



ATIVIDADES PARA O ENSINO DE ONDULATÓRIA BASEADAS NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

ACTIVITIES FOR THE TEACHING OF WAVES BASED ON THE THEORY OF MEANINGFUL LEARNING

Dimas Pazini Alves¹, Giuseppi Gava Camiletti².

¹ Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo 12, dimas.alves@edu.ufes.br.

² Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Departamento de Física, giuseppi.camiletti@ufes.br.

Resumo

Este trabalho descreve o desenvolvimento, aplicação e avaliação de atividades para o ensino de conceitos introdutórios de ondulatória para alunos do segundo ano do Ensino Médio, visando a melhoria da qualidade da aprendizagem dos estudantes. As atividades foram previstas para serem aplicadas ao longo de 10 aulas, para uma turma com 28 estudantes, em uma escola pública de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Os pressupostos teórico metodológicos da Aprendizagem Significativa foram utilizados para orientar as atividades realizadas em sala de aula. A estruturação das atividades levou em consideração as concepções alternativas dos estudantes relatadas na literatura. A relacionabilidade dos conteúdos que se pretende ensinar com aquilo que o aluno já sabe, foi articulada a partir do uso diferentes recursos instrucionais (experimentos, vídeos, simulações). A consolidação dos conteúdos foi articulada nos roteiros das atividades e também na aplicação de testes conceituais de acordo com a dinâmica proposta pelo método de Instrução pelos Colegas. Os dados foram coletados a partir de anotações e observações do professor, dos registros das respostas dos estudantes aos testes conceituais e das respostas da avaliação final individual. Os resultados reforçam a importância dos roteiros para manter o foco dos alunos na realização das atividades e para suscitar discussões e reflexões produtivas acerca dos fenômenos abordados a partir dos diferentes recursos instrucionais utilizados. Os testes conceituais são capazes de promover discussões de boa qualidade e são muito bem aceitos pela quase totalidade deles. Foi constatada a persistência de concepções alternativas pós instrução.

Palavras-Chave: Experimentos; Ondas; Produto Educacional.

Abstract

This work describes the development, application and evaluation of activities for teaching introductory wave concepts to second year high school students, aiming at improving the quality of student learning. The activities were planned to be applied over 10 classes, for a class with 28 students, in a public school in Cachoeiro de Itapemirim-ES. The theoretical and methodological assumptions of Meaningful Learning were used to guide the activities carried out in the classroom. The structuring of the activities took into account the students' alternative conceptions reported in the literature. The relationship between the contents intended to be taught and what the student already knows was articulated through the use of different instructional resources (experiments, videos, simulations). The consolidation of the contents was articulated in the scripts of the activities and also in the application of conceptual tests according to the dynamics proposed by the Peer Instruction method. Data were collected from the teacher's notes and observations, from the records of students' responses to the conceptual tests and from the responses to the final individual



assessment. The results reinforce the importance of the scripts to keep the students focused on carrying out the activities and to provoke productive discussions and reflections about the phenomena approached from the different instructional resources used. Conceptual tests are able to promote good quality discussions and are very well accepted by almost all of them. The persistence of post-instruction alternative conceptions was observed.

Keywords: Experiments; Waves; Educational Product.

Introdução

O objetivo deste trabalho é relatar o desenvolvimento, aplicação e avaliação de atividades para o ensino de conceitos introdutórios de ondulatória para alunos de Ensino Médio, tendo como base os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003) e Moreira (2016), visando a melhoria da qualidade da aprendizagem dos estudantes. O conjunto das atividades constituem o Produto Educacional do autor principal deste trabalho, que no presente momento é aluno do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física, matriculado no Polo 12 UFES.

A escola onde as atividades foram desenvolvidas localiza-se no município de Cachoeiro de Itapemirim, região sul do estado do Espírito Santo, distante 140km da capital Vitória-ES, que se destaca pela atividade de extração e beneficiamento de mármore e granito. O escoamento da produção se dá por meio de caminhões, que trafegam tanto nas vias principais como nas adjacentes, provocando ruídos excessivos em diversos pontos da cidade. A abordagem deste problema em sala de aula apresenta a vantagem de fazer parte do dia a dia dos alunos e ao mesmo tempo envolver o estudo de conceitos presentes no currículo da escola.

