

ONDAS MECÂNICAS: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA VIA MOOC

MECHANICAL WAVES: MEANINGFUL LEARNING FROM MOOC

JOSÉ ANTÔNIO M. SERRÃO¹, EDVAN MOREIRA²

¹Centro Educa Mais Kiola Costa, Secretaria de Estado do Maranhão, Estrada Real, São Bento, MA, CEP: 65235-000.

²Departamento de Física, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI, São Luís, MA, CEP: 65055-310.

Resumo

Os resultados referentes a física nos exames do Enem nos últimos anos têm revelado as dificuldades dos estudantes no processo de aprendizagem de física. Neste estudo destacamos como a aprendizagem significativa através do ensino de ondas mecânicas, em uma proposta de série didática utilizando videoaula e e-book via Curso Online Aberto e Massivo (MOOC), contribui segundo a teoria de David Ausubel. Para tanto, foi necessário descrever os conceitos, as características e fenômenos das ondas mecânicas, apresentar os principais pontos da teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, expor e avaliar as contribuições deste modelo teórico para o ensino e aprendizagem de ondas mecânicas. Realizou-se, então, uma pesquisa empírica em sala de aula, onde se produziu e analisamos os dados a partir da teoria da aprendizagem significativa. Diante disso, verificou-se que houve uma predisposição dos alunos em relacionar-se com os novos conhecimentos. O material de fato mostra-se um potencial facilitador de aprendizagem e os resultados decorrentes das atividades e pós-teste foram satisfatórios, o que impõe a constatação de que se levarmos em conta o conhecimento prévio do aluno e utilizarmos certas estratégias e certos instrumentos facilitadores de aprendizagem, além de trabalhar a motivação do aluno para que ele tenha disposição em se relacionar e dá significado aquilo que aprende, com certeza haverá aprendizagem de física. .

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

Abstract

The results referring to physics in Enem exams in recent years have revealed the difficulties of students in the process of learning physics. In this study, we highlight how significant learning through the teaching of mechanical waves: a proposed didactic series using video lessons and e-books via Massive Open Online Course (MOOC), contributes according to David Ausubel's theory. Therefore, it was necessary to describe the concepts, characteristics and phenomena of mechanical waves, present the main points of David Ausubel's theory of meaningful learning, expose and evaluate the contributions of this theoretical model to the teaching and learning of mechanical waves. An empirical classroom research was then conducted, where data was produced and analyzed from the theory of meaningful learning. In view of this, it was found that there was a predisposition of the students to relate to the new knowledge. In fact, the material proved to be a potential facilitator of learning and the results from the activities and post-test were satisfactory, which imposes the statement that if we take into account the student's prior knowledge and use certain strategies and certain instruments to facilitate learning, in addition to working on the student's motivation so that he/she is willing to relate and give meaning to what he/she learns, there will certainly be learning in physics..

Keywords: *Teaching Physics. Virtual Learning Environment. Meaningful Learning. Mechanical Waves.*

I. INTRODUÇÃO

No trabalho intitulado Dificuldades na aprendizagem de física sob a ótica dos resultados do Enem Barroso, Rubini e Silva (2018) apresentam resultados de doze questões referentes à física dos exames do Enem dos anos 2009 a 2014. A conclusão que eles chegaram, foi que:

O resultado obtido revela que, apesar de todo o esforço desenvolvido na área de pesquisa em ensino de física desde os anos 1980, houve pouco impacto dos resultados no processo de aprendizagem. Mesmo com o conhecimento de que há dificuldades em modificar concepções presentes na estrutura cognitiva do aluno, os resultados são ainda muito impactantes e desanimadores (BARROSO; RUBINI; SILVA, 2018, p.22).

O resultado evidencia a existência ou permanência de concepções não-científicas nos alunos. A pergunta que fazemos diante de um cenário tão desanimador é como melhorar o ensino e aprendizagem de física, de modo que possamos mudar essa realidade?

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) expressam que a motivação do aluno é um fator essencial, pois dá significado àquilo que ele aprende, de maneira que ele consiga relacionar aquilo que está sendo ensinado com sua experiência cotidiana (BRASIL, 1998).

Endossando o que os PCNs expressam, Bonadiman e Nonenmacher (2007, v. 2, p. 194-223) afirmam que: O aprender, em Física, está associado a muitas variáveis, mas uma é

fundamental: o gostar, e o gostar tem muito a ver com a forma como a Física é ensinada e, particularmente, com as ênfases veiculadas no fazer pedagógico do professor.

Também Ausubel apud Moreira (1999, p.163) há muito tempo já defendia que: ... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo...

Diante dessa perspectiva e mediante o grande desafio de melhorar o ensino e aprendizagem de física, observa-se a necessidade de se avaliar a aprendizagem significativa. Neste sentido, através do ensino de ondas mecânicas propomos uma série didática utilizando videoaulas e e-book via MOOC Curso Online Aberto e Massivo (Massive Open Online Course MOOC).

Assim sendo, questiona-se: como a teoria da aprendizagem significativa ajuda no ensino e aprendizagem de física?

Por isso, o objetivo geral do presente estudo consiste em analisar as contribuições da teoria da aprendizagem significativa para o processo de ensino e de aprendizagem de ondas mecânicas a partir do uso de videoaulas e e-book via MOOC.

Para tal, foram traçados alguns objetivos mais específicos: discutir o conceito e a contribuição da utilização do ambiente virtual de aprendizagem (AVA) na educação; descrever os conceitos, as características e fenômenos das ondas mecânicas; enunciar os principais pontos da teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel; relatar as contribuições deste modelo teórico para o ensino e aprendizagem de ondas mecânicas.

II. AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

O ano de 2020 foi desafiador para a Educação. A consequência da pandemia do novo coronavírus levou ao fechamento das escolas e a migração em massa para o ambiente online. Professores e alunos tiveram que se reinventar e adaptar-se a um novo ambiente de ensino e aprendizagem que até então não lhes era tão comum.

Nesta seção abordaremos sobre o Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), que é uma ferramenta que possibilita a otimização do ensino-aprendizagem, a comunicação entre discentes e docentes, de controle e manutenção de curso, de edição de material, além de oportunizar maior exercício de autonomia e desenvolvimento de novas habilidades.

Para Schlemmer (2005), o conceito de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) diz respeito a softwares educativos que permitem promover a mediação através de computadores, desenvolvendo as atividades em tempos e espaços diferentes. Segundo a autora, os AVAs oportunizam a intensificação da comunicação e a aprendizagem.

O Ministério da Educação (BRASIL, 2007) ressalta que AVAs são:

[...] programas que permitem o armazenamento, a administração e a disponibilização de conteúdos no formato Web. Dentre esses, destacam-se: aulas virtuais, objetos de aprendizagem, simuladores, fóruns, salas de bate-papo, conexões a materiais externos, atividades interativas, tarefas virtuais (web-quest), modeladores, animações, textos colaborativos (wiki). (BRASIL, 2007, p.11).

O processo de ensino e aprendizagem que sempre ocorria em um lugar físico, com a chegada das novas tecnologias esses espaços foram ampliados para além da sala de aula. A chegada dos AVAs possibilitou uma maior aquisição de conhecimento e estenderam-se os espaços de aprendizagem. Gadotti (2003, p. 15) ressalta que O ciberespaço rompeu com a ideia de tempo próprio para a aprendizagem. O espaço da aprendizagem é aqui, em qualquer lugar; o tempo de aprender é hoje e sempre.

Almeida (2003, p.210) endossa esta ideia quando escreve que:

[...] por meio do uso de ambientes virtuais de aprendizado na educação rompe-se assim com a limitação espaço-temporal da aula, o que possibilita a abertura da sala de aula e dos espaços pedagógicos para o mundo, bem como a integração das organizações educacionais com os demais setores da atividade humana que também constituem espaços produtores de conhecimento [...].

O ambiente virtual de aprendizagem é uma alternativa para o professor expor o conteúdo de outra forma que não seja só quadro e pincel. Através do AVA podemos trabalhar diversas metodologias ativas para que o aluno desenvolva sua autonomia e deixe de ser passivo no processo de ensino-aprendizagem e se torne um aluno ativo. Na prática, física representa para o estudante, na maior parte das vezes, uma disciplina muito difícil, em que é preciso decorar fórmulas cuja origem e finalidade são desconhecidas. (VEIT; TEODORO, 2002, p.88). É muito comum ouvir de alunos as palavras citadas pelo autor. Os alunos em sua maioria não gostam da disciplina física por achar difícil, pois, envolve muitas fórmulas e cálculos matemáticos e requer muita interpretação textual.

Na concepção de Morán (2015) professores precisam dar menos aulas e usar AVAs para que os alunos leiam antes materiais básicos e realizem atividades mais ricas em salas de aulas sob sua supervisão. Desse modo, o conceito de sala de aula é ampliado e a lógica tradicional é invertida, pois, em vez do professor ensinar antes em sala de aula e o aluno tentar aplicar em casa o que aprendeu, o processo é contrário. Primeiro, o aluno tem o contato com os materiais de aprendizagem (vídeos, e-book, podcast, atividades baseadas em jogos) e depois em sala de aula ele desenvolve os conhecimentos que ainda necessita junto aos colegas e professores.

Um dos modelos mais interessantes de ensinar hoje é o de concentrar no ambiente virtual o que é informação básica e deixar para a sala de aula as atividades mais criativas e supervisionadas. É o que se chama de aula invertida. A combinação de aprendizagem por desafios, problemas reais, jogos, com a aula invertida é muito importante para que os alunos aprendam fazendo, aprendam juntos e aprendam, também, no seu próprio ritmo. Os jogos e as aulas roteirizadas com a linguagem de jogos cada vez estão mais presentes no cotidiano escolar. Para gerações acostumadas a jogar, a de desafios, recompensas, de competição e cooperação é atraente e fácil de perceber. (MORÁN, 2015, p.22, 23).

