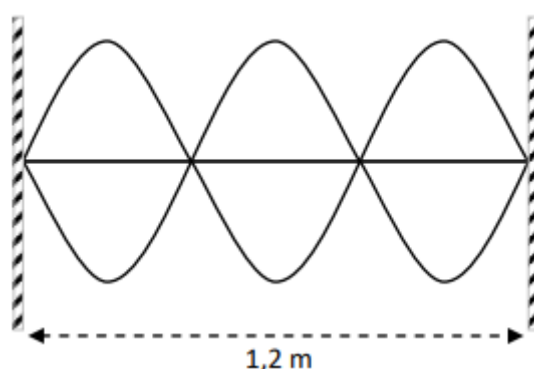
## APÊNDICE E

Questões de maior complexidade do encontro 9.

Nome:

Data:

1. A figura abaixo representa uma configuração de ondas estacionárias propagando-se numa corda e produzidas por uma fonte que vibra com uma frequência de 150 Hz.



O comprimento de onda e a velocidade de propagação dessas ondas são:

- a)  $\lambda = 1,2 \text{ m}$  e  $v = 180 \text{ m/s}$
- b)  $\lambda = 0,8 \text{ m}$  e  $v = 180 \text{ m/s}$
- c)  $\lambda = 1,2 \text{ m}$  e  $v = 120 \text{ m/s}$
- d)  $\lambda = 0,8 \text{ m}$  e  $v = 120 \text{ m/s}$
- e)  $\lambda = 2,4 \text{ m}$  e  $v = 120 \text{ m/s}$

2. Uma das atrações mais frequentadas de um parque aquático é a “piscina de ondas”. O desenho abaixo representa o perfil de uma onda que se propaga na superfície da água da piscina em um dado instante.





Um rapaz observa, de fora da piscina, o movimento de seu amigo, que se encontra em uma boia sobre a água e nota que, durante a passagem da onda, a boia oscila para cima e para baixo e que, a cada 8 segundos, o amigo está sempre na posição mais elevada da onda.

O motor que impulsiona as águas da piscina gera ondas periódicas. Com base nessas informações, e desconsiderando as forças dissipativas na piscina de ondas, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade de:

- a) 0,15 m/s
- b) 0,30 m/s
- c) 0,40 m/s
- d) 0,50 m/s
- e) 0,60 m/s

3. Um estudante de Física encontra-se num barco ancorado num lago de águas calmas. Repentinamente, começa a soprar uma brisa leve, que gera pequenas ondulações na superfície da água, fazendo oscilar uma folha que flutua nas proximidades do barco. Observando essas ondulações e o movimento da folha, o estudante estima que a distância entre duas cristas de onda sucessivas é aproximadamente 40cm e que passam pela folha 30 cristas por minuto.

De acordo com essas informações, a frequência, o comprimento de onda e a velocidade de propagação das ondas são, respectivamente:

- a) 0,50Hz 0,40m 0,20m/s
- b) 0,50Hz 0,40m 2,0m/s
- c) 2,0Hz 0,20m 2,0m/s
- d) 2,0Hz 0,80m 0,20m/s
- e) 30Hz 0,80m 8,0m/s

## 12. APÊNDICE F

Questionário do encontro 11 (respondido individualmente)

Nome:

Data:

1. Alguns modelos mais modernos de fones de ouvido têm um recurso, denominado “cancelador de ruídos ativo”, constituído de um circuito eletrônico que gera um sinal sonoro semelhante ao sinal externo (ruído), exceto pela sua fase oposta. Qual fenômeno físico é responsável pela diminuição do ruído nesses fones de ouvido?

- a) Difração.
- b) Reflexão.
- c) Refração.
- d) Interferência.
- e) Efeito Doppler.

2. Um professor percebeu que seu apontador a laser, de luz monocromática, estava com o brilho pouco intenso. Ele trocou as baterias do apontador e notou que a intensidade luminosa aumentou sem que a cor do laser se alterasse. Sabe-se que a luz é uma onda eletromagnética e apresenta propriedades como amplitude, comprimento de onda, fase, frequência e velocidade.

Dentre as propriedades de ondas citadas, aquela associada ao aumento do brilho do laser é o(a):

- a) amplitude.
- b) frequência.
- c) fase da onda.
- d) velocidade da onda.
- e) comprimento de onda.

3. O sonorizador é um dispositivo físico implantado sobre a superfície de uma rodovia de modo que provoque uma trepidação e ruído quando da passagem de um veículo sobre ele, alertando para uma situação atípica à frente, como obras, pedágios ou travessia de pedestres. Ao passar sobre os sonorizadores, a suspensão do veículo sofre vibrações que produzem ondas sonoras, resultando em um barulho peculiar.

Considere um veículo que passe com velocidade constante igual a 108 km/h sobre um sonorizador cujas faixas são separadas por uma distância de 8 cm.

A frequência da vibração do automóvel percebida pelo condutor durante a passagem nesse sonorizador é mais próxima de:

- a) 8,6 hertz.
- b) 13,5 hertz.
- c) 375 hertz.
- d) 1 350 hertz.
- e) 4 860 hertz.

4. Ao contrário dos rádios comuns (AM ou FM), em que uma única antena transmissora é capaz de alcançar toda a cidade, os celulares necessitam de várias antenas para cobrir um vasto território. No caso dos rádios FM, a frequência de transmissão está na faixa dos MHz (ondas de rádio), enquanto, para os celulares, a frequência está na casa dos GHz (micro-ondas). Quando comparado aos rádios comuns, o alcance de um celular é muito menor.

Considerando-se as informações do texto, o fator que possibilita essa diferença entre propagação das ondas de rádio e as de micro-ondas é que as ondas de rádio são:

- a) facilmente absorvidas na camada da atmosfera superior conhecida como ionosfera.
- b) capazes de contornar uma diversidade de obstáculos como árvores, edifícios e pequenas elevações.
- c) mais refratadas pela atmosfera terrestre, que apresenta maior índice de refração para as ondas de rádio.
- d) menos atenuadas por interferência, pois o número de aparelhos que utilizam ondas de rádio é menor.
- e) constituídas por pequenos comprimentos de onda que lhes conferem um alto poder de penetração em materiais de baixa densidade.

5. Um garoto que passeia de carro com seu pai pela cidade, ao ouvir o rádio, percebe que a sua estação de rádio preferida, a 94,9 FM, que opera na banda de frequência de mega-hertz, tem seu sinal de transmissão superposto pela transmissão

de uma rádio pirata de mesma frequência que interfere no sinal da emissora do centro em algumas regiões da cidade.

Considerando a situação apresentada, a rádio pirata interfere no sinal da rádio do centro devido à:

- a) atenuação promovida pelo ar nas radiações emitidas.
- b) maior amplitude da radiação emitida pela estação do centro.
- c) diferença de intensidade entre as fontes emissoras de ondas.
- d) menor potência de transmissão das ondas da emissora pirata.
- e) semelhança dos comprimentos de onda das radiações emitidas.

6. Ao assistir a uma apresentação musical, um músico que estava na plateia percebeu que conseguia ouvir quase perfeitamente o som da banda, perdendo um pouco de nitidez nas notas mais agudas. Ele verificou que havia muitas pessoas bem mais altas à sua frente, bloqueando a visão direta do palco e o acesso aos alto-falantes. Sabe-se que a velocidade do som no ar é 340 m/s e que a região de frequências das notas emitidas é de, aproximadamente, 20Hz a 4 000 Hz.

Qual fenômeno ondulatório é o principal responsável para que o músico percebesse essa diferenciação do som?

- a) Difração.
- b) Reflexão.
- c) Refração.
- d) Atenuação.

### 13. APÊNDICE G

Avaliação da UEPS e autoavaliação.