1. Fundamentação Teórica

Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2016) o aprendizado efetivo e duradouro de um determinado conteúdo deve ocorrer quando as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Segundo Ausubel, que foi o principal mentor desta teoria, as implicações para a sala de aula devem levar em consideração três pilares básicos. 1) O conhecimento prévio do aluno é a variável isolada mais importante para o aprendizado de novos conteúdos. Descubra o que ele já sabe e o ensine de acordo. 2) A partir do mapeamento destas concepções, o professor precisa envidar esforços para promover a relacionabilidade dos conteúdos que pretende ensinar com os conhecimentos prévios dos alunos. Ausubel sugere o uso de diferentes recursos instrucionais nesta etapa do trabalho em sala de aula com o uso de experimentos, vídeos, simuladores, entre outros. 3) Por fim, como decorrência natural do primeiro, e mais importante pilar proposto por Ausubel, o ensino de novos conteúdos será conhecimento prévio para novos aprendizados. Então, eles precisam passar por um processo de consolidação. A aprendizagem de novos conteúdos é lento e apresenta avanços e retrocessos. Por isso, os alunos devem ser expostos a atividades que oportunizem a negociação de significados (aluno-aluno e aluno-professor) do conteúdo que está sendo estudado.

Colocar em prática o primeiro pilar das implicações da proposta de Ausubel, implica em fazer um mapeamento dos conhecimentos prévios dos alunos. A partir deste levantamento, deve-se definir as estratégias de ensino mais adequadas para potencializar o aprendizado dos estudantes.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

Trata-se de uma tarefa trabalhosa, pois envolve a aplicação de um questionário ou realização de entrevistas, seguida de uma análise minuciosa das respostas. Infelizmente, este processo nem sempre é factível, dada a corriqueira carga de trabalho dos docentes. Assim sendo, um ponto de partida alternativo seria o uso de resultados de mapeamentos de concepções alternativas dos alunos, vastamente relatados na literatura. Embora não se constitua de um mapeamento das concepções dos próprios estudantes, os resultados destes levantamentos apontam que eles são muito parecidos, independente do país, região geográfica ou condição social dos alunos (SHIPSTONE, 1984, 1988; DRIVER et. al., 1994, 1996; CEPNI & KELES, 2006). Esta estratégia foi utilizada neste trabalho.

O segundo pilar da proposta de Ausubel é o da relacionabilidade entre o que se pretende ensinar e aquilo que o aluno já sabe. Este processo pode ser facilitado a partir de algumas ações deliberadas do professor: 1) Deve haver uma preocupação com a organização sequencial do conteúdo, iniciando-se a exposição a partir de exemplos e situações que façam parte do cotidiano do estudante em direção ao formalismo conceitual necessário para sua explicação. 2) O professor deve utilizar diferentes recursos instrucionais seja para a exposição do conteúdo, seja para aproximar os estudantes do fenômeno que se pretende estudar. Pode-se lançar mão de experimentos, vídeos, simulações, games, sensores existentes no celular, placa de Arduino, entre outros. Independentemente do recurso a ser utilizado, é importante que as atividades promovam interações de boa qualidade entre os estudantes e entre os estudantes e o professor. Vygotsky (1987) defende que o aprendizado de boa qualidade pode ocorrer a partir de interações com um parceiro mais capaz. A estruturação e uso destes recursos em sala de aula, tendo em vista a proposição de Vygotsky, pode seguir as orientações propostas por Gaspar (2014).