Hoje, o MOOC é uma excelente oportunidade para aqueles que buscam complementar um assunto abordado em sala de aula ou até mesmo para preencher lacunas de conhecimento defasado em determinada área de conhecimento do seu interesse. Milhares de estudantes em todo mundo desenvolvem uma variedade de habilidades e experiências educacionais de qualidade através dos MOOCs.

Apesar de algumas limitações dos MOOCs, vários são os benefícios da utilização dos recursos didáticos tecnológicos da mídia digital massiva e aberta (MOOC) no ensino e aprendizagem. Dentre os benefícios podemos destacar: o fato de serem livres e promovedores de abertura educacional e inclusão social, além de oferecerem aos estudantes a oportunidade de impulsionar seus conhecimentos que não são ensinados em sala de aula. Por meio dos MOOCs os estudantes podem explorar tópicos de física que são de seu interesse e que venham lhe auxiliar na sua vida acadêmica futura. .

III. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo (MAN-SINI e MOREIRA, 1982). Por outras palavras, o processo ocorre de forma não arbitrária e não literal, em virtude da interação do conhecimento novo com o preexistente na estrutura cognitiva do indivíduo. A capacidade de relacionar de forma não arbitrária e não literal com a estrutura cognitiva, certamente possibilita a diferenciação de conceitos semelhantes aprendidos anteriormente sem o risco de interferência. Enfim, a interação e ancoramento das novas informações com informações já existentes, enriquecem a organização, elaboração e aquisição de conhecimentos na estrutura cognitiva do indivíduo.

A teoria da aprendizagem significativa pressupõe a existência previa de conceitos subsunçores. Os subsunçores dizem respeito àquilo que o estudante já sabe sobre determinado assunto e que é relevante para a obtenção de novos conhecimentos. Além disso, Ausubel os considera ser o fator isolado mais importante que influencia na aprendizagem significativa. Caso os subsunçores não existam na estrutura cognitiva do estudante, Ausubel propõe uma estratégia com o uso de organizadores prévios, para que sirvam de ancoradouros para o novo conhecimento e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente.

Os organizadores prévios são uma espécie de atividades introdutórias ao material a ser aprendido, que pode ser a leitura de um texto, assistir um vídeo, um filme, um diálogo, uma tertúlia literária, dialógica ou a demonstração de simulação computacional. Em síntese, a escolha desses materiais depende muito da natureza do material a ser aprendido, a idade do aprendiz e do grau de familiaridade que ele tem com o assunto a ser aprendido (MOREIRA, 2006).

Outro aspecto necessário e relevante para que ocorra a aprendizagem significativa é que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo e relacionável de forma não arbitrária e não literal a um conjunto correspondente na estrutura cognitiva do estudante. Desse modo, implica que tal material tenha significado lógico e que o aprendiz tenha em

sua estrutura cognitiva, conceitos subsunçores relevantes e relacionáveis com ele.

Não só o material deve ser potencialmente significativo, mas também, a aprendizagem significativa requer dos aprendizes uma disposição para relacionarem de forma substantiva e não arbitrária ao novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura hierárquica de conceitos (AUSUBEL, 2003). Estes dois aspectos relevantes precisam ser satisfeitos para que a aprendizagem seja significativa. Caso o material não seja potencialmente significativo ou o aprendiz não manifeste disposição para aprender, como consequência não somente o processo, mas o resultado da aprendizagem deve ser memorizado ou sem sentido.

Segundo Ausubel:

A transferência, na aprendizagem escolar, consiste essencialmente em modelar a estrutura cognitiva do aprendiz, através da manipulação do conteúdo e da disposição das experiências de aprendizagem antecedentes numa determinada área de matérias, de forma a que as aprendizagens e retenções subsequentes sejam facilitadas ao máximo. (AUSUBEL, 2003, p. 163).

Conforme o autor argumenta, a estrutura cognitiva do estudante é o principal elemento a ser analisado no processo da aprendizagem. Haja vista que, a essência do método da aprendizagem significativa consiste na relação e integração de novas ideias a algum aspecto relevante da estrutura cognitiva. Por isso a necessidade da manipulação intencional dos conceitos relevantes nela existente para a facilitação pedagógica da transferência.

Essa manipulação pode ser alcançada de duas maneiras: substantivamente, ou seja, através da organização conceitual de matérias de determinada disciplina de maneira a identificar os conceitos mais gerais e inclusivos, com capacidade de generalização e relacionamento com conceitos menos inclusivos dessa disciplina. Programaticamente, isto é, através de planos elaborados de forma organizacional e ordenação sequencial lógica da matéria de ensino.

Em síntese, Moreira (2006) conclui que a tarefa do docente na facilitação da aprendizagem significativa, consiste basicamente em quatro atividades, a saber: 1) Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino. 2) Identificar quais os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente esse conteúdo. 3) Diagnosticar os subsunçores relevantes do conteúdo que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. 4) Ensinar através de recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de maneira significativa.

IV. ESTUDO DE ONDAS MECÂNICAS

Em nosso cotidiano é possível, termos diversas experiências com fenômenos ondulatórios. Por exemplo: sons musicais, transmissões radiofônicas, tremores sísmicos, perturbações em cordas ou mar, efeito Doppler, sonar etc. Estudar esses fenômenos requer a compreensão do conceito de ondas. As ondas estão presentes em muitos contextos em diversas áreas da física.

Nussenzveig (2002, p. 98), diz que: num sentido bastante amplo, uma onda é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida. De modo geral, temos uma onda quando ocorre a transmissão de sinal entre dois pontos distantes entre si, sem que haja transporte direto de matéria de um ponto ao outro.

Desse modo, uma corda esticada com uma das extremidades fixa e uma pessoa sacudindo na outra extremidade para cima e para baixo produzirá vários pulsos que irão propagar-se como uma onda transportando energia ao longo da corda. No entanto, cada ponto da corda oscila para cima e para baixo sem acompanhar a propagação dos pulsos. (Ilustração na Fig.1).

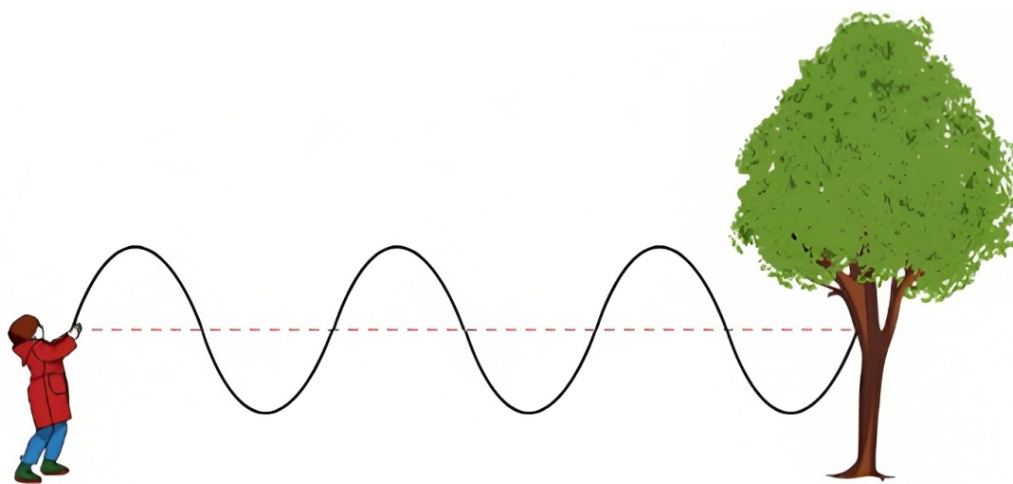


Figura 1: Ondas em cordas. Fonte:Esta imagem foi reproduzida de <<https://courses.lumenlearning.com/physics/chapter/16-9-waves/>> Acesso em: 05/07/2022 .

Quanto a sua natureza, podemos classificar as ondas em três importantes tipos: ondas mecânicas; ondas eletromagnéticas e ondas de matéria (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009, pág. 116).

Muito do que iremos abordar nesta seção é aplicável a diversas categorias de ondas. No entanto, nossa abordagem se concentrará apenas a ondas mecânicas. As ondas mecânicas costumam ser classificadas em três categorias: ondas transversais, ondas longitudinais e ondas mistas.

Ondas Transversais são ondas que têm os elementos do meio perturbado oscilando perpendicularmente à direção de propagação da onda.

Ondas Longitudinais são ondas que têm os elementos do meio perturbado oscilando paralelamente ao longo da direção de propagação da onda.

Ondas mecânicas que apresentam comportamentos ondulatórios dos dois tipos apresentados acima são chamadas de ondas mistas. Como exemplo, temos as ondas de terremotos e as ondas na superfície de água.

Uma onda mecânica é dita periódica e transversal quando cada elemento do meio perturbado executa um movimento repetitivo de forma padronizado em intervalos de tempo iguais e sucessivos à medida que a onda se propaga. Uma onda periódica produzida por um movimento harmônico simples (MHS) é chamada de onda senoidal.