Nome:

Data:

1. O planejamento (material didático, simulador, aula descritiva) realizada pela professora para a disciplina no conteúdo de ondulatória, pode ser avaliada como?

ótimo  bom  regular  ruim  péssimo

2. A sua aprendizagem e o seu aproveitamento da disciplina em ondulatória podem ser avaliados como?

ótimo  bom  regular  ruim  péssimo

3. Usar atividades experimentais e teoria nas aulas eu considero:

ótimo  bom  regular  ruim  péssimo

4. A professora permitiu que os alunos escolhessem seus grupos e realizassem as atividades com autonomia, auxiliando quando necessário, eu considero:

ótimo  bom  regular  ruim  péssimo

5. Como foi meu comprometimento em realizar as atividades?

ótimo  bom  regular  ruim  péssimo

6. Eu soube aproveitar a “liberdade” de fazer a atividade em grupo de maneira?

ótima  boa  regular  ruim  péssima

7. Por favor, descreva a sua vivência nessa sequência didática que envolvi, teoria + atividades experimentais (descreva se foi importante a realização das atividades práticas, qual a sua dificuldade ou facilidade em mesclar prática + teoria, se gostaria de ter mais aulas dessa maneira. O que poderia melhorar nos pontos negativos.

**14. APÊNDICE H**

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ONDULATÓRIA COM ATIVIDADES  
EXPERIMENTAIS NO ENSINO MÉDIO**

**RITA DANIELA DIETERICH DOS SANTOS  
ODILON GIOVANNINI JÚNIOR**

## APRESENTAÇÃO

Este documento é o produto educacional gerado no curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, como resultado da pesquisa intitulada “Aprendizagem Significativa de Ondulatória com Atividades Experimentais no Ensino Médio”.

O produto educacional consiste em uma sequência didática, na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa, voltada para o ensino de Ondulatória.

A temática de pesquisa que dá origem ao produto educacional surge da experiência da pesquisadora como docente de Física no Ensino Médio que, ao longo da sua trajetória profissional, tem identificado diversas possibilidades didáticas para aprimorar o ensino de “Ondas” e tornar a aprendizagem dos estudantes mais duradoura.

A UEPS está organizada em encontros sequenciais nos quais são propostas demonstrações práticas, atividades experimentais e situações-problemas a fim de engajar o estudante cognitivamente nas atividades e promover a aprendizagem significativa.

Assim, o presente produto educacional consiste em um material instrucional para os professores de Física do Ensino Médio e que pode ser modificado e aprimorado conforme seus contextos educacionais para possibilitar sua aplicação.

Esperamos, dessa forma, com a disponibilização deste produto educacional, contribuir para o aprimoramento das ações pedagógicas no ensino de Física.

Desejamos uma ótima leitura e estamos à disposição para auxiliar na aplicação desta proposta.

Cordialmente,

Profa. Rita Daniela Dietrich dos Santos (ritaddieterich@gmail.com)

Prof. Odilon Giovannini (ogiovanj@ucs.br)

## 1. Introdução

Este produto educacional contempla uma sequência didática na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS (MOREIRA, 2011) para auxiliar professores na sua prática pedagógica a partir da realização de demonstrações práticas e atividades experimentais, da utilização de recursos digitais e da proposição de situações-problemas no ensino de Ondulatória nas aulas de Física visando promover a aprendizagem significativa dos estudantes do Ensino Médio.

A UEPS pode servir de inspiração aos professores de Física como material pedagógico para abordar o tópico de Ondulatória, normalmente presente nos objetos de estudo do segundo ano do Ensino Médio ou pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada ano, conforme a estrutura curricular da escola.

A UEPS de Ondulatória, aqui apresentada, está organizada de acordo com os oito passos sugeridos por Moreira (2011) e sua aplicação prevê 12 encontros, com períodos de aula de 50 minutos. No entanto, o professor pode fazer alterações no cronograma sugerido, conforme suas necessidades.

O texto, a seguir, está assim organizado: inicia-se com uma breve apresentação dos princípios estruturantes da Teoria de Aprendizagem Significativa e descrição dos oito passos da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; em seguida, descreve-se detalhadamente a proposta de UEPS voltada ao ensino de Ondulatória. O texto é finalizado com as considerações finais e referências bibliográficas.



## 2. Breve introdução aos aspectos teóricos da Aprendizagem Significativa e da UEPS

Com a publicação do livro “The psychology of meaningful verbal learning”, Ausubel, em 1963, apresentou formalmente a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

Na TAS (AUSUBEL, 2003), a aprendizagem ocorre quando um novo conteúdo é incorporado às estruturas do conhecimento de um educando e adquire significado pessoal a partir da relação com seus conhecimentos prévios.

A aprendizagem significativa, neste sentido, resulta da interação entre uma nova informação (que se configura a um novo conhecimento) se relacionando de maneira não arbitrária (existe uma relação com o que já se conhece previamente) e não literal (sem memorização) com algum conhecimento relevante já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, ampliando e reconfigurando o conhecimento, ou seja, ancorando as novas aprendizagens aos conhecimentos prévios de sua estrutura significativa.

A aprendizagem significativa, portanto, é a relação do que está sendo aprendido com o que o indivíduo já sabe, ou seja, seu conhecimento prévio. Os conhecimentos prévios, também chamados de subsunçores, podem ser mais completos ou específicos que os novos conhecimentos a serem estudados e ainda podem ser alterados e reorganizados durante o processo de construção do conhecimento. O conceito de subsunçor ou subsunçores está relacionado com as estruturas de conhecimento específicos da estrutura cognitiva.

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados, é caracterizada por dois processos dinâmicos principais, a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora*.

A *diferenciação progressiva* é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor resultante da sucessiva utilização desse subsunçor. Através de sucessivas interações, um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas (MOREIRA, 2011).

A *reconciliação integradora*, ou *integrativa*, por sua vez, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados e fazer superordenações.

Quando se aprende de maneira significativa tem-se que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferencia-se cada vez mais os significados, acaba-se por perceber tudo diferente. Se somente integra-se os significados indefinidamente, termina-se percebendo tudo igual. Os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas parecem ocorrer com intensidades distintas (MOREIRA, 2011).

Nesse sentido, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos da dinâmica da estrutura cognitiva e que, necessariamente, precisam ocorrer para que o estudante possa atribuir significado ao conteúdo da matéria de ensino.

De acordo com Ausubel (2003), a partir da estrutura cognitiva, existem as seguintes condições para a ocorrência da Aprendizagem Significativa:

- 1) o material de aprendizagem de ser potencialmente significativo;
- 2) o educando ter a predisposição para relacionar o novo conhecimento com aquele já existente.

O material instrucional é potencialmente significativo pois é o aluno que atribui significados aos materiais de aprendizagem e a predisposição para aprender não se refere a alunos motivados e que gostem do objeto de estudo, mas sim a possibilidade de estabelecer uma relação com o novo conhecimento. Qualquer material pode ser significativo, vai depender do significado atribuído pelo aluno. Por exemplo, incentivar a experimentação em sala de aula aguça a curiosidade e dá continuidade para questionamentos e resoluções de temas pertinentes. Dessa forma, o novo ganha novos significados, se integra e se diferencia em relação aos significados existentes e assimila com novos conhecimentos, pois os conhecimentos prévios ou ideias âncoras podem ser mais completos que os novos conhecimentos e serem modificados para serem reorganizados de maneira significativa.