O terceiro pilar versa sobre a consolidação dos conteúdos. Para isso, o professor deve proporcionar atividades que os estudantes possam efetivamente dialogar e discutir com os colegas e com o professor seu entendimento sobre os conceitos em estudo. Eles precisam ter oportunidade de negociar os significados do conteúdo que estão aprendendo. Uma atividade que pode promover a consolidação dos conteúdos, de fácil implementação em sala de aula e com grande aceitação dos alunos, é a utilização de testes conceituais de múltipla escolha seguindo o método de Instrução pelos Colegas, proposto por Araújo & Mazur (2013). Os testes devem ser aplicados imediatamente após a explanação e introdução de novos conteúdos aos alunos. Os autores sugerem que os testes sejam selecionados preferencialmente de vestibulares e ENEM. Resumidamente, o método consiste em apresentar o exercício conceitual de múltipla escolha aos alunos (que pode ser feito usando datashow) aguardando entre 1 e 3 minutos para que eles escolham individualmente a resposta que consideram correta. Em seguida, é dado um tempo para que discuta sua opção com outro colega, buscando convencê-lo a mudar de resposta. Após uns 5 minutos aproximadamente, é dada uma nova oportunidade para afirmar ou modificar a escolha inicial. Em geral, o percentual de acertos aumenta, pois o aluno com a resposta correta tem maior poder de argumentação e de convencimento acerca da sua opção. Ao final, o professor revela a resposta correta, faz um breve comentário sobre o conteúdo envolvido e passa para o próximo teste. Toda essa dinâmica deve ocorrer somente se na primeira votação o percentual de acertos estiver entre 30 e 70%. Outras atividades bem planejadas também têm o potencial de proporcionar consolidação dos conteúdos. A realização de um experimento em sala de aula (seja ele demonstrativo ou executado pelos estudantes), deve ser feita a partir de um roteiro com perguntas prévias e levantamento de hipóteses, seguida de execução do experimento, testagem das hipóteses e discussão dos resultados (GASPAR, 2014). Isso vale também para o uso de vídeos, simuladores ou qualquer outro recurso instrucional. Por fim, a resolução tradicional de problemas ou de desafios também pode proporcionar momentos de negociação de significados.



Todo processo de ensino-aprendizagem envolve necessariamente a avaliação do conteúdo. A realização desta atividade não é, portanto, uma orientação específica de Ausubel. No entanto, o autor argumenta que a aprendizagem não é um processo binário do tipo “sabe” ou “não sabe”, ou do tipo “certo” e “errado”. Trata-se de um processo lento, com avanços e retrocessos. Elas devem, portanto, privilegiar o caráter formativo e recursivo. Para além do escore obtido em cada avaliação, o aluno deve ser informado e esclarecido sobre seus erros e equívocos acerca do conteúdo que está sendo avaliado (caráter formativo). Adicionalmente, deve-se considerar a possibilidade de deixar o aluno refazer a avaliação, pelo menos mais uma vez, para que ele tenha nova oportunidade de estudo e, conseqüentemente, de superação das dificuldades e lacunas do conteúdo abordado (caráter recursivo).

A última condição importante para que a aprendizagem significativa possa ocorrer é a predisposição do aluno em aprender. Ausubel argumenta que não há muito o que se fazer para aumentar ou garantir esse interesse do estudante. Apenas afirma que, por algum motivo, ele precisa estar disposto a aprender de forma significativa o conteúdo que está sendo ensinado.

A próxima seção descreve o contexto da aplicação do material desenvolvidos e detalha as atividades propostas de acordo com as orientações deste referencial teórico.

2. Métodos e Materiais

As atividades desenvolvidas no contexto do Produto Educacional do autor principal deste trabalho, constituem 10 aulas aplicadas para um grupo de 28 alunos, 2º ano Ensino Médio da escola Prof. Hosana Sales. Trata-se de uma escola da rede pública localizada no interior do estado do Espírito Santo.

Seguindo a alternativa proposta de uso de mapeamentos de concepções alternativas relatados na literatura, o trabalho de Fazio *et. al.* (2008) identificou modelos mentais pré-instrução de alunos do Ensino Médio sobre os conceitos de ondas. Os autores não citam explicitamente o termo “concepções alternativas”, mas deixam claro que esta nomenclatura tem o mesmo significado das concepções alternativas dos estudantes vastamente relatadas na literatura. Um resumo dos principais resultados de Fazio e colaboradores (*ibid.*) é apresentado a seguir:

1. As ondas envolvem a transferência de alguma 'entidade' (massa, matéria, força, etc.) através do meio;
2. O som empurra as moléculas de ar na direção de propagação;
3. As ondas sonoras se espalham pelo ar e fazem com que o ar se espalhe para longe da fonte (o alto falante);
4. Observando os pulsos que se propagam em uma corda ou mola, os alunos acreditam que o movimento do agente que gera o pulso influencia o movimento do pulso de onda (por exemplo, um movimento de mão mais rápido ou um movimento de mão de maior amplitude produzirá um pulso mais rápido);
5. A velocidade do som é menor em meios mais densos (moléculas maiores ou mais próximas obstruem a transferência do som);
6. O som de alta intensidade empurra o ar com uma velocidade mais alta;