A Fig. 2a ilustra o comportamento de uma onda se movendo através de um meio material, obtido via simulação de uma onda em uma corda no software Phet Colorado (https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html). Um oscilador preso a uma das extremidades da corda executa um movimento harmônico simples (MHS). Esse movimento é transferido a cada elemento da corda, formando assim, uma onda harmônica transversal senoidal que se propaga para a direita ao longo da corda. Na Fig. 2b, exemplifica-se as posições equivalentes de elementos da corda como função do tempo, sejam as esferas em azul ou em preto. Um oscilador preso a uma das extremidades da corda executa um movimento harmônico simples (MHS). Esse movimento é transferido a cada elemento da corda, formando assim, uma onda harmônica transversal senoidal que se propaga para a direita ao longo da corda. Na Fig. 2b, exemplifica-se as posições equivalentes de elementos da corda como função do tempo, sejam as esferas em azul ou em preto.

O deslocamento máximo dos elementos da corda em relação a sua posição de equilíbrio é chamado de amplitude (A) da onda. O ponto mais alto da amplitude é chamado crista e o ponto mais baixo é o vale. A distância entre duas cristas seguidas ou dois vales consecutivos, ou mesmo entre repetições da forma de onda é chamado de comprimento de onda (λ), conforme representado na Fig. 2a.

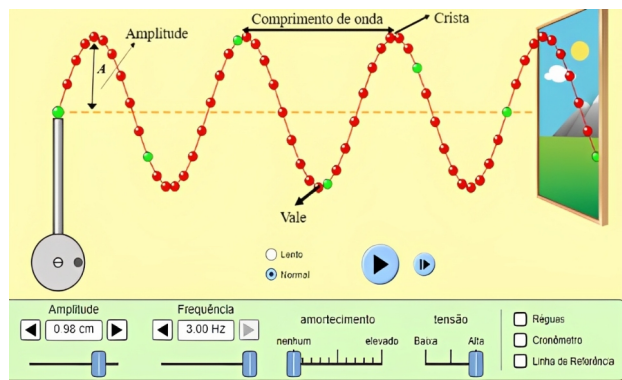
O período da onda é o mesmo da oscilação periódica harmônica de um elemento da corda. O período é o tempo que um elemento da corda leva para realizar uma oscilação completa, conforme mostra a Fig. 2b. A frequência é o número de oscilações que um elemento da corda realiza por unidade de tempo. A frequência de uma onda senoidal é relacionada com o período (equação 1):

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

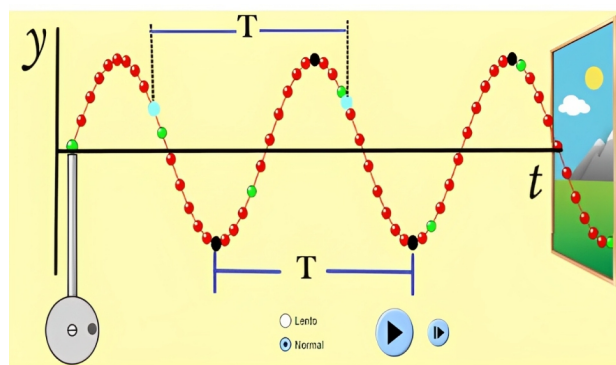
A velocidade com que a onda periódica se desloca ao percorrer uma distância λ no intervalo de um período T , é constante e dada por $v = \frac{\lambda}{T}$, ou, como $f = \frac{1}{T}$, pela equação (1) temos que:

$$v = \lambda \cdot f \quad (2)$$

A velocidade é uma grandeza inerente a onda periódica em sua totalidade, visto que todos os elementos da corda oscilam com a mesma frequência.



(a) Onda Senoidal.



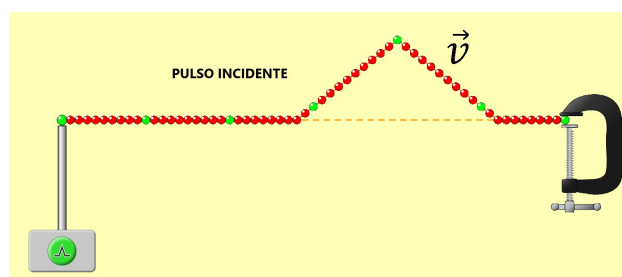
(b) Posição em função do tempo

Figura 2: Fonte: Estas imagens foram adaptadas de <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html>. Acesso em 07/07/2022.

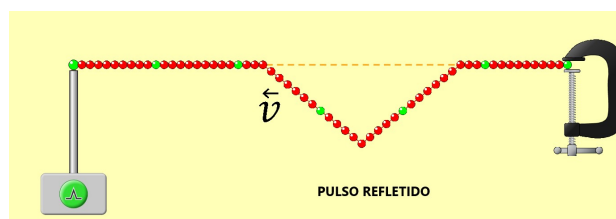
Outro aspecto relevante no estudo das ondas mecânicas são os fenômenos ondulatórios. Dentre eles podemos destacar:

A reflexão de ondas

Reflexão de ondas é a alteração do sentido de propagação da onda quando, em determinada velocidade, há incidência dessa onda em outro meio de propriedades mais resistentes. A onda refletida é a onda que volta pelo mesmo meio de propagação da onda incidente. Vamos considerar duas situações para análise da reflexão de um pulso em uma corda. A primeira situação é quando se têm uma das extremidades da corda fixa, a outra situação é quando uma de suas extremidades está livre. A Fig. 3a mostra um pulso se movendo em uma corda que tem a extremidade fixa por um suporte de pressão. Ao incidir sobre o suporte o pulso sofre uma brutal mudança de meio de propagação. Isso faz com que ele sofra uma reflexão, ou seja, o pulso volta invertido em relação ao pulso incidente, como mostra a Fig. 3b.



(a) Pulso em uma corda.

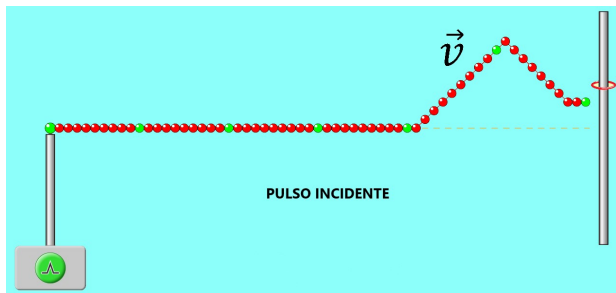


(b) Pulso em uma corda.

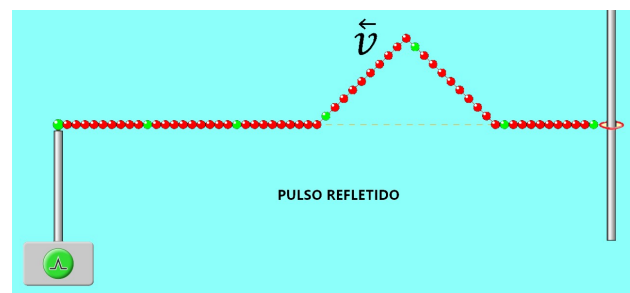
Figura 3: Fonte: Estas imagens foram adaptadas de <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html>. Acesso 11/12/2022.

A reflexão numa extremidade fixa produz uma defasagem de 180° . A dedução física para tal resultado é que quando o pulso atinge a extremidade fixa da corda, ela produz uma força para cima no suporte. No que lhe concerne, o suporte reage conforme a terceira lei de Newton e exerce uma força de módulo igual no sentido para baixo, a qual gera o pulso refletido.

A Fig. 4a, mostra um pulso incidente se movendo em uma corda com extremidade conectada a um anel que se move livremente sem atrito em um suporte na vertical. Assim que o pulso alcança o anel, ele exerce uma força sobre o anel, fazendo com que o anel seja impulsionado para cima até que toda sua energia cinética seja transformada em energia potencial elástica. Quando a força de tensão que atua verticalmente para baixo puxa o anel, é produzido um pulso refletido sem inversão de fase que se desloca no sentido contrário do pulso incidente (SERWAY; JEWETT JR, 2014).



(a) Pulso em uma corda.



(b) Pulso em uma corda.

Figura 4: Fonte: Estas imagens foram adaptadas de <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html>. Acesso 11/12/2022.

Veja a animação clicando no link: <https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html>

Refração de ondas

O fenômeno da refração de ondas é observado justamente quando há mudança na velocidade de propagação da onda quando ela passa de um meio para outro de características diferentes. Por exemplo, considere ondas que se propagam na superfície de águas profundas e que passam a se propagar em superfícies de água de menor profundidade, conforme mostra na Fig. 5.

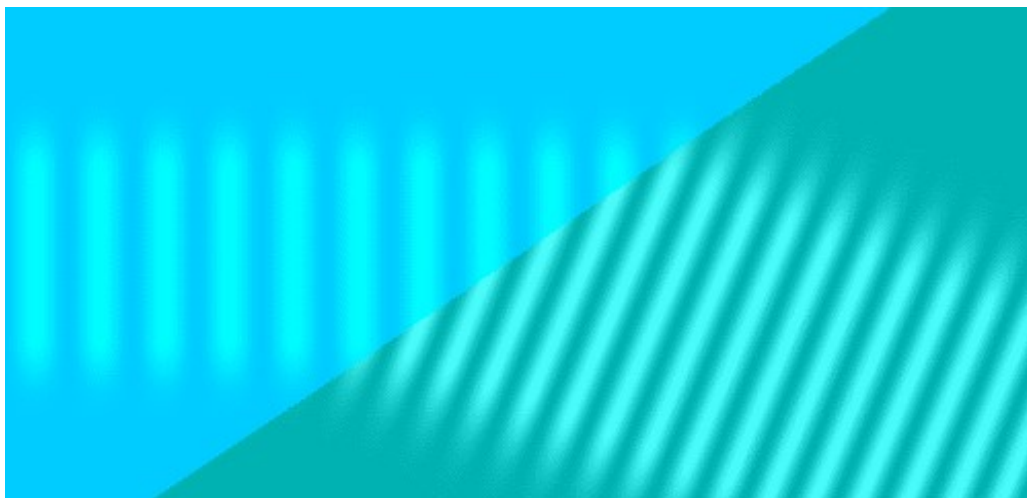


Figura 5: Fonte: Refração de ondas na água. Reproduzida de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Refraction_animation.gif> Acesso 11/12/2022.