Para promover a aprendizagem significativa o professor deve compreender não apenas as fragilidades dos seus estudantes, mas também as potencialidades em atribuir significados aos conceitos científicos que se deseja ensinar, embasados naqueles presentes na sua estrutura cognitiva. Assim, considerando que o mais importante é o que o estudante já sabe, essas informações existentes podem tornar-se possíveis subsunçores que interagirão com os novos conceitos da matéria de ensino. Cabe, então, ao professor encontrar a melhor forma para que isso ocorra, levando em

conta que se a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos fundamentais da dinâmica da estrutura cognitiva, a facilitação desta aprendizagem em situações de ensino deverá usá-los como princípios programáticos da matéria de ensino (MOREIRA, 2011).

Neste sentido, com o objetivo de promover a aprendizagem significativa dos estudantes, Moreira (2011) propõe uma sequência didática, composta de oito passos, denominada Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, cujas estratégias e materiais utilizados são norteados pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Quadro 1: Passos para a construção da UEPS.

Passo 1	Definir o tópico específico a ser trabalhado. A estratégia utilizada deve identificar aspectos declarativos e procedimentais, e estar condizente com a realidade dos alunos.
Passo 2	Criar ou propor situações que levem os alunos a externalizar seu conhecimento prévio. As situações utilizadas são diversas, como por exemplo, questionário, mapa conceitual, reportagem, demonstração em sala de aula entre outros utilizados como um organizador prévio fazendo conexão com os conceitos que se pretende ensinar e o conhecimento do aluno aceito ou não no contexto da matéria de ensino no momento.
Passo 3	Propor situações-problema. Considerar o conhecimento prévio do aluno, utilizando um nível introdutório para o conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar.
Passo 4	Apresentar o conhecimento a ser ensinado. Levar em conta a diferenciação progressiva, dos aspectos mais gerais para os mais específicos.
Passo 5	Retomar os aspectos mais gerais, estruturantes que se pretende ensinar do conteúdo da unidade de ensino, utilizando um nível mais alto de complexidade em relação à situação anterior. O professor é mediador da aprendizagem, preferência para atividades colaborativas, para promover a reconciliação integradora, afim dos alunos utilizarem seus conhecimentos na resolução das situações propostas.
Passo 6	Retomar as características mais relevantes do conteúdo buscando a reconciliação integrativa. Utilizar situações com níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores. As atividades devem ser colaborativas e apresentadas ao grande grupo tendo o professor como mediador.
Passo 7	Avaliar a aprendizagem, ao longo da implementação da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa.
Passo 8	A implementação de uma UEPS será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. Essa é progressiva, ou seja, a ênfase é em evidências e não em comportamentos finais.

Para construir uma UEPS, contemplando os princípios da TAS acima descritos, Moreira (2001) orienta alguns aspectos sequenciais, dividido em oito passos, descritos no Quadro 1, podendo ser adaptado ao contexto em que for aplicada.

### 3. A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa de Ondulatória

As atividades que compõem a UEPS relacionam conceitos, informações e situações teóricas e experimentais voltadas ao ensino de Ondulatória com a finalidade de despertar a curiosidade dos educandos e motivá-los aos estudo dos fenômenos ondulatórios, a partir das suas concepções prévias, promover a aprendizagem do objeto de estudo.

Dessa forma, a UEPS visa integrar atividades experimentais e estratégias de ensino e de aprendizagem proporcionando ao aluno condições para construir o conhecimento a partir do seu conhecimento prévio e tendo o professor como mediador do processo de aprendizagem.

O Quadro 2 apresenta uma síntese dos encontros propostos na UEPS, indicando o passo da UEPS, de acordo com Moreira (2011), a duração de cada encontro e as principais atividades a serem realizadas.

Quadro 2: Organização da UEPS de Ondulatória.

Passo da UEPS	Encontro	Duração (min)	Atividades
1	1	50	Avaliação diagnóstica (Apêndice A)
2	2	100	Aula expositiva com auxílio de atividade experimental demonstrativa e simulador computacional
	3	50	Aula expositiva com o auxílio de simulador computacional. Questionário (Apêndice B).
3	4	100	Elaboração atividade experimental
	5	50	Atividade experimental. Questionário. (Apêndice C)
4	6	100	Revisão dos conteúdos. Aula expositiva: reflexão.
	7	50	Aula expositiva: interferência e ressonância.
5	8	100	Aula expositiva: ondas estacionárias. Atividade experimental.
6	9	50	Revisão e quiz (Apêndice D). Questionário (Apêndice E).
7	10	100	Aula expositiva: refração, difração e polarização.
	11	50	Questionário (Apêndice F). Avaliação da UEPS e Autoavaliação (Apêndice G).
8	12		Avaliação da UEPS pela professora

A seguir, são descritos detalhadamente os encontros que compõem a UEPS, seguindo os passos da UEPS, conforme o Quadro 2.

### 3.1 Passo 1

<b>Número de encontros:</b> 1
<b>Duração:</b> 15 minutos
<b>Objetivos:</b> identificar os subsunçores (conhecimento prévios) dos estudantes por meio de uma avaliação diagnóstica.

No encontro 1, conforme o Quadro 2, sugere-se que o professor aplique a avaliação diagnóstica para identificar os conhecimentos prévios de seus estudantes.

As questões propostas na avaliação diagnóstica levam em conta que os educandos já estudaram algumas características da luz.

Sugestão de questões para a avaliação diagnóstica:

1. Para a Física, ondas são perturbações ou oscilações do meio que se propagam transportando energia. Na praia, ao observar um surfista, percebe-se que ele consegue surfar quando a onda está quebrando. Do ponto de vista da Física, ou seja, do conceito de onda, como o surfista consegue surfar? Justifique.
---

2. O Sol é a nossa principal fonte de calor (energia). Como ocorre a propagação de calor (ou da energia) do Sol até a Terra?
--

3. Cite alguns exemplos de ondas que estão presentes no seu cotidiano.
--

4. Em muitos filmes de ficção científica, é comum as explosões ocorridas no espaço serem acompanhadas de grandes efeitos sonoros. Seria isso realmente possível?
--

5. Em uma tempestade de raios, o que nós vivenciamos primeiro: enxergamos a luz dos raios ou ouvimos o som do trovão? Por quê?
--

6. Você poderia citar algumas propriedades ou características físicas das ondas?
--

Nas questões propostas na avaliação diagnóstica procura-se identificar o conhecimento dos educandos em relação a algumas características físicas das ondas como a sua natureza, o transporte de energia, as diferenças entre ondas mecânicas e eletromagnéticas e as propriedades ondulatórias.

A proposta da sequência didática, descrita a seguir, visa dar conta dos conhecimentos prévios dos educandos identificados na avaliação diagnóstica.

### 3.2 Passo 2

**Número de encontros:** 2 (encontros 2 e 3)

**Duração:** 150 minutos

**Objetivos:** compreender o movimento da onda em um determinado meio; observar as características principais das ondas; determinar a velocidade de uma onda; compreender que a onda transporta energia e que sua velocidade de propagação é a rapidez com que a energia é transportada.

No encontro 2, após analisar as respostas dos educandos na avaliação diagnóstica, sugere-se ao professor iniciar com uma breve demonstração experimental, para promover o início do processo da diferenciação progressiva, utilizando uma rolha ou um barquinho e uma bacia com água. A demonstração consiste em agitar levemente uma bacia com água para formar pequenas ondas (Figura 1).

Figura 1: Barquinho de papel em uma bacia com água sofre agitações formando ondas.



Fonte: Phet Colorado.

Na sequência, propõe-se a seguinte questão aos alunos:

O barquinho ou a rolha sai do lugar, se movimentam?