A partir destes modelos, foram elaboradas atividades, com o uso de experimentos, simuladores e vídeos, que compõem o Produto Educacional. A estrutura das aulas apresenta um resumo inicial, com orientações básicas e material necessário para a realização das atividades. Em seguida, os alunos são divididos em pequenos grupos e recebem roteiros com o passo a passo para acompanhar a execução e uso em sala de aula dos recursos instrucionais (vídeos, experimentos e simuladores). O roteiro apresenta também perguntas antes e depois de cada



atividade prática, com o objetivo de provocar a reflexão dos alunos e a negociação de significados entre eles. Sempre que necessário, o professor lança mão de slides para fazer a explanação dos conceitos que estão sendo ensinados e discutidos pelos alunos. Na etapa final, em algumas aulas, são aplicados testes conceituais, de acordo com o método de Instrução pelos Colegas tal como proposto por Araújo e Mazur (2013), usando o aplicativo Plickers, disponível gratuitamente em www.plickers.com. Alternadamente com os testes conceituais, são resolvidos exercícios quantitativos, com o objetivo de mostrar a aplicação dos conteúdos estudados e também fortalecer o processo de consolidação dos conteúdos. Nos minutos finais de cada aula, é proposta uma atividade para casa, que pode ser a leitura de um texto ou a busca por resposta a alguma situação intrigante relacionada ao conteúdo. No início da aula seguinte, o professor faz um breve comentário sobre a atividade que foi passada para casa. Uma exemplificação desse conjunto de atividades está mostrada na Figura 1 adiante. O Produto Educacional completo está disponível para consulta em: https://drive.google.com/drive/folders/1QGhKlyVfoOIoJujMy67ZpWAKwUMI_wQQ?usp=share_link

Figura 1 – Roteiro da Aula 5 ilustrando o roteiro da aula, com perguntas pré e pós instrução, orientações para o uso do vídeo durante a aula, testes conceituais e atividades para casa.

Aula 5 - Ondas mecânicas e eletromagnéticas
Continuar com os mesmos grupos para desenvolver as atividades a seguir.



Parte 1: Apresentar características de uma onda mecânica – 15 minutos

1 – Uma pequena caixa de som ligada é colocada em um ambiente onde o ar será retirado gradativamente. O que vai acontecer com o som emitido pela caixa? (O professor deverá apresentar a situação em slides e aguardar um momento para discussão e anotações dos alunos).

Ele vai diminuindo seu volume gradativamente até que não seja possível ouvi-lo.

2 – Agora assista ao vídeo.

Apresentar no Datashow o vídeo disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=EG08-zUCI>. Os alunos também podem assistir no próprio celular a partir deste QRcode:



3 – Com auxílio do vídeo, responda o que aconteceu com o som emitido pela caixinha? Explique por quê.

Ele vai diminuindo seu volume gradativamente até que não seja possível ouvi-lo. Isso ocorre porque o som é uma onda mecânica e precisa de um meio material para se propagar, que nesse caso é o ar.

4 – Acompanhe a explanação do professor sobre o conceito e as características de uma onda mecânica. Em seguida, discuta exemplos de ondas mecânicas no cotidiano.

Parte 2: Apresentar características de uma onda eletromagnética – 15 minutos

6– É sabido que entre a Terra e o Sol (aproximadamente 150 milhões de quilômetros) existe vácuo. A atmosfera terrestre se estende apenas aproximadamente uns 100km acima de nós. Como podemos explicar a propagação da luz emitida pelo Sol até nós? Ela é igual a uma onda sonora?

A luz emitida chega até nós pois pode se propagar no vácuo. Ela é diferente do som, pois não precisa de um meio material para se propagar.

7 - Acompanhe a explanação do professor sobre o conceito e as características de uma onda eletromagnética.


8 - Em uma tempestade, podemos notar a presença de raios e trovões. Qual deles é percebido primeiro e por quê?

Os raios são descargas elétricas que emitem luz, que é uma onda eletromagnética, com velocidade de $3 \cdot 10^8$ m/s. Estas descargas elétricas geram o som que conhecemos como trovão, que é uma onda mecânica longitudinal, com velocidade de 340m/s. Como a velocidade da luz é bem maior que a velocidade do som, primeiro visualizamos o raio e só depois ouvimos o trovão.