Quando a onda passa da região de maior profundidade para a região de menor profundidade, o módulo de sua velocidade de propagação diminui. A mudança na velocidade faz com que a onda mude a direção de propagação. A frequência da onda permanece a mesma, pelo fato dela ser uma propriedade da fonte emissora e não depender do meio. Assim sendo, o comprimento de onda tem uma relação proporcional direta com a velocidade, como o módulo da velocidade de propagação diminui, o comprimento de onda também diminui. A refração é frequentemente observada com as ondas do mar em uma praia. A velocidade de uma onda é constantemente reduzida, à medida que ela se aproxima da praia, pois a onda move-se para regiões em que a água fica gradualmente mais rasa. Quando se aproximam da praia, as frentes de onda ficam quase paralelas à linha do litoral. (RAMALHO; FERRARO; SOARES, 2007).

Polarização de ondas

É o fenômeno no qual uma onda transversal, vibrando em várias direções, tem uma de suas direções de vibração selecionada, enquanto as vibrações nas demais direções são impedidas de passar por um dispositivo, denominado polarizador. A polarização é um fenômeno particular das ondas transversais. Na Fig.6, é demonstrada a polarização de ondas em uma corda. Como se pode observar, no lado esquerdo temos uma onda não polarizada. Nela os elementos que constituem a corda, percorrem trajetórias circulares em planos perpendiculares à direção de propagação da onda. Todavia ao passar pelo polarizador os movimentos desses elementos são restringidos ao mesmo plano da direção da propagação da onda, convertendo-a em uma onda polarizada. (RAMALHO; FERRARO; SOARES, 2007).



Figura 6: Polarização de uma onda em corda. Fonte: Autoria Própria (2022)

Interferência de ondas

O princípio de superposição de ondas ocorre quando duas ou mais ondas ocupam um determinado espaço ao mesmo tempo, os deslocamentos causados por cada uma delas se adicionam em cada ponto. Essa superposição denomina-se interferência, que se refere ao que acontece quando duas ou mais ondas passam pela mesma região ao mesmo tempo. A Fig.7a mostra a superposição de dois pulsos de amplitudes diferentes a_1 e a_2 . Os pulsos estão em concordância de fase e se propagam com mesma velocidade pela corda, porém, em sentidos opostos. Quando os dois pulsos se superpõem, o deslocamento resultante em qualquer elemento da corda em qualquer instante é obtido somando-se os deslocamentos individuais que cada elemento deveria ter caso o outro deslocamento não existisse. É claro

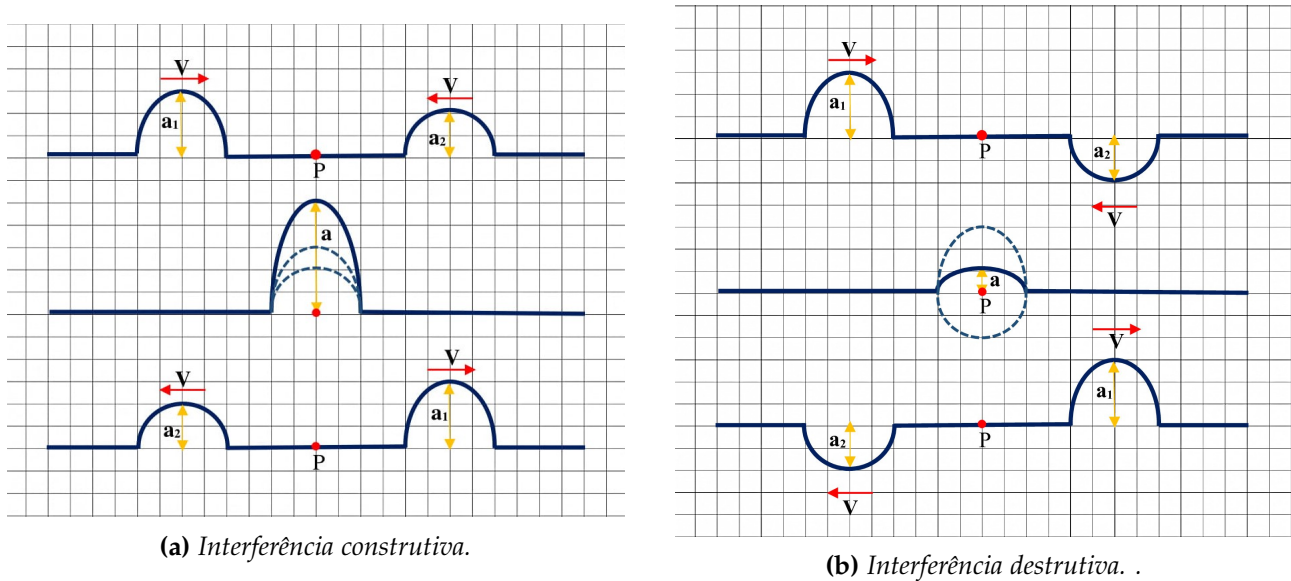


Figura 7: Fonte: Autoria Própria (2022)

que a amplitude resultante é uma amplitude igual à soma das amplitudes individuais dos pulsos ($a = a_1 + a_2$). Esta superposição é um exemplo de interferência construtiva.

Na Fig.7b, temos o caso de dois pulsos (com as mesmas características dos anteriores) propagando-se com mesma velocidade ao longo da corda, mas agora em oposição de fase. Quando os dois pulsos se superpõem, o deslocamento resultante em qualquer elemento da corda em qualquer instante é obtido subtraindo-se os deslocamentos individuais que cada elemento deveria ter caso o outro deslocamento não existisse. É claro que a amplitude resultante é uma amplitude igual à diferença das amplitudes individuais dos pulsos ($a = a_1 - a_2$). Esta superposição é um exemplo de interferência destrutiva. (YOUNG e FREEDMAN, 2016).

Difração das ondas

Este é um fenômeno bem característico da ondulatória. Sua explicação é encontrada no princípio de Huygens. No entanto, não entraremos aqui em detalhes de como esse princípio explica o fenômeno da difração.

A difração pode ser visualizada em uma cuba de ondas, ao produzir vibrações que criam ondas planas em um de seus lados. Obstruindo a passagem dessas ondas para o outro lado da cuba com duas lâminas separadas por uma pequena abertura entre elas, pelo princípio de Huygens, os pontos da frente de onda que chega às lâminas e à abertura se comportam como fontes de ondas secundárias. As ondas secundárias originadas nos pontos da frente de onda que se encontram frente às lâminas são refletidas pelas lâminas. As ondas secundárias originadas nos pontos da frente de onda que se encontram frente à abertura passam por ela e, determinam a forma da frente de onda na região além da abertura, conforme ilustra a Fig. 8 (RAMALHO; FERRARO; SOARES, 2007).

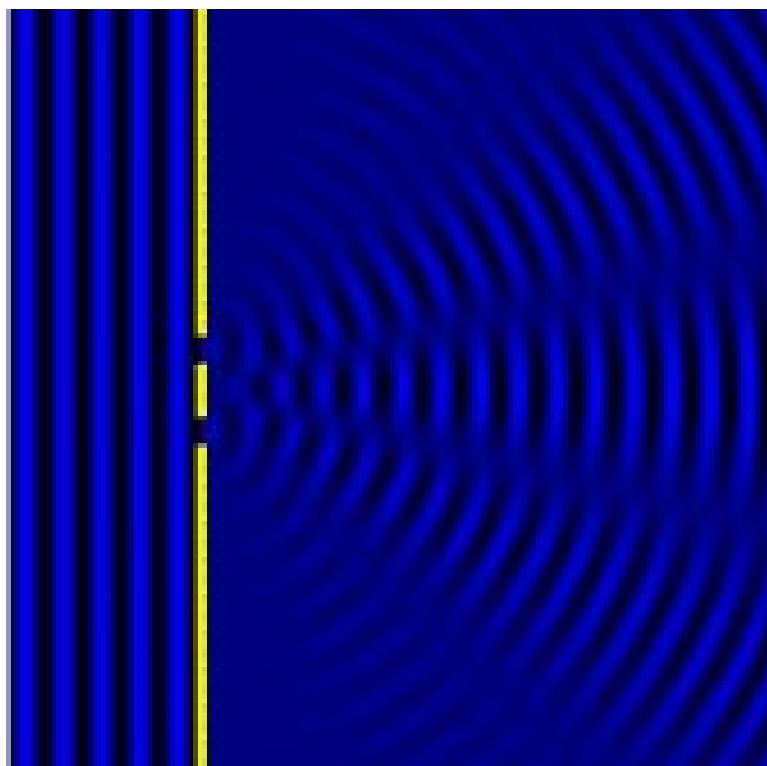


Figura 8: Ilustração do fenômeno da difração. Fonte: Esta imagem foi reproduzida de <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17003343>.> Acesso 11/12/2022

Ondas sonoras

Uma das ondas mecânicas muito presente em nosso cotidiano são as ondas sonoras. Elas são fundamentais em nossa comunicação verbal, nos possibilita a ouvir belas músicas e até mesmo a descobrir o sexo de um bebê e acompanhar todo o seu desenvolvimento antes mesmo de seu nascimento através de aparelhos de ultrassom. De maneira geral podemos dizer que o som é produzido quando um determinado objeto está vibrando provocando deformações em um meio elástico. A propagação do som ocorre através de zonas de compressões e rarefações provocadas pelo deslocamento das vibrações no meio elástico.