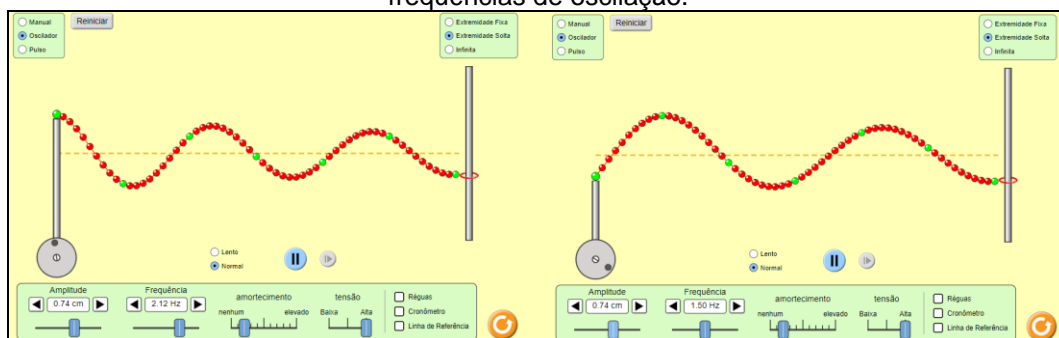
Crie hipóteses para explicar o que você observou.

Após, o professor pode apresentar de forma expositiva a definição e a classificação das ondas quanto a sua natureza e também comentar sobre as formas de energia que estão envolvidas na propagação das ondas.

Ainda, neste encontro, é sugerida a realização de uma segunda demonstração, na qual utiliza-se uma corda esticada (uma mangueira de látex, por exemplo) e uma mola (recomenda-se que a mola tenha 30 a 40 cm) para realizar uma representação didática das oscilações dos elementos do meio em ondas longitudinais e transversais. A propagação de ondas transversais é reproduzida com a mangueira de látex e de ondas longitudinais com a mola.

Para complementar essa demonstração, pode-se utilizar os simuladores “Ondas: Intro” <[https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html)> e “Ondas na Corda” <[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html)>, ambos disponíveis no Phet - Interactive Simulations <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)>.

Figura 2: Imagens do simulador “Ondas na Corda” comparando o pulso para diferentes frequências de oscilação.



Fonte: Phet Colorado.

Após analisarem e compararem as oscilações com diferentes valores para as frequências no simulador “Ondas na Corda” (Figura 2), o professor propõe as seguintes questões aos educandos:

1. O que aconteceu com os pulsos quando a frequência foi alterada?
2. O que acontece ao período de uma onda quando sua frequência diminui?
3. Como podemos calcular a velocidade de propagação das ondas? Qual a sua sugestão?

No encontro 3, o professor pode iniciar a aula com o simulador do PhET “Ondas na corda”, utilizado no encontro anterior, para explorar os demais recursos disponíveis na simulação envolvendo a amplitude da onda, amortecimento e tensão na corda a fim de que os alunos observem as alterações nos pulsos e a dependência destes na

velocidade de propagação da onda. O professor, neste momento, dá um retorno aos educandos sobre as questões propostas ao final do encontro 2.

Recomenda-se finalizar o encontro com uma exposição dialogada sobre cordas tensionadas e com a aplicação de um questionário para avaliar possíveis indícios da aprendizagem significativa.

Abaixo, estão sugestões de questões:

1. O que é onda?
2. Ondas mecânicas podem se propagar no vácuo? ( ) verdadeiro ( ) falso. Justifique.
3. Ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo? ( ) verdadeiro ( ) falso. Justifique.
4. As ondas na água, na corda e o som são ondas ... ( ) mecânicas ( ) eletromagnéticas. Justifique.
5. Que distância, em termos de comprimentos de onda, uma onda percorre durante um período?
6. Quais são as formas de energia presente nas ondas?

### **Dicas**

Sites com material didático:

- Portal do Professor: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>>
- EDUCAPES: <<https://educapes.capes.gov.br/>>

Sites de revistas de ensino de Física nas quais estão artigos com textos e sugestões de atividades didáticas:

- Caderno Brasileiro de Ensino de Física: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica>>
- Revista Brasileira de Ensino de Física: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/>>



### 3.3 Passo 3

**Número de encontros:** 2 (encontros 4 e 5)

**Duração:** 150 minutos

**Objetivos:** identificar e determinar a velocidade de propagação da onda, relacionando com o comprimento de onda, período e frequência, em uma atividade experimental.

Sugere-se ao professor iniciar o encontro 4 com uma breve retomada dos objetos de estudo de maneira expositiva, abordando as características e propriedades da onda e discutindo com os educandos as respostas das questões do encontro 3, para auxiliar na ocorrência da reconciliação integradora visando a promoção da aprendizagem significativa.

Na sequência, o professor separa a turma em grupos (recomenda-se no máximo 4 educandos por grupos) para realizar duas atividades experimentais distintas, com cada grupo realizando apenas uma das atividades experimentais propostas.

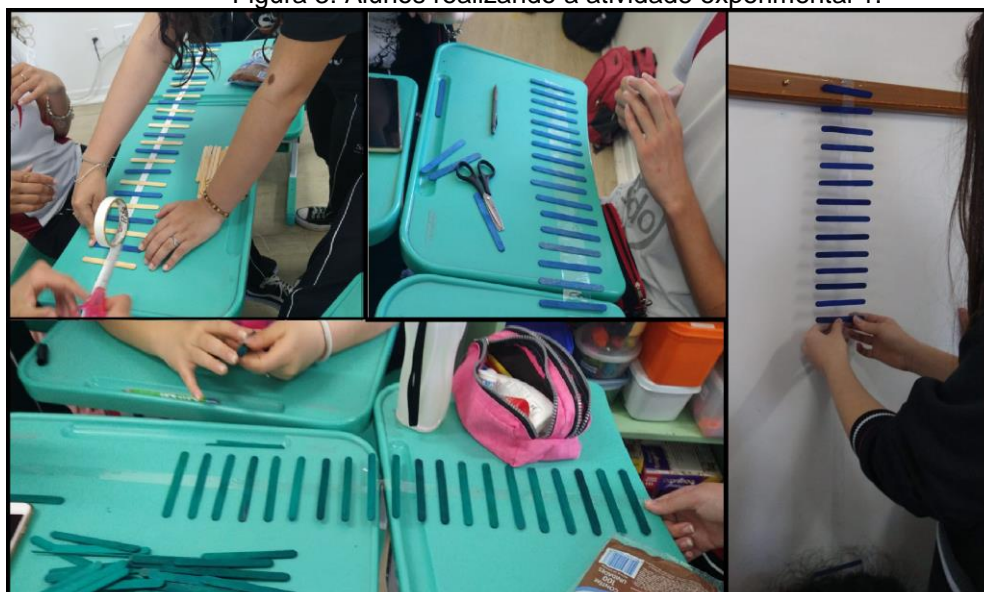
Proposta para as atividades experimentais:

Experiência 1: máquina de ondas com palitos de picolé

Materiais utilizados: 1 metro de fita elástica (fita crepe ou fita adesiva), régua, palitos de picolé, tesoura

Montagem do experimento: Na fita elástica de um metro deve ser fixado os palitos de picolé, aproximadamente no ponto médio de cada palito. Os palitos devem ter uma separação de 3 centímetros um do outro, de maneira perpendicular. Recomenda-se deixar 10 centímetros de distância entre o início da fita e o primeiro palito de picolé e, da mesma forma, com o último palito de picolé e a outra ponta da fita, como representado na Figura 3.

Figura 3: Alunos realizando a atividade experimental 1.



**Experiência 2: máquina de ondas com palitos de churrasco**

Materiais utilizados: 1 metro de fita elástica (fita crepe ou fita adesiva), régua, palitos de churrasco, pacote de jujubas ou massa de modelar, tesoura

Montagem do experimento: Na fita elástica de um metro deve ser fixado os palitos de churrasco com uma jujuba em cada extremidade, aproximadamente no ponto médio dos palitos. Os palitos devem ficar a uma separação de aproximadamente 3 centímetros um do outro, de maneira perpendicular à fita elástica. Conforme representado na Figura 4, recomenda-se deixar cerca de 10 centímetros de distância entre o início da fita e o primeiro palito de churrasco e, da mesma forma, com o último palito de churrasco e a outra ponta da fita.