Parte 3: Testes conceituais para a consolidação dos conteúdos usando o método de Instrução pelos Colegas, usando o aplicativo Plickers – 20 minutos

1 - (UFRS) Em qual das alternativas as radiações eletromagnéticas mencionadas encontram-se em ordem crescente de suas frequências?

a) Luz visível, raios X e infravermelho
b) Ondas de rádio, luz visível e raios X
c) Raios X, infravermelho e ondas de rádio
d) Raios gama, luz visível e micro-ondas




2 - (MACKENZIE) Considere as seguintes afirmações.

I. As ondas mecânicas não se propagam no vácuo.
II. As ondas eletromagnéticas se propagam somente no vácuo.
III. A luz se propaga tanto no vácuo como em meios materiais, por isso é uma onda eletromecânica. Assinale:

a) se somente a afirmação I for verdadeira.
b) se somente a afirmação II for verdadeira.
c) se somente as afirmações I e II forem verdadeiras.
d) se somente as afirmações I e III forem verdadeiras.

Parte 4: Atividade para casa



A figura ao lado, é uma releitura da pintura O Grito, do pintor norueguês Edvard Munch. A cena mostra alguém em desespero e combina com o estado de espírito do artista, que durante a sua vida enfrentou vários problemas psicológicos e familiares. As formas distorcidas, e a expressão do personagem revelam a dor e as dificuldades na vida, resultando em um grito como manifestação das emoções.

<https://www.culturagenial.com/quadro-o-grito-de-edvard-munch/>. Os gritos de um astronauta poderiam ser ouvidos no espaço? Explique.

Não. Pois o som é uma onda mecânica, e por isso não pode se propagar no vácuo. Ou seja, a propagação do som ocorre somente nos meios materiais.

Fonte: Os autores (2022).



3. Resultados e Discussões

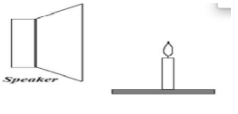
Os dados foram coletados pelo professor a partir das anotações detalhadas das atividades desenvolvidas pelos alunos, dos registros das respostas aos testes conceituais utilizando o aplicativo Plickers e das respostas da avaliação final individual. Uma análise prévia das respostas às perguntas existentes nos roteiros tem evidenciado a manifestação de conhecimentos prévios alternativos (no sentido de serem não científicos) que corroboram com os modelos mentais relatados por Fazio *et al.* (2008) e também reforçam a premissa adotada neste trabalho para a elaboração das atividades de que as concepções alternativas independem de país, região geográfica ou condição social dos alunos (SHIPSTONE, 1984, 1988; DRIVER *et al.*, 1994, 1996; CEPNI & KELES, 2006).

Os roteiros elaborados têm se mostrado eficazes para manter o foco dos alunos e garantir que todos realizem as diversas etapas propostas. As atividades utilizando os diferentes recursos instrucionais (experimentos, vídeos, simulações) durante as aulas suscitam discussões produtivas acerca dos fenômenos e prendem a atenção de praticamente todos os alunos, até mesmo dos mais apáticos ou indiferentes. O uso destes recursos tem contribuído para que os alunos possam confirmar ou refutar suas respostas prévias, consistindo de uma oportunidade para a reflexão acerca da discrepância entre os conhecimentos iniciais equivocados e as evidências proporcionadas pelo uso destes recursos.

Os testes conceituais aplicados de acordo com o método Ipc e com auxílio da aplicativo Plickers, têm se mostrado eficientes para promover discussões entre os alunos sobre os conceitos em estudo, além de serem muito bem aceitos pela quase totalidade deles. Uma análise inicial dos resultados numéricos de 23 testes conceituais aplicados, mostrou que na primeira votação o índice médio de acertos foi de 46%. Já após a discussão entre pares seguida de nova votação, o índice de acertos subiu para 73%, sugerindo discussões de boa qualidade e aumento do entendimento dos alunos sobre os conteúdos em estudo. Com relação aos exercícios quantitativos resolvidos juntamente com os alunos, observa-se dificuldades inerentes às operações matemáticas e também relacionadas às conversões de unidades. Espera-se que estas dificuldades possam ser superadas ao longo das aulas.

