



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



CARLOS ROBERTO STAUB JUNIOR

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO OS CONCEITOS BÁSICOS DE
ONDAS MECÂNICAS UTILIZANDO OS MÉTODOS *JUST-IN-TIME TEACHING* E
PEER INSTRUCTION NA PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA E DA TEORIA SOCIOINTERACIONISTA**

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

Prof. Dr. Karen Cavalcanti Tauceda
Orientadora

Prof. Dr. Marcio Gabriel dos Santos
Co-orientador

Tramandaí
Março/2019

Carlos Roberto Staub Junior

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO OS CONCEITOS BÁSICOS DE
ONDAS MECÂNICAS UTILIZANDO OS MÉTODOS *JUST-IN-TIME TEACHING* E
PEER INSTRUCTION NA PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA E DA TEORIA SOCIOINTERACIONISTA**

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

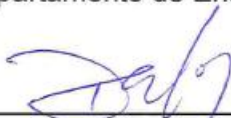
Aprovada em 29 de março de 2019.



Prof. Dr. Karen Cavalcanti Taucedá
Presidente da Banca
MNPEF-UFRGS/CLN



Prof. Dr. Saul Benhur Schirmer
UFRGS - Departamento de Ensino e Currículo - DEC



Prof. Dr. Dakir Larara Machado da Silva
MNPEF-UFRGS/CLN



Prof. Dr. Jorge Rodolfo Silva Zabadal
MNPEF-UFRGS/CLN

CIP - Catalogação na Publicação

Staub Junior, Carlos Roberto

Uma sequência didática envolvendo os conceitos básicos de ondas mecânicas utilizando os métodos Just-in-Time Teaching e Peer Instruction na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Teoria Sociointeracionista / Carlos Roberto Staub Junior. -- 2019.

253 f.

Orientadora: Karen Cavalcanti Tauceda.

Coorientadora: Márcio Gabriel dos Santos.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS, 2019.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Ensino de Física. 3. Just-in-Time Teaching. 4. Peer Instruction. 5. Mapas Conceituais. I. Tauceda, Karen Cavalcanti, orient. II. Santos, Márcio Gabriel dos, coorient.

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

À minha esposa e meus filhos pela
paciência apresentada nestes dois anos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Carlos Roberto Staub e Jane Terezinha Fonseca Mourales por todo alicerce construído para que esse sonho pudesse ser realizado.

A minha esposa Fernanda Edinger da Luz pelo companheirismo, pela compreensão da minha ausência e por ter cuidado de forma impecável de nossos filhos Cássio e Rômulo.

A minha tia Mirian Beatriz Mourales por todo auxílio prestado na fase seletiva do Mestrado.

Aos colegas do mestrado, que no transpassar do tempo tornaram amigos, em especial os amigos Jéferson Fleck, Andersson Bairros e Ramón Araujo, este último um agradecimento especial por ter me apresentado o aplicativo *Plickers*.

A minha orientadora Profa. Dr. Karen Cavalcanti Tauceda pelo tempo que desprende durante todo o processo de produção desta dissertação em suas revisões, observações, cobranças, conselhos, sem os quais não seria possível chegar a este momento.

Aos professores e funcionários do Campus Litoral Norte da UFRGS por tudo que passamos durante estes dois anos.

À Sociedade Brasileira de Física, SBF, por ter oportunizado o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Agradeço à direção do Colégio Sinodal Tiradentes de Campo Bom, por disponibilizar a implementação da sequência didática desenvolvida nessa dissertação. Aos alunos da turma 221, do ano de 2018, muito obrigado por tudo.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

A todos que participaram deste momento importante em minha vida.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta para o ensino de conceitos básicos sobre ondas mecânicas, através da integração de duas metodologias ativas de ensino, o *Just-in-Time Teaching* e o *Peer Instruction*, possibilitando tornar a aula mais dinâmica para uma melhor compreensão dos conceitos de física, fazendo com que o estudante se torne também responsável pelo seu processo de aprendizagem, facilitando o seu “aprender significativamente”. Foi elaborada uma sequência didática, aplicada nas aulas de física, em uma turma do segundo ano do ensino médio, da rede privada na cidade de Campo Bom, RS, no primeiro semestre de 2018. A sequência didática produzida amparou-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na Teoria Sociointeracionista de Vygotsky, originando um produto educacional. As aulas foram organizadas em 12 encontros, sendo dois encontros para a realização do Pré-teste e Pós-teste, sete encontros para aprendizagem via os métodos *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction* e três encontros destinados ao desenvolvimento de Mapas Conceituais. O produto educacional é composto por tarefas de leitura (material constituído de texto, imagens, *links* e questões sobre o texto), uma lista de testes utilizados como Pré-teste e Pós-teste, uma lista de testes conceituais e um questionário de avaliação da metodologia utilizada na aplicação do produto educacional. Os resultados obtidos durante a aplicação das metodologias integradas e o desenvolvimento dos Mapas Conceituais indicaram o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa observada na estrutura hierárquica dos conceitos e nas relações existentes entre eles nos Mapas Conceituais e nas discussões em aula. Os dados obtidos pelo questionário da avaliação demonstram a aceitação dos estudantes frente às metodologias utilizadas e a percepção que ocorreu aprendizagem.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Ensino de Física. *Just-in-Time Teaching*. *Peer Instruction*. Mapas Conceituais.