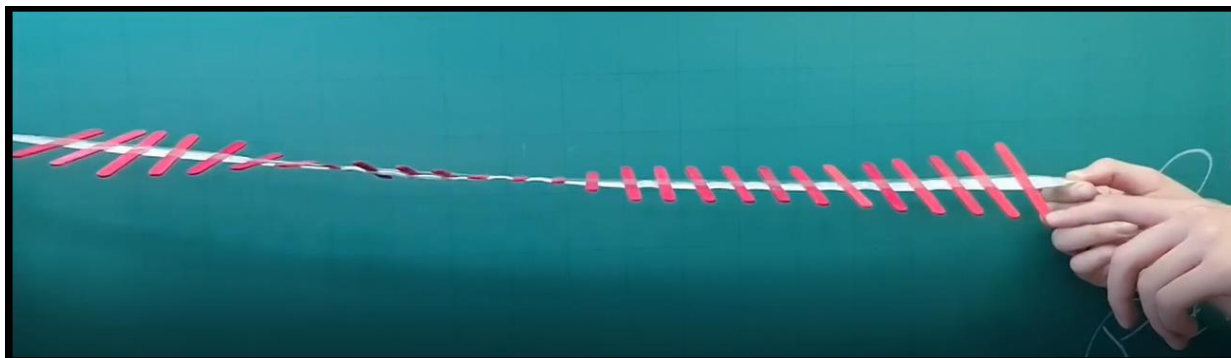
Figura 4: Alunos realizando a atividade experimental 2.



Após a montagem do experimento, inicia-se a manipulação dos modelos de onda construídos pelos educandos. Para isso, dois educandos devem segurar a fita plástica de forma que fique esticada (Figura 4, imagem à direita). Então, em um dos palitos de churrasco ou palito de sorvete, um aluno de cada grupo precisa produzir um movimento de oscilação do palito (girar o palito), para então observar como o movimento de oscilação dos palitos gera a onda que propaga ao longo da fita. Solicita-se aos educandos que anotem em seus cadernos o que foi observado no movimento dos palitos e da onda gerada.

Recomenda-se ao professor que recolha os experimentos ao final do encontro para utilizá-los no encontro seguinte.

Figura 5: Movimento de propagação da onda com a material da experiência 1.



No encontro 5, o professor entrega os experimentos aos alunos juntamente com algumas questões sobre a prática para serem respondidas.

Sugestão de questões:

1. Identifique os elementos da onda. Faça uma representação por meio de desenho do seu experimento.

2. Experimente diferentes amplitudes de oscilação dos palitos. Isso afeta o tempo de viagem? Justifique.

3. Faça a gravação das oscilações da onda produzida pelo seu grupo. A partir da visualização do vídeo, determine o valor do comprimento de onda, o período, a frequência e a velocidade de propagação da onda.

Frequência ( $f$ ):

Período ( $T$ ):

Comprimento de onda ( $\lambda$ ):

Velocidade de propagação da onda ( $v$ ):

4. O que exatamente viaja com essa velocidade encontrada, ou seja, o que se propaga na onda?

5. Relate a sua participação na atividade proposta e a participação dos demais integrantes.

**Dica para a atividade:** para identificar o comprimento de onda, o período, a frequência e a velocidade de propagação da onda, recomenda-se aos alunos fazerem a gravação das oscilações das ondas produzidas no experimento utilizando o recurso câmera lenta da câmera do aparelho celular.

### 3.4 Passo 4

<b>Número de encontros:</b> 2 (encontros 6 e 7)
<b>Duração:</b> 150 minutos
<b>Objetivos:</b> reconhecer os fenômenos ondulatórios e compreender os aspectos físicos dos fenômenos de reflexão, interferência e ressonância.

No encontro 6 sugere-se uma aula expositiva para explicar os fenômenos ondulatórios da reflexão (como sugestão de material para elaborar sua aula, acesse <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/599556/3/Slides%20-%20Aula%20Remota%20sobre%20Ondulat%C3%B3ria-Corrigida.pdf>>).

Para tornar a aula mais dinâmica, recomenda-se utilizar a máquina de ondas, da atividade prática realizada pelos alunos no encontro 4, para demonstrar como ocorre a reflexão da onda. O professor pode, neste momento, retomar vários conceitos de Ondulatória, como as oscilações do elementos do meio, comprimento de onda, período e frequência da onda, o conceito de velocidade como rapidez da propagação da energia da onda (pode, também, revisar os conceitos de energia cinética e potencial das ondas mecânicas para explicar como os surfista se movimenta – questão 1 da avaliação diagnóstica).

No encontro 7, recomenda-se que o professor ministre uma aula expositiva sobre os fenômenos da interferência e a ressonância (pode utilizar o mesmo material sugerido no encontro anterior) e, ao final desse encontro, sugere-se que os alunos respondam as seguintes questões:

1. Você conhece algum exemplo no qual ocorra a ressonância em ondas? Se sim, qual?
2. Pesquise exemplos nos quais ocorre o fenômeno das ondas estacionárias.

### 3.5 Passo 5

**Número de encontros:** 1 (encontro 8)

**Duração:** 50 minutos

**Objetivos:** compreender a formação de ondas estacionárias; reconhecer os fenômenos da reflexão, interferência e ressonância em ondas estacionárias; identificar os elementos da onda: frequência, período, velocidade de propagação e comprimento de onda em ondas estacionárias.

Recomenda-se ao professor iniciar o encontro 8 com uma exposição sobre a formação de ondas estacionárias (como sugestão para abordar este assunto, acesse o artigo disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/PZH7f6NZ5CRcWKmjrS3cvnb/?format=pdf&lang=pt>>).

Junto com a exposição pelo professor, recomenda-se fazer comentários das respostas dos educandos nas duas questões respondidas no final do encontro 7.

Pode ser realizada uma demonstração da formação de ondas estacionárias utilizando uma mangueira de látex. Para realizar esta demonstração, solicita-se o auxílio de um aluno para segurar uma das extremidades e o professor, na outra extremidade, faz a mangueira oscilar a fim de gerar os harmônicos.

Neste momento, o professor comenta que os harmônicos são gerados da superposição das ondas refletidas nas extremidades da mangueira.

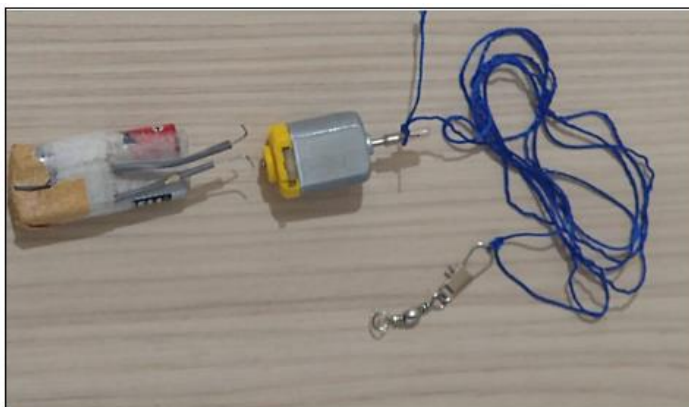
Na sequência é proposta uma atividade prática para os alunos.

Experiência: atividade prática com ondas estacionárias

Materiais utilizados: um motor de 6 V, duas pilhas, destorcedor de anzóis, barbantes e fios condutores (Figura 6).