A avaliação individual final constituiu-se de 3 questões quantitativas e 6 questões presentes no trabalho de Fazio *et al.* (2008), sendo 2 pertencentes ao pré-teste e 4 pertencentes ao pós-teste usado pelo autor. A análise das respostas do pós-teste objetiva comparar os resultados deste trabalho com os de Fazio *et al.* (2008), bem como apontar em que medida os alunos “caminharam” em direção a uma superação das concepções não científicas. Para isso, a correção das questões seguiu as mesmas categorias de respostas propostas por Fazio *et al.* (2008).

Tabela 1 – Apresenta o enunciado da questão 1, as categorias de respostas propostas por Fazio *et al.* (2008) e os percentuais de respostas do autor e da presente pesquisa.

Questão 1* – Considere uma vela colocada na frente de um alto-falante silencioso, conforme mostrado na figura. Nenhum vento está soprando. Se você acha que o som produzido pelo alto-falante afeta a chama, descreva como isso ocorre. Se você acha que o som não afeta a chama, explique porque isso ocorre.			
Modelo*	Categorias de Respostas*	Este trabalho†	Fazio
1 - Sem movimento	A chama permanece parada, alto-falante não “faz vento”.	74%	7%
	A chama mantém sua posição para cima.		
2 - Movimento para frente	A chama é empurrada para frente por ondas sonoras.	22%	35%
	A chama se inclina para frente, empurrada pelo som.		
	A chama se extingue.		



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

3 - Oscilação	A chama é empurrada para frente e para trás pelo alto-falante.	0%	58%
	A chama oscila para frente e para trás devido ao movimento das moléculas de ar ao seu redor.		
Em branco	----	4%	0%

Fonte: *Fazio *et al* (2008), †autores.

Na Tabela 1 acima, inicialmente é apresentado o enunciado da questão 1. As concepções alternativas 1, 2 e 3, citadas na seção 2 deste artigo, estão relacionadas à tentativa dos alunos em explicar situações análogas a esta. O conteúdo da primeira coluna apresenta os modelos mentais dos alunos propostos por Fazio e colaboradores (2008) e o conteúdo da segunda coluna apresenta as respectivas categorias de respostas. Os modelos de 1 a 3 representam concepções começando das mais equivocadas em direção a um modelo científico para a explicação do problema.

Nota-se que, mesmo após a instrução, os estudantes participantes deste estudo não foram capazes de explicar o mecanismo de propagação do som no ar de forma científica. Os resultados sugerem que eles não foram capazes de hipotetizar que deve ocorrer um movimento oscilatório das moléculas de ar devido a passagem de uma onda sonora. A resistência destas concepções corroboram resultados já relatados na literatura (SHIPSTONE, 1984, 1988; DRIVER *et. al.*, 1994, 1996; CEPNI & KELES, 2006). Por outro lado, os alunos de Fazio *et al* (2008) apresentaram um percentual de respostas aceitas do ponto de vista da ciência de aproximadamente 58%, sugerindo a necessidade de melhorias e ajustes no presente Produto Educacional de modo a contribuir mais efetivamente para a compreensão correta deste fenômeno.

A leitura das demais Tabelas (2, 3 e 4) é feita da mesma forma que foi apresentado para a Tabela 1 acima. As concepções alternativas 4 e 5, citadas na seção 2 deste artigo, estão relacionadas à tentativa dos alunos em explicar questões análogas à apresentada na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Apresenta o enunciado da questão 2, as categorias de respostas propostas por Fazio *et al* (2008) e os percentuais de respostas do autor e da presente pesquisa.