O sistema auditivo de uma pessoa normal é sensibilizado por ondas sonoras de frequências entre, aproximadamente, 20Hz e 20.000Hz. As ondas sonoras nesta faixa audível costumam ser denominadas de sons. Esses limites são condicionais, pois, depende dentre outros fatores, da idade da pessoa.

Velocidade do som

Quando ocorre uma tempestade com trovoadas e relâmpagos é notório que existe uma diferença de tempo na percepção de um relâmpago e um trovão, embora eles tenham sido produzidos no mesmo instante. Já se perguntou por que isso ocorre? O que acontece é que a velocidade da luz (3×10^8 m/s) é muito maior que a do som (340m/s), portanto, essa diferença de tempo entre a percepção do relâmpago e a do trovão representa o tempo gasto pela onda sonora para chegar até você. Como ocorre com qualquer onda mecânica, a velocidade de uma onda sonora depende das características do meio onde ela se encontra. Portanto, quando a onda sonora muda de meio ela muda também de velocidade.

Todas as propriedades que já abordamos anteriormente para as ondas em geral são

também válidas para as ondas sonoras. Portanto, as ondas sonoras sofrem reflexão e em decorrência da reflexão elas produzem outros fenômenos como: eco e reverberação. A refração, a difração e a interferência também são fenômenos observados com as ondas sonoras.

V. METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma pesquisa realizada em sala de aula, onde produziu-se e analisou-se resultados de aprendizagem após aplicação de uma série didática construída com referência na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel. Este relato de experiência em sala de aula aconteceu no ano de 2020, no mês de dezembro em meio a pandemia do coronavírus, em uma escola da rede pública com 30 alunos integrantes de duas turmas da 2ª série do ensino médio do Centro Educa Mais Kiola Costa na cidade de São Bento-MA. A série didática foi estruturada em 6h/aula e organizada de modo a considerar duas premissas da teoria da aprendizagem significativa: o conhecimento prévio do aluno; diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Além de outras variáveis importantes na facilitação da aprendizagem significativa como: a organização sequencial de conteúdo, a consolidação, o uso de organizadores prévios e a linguagem.

Para a averiguação de conhecimentos prévios dos alunos sobre ondas mecânicas foi realizado um pré-teste de 15 questões. Conforme, Moreira (2006) a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora que são processos da dinâmica da estrutura cognitiva podem também ser tomadas como princípios programáticos do conteúdo da matéria de ensino. Isso significa que o conteúdo a ser trabalhado com os alunos deve, inicialmente, ser mapeado conceitualmente de modo a identificar as ideias mais gerais, mais inclusivas, os conceitos estruturantes, as proposições-chave do que vai ser ensinado. Essa investigação permitirá identificar o que é importante e o que é secundário, supérfluo, no conteúdo a ser ensinado. Com base nessa análise, a organização sequencial dos conteúdos começa com os aspectos mais gerais, mais inclusivos, mais organizadores, de ondas mecânicas e, então, progressivamente diferenciando-se.

A consolidação tem a ver com o domínio de conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos. Na sequência didática foi implementado o uso de situações-problemas e retomada de assuntos vistos em aulas anteriores antes da introdução de novos conteúdos. Para o uso de organizadores prévios foi trabalhado um texto O poder destruidor do tsunami como atividade introdutória da sequência didática.

Dentro da série didática foram utilizadas videoaulas de duração entre 3 e 4 minutos sobre ondas mecânicas e um e-book sobre ondas mecânicas composto de quatro unidades: (unidade 1: ondas; unidade 2: propriedades físicas das ondas; unidade 3: fenômenos ondulatórios e; unidade 4: ondas sonoras), produzido para criação de um curso livre sobre ondas mecânicas disponibilizado no site da plataforma skadauema.com.

Para coleta e análise de dados desta pesquisa foi utilizada atividade de pré-teste, quiz, atividades gamificadas, planilhas interativas e uma atividade de pós-teste.

VI. SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS

Apresentamos de forma resumida o desenvolvimento de cada uma das seis aulas que compõe a série didática que foi utilizada na intervenção pedagógica:

VI.1. Descrição da primeira aula.

Na primeira aula, houve inicialmente uma conversa com os alunos sobre todo o processo a ser realizado. Em seguida foi aplicado um pré-teste com quinze questões de múltipla escolha relacionadas às Ondas Mecânicas, com finalidade de identificar os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conteúdos que seriam abordados nas aulas seguintes. Após a realização do pré-teste foi realizada a leitura de um texto O poder destruidor do tsunami como atividade introdutória ao material que seria aprendido, para que as informações comunicadas no texto servissem de ancoradouros para o novo conhecimento e levassem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitassem a aprendizagem subsequente (MOREIRA, 1995). Logo após a leitura do texto foi realizado um diálogo com os alunos e entre eles, de forma a promover o surgimento de dúvidas, problemas e questões relacionados ao texto, tais como: o que provocou esse terremoto? Como terremotos geram tsunamis? você consegue imaginar a quantidade de energia liberada por esse abalo sísmico? o texto diz que o deslocamento da onda atingiu valores de pico de até 15 m. Você tem ideia da altura dessa onda? Outra grandeza física que o texto mencionou foi sobre a velocidade da onda. Quanto foi mesmo a velocidade da onda? O texto ressalta que apesar do desnível nas regiões costeiras, pessoas que estavam em embarcações relativamente próximos ao epicentro do terremoto disseram que não perceberam a passagem da onda. Como foi possível não perceberem a passagem de algo tão destruidor?

Como avaliação da atividade do texto os alunos responderam um quiz elaborado através de uma ferramenta tecnológica PlickersCards como atividade de memorização e averiguação da compreensão do texto.

VI.2. Descrição da segunda aula.

Na segunda aula da série didática, iniciou-se com a apresentação do tema da aula, Ondas e suas Classificações, e dos objetivos da aula. Em seguida foram apresentadas aos alunos duas questões de abertura do tema: qual é o conceito físico de uma onda? Já parou para pensar o quanto as ondas estão presentes no nosso dia a dia? Essas perguntas convidaram os alunos a trazerem para sala de aula aquilo que eles já pensavam ou sabiam sobre o assunto. O objetivo das perguntas foi problematizar o assunto, relacionando as concepções prévias dos alunos com os conceitos e o conteúdo a ser desenvolvido.

Após as participações dos alunos dando suas opiniões, foram apresentadas a eles algumas imagens de exemplos de ondas, destacando suas características e enfatizando o que todas elas tinham em comum. Com esse entendimento e usando as respostas dos alunos, chegamos juntos ao conceito de onda. Com o entendimento do conceito de onda, foi apresentado aos alunos as suas classificações quanto a sua natureza, quanto aos modos de vibração e propagação e quanto a sua dimensionalidade. Pois, segundo Ausubel (2003) o

ensino deve começar com os aspectos mais gerais, mais inclusivos, mais organizadores, do conteúdo e, então progressivamente diferenciá-los.

Como conclusão, foi feito um resumo da aula através de um mapa mental criado com a ferramenta mindmeister, disponível em: <<https://www.mindmeister.com/folders>>. Em seguida foi passado aos alunos como atividade de casa para consolidação do conteúdo: a leitura da unidade I do e-book ondas mecânicas; assistir a videoaula sobre ondas e suas classificações, realizar uma atividade gamificada (disponível em: <<https://escapefactory.me/#/play?code=px77nditi4lc78s1>>) e o preenchimento do esqueleto de um mapa mental sobre o assunto.

VI.3. Descrição da terceira aula.

No terceiro encontro iniciamos a aula fazendo uma revisão da aula anterior através de um mapa mental criado no Mindmeister. Este recurso é imprescindível para mostrar como o conhecimento anterior se relaciona com os novos conhecimentos e como se diferenciam deles.

Em seguida, foi apresentado o tema da aula Propriedades físicas das ondas e os seus objetivos. Como desenvolvimento da aula foi feita a leitura, análise e discussão coletiva da Unidade II do e-book ondas mecânicas pelos alunos e professor. Logo após, foi realizando uma atividade em que os alunos tinham que desenhar uma onda periódica em propagação, representando as propriedades físicas: amplitude, crista, vale e comprimento de onda. Concluída essa atividade, trabalhamos as resoluções das atividades propostas no final da unidade II do e-book.

Para concluir, realizou-se um resumo da aula através de um mapa mental criado no mindmester e repassada algumas atividades como consolidação do conteúdo, a serem realizadas em casa, a saber: assistir a videoaula Propriedades físicas das ondas e realizar uma atividade de planilha interativa (disponível em: <<https://www.liveworksheets.com/fy1416327jv>>). Os alunos foram avaliados pela realização das atividades durante a aula e pela realização da atividade de planilha interativa.

VI.4. Descrição da quarta aula.

Na quarta aula, iniciou-se novamente fazendo uma revisão por meio do mapa mental criado no mindmeister sobre o conteúdo aprendido na aula anterior. Na sequência foi apresentado o tema da aula Fenômenos Ondulatórios e os objetivos específicos da aula.

Dando continuidade, a aula foi desenvolvida de forma expositiva, usando simuladores e vídeos que ajudassem os alunos a reconhecer as manifestações dos fenômenos ondulatórios através das características próprias de cada um. Os simuladores utilizados aqui foram o Phet colorado (<https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html>) e o Física na escola (<<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>). Enquanto o professor explicava os alunos tomavam notas.