Montagem do experimento: Realizar a conexão da pilha com o motor; em seguida, um aluno deve segurar o destorcedor de anzol para esticar o barbante (tensionado) que deve ser conectado ao motor. Após finalizar a montagem do experimento, solicita-se aos alunos para realizar a gravação das oscilações das ondas estacionárias utilizando a câmera do celular.

Figura 6: Kit da atividade prática composto por um motor de 6 V, pilhas, destorcedor de anzóis, barbante e fio condutor para conectar as pilhas com o motor.



Neste experimento, a frequência de rotação do motor gera ondas estacionárias no barbante a partir da superposição das ondas refletidas nas extremidades fixas do barbante.

Sugere-se ao professor que solicite aos alunos que descubram como é possível alterar a quantidade de harmônicos da onda estacionária e identificar, por meio do vídeo, o comprimento de onda, a frequência e o período da onda estacionária. Na Figura 7 estão imagens de ondas estacionárias produzidas com o kit fornecido aos alunos.

Figura 7: Alunos realizando a atividade prática sobre ondas estacionárias.



Sugere-se a partir da análise de suas gravações que os educandos respondam as seguintes questões:

- |   |
|---|
| 1. Como ocorre a formação de ondas estacionárias na corda?                    |
| 2. Qual é a amplitude de um nó?   |
| 3. Ondas estacionárias também ocorrem para ondas sonoras? Cite algum exemplo. |

### 3.6 Passo 6

**Número de encontros:** 1 (encontro 9)

**Duração:** 50 minutos

**Objetivos:** retomar os conceitos de ondulatória estudados até o momento para promover a reconciliação integrativa.

Sugere-se para o encontro 9 uma revisão sobre os assuntos abordados até o momento. Também, neste momento, o professor pode discutir com os educandos as três questões respondidas no encontro anterior.

Para tornar a aula mais dinâmica e identificar uma possível ocorrência da reconciliação integrativa, recomenda-se a realização de um quiz interativo utilizando a plataforma Kahoot <<https://create.kahoot.it/details/10832316-4ddd-4cd0-8131-e2da8ff7da99>> (o quiz também está disponível no Apêndice A).

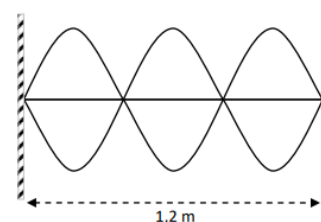
O quiz, aplicado neste momento da UEPS, é um instrumento que permite ao professor buscar evidências da aprendizagem significativa dos educandos, revisando várias características e propriedade das ondas.

Para finalizar o encontro, propõe-se um questionário de maior complexidade, que pode ser respondido em duplas.

Sugestão de questões:

1. A figura abaixo representa uma configuração de ondas estacionárias propagando-se numa corda e produzidas por uma fonte que vibra com uma frequência de 150 Hz. O comprimento de onda e a velocidade de propagação dessas ondas são:

- a)  $\lambda = 1,2 \text{ m}$  e  $v = 180 \text{ m/s}$     b)  $\lambda = 0,8 \text{ m}$  e  $v = 180 \text{ m/s}$   
 c)  $\lambda = 1,2 \text{ m}$  e  $v = 120 \text{ m/s}$     d)  $\lambda = 0,8 \text{ m}$  e  $v = 120 \text{ m/s}$   
 e)  $\lambda = 2,4 \text{ m}$  e  $v = 120 \text{ m/s}$



2. Uma das atrações mais frequentadas de um parque aquático é a “piscina de ondas”. O desenho abaixo representa o perfil de uma onda que se propaga na superfície da água da piscina em um dado instante. Um rapaz observa, de fora da piscina, o movimento de seu amigo, que se encontra em uma boia sobre a água e nota que, durante a passagem da onda, a boia oscila para cima e para baixo e que, a cada 8 segundos, o amigo está sempre na posição mais elevada da onda. O motor que impulsiona as águas da piscina gera ondas periódicas. Com base nessas informações, e desconsiderando as forças dissipativas na piscina de ondas, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade de:



a) 0,15 m/s   b) 0,30 m/s   c) 0,40 m/s   d) 0,50 m/s   e) 0,60 m/s

3. Um estudante de Física encontra-se num barco ancorado num lago de águas calmas. Repentinamente, começa a soprar uma brisa leve, que gera pequenas ondulações na superfície da água, fazendo oscilar uma folha que flutua nas proximidades do barco. Observando essas ondulações e o movimento da folha, o estudante estima que a distância entre duas cristas de onda sucessivas é aproximadamente 40cm e que passam pela folha 30 cristas por minuto.

De acordo com essas informações, a frequência, o comprimento de onda e a velocidade de propagação das ondas são, respectivamente:

a) 0,50Hz 0,40m 0,20m/s

b) 0,50Hz 0,40m 2,0m/s

c) 2,0Hz 0,20m 2,0m/s

d) 2,0Hz 0,80m 0,20m/s

e) 30Hz 0,80m 8,0m/s

Sugere-se fazer a correção do questionário no início do próximo encontro.



### 3.7 Passo 7

<b>Número de encontros:</b> 2 (encontros 10 e 11)
<b>Duração:</b> 100 minutos
<b>Objetivos:</b> reconhecer os fenômenos ondulatórios de refração, difração e polarização.

Recomenda-se ao professor que no encontro 10, inicie sua aula com a correção das questões do questionário de maior complexidade. Na questão número 1, retomar os conceitos de comprimento de onda e velocidade de propagação das ondas, com o gabarito letra d. Na questão número 2, retomar os conceitos de comprimento de onda e período, com o gabarito letra d. Na questão número 3, retomar os conceitos de frequência e comprimento de onda, com a transformação de unidade de medida para identificar a velocidade de propagação, gabarito letra b.

Após, com uma aula expositiva, apresente os fenômenos de refração, difração e a polarização. Como sugestão de material para elaborar a apresentação em sala de aula, acesse o documento disponível em <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/599556/3/Slides%20-%20Aula%20Remota%20sobre%20Ondulat%C3%B3ria-Corrigida.pdf>>.

Para demonstrar a refração sugere-se a simulação <[https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=kv\\_lom\\_vlneni&=&pt](https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=kv_lom_vlneni&=&pt)>, para comparar os ângulos incidentes e velocidades de propagação. Para a difração, pode ser utilizado o simulador <[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html)> para demonstrar como uma contorna obstáculo na opção fendas. Para demonstrar o fenômeno da polarização pode ser utilizado o vídeo <[https://www.youtube.com/watch?v=hR\\_nnYuTi4](https://www.youtube.com/watch?v=hR_nnYuTi4)>, que demonstra como as ondas eletromagnéticas comportam-se quando é utilizado filtros polaroides cruzados e não cruzados.

No encontro 11, sugere-se algumas questões para os alunos responderem individualmente para o educador avaliar posteriormente a aprendizagem dos alunos. As questões estão disponíveis no Apêndice B.

Também, neste encontro, pode ser solicitado que os alunos realizem a avaliação da UEPS e a sua autoavaliação, disponível no Apêndice C.

### **3.8 Passo 8**

O passo 8 deve ser realizado após a aplicação em sala de aula da UEPS. Nesse momento, o educador realiza uma análise qualitativa sobre as evidências da ocorrência da aprendizagem significativa encontradas na realização da UEPS, baseada na avaliação individual e em grupo dos alunos, bem como da avaliação da UEPS feita em sala de aula pelos alunos no último encontro.

Na análise das evidências da aprendizagem significativa, o professor pode comparar as respostas da avaliação diagnóstica com o desempenho do educando ao longo da UEPS.

Os resultados da avaliação da UEPS pelos alunos podem aprimorar em ações futuras as atividades experimentais, os questionários utilizados e a forma de abordagem dos conceitos de Ondulatória.