Questão 2* – Uma haste de 3 metros de comprimento é fixada de modo bem firme na mesa de um laboratório. A haste é atingida por meio de um martelo pesado. O som produzido é detectado por dois microfones, A e B, colocados como na figura. Ambos os microfones detectarão o som ao mesmo tempo ou um deles detectará o som primeiro? Explique sua resposta.			
Modelo*	Categorias de Respostas*	Este trabalho†	Fazio
1 - Sem propagação	O pulso atinge os dois microfones no mesmo instante porque o som se propaga apenas pelo ar.	4%	28%
	Como a distância é a mesma, o som chega aos dois microfones no mesmo instante.		
	O pulso atinge o microfone B primeiro. A haste vibra como um todo. O microfone B está mais próximo da extremidade da haste.		
2 – Maior densidade dificulta a propagação	O pulso atinge o microfone A primeiro. A haste metálica é muito mais densa que o ar e, portanto, oferece uma obstrução física maior.	5%	36%
3 - Partículas mais próximas significa	O pulso atinge o microfone B primeiro porque as partículas nos metais estão mais próximas. Então, o som é melhor propagado.	39%	30%
	O pulso atinge o microfone B primeiro. Na verdade, é melhor transferir de uma partícula para outra se elas estiverem mais próximas uma da outra.		



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

propagação mais rápida			
4 - Propriedades elásticas	O pulso atinge primeiro o microfone B devido à maior elasticidade da haste metálica em relação ao ar.	0%	6%
	O pulso atinge o microfone B primeiro porque o metal é mais rígido que o ar e o som é melhor propagado.		
Em branco	----	13%	0%

Fonte: *Fazio *et al* (2008), †autores.

Nota-se que apenas 6% dos alunos de Fazio e colaboradores (2008) foram capazes de fornecer explicações científicas sobre a dependência da velocidade de uma onda com propriedades elásticas e de densidade de um meio. No presente trabalho, nenhum aluno foi capaz de apresentar uma explicação cientificamente aceita. Um percentual de respostas mais alto, no modelo mental 3 da Tabela 2, sugere que boa parcela dos alunos parece ter começado a compreender a dependência da velocidade com as propriedades do meio.

As concepções alternativas 4 e 5, citadas na seção 2 deste artigo, também estão relacionadas à tentativa dos alunos em explicar questões análogas à apresentada na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Apresenta o enunciado da questão 3, as categorias de respostas propostas por Fazio *et al* (2008) e os percentuais de respostas do autor e da presente pesquisa.

Questão 3* – A figura, mostra um navio parado no mar. Num dado instante a sirene do navio começa a emitir um sinal sonoro. No mesmo instante um mergulhador e um homem voando em uma asa-delta estão na mesma distância do aparelho acústico que emite o som. Quem ouviu o som da sirene primeiro, o mergulhador ou o homem na asa-delta? Explique sua resposta.			
Modelo*	Categorias de Respostas*	Este trabalho†	Fazio
Meio passivo	O homem na asa delta, porque a obstrução nas ondas sonoras é maior na água e o som se propaga de forma mais eficiente no ar.	9%	18%
Partículas mais próximas significam propagação mais rápida	O mergulhador porque: as moléculas de água causam uma propagação mais rápida do que as moléculas de ar, pois estão mais próximas umas das outras; as moléculas líquidas ocupam um volume bem definido, portanto, as colisões entre elas são mais prováveis de acontecer, assim como a transferência de vibração; as partículas de matéria no estado líquido estão mais próximas do que partículas de gases.	91%	30%
Propriedades elásticas	O mergulhador, porque a água é menos compressível que o ar. Então o som é melhor propagado.	0%	25%
Tanto propriedades elásticas quanto inerciais	O mergulhador, porque a velocidade do som é regulada pela relação elasticidade/densidade. Esta proporção é maior na água do que no ar.	0%	27%
	O mergulhador, porque a água é mais parecida com os sólidos do que com o ar.		

Fonte: *Fazio *et al* (2008), †autores.

Embora a questão 3 seja um pouco diferente da situação discutida na questão 2, pode-se perceber que a grande maioria dos estudantes reforçou o que foi discutido na questão anterior sobre a dependência da velocidade com as propriedades do meio. Mais uma vez, não foram capazes de fornecer uma explicação científica adequada sobre porque isso ocorre. Esta questão deve ser



aprofundada no sentido de compreender quais ajustes e melhorias devem ser implementadas nas atividades propostas no Produto Educacional sobre estes conceitos.

Por fim, a concepção alternativa 6, citada na seção 2 deste artigo, está relacionada à tentativa dos alunos em explicar questões análogas à apresentada na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Apresenta o enunciado da questão 4, as categorias de respostas propostas por Fazio *et al* (2008) e os percentuais de respostas do autor e da presente pesquisa.