Como conclusão desta aula, foi feito um resumo no mindmeister do conteúdo abordado e repassado aos alunos algumas atividades para responderem em casa, como: assistir a

videoaula fenômenos ondulatórios; fazer um resumo da unidade três do e-book e responder a um quiz, disponível em: <<https://escapefactory.me/#/play?code=itd9qqe3zauz4c5v>> (Essa plataforma já foi desativada).

VI.5. Descrição da quinta aula.

Na penúltima aula desta série didática sobre ondas mecânicas, seguimos a mesma dinâmica de introdução das aulas anteriores. Revisão do conteúdo aprendido na aula anterior e apresentação do tema da aula (Ondas Sonoras) e dos objetivos específicos da aula. Para o desenvolvimento desta aula, foram apresentadas aos alunos algumas questões: como o som é produzido? Como o som é percebido por nós? Por que conseguimos escutar uma pessoa conversando com outra, mesmo quando elas estão atrás de um muro?

O objetivo dessas questões foi dar início a uma discussão sobre o tema da aula. Os alunos foram convidados a responderem às questões a partir de suas ideias sobre o assunto, sem o compromisso de uma resposta correta. Após a manifestação de alguns alunos, foi estabelecido um diálogo com eles e entre eles, facilitando diferentes pontos de vista e promovendo a discussão.

Considerando as discussões e contribuições dos alunos, apresentou-se de forma expositiva o conteúdo da aula, à proporção que eram expostas às conclusões, as leis e modelos interpretativos sobre o tema.

Para concluir foi feito o resumo da aula e repassado as atividades que os alunos deveriam realizar em casa: assistir a videoaula ondas sonoras para complementar os estudos; fazer a leitura da unidade IV do e-book e jogar um game para exercício de memorização (disponível em: <<https://escapefactory.me/#/play?code=jdrxmyzsj6sn5knq>>).(Essaplataformajáfoidesativada).>

VI.6. Descrição da sexta aula.

No sexto e último encontro foi realizado um pós-teste com os alunos. O mesmo continha as mesmas questões do pré-teste acrescentado de mais cinco questões, totalizando vinte questões. Além do pós-teste, eles responderam a uma pesquisa de satisfação em relação ao uso dos materiais e ferramentas utilizados nas atividades e aulas.

VII. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ausubel (1978 apud Moreira, 2006) relata que a ideia principal, assim como as implicações para o ensino e aprendizagem da sua teoria, consiste em descobrir o que o aprendiz já sabe e ensiná-lo conforme. Ou seja, uma das premissas que mais influencia a aprendizagem significativa é o conhecimento prévio do aprendiz. Portanto, qualquer estratégia de ensino que tenha como objetivo facilitar a aprendizagem significativa, deve antes de tudo investigar e considerar o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz sobre o assunto a ser ensinado e a partir desse conhecimento introduzir novos conceitos.

Com o intuito de averiguar os conhecimentos prévios dos alunos sobre ondas mecânicas, realizou-se um questionário pré-teste com quinze perguntas relacionadas ao assunto. Sendo

a primeira pergunta uma questão direta e discursiva sobre o conceito que eles tinham sobre ondas. O objetivo dessa pergunta foi descobrir se eles tinham conhecimento do conceito de ondas e se conseguiam transferir esse conhecimento.

As demais perguntas foram questões objetivas de múltiplas escolhas, sendo que, dentre as alternativas de respostas (A, B, C, D, E e F), a letra F era uma opção que eles deveriam marcar caso não tivesse conhecimento da resposta correta. A inclusão dessa opção objetivava diminuir o famoso chute, para assim termos um resultado mais fidedigno.

Salienta-se que dos 30 alunos que participaram da aplicação da série didática, todos realizaram o pré-teste e os resultados estão apresentados no gráfico a seguir, Fig. 9.

PORCENTAGEM DO RESULTADO DO PRÉ-TESTE

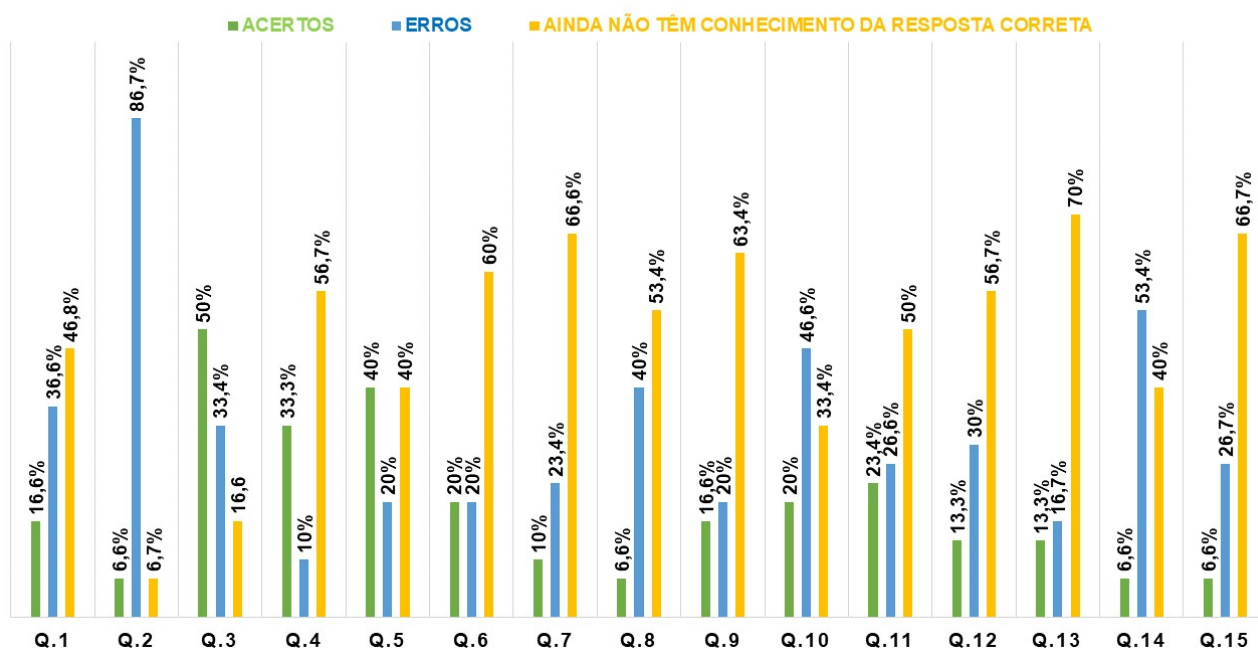


Figura 9: Número total de alunos que acertaram, erraram e que disseram ainda não ter conhecimento da resposta correta em cada uma das quinze questões do pré-teste. Fonte: Autoria Própria (2022).

Para visualizarmos com maior clareza o desempenho geral dos 30 alunos que realizaram o pré-teste, criou-se um gráfico que apresenta a média percentual dos acertos, erros e dos que não têm conhecimento da resposta correta (Fig. 10).

MÉDIA PERCENTUAL DO RESULTADO DO PRÉ-TESTE

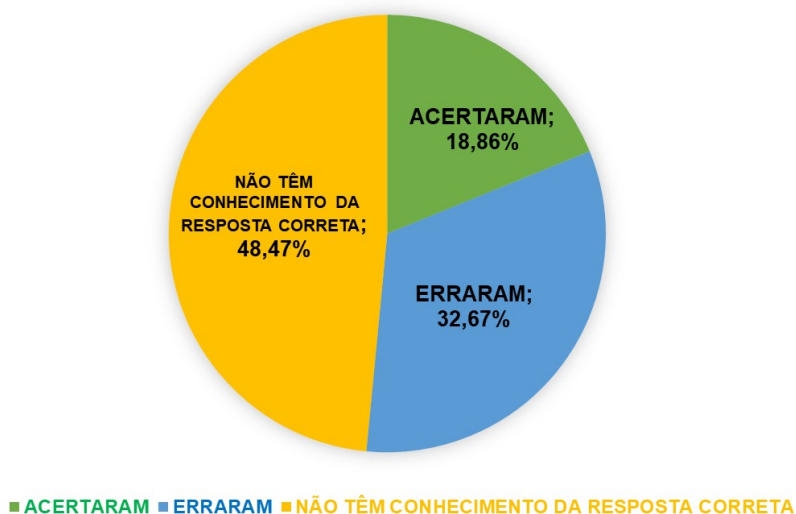


Figura 10: Média percentual do resultado do pré-teste. Fonte: Autoria Própria (2022).

Observa-se na Fig. 10 que a média percentual de acertos é de 18,86%, o que nos leva a concluir que houve um baixo rendimento, ou seja, os alunos ainda não possuem um conhecimento rico e bem elaborado, isto é, com muitos significados claros e estáveis na sua estrutura cognitiva a respeito de ondas mecânicas. No entanto, é possível reconhecer a existência de alguns subsunçores e de algum conhecimento prévio relevante que possibilita dar significado a um novo conhecimento.

Esses subsunçores se manifestam em todas as questões propostas, pois em cada questão existem no mínimo dois acertos. Mas, a maior evidência ocorre nas questões Q.3, Q.4 e Q.5 onde há um número maior de acertos.

Moreira (2006), ao comentar sobre o subsunçor ressalta, que este pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, podendo assim encontrar-se mais diferenciado, ou melhor, mais organizado em termo de significados. Além disso, ele também enfatiza que como o processo é interativo, visto que o subsunçor serve de ancoradouro para novos conhecimentos, ele mesmo vai se modificando adquirindo novos significados, consolidando significados já existentes.

Estes conhecimentos prévios foram identificados a partir da análise do pré-teste e considerados no momento da elaboração e desenvolvimento do plano de aula.