#### **4. Considerações Finais**

Esperamos que este material possa ser útil para suas aulas de Ondulatória.

Também, estamos à disposição para troca de ideias acerca deste material visando seu aprimoramento e compartilhamento com os professores.

Agradecemos, desde já, pela colaboração!

Os autores.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Plátano: Lisboa, v. 1, p.71-85, 2003.

MOREIRA, A. F. B. Currículo, cultura e formação de professores. Revista Educar, Curitiba, Editora da UFPR, n. 17, p. 39-52, 2001.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. 2ª Edição. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

## APÊNDICE A

### Quiz interativo do encontro 9.

1. Ondas mecânicas podem se propagar no vácuo?

( ) verdadeiro                      ( ) falso

2. Ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo?

( ) verdadeiro                      ( ) falso

3. As ondas na água, em uma corda e o som são ondas ...

a) mecânica                      b) eletromagnéticas                      c) ionizantes                      d) radiantes

4. O que a letra grega lambda significa em ondulatória?

a) frequência                      b) amplitude                      c) comprimento de onda                      d) período

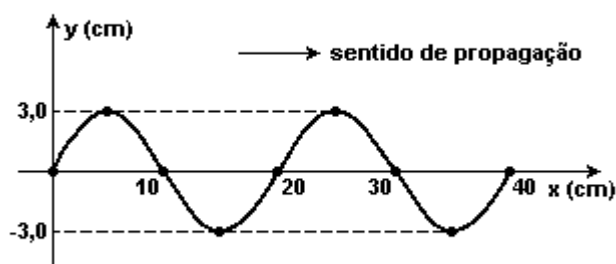
5. Qual a relação entre frequência e período de uma onda?

a) diretamente proporcional                      b) dobro  
c) inversamente proporcional                      d) não há relação entre essas grandezas.

6. Quando a frequência de uma onda aumenta, o que acontece com o comprimento de onda para a mesma velocidade?

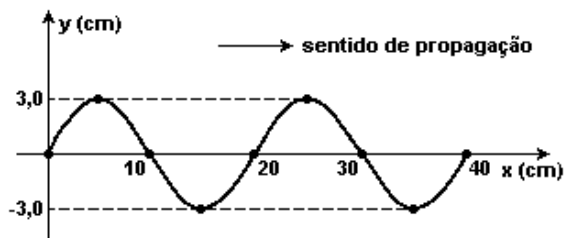
a) aumenta                      b) diminui                      c) não altera                      d) desaparece da onda

7. Qual a amplitude da onda representada na imagem?



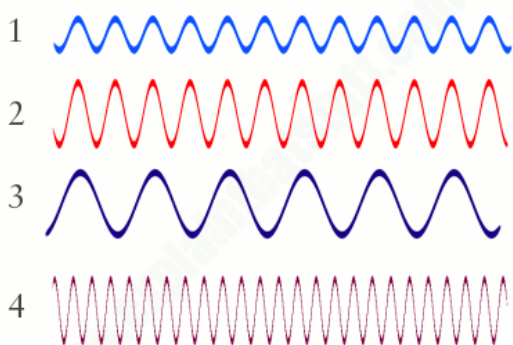
a) 3 cm                      b) 10 cm                      c) 6 cm                      d) 20 cm

8. Determine o comprimento de onda da onda da imagem.



a) 3 cm                      b) 10 cm                      c) 6 cm                      d) 20 cm

9. Qual das ondas a seguir possui maior frequência?



- a) 1                      b) 2                      c) 3                      d) 4

10. Quando duas ondas se sobrepõem ocorre o fenômeno da:

- a) reflexão              b) absorção              c) refração              d) interferência

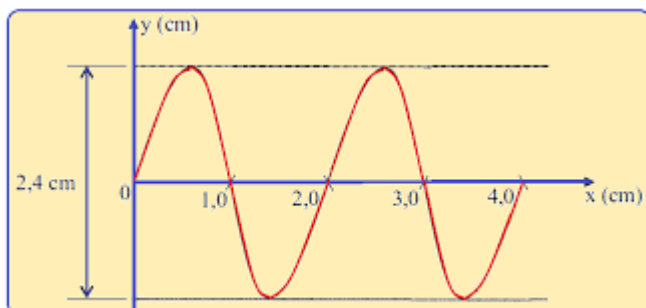
11. A interferência só pode ser:

- a) somente destrutiva      b) somente construtiva      c) reflexiva              d) construtiva e destrutiva

12. Uma das características da onda é que:

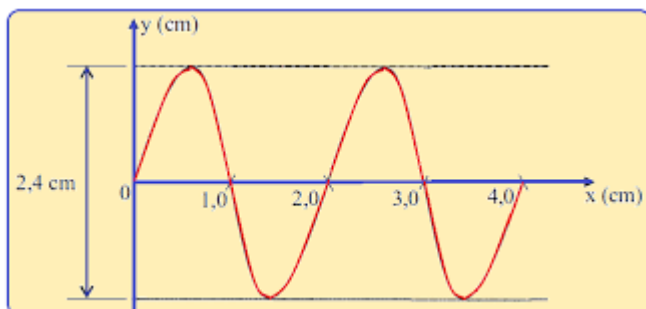
- a) ela transporta matéria, mas não transporta energia.  
 b) elas não transportam matéria e nem energia.  
 c) elas transportam energia, mas não transportam matéria.  
 d) elas transportam apenas matéria.

13. Qual o comprimento de onda da onda da imagem?



- a) 1 cm                      b) 3 cm                      c) 2 cm                      d) 4 cm

14. Qual a amplitude da onda da imagem?



- a) 1 cm                      b) 2 cm                      c) 2,4 cm                      d) 1,2 cm

**APÊNDICE B**

## Questionário do encontro 11 (respondido individualmente)

Nome: \_\_\_\_\_

1. Alguns modelos mais modernos de fones de ouvido têm um recurso, denominado “cancelador de ruídos ativo”, constituído de um circuito eletrônico que gera um sinal sonoro semelhante ao sinal externo (ruído), exceto pela sua fase oposta.

Qual fenômeno físico é responsável pela diminuição do ruído nesses fones de ouvido?

- a) Difração.
- b) Reflexão.
- c) Refração.
- d) Interferência.
- e) Efeito Doppler.

2. Um professor percebeu que seu apontador a laser, de luz monocromática, estava com o brilho pouco intenso. Ele trocou as baterias do apontador e notou que a intensidade luminosa aumentou sem que a cor do laser se alterasse. Sabe-se que a luz é uma onda eletromagnética e apresenta propriedades como amplitude, comprimento de onda, fase, frequência e velocidade. Dentre as propriedades de ondas citadas, aquela associada ao aumento do brilho do laser é o(a):

- a) amplitude.
- b) frequência.
- c) fase da onda.
- d) velocidade da onda.
- e) comprimento de onda.

3. O sonorizador é um dispositivo físico implantado sobre a superfície de uma rodovia de modo que provoque uma trepidação e ruído quando da passagem de um veículo sobre ele, alertando para uma situação atípica à frente, como obras, pedágios ou travessia de pedestres. Ao passar sobre os sonorizadores, a suspensão do veículo sofre vibrações que produzem ondas sonoras, resultando em um barulho peculiar. Considere um veículo que passe com velocidade constante igual a 108 km/h sobre um sonorizador cujas faixas são separadas por uma distância de 8 cm.

A frequência da vibração do automóvel percebida pelo condutor durante a passagem nesse sonorizador é mais próxima de:

- a) 8,6 hertz.
- b) 13,5 hertz.
- c) 375 hertz.
- d) 1 350 hertz.
- e) 4 860 hertz.