Questão 4* – João e Paulo estão a 100 metros um do outro e gritam “Ei!” um ao outro no mesmo instante. João grita mais alto que Paulo. Paulo ouvirá João primeiro? Explique sua resposta.			
Modelo*	Categorias de Respostas*	Este trabalho†	Fazio
Propriedades de sinal	Sim, porque quanto mais alto o som, mais rápido ele viaja	48%	22%
	Sim, porque o som mais alto tem mais energia		
	Sim, porque sons mais altos viajam mais rapidamente		
Propriedades do meio de propagação	Não, pois a velocidade de propagação do som não depende da intensidade do sinal	43%	78%
	Não, porque a velocidade do som é sempre a mesma no ar.		
Não respondeu	----	9	0

Fonte: *Fazio *et al* (2008), †autores.

Os resultados sugerem que quase a metade dos alunos respondentes compreendem como a propagação do som depende das propriedades do meio, sugerindo uma maior eficiência das atividades do Produto Educacional na compreensão deste conceito. No entanto, este percentual é bem menor que os encontrados por Fazio *et al* (2008), que foi de 78%.

A análise completa dos demais dados coletados ao longo da aplicação deste Produto Educacional estará disponível na dissertação do autor.

4. Considerações Finais

O objetivo principal do trabalho foi relatar o desenvolvimento, aplicação e avaliação de atividades para o ensino de conceitos introdutórios de ondulatória para alunos de Ensino Médio, tendo como base os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003) e Moreira (2016), visando a melhoria da qualidade da aprendizagem dos estudantes.

Ao longo das aulas aplicadas, os roteiros se mostraram eficientes para manter o foco dos alunos na realização das atividades e para suscitar discussões e reflexões produtivas acerca dos fenômenos abordados a partir dos diferentes recursos instrucionais utilizados. Os testes conceituais foram capazes de promover discussões de boa qualidade entre os estudantes e são muito bem aceitos pela quase totalidade deles. Embora todos os esforços empreendidos (uso de experimentos, vídeos, simuladores, testes conceituais, atividades para casa, entre outros) na elaboração e aplicação deste Produto Educacional, os resultados da avaliação final apontam que muitas concepções alternativas mapeadas por Fazio *et al* (2008) ainda continuam presentes nos alunos pós instrução. Sugerem também a necessidade de ajustes nas tarefas e atividades, dado que a proposta desenvolvida por Fazio *et al* (2008) apresentou percentuais de respostas científicas mais elevados do que o presente trabalho. Foram constatadas também dificuldades inerentes à resolução de problemas quantitativos que necessitam de conhecimentos de operações matemáticas básicas.



5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também aos alunos participantes deste estudo, a todos os funcionários da escola EEEFM Professora Hosana Sales e principalmente ao professor Cassiano Ricardo Zoppé Mardegan pela ajuda e parceria na aplicação do Produto Educacional.

Referências

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, 17 abr. 2013. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n2p362>.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Portugal: Paralelo Editora, 2003.

CEPNI, S.; KELES, E. Turkish students conceptions about the simple electric circuits. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 4, p.269-291, 2006.

DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P.; ROBINSON, V. **Making sense of secondary science**. Loudon: Routledge, (1ed), 1994.

FAZIO, C.; GUASTELLA, I.; SPERANDEO-MINEO, R.M.; TARANTINO, G. Modelling Mechanical Wave Propagation: Guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 11, p. 1491-1530, 3 set. 2008. <https://doi.org/10.1080/09500690802234017>.

GASPAR A. **Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. Editora Livraria da Física. São Paulo – SP. 2014.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre, 2016.

SEDU (Espírito Santo). **Orientações Curriculares 2022**. Ensino Médio 2º trimestre. Disponível em: <<https://curriculo.sedu.es.gov.br/curriculo/wp-content/uploads/2022/03/FISICA-EM-2%C2%B0-TRIM-2022.pdf>>. Acesso em 25 de outubro. 2022.

SHIPSTONE, D. M. A study of children's of understanding of eletricity in simple D.C. circuits. **European Journal of Science Education**, v. 6, p.185-198, 1984.

SHIPSTONE, D.M. Pupils understanding of simple electrical circuits. **Physics Education**, v.23, p 92-96, 1988.

VYGOTSKY, L. (1987). **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes. 1ª Ed. Brasileira. 135p.