O resultado mostrado na Fig. 10 deixa claro a necessidade da inserção de organizadores prévios, visto que a média dos alunos que responderam erroneamente às questões ou que disseram não ter conhecimento da resposta correta, corresponde a 81,14%, ou seja, a maioria dos alunos ainda não tem conhecimento sobre alguns conceitos de ondas mecânicas.

Organizadores prévios são recursos instrucionais, que podem ser: um enunciado, uma pergunta, um filme, uma situação problema ou uma leitura introdutória, que preceda a apresentação do material de aprendizagem. Organizadores prévios são usados na tentativa de suprir a deficiência de subsunçores ou para mostrar a relação e a discriminação entre os novos conhecimentos e aqueles já existentes (MOREIRA, 1995).

Como organizador prévio, foi usado o recurso instrucional de uma leitura introdutória

sobre o texto: O poder destruidor do tsunami. Como avaliação da leitura e compreensão do texto os alunos responderam um quiz elaborado através de uma ferramenta tecnológica chamada PlickersCards. Esta ferramenta já nos dá o feedback instantâneo através de relatórios, conforme mostra a Fig. 11.

TEXTO: O PODER DESTRUIDOR DO TSUNAMI



Figura 11: Relatório do percentual de acertos por questão. Fonte: Autoria Própria (2022).

O índice de acertos foi de 90%, o que demonstra que os alunos não somente leram o texto, mas compreenderam. Isso certamente os ajudou a suprir a deficiência de subsunçores.

Na aula 2, sobre Ondas e Suas Classificações foi realizada uma atividade gamificada intitulada guerra das ondas na plataforma scape factory, para consolidação da aprendizagem. A atividade é composta de 10 questões, totalizando 130 pontos. Os alunos tinham que movimentar o avatar para pegar os objetos de interatividade. Cada vez que eles pegavam um objeto surgia uma pergunta onde eles tinham a opção de responder diretamente caso soubessem a resposta ou pedir uma dica da resposta. Assim que a questão era respondida eles voltavam para o game. Além disso, eles tinham que derrotar os inimigos e superar alguns obstáculos.

O tempo para concluir essa atividade era de 30 minutos. Ocupava o primeiro lugar o aluno que conseguisse responder em menos tempo, todas as questões e derrotar todos os inimigos, incluindo o inimigo mestre. Além disso, os alunos podiam repetir quantas vezes quisessem, competindo desse modo pela primeira posição. É importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça mais de uma vez, se for o caso, as tarefas de aprendizagem.

O resultado apresentado na Fig.12 mostra evidências de que esta atividade alcançou o seu objetivo, pois todos os alunos a realizaram e a maioria conseguiu pontuação máxima.

Na aula 3 ministrada sobre propriedades físicas das ondas, foi proposta uma atividade de planilha interativa para ser feita em casa. Planilhas interativas são exercícios interativos online com autocorreção. Exercícios de arrastar e soltar, unir com setas, múltipla escolha e

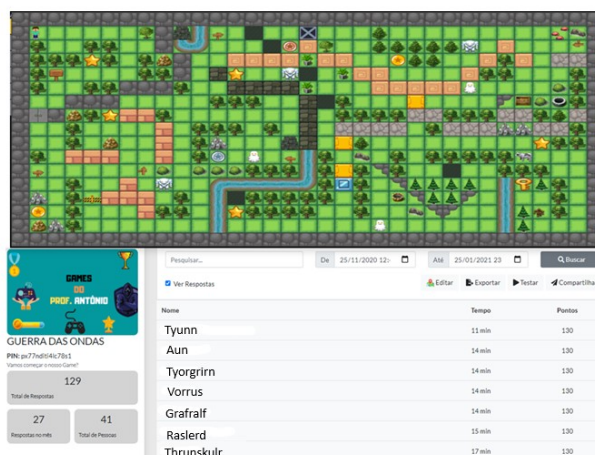


Figura 12: Mapa do jogo guerras das ondas e o relatório do total de pontos feitos por cada aluno. Fonte: Autoria Própria (2022).

até exercícios de fala, que os alunos devem fazer com o microfone. Nesta atividade, estava incluído também a videoaula sobre as propriedades físicas das ondas mecânicas. Os alunos tinham que assisti-la e depois realizar as atividades.

Quando concluídas as atividades, automaticamente aparecia a correção de quantas acertaram. Além disso, as questões que eles erraram ficaram sombreadas em vermelho e os acertos em verde, ou seja, eles podiam refazer antes de enviar ao professor. Na Fig.13 temos a amostra de alguns resultados dessa atividade:

Os resultados desta atividade foram bastante satisfatórios, pois os alunos puderam consolidar e externar as suas compreensões do assunto estudado na aula.

Na aula 4 sobre os fenômenos ondulatórios, foi proposto um quiz como atividade de consolidação e aprofundamento do conteúdo abordado em aula.

A mensagem de abertura era uma narrativa fictícia onde os alunos deviam se sentir heróis e motivados para ação. A missão deles consistia em abrir todos os cadeados, mas para isso eles tinham que acertar as questões que apareciam cada vez que eles clicavam em um cadeado. No total são 7 cadeados que correspondem a 7 perguntas.

Esta atividade gera um relatório online com as respostas dos alunos para o professor. Observe a Fig.14 a seguir:

Conforme ilustra a Fig.14 a maioria dos alunos conseguiu obter a pontuação máxima de 70 pontos, ou seja, acertaram as questões propostas.

Na aula 5 foi realizada uma atividade sobre ondas sonoras também gamificada. Os alunos tinham que movimentar o avatar, pegar as estrelas, medalhas, superar os obstáculos e derrotar o inimigo. Cada vez que pegavam uma estrela ou medalha aparecia uma questão a qual eles tinham que responder. No total foram 6 questões, totalizando 80 pontos. Esta atividade também gera um relatório das respostas dos alunos para o professor. Na Fig.15 temos o relatório desta atividade.

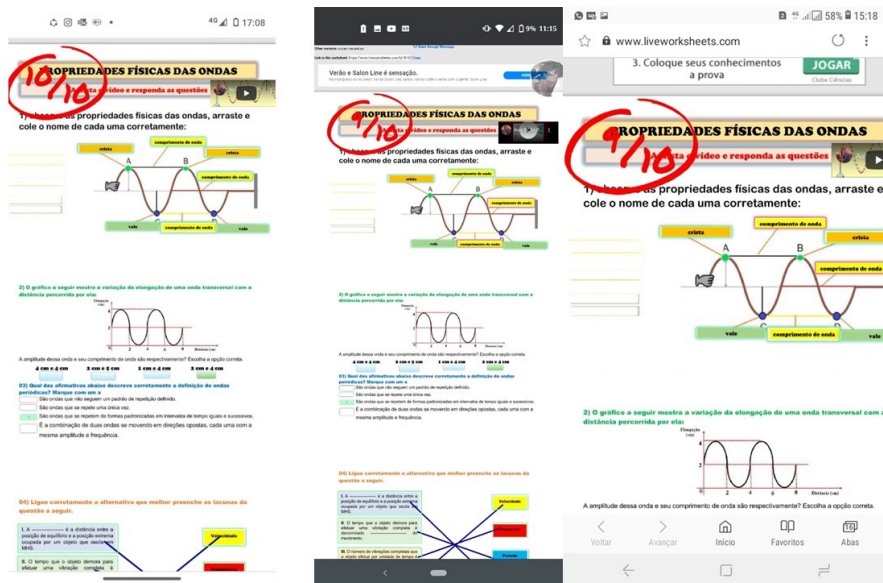


Figura 13: Exemplo de atividade de planilha autocorrigida. Fonte: Autoria Própria (2022).

<input checked="" type="checkbox"/> Ver Respostas <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Exportar"/> <input type="button" value="Testar"/> <input type="button" value="Compartilhar"/> 		
Nome	Tempo	Pontos
Tyunn	1 minuto	70
Tyorgrrin	1 minuto	70
Grafralf	1 minuto	70

Figura 14: Resultado do game fenômenos ondulatórios. Fonte: Autoria Própria (2022).

Podemos constatar que a atividade foi desenvolvida de forma satisfatória por parte dos alunos. A maioria obteve a pontuação máxima em um intervalo de tempo muito bom. De modo geral, todas as atividades propostas superaram as expectativas no que diz respeito ao engajamento dos alunos, aos seus interesses pelas atividades e ao desenvolvimento nas resoluções das atividades.

Em relação à avaliação da aprendizagem, Ausubel, em seus escritos, insiste que se avalie o nível de obtenção de informações do aluno para ajudá-lo a situar-se quanto ao seu nível de rendimento. Os dados da avaliação além de abrangerem o desempenho do aluno devem abranger também os conteúdos, os métodos e o currículo, bem como produtos da aprendizagem, como atitudes, personalidade, interesses, etc.

Frazzon (1999, p.29-30) ao comentar sobre a avaliação da aprendizagem significativa diz o seguinte:

Na tentativa de avaliar o nível de obtenção de conhecimento, por parte dos alunos, sobre

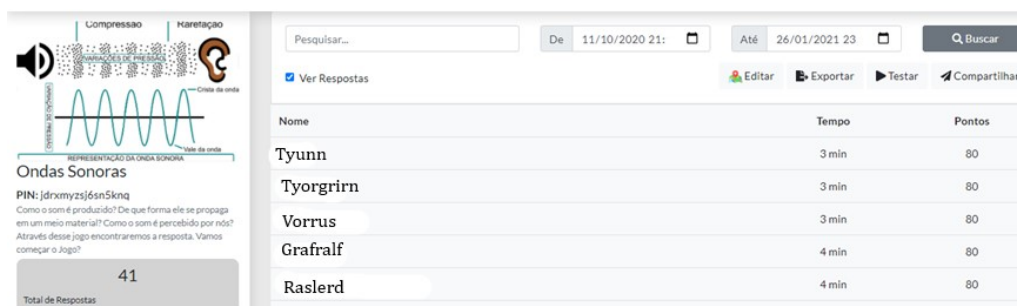


Figura 15: Relatório da atividade gamificada sobre ondas sonoras. Fonte: Autoria Própria (2022).

ondas mecânicas. Além das atividades interativas aplicadas durante as aulas, no fim da aplicação da série didática, foi realizada a aplicação de um pós-teste. O pós-teste tinha 20 questões sobre ondas mecânicas, sendo as 15 do pré-teste, mais 5 que foram acrescentadas.