4. Ao contrário dos rádios comuns (AM ou FM), em que uma única antena transmissora é capaz de alcançar toda a cidade, os celulares necessitam de várias antenas para cobrir um vasto território. No caso dos rádios FM, a frequência de transmissão está na faixa dos MHz (ondas de rádio), enquanto, para os celulares, a frequência está na casa dos GHz (micro-ondas). Quando comparado aos rádios comuns, o alcance de um celular é muito menor.

Considerando-se as informações do texto, o fator que possibilita essa diferença entre propagação das ondas de rádio e as de micro-ondas é que as ondas de rádio são:

- a) facilmente absorvidas na camada da atmosfera superior conhecida como ionosfera.
- b) capazes de contornar uma diversidade de obstáculos como árvores, edifícios e pequenas elevações.
- c) mais refratadas pela atmosfera terrestre, que apresenta maior índice de refração para as ondas de rádio.
- d) menos atenuadas por interferência, pois o número de aparelhos que utilizam ondas de rádio é menor.
- e) constituídas por pequenos comprimentos de onda que lhes conferem um alto poder de penetração em materiais de baixa densidade.

5. Um garoto que passeia de carro com seu pai pela cidade, ao ouvir o rádio, percebe que a sua estação de rádio preferida, a 94,9 FM, que opera na banda de frequência de megahertz, tem seu sinal de transmissão superposto pela transmissão de uma rádio pirata de mesma frequência que interfere no sinal da emissora do centro em algumas regiões da cidade. Considerando a situação apresentada, a rádio pirata interfere no sinal da rádio do centro devido à:

- a) atenuação promovida pelo ar nas radiações emitidas.
- b) maior amplitude da radiação emitida pela estação do centro.
- c) diferença de intensidade entre as fontes emissoras de ondas.
- d) menor potência de transmissão das ondas da emissora pirata.
- e) semelhança dos comprimentos de onda das radiações emitidas.

6. Na câmara de cozimento de um forno de micro-ondas, a flutuação do campo elétrico é adequada para o aquecimento da água. Esse tipo de forno utiliza micro-ondas com frequência de 2,45 GHz para alterar a orientação das moléculas de água bilhões de vezes a cada segundo. Essa foi a frequência escolhida, porque ela não é usada em comunicações e também porque dá às moléculas de água o tempo necessário para completar uma rotação. Sabendo que a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no meio é de cerca de  $3 \times 10^8$  m/s, qual é, aproximadamente, o comprimento de onda da micro-onda presente no forno, em cm?

- a) 0,12
- b) 1,22
- c) 8,17
- d) 12,2
- e) 817



7. Ao assistir a uma apresentação musical, um músico que estava na plateia percebeu que conseguia ouvir quase perfeitamente o som da banda, perdendo um pouco de nitidez nas notas mais agudas. Ele verificou que havia muitas pessoas bem mais altas à sua frente, bloqueando a visão direta do palco e o acesso aos alto-falantes. Sabe-se que a velocidade do som no ar é 340 m/s e que a região de frequências das notas emitidas é de, aproximadamente, 20Hz a 4 000 Hz.

Qual fenômeno ondulatório é o principal responsável para que o músico percebesse essa diferenciação do som?

- a) Difração.
- b) Reflexão.
- c) Refração.
- d) Atenuação.

## APÊNDICE C

### Avaliação da UEPS e autoavaliação.

Nome:	Data:
<p>1. O planejamento realizado pela professora para o ensino de Ondulatória, como as atividades práticas, materiais didáticos, recursos digitais e situações-problema, pode ser avaliada como?</p> <p>( ) ótimo      ( ) bom      ( ) regular      ( ) ruim      ( ) péssimo</p>	
<p>2. A sua aprendizagem em Ondulatória pode ser avaliada como?</p> <p>( ) ótimo      ( ) bom      ( ) regular      ( ) ruim      ( ) péssimo</p>	
<p>3. Promover a realização de atividades experimentais complementadas pela teoria nas aulas eu considero:</p> <p>( ) ótimo      ( ) bom      ( ) regular      ( ) ruim      ( ) péssimo</p>	
<p>4. A professora permitiu que os alunos escolhessem seus grupos e que realizassem as atividades com autonomia, auxiliando quando necessário. Eu considero esse aspecto:</p> <p>( ) ótimo      ( ) bom      ( ) regular      ( ) ruim      ( ) péssimo</p>	
<p>5. Como foi meu comprometimento ao realizar as atividades propostas pela professora?</p> <p>( ) ótimo      ( ) bom      ( ) regular      ( ) ruim      ( ) péssimo</p>	
<p>6. Eu soube aproveitar a “liberdade” de fazer as atividades em grupo de maneira?</p> <p>( ) ótima      ( ) boa      ( ) regular      ( ) ruim      ( ) péssima</p>	
<p>7. Descreva a sua vivência nessa sequência didática que envolvia teoria e atividades experimentais. Informe neste espaço se foi importante a realização das atividades práticas, qual a sua dificuldade ou facilidade em mesclar prática e teoria e se gostaria de ter mais aulas dessa maneira. Informe também o que poderia melhorar nos pontos negativos.</p>	

## 15. ANEXO A

COMPETÊNCIAS	<p>EMPREGAR a conservação de energia para <b>interpretar</b> as diferentes fontes renováveis e usinas geradoras de eletricidade, buscando o <b>pensamento crítico</b> e a <b>capacidade de resolver problemas</b>, tomando posição com <b>razão e argumentação</b> sobre as usinas e fontes de energia mais viáveis.</p> <p>AVALIAR nos aparelhos eletroeletrônicos as medidas que interferem no consumo de energia, fortalecendo a <b>cooperação</b> para a economia dos recursos naturais pensando no bem-estar de todos.</p> <p>PRATICAR a economia de energia desenvolvendo a <b>integridade, cidadania e consciência</b> sob os aspectos e valores cristãos em qualquer lugar e em quaisquer contextos.</p>
<p><b>H1.</b> Identificar os fenômenos físicos que provocam variações nas propriedades físicas da matéria.</p>	<p>1.2 Identificar ondas mecânicas e eletromagnéticas na natureza e no meio tecnológico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>RECONHECER</b> as ondas mecânicas e eletromagnéticas suas características gerais e específicas.</li> <li>• <b>DEFINIR</b> ondas mecânicas e eletromagnéticas e os fenômenos ondulatórios associados (reflexão, refração, dispersão, polarização e difração).</li> </ul>
<p><b>H2.</b> Refletir sobre as diferentes propriedades da matéria e a interferência destas em seu meio.</p>	<p>2.2 Definir as ondas mecânicas e eletromagnéticas, os fenômenos de refração, reflexão, difração, polarização, interferência e dispersão da luz.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>DEDUZIR</b> o valor da velocidade, comprimento de onda e a frequência a partir de combinações entre essas grandezas.</li> </ul>
<p><b>H3.</b> Relacionar as grandezas físicas que determinam as variações nas propriedades da matéria.</p>	<p>3.2 Relacionar período e frequência com a velocidade da onda.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ESTABELECER</b> a relação entre ondas mecânicas e eletromagnéticas com os fenômenos ondulatórios específicos de cada uma.</li> <li>• <b>DETERMINAR</b> experimentalmente e/ou analiticamente as variáveis que definem os fenômenos ondulatórios em diferentes situações.</li> </ul>
<p><b>H4.</b> Defender a constituição e organização física da matéria e suas propriedades, priorizando o equilíbrio e a preservação da vida e da natureza.</p>	<p>4.2 Interpretar o desenvolvimento tecnológico a partir dos fenômenos ondulatório buscando possíveis inovações.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CONSTATAR</b> as variáveis fundamentais das ondas, suas relações e suas aplicabilidades na tecnologia, buscando possíveis inovações preservando os valores cristãos.</li> </ul>