ABSTRACT

This study aims to present a proposal for the teaching of basic concepts on mechanical waves, through the integration of two active teaching methodologies: Just-in-Time Teaching and Peer Instruction, becoming it possible to make the class more dynamic for a better understanding of the physics concepts, making the student also become responsible for his/her learning process, facilitating his/her "learning meaningfully". A didactic sequence was elaborated, applied in the physics classes, in a second year of high school class, in the private network of the Campo Bom city, RS, in the first semester of 2018. The didactic sequence produced was based on Ausubel's Significant Learning Theory and Vygotsky's Sociointeractionist Theory, giving rise to an educational product. The classes were organized in 12 meetings, with two meetings for the Pre-test and Post-test, seven meetings for learning through Just-in-Time Teaching and Peer Instruction and three meetings for the development of Concept Maps. The educational product is composed of reading tasks (material consisting of text, images, links and questions about the text), a list of tests used as Pretest and Posttest, a list of conceptual tests and a questionnaire evaluating the methodology used in the application of the educational product. The results obtained during the application of the integrated methodologies and the development of the Concept Maps indicated the development of a meaningful learning observed in the hierarchical structure of the concepts and in the relations existent between them in the Concept Maps and the discussions in class. The data obtained by the evaluation questionnaire demonstrate the students' acceptance against of the methodologies used and the perception that learning occurred.

Keywords: Meaningful Learning. Physics Education. Just-in-Time Teaching. Peer Instruction. Concept Maps.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	TEORIAS DE APRENDIZAGEM	13
2.1	Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)	13
2.1.1	MAPAS CONCEITUAIS	16
2.2	Teoria Sociointeracionista de Vygotsky	18
3	NOÇÃO DE ESTUDANTES A RESPEITO DE CONCEITOS ASSOCIADO A ONDAS MECÂNICAS	20
4	MÉTODOS ATIVOS	29
4.1	<i>Just-in-Time Teaching (JiTT)</i>	29
4.2	<i>Peer Instruction (PI)</i>	32
4.2.1	Funcionamento do <i>Peer Instruction</i>	33
4.3	Relacionando <i>JiTT</i> e <i>PI</i>	35
5	METODOLOGIA	40
5.1	Contexto de aplicação da metodologia	40
5.2	Cronograma da Proposta de Aplicação do Produto Educacional ..	41
5.3	Planejando as aulas	42
5.4	O desenvolvimento do material	44
5.4.1	Tarefas de Leitura (TL)	44
5.4.2	Testes Conceituais (TC)	45
5.5	O método de votação: <i>Plickers</i>	46
5.6	Questionário da avaliação da sequência didática	49
6	RELATO DAS AULAS	50
6.1	Relato da primeira aula	50
6.2	Relato da segunda aula	52
6.3	Relato da terceira aula	57
6.4	Relato da quarta aula	63
6.5	Relato da quinta aula	70
6.6	Relato da sexta aula	76
6.7	Relato da sétima aula	80
6.8	Relato da oitava aula	81
6.9	Relato da nona aula	82
6.10	Relato da décima aula	89

6.11	Relato da décima primeira aula	96
6.12	Relato da décima segunda aula	105
7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	106
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
	REFERÊNCIAS	118
	APÊNDICE A – TAREFAS DE LEITURA	122
	APÊNDICE B – PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE	163
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	171
	APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL	174

1 INTRODUÇÃO

Os conceitos abordados no estudo sobre ondas mecânicas é base para que se consiga compreender diversos fenômenos naturais tais como as ondas do mar, as ondas sísmicas, o som, as vibrações em corpos, entre outros.

O tema das ondas mecânicas é relevante para a compreensão de certos fenômenos físicos, portanto, esperava-se um número maior de trabalhos publicados sobre este assunto, quando comparado a outras áreas da física como a mecânica e o eletromagnetismo.

O contexto envolvendo o ensino e aprendizagem de física no Brasil apresenta muitos problemas, tais como a falta de professores, um currículo inchado de conteúdos, poucas horas aula, o modelo de aula e a avaliação. Os estudantes parecem estar desmotivados, uma vez que as aulas em sua grande maioria, utilizam metodologias de ensino-aprendizagem ditas tradicionais como, por exemplo, aulas expositivas e avaliações através de provas escritas. Kantrowitz (2016) salienta que o aluno necessita ter um papel ativo no processo de ensino e aprendizagem a qual está inserido, e a aula tradicional não consegue propiciar esse papel. Um documento produzido pela UNESCO (2005) destaca o uso excessivo do ensino tradicional nas aulas de Ciências, o que minimiza a participação dos estudantes e a forma de pensar, auxiliando o aumento do déficit no processo de ensino, trazendo maiores dificuldades de aprendizagem e aumentando o desinteresse dos alunos.

É necessário que ocorra uma mudança de metodologia de ensino, pois os estudantes estão criando uma “barreira” com o ensino de ciências, em especial a Física, pois a forma trabalhada não desperta o interesse, e está fazendo com que os mesmos não desenvolvam a aprendizagem dos