Destaca-se que dos 30 alunos que participaram da aplicação da série didática, todos realizaram o pós-teste e os resultados estão apresentados na Fig. 16.



Figura 16: Resultado do pós-teste por questões. Fonte: Autoria Própria (2022).

Para visualizarmos com maior clareza o desempenho geral dos 30 alunos que realizaram o pós-teste, criou-se um gráfico que mostra um comparativo dos acertos das 15 questões que foram usadas, antes e após aplicação da série didática.

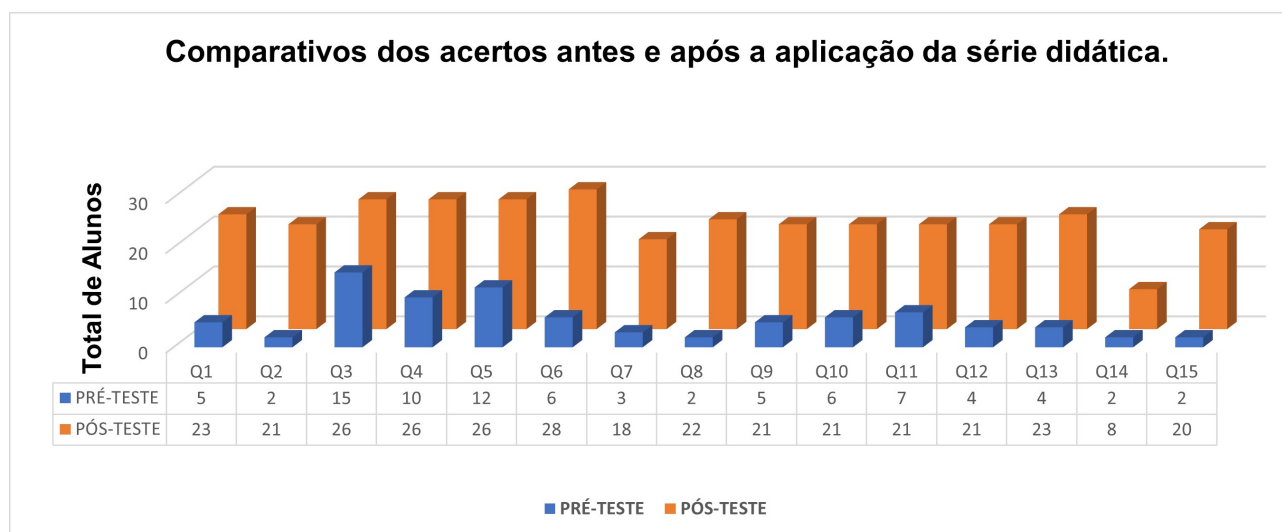


Figura 17: Comparativo dos resultados do pré-teste e pós-teste. Fonte: Autoria Própria (2022).

A Fig. 17 mostra que o índice de acertos subiu significativamente em comparação com a abordagem inicial. Ressalta-se que o pós-teste avalia os mesmos conhecimentos do pré-teste. A escolha por esse formato de avaliação se deu pelo fato do baixo índice de acertos no pré-teste, pois as perguntas contemplam o tema estudado e permitem comparar o antes e o depois da intervenção pedagógica. O acréscimo de cinco questões diferentes no pós-teste teve como objetivo perceber o entendimento dos alunos relacionado ao tema trabalhado. O que nos leva a concluir com base nos instrumentos de avaliação, que houve indícios de aprendizagem significativa para os alunos que se dispuseram a aprender e interagir com as aulas, os materiais e atividades propostas.

A teoria da aprendizagem significativa proposta por David Ausubel, afirma serem duas as condições para a aprendizagem significativa: o material deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. A primeira quer dizer que o material de aprendizagem, como, a série didática, e-book, aulas ou atividades seja relacionável com a estrutura cognitiva do aluno de forma não-arbitrária e não-literal e a segunda condição quer dizer que o aluno deve querer relacionar os novos conhecimentos aos seus conhecimentos prévios de forma não-arbitrária e não-literal.

Diante do resultado das atividades e do pós-teste, podemos classificar a série didática como material potencialmente significativo, visto que foram obtidos resultados consideráveis de indícios de aprendizagens significativas.

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partiu-se da ideia de que realizar a pesquisa por meio da aplicação da proposta de uma série didática com base na teoria da aprendizagem significativa, era relevante porque as dificuldades na aprendizagem de física sob a ótica dos resultados do Enem ainda são impactantes e desanimadores.

Desse modo, constata-se que após a aplicação da série didática e com base nos resultados alcançados, o material de fato se mostra um potencial facilitador da aprendizagem signifi-

cativa. Tendo em vista que houve um melhor ensino e aprendizagem de ondas mecânicas proposto em uma série didática utilizando videoaulas e e-book.

Neste trabalho instituiu-se como objetivo geral: constatar como a teoria da aprendizagem significativa ajuda no ensino e aprendizagem de ondas mecânicas através de uma proposta de série didática utilizando videoaula e e-book via MOOC. Entende-se que tal meta foi alcançada, pois, os resultados deixam claro que houve um grande avanço na estrutura cognitiva dos alunos em relação ao conhecimento de ondas mecânicas.

Além disso, os objetivos específicos também foram alcançados, haja vista que foram descritos os conceitos, características e os fenômenos das ondas mecânicas. Como também, apresentados os principais pontos da teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e a exposição das contribuições deste modelo teórico para o ensino e aprendizagem de ondas mecânicas.

A metodologia aqui utilizada neste trabalho foi uma pesquisa em sala de aula e que pode ser replicada em outros cenários e com outros conteúdos. O trabalho também apresenta algumas limitações, dentre elas está o fato que por falta de tempo não foi possível realizar outros testes dissertativos para averiguar maiores evidências de aprendizagem significativa. Como sabemos a aprendizagem significativa é progressiva e deve ser avaliada de maneira formativa e recursiva.

Acredita-se que é necessária a continuação de estudos mais aprofundados para uma apropriação mais abrangente da teoria da aprendizagem significativa. Os professores em geral precisam levar em conta ao planejar suas aulas o conhecimento prévio do aluno, ter em mente a ideia de que o ser humano aprende a partir daquilo que ele já sabe.

O que expomos neste estudo é uma sugestão para enfrentar os problemas de ensino e aprendizagem de física. No entanto, pesquisar e promover mais estudos como este, são caminhos possíveis e necessários.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. B. D.. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. *Educação e pesquisa*, 29, 327-340, 2003.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. 1ª edição, Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. 2003.

BARROSO, M. F.; RUBINI, G.; SILVA, T. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, nº 4, 2018.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, v. 24, n. 2, 2007.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 31 ago., 2022.

FRAZZON, L. M. Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Revista Pedagógica, 1(3), 07, 1999.

FÍSICA NA ESCOLA. Física simulações/animações. Disponível em: <<https://www.vas-cak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>. Acesso em: 03 out., 2022.

GADOTTI, M. Boniteza de um sonho: ensinar-e-aprender com sentido. Novo Hamburgo: Feevale, 2003. 80p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física II: Termodinâmica e ondas. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2016.

LIVEWORKSHEETS. Propriedades físicas das ondas. Atividades sobre propriedades físicas das ondas. Disponível em: <<https://www.liveworksheets.com/fy1416327jv>>. Acesso em: 21 set., 2022.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Novo Enem. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/busca-geral/179-estudantes-108009469/vestibulares-1723538374/13318-novo-enem>: :text=A%20proposta%20tem%20como%20principais,dos%20currículos%20do%20ensino%20médio.>. Acesso em: 31 ago., 2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Referenciais para elaboração de material didático para EaD no ensino profissional e tecnológico. 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/ReferenciaisdeEAD.pdf>>. Acesso em: 26 ago., 2022.

MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. Vol. II, 2015. Disponível em: <<http://rh.unis.edu.br/wp-content/uploads/sites/67/2016/06/Mudando-a-Educacao-com-Metodologias-Ativas.pdf>>. Acesso em: 14 ago., 2022.

MOREIRA, M. A. Teoria de Aprendizagem significativa de David Ausubel, Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos. São Paulo: Editora Moraes, 1995.

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

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa. Brasília: Editora da UnB, 1999. 130p.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 4^{ed.} São Paulo: Editora Blucher, 2002.

PHET.COLORADO. Interferência de ondas. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_ptBR.html. Acesso em : 02out., 2022.

RAMALHO JÚNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. Os Fundamentos da Física: termologia, ópticas e ondas. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

SCAPE FACTORY. Disponível em: <<https://escapefactory.me//play?code=jdrxmyzsj6sn5knq>>. Acesso em: 03 nov., 2021.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. Princípios de física: Movimento ondulatório e termodinâmica. v. 2. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SCHLEMMER, E. Metodologias para educação a distância no contexto da formação de comunidades virtuais de aprendizagem. In: BARBOSA, R. M. (org). Ambientes virtuais de aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2005.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 87-90, 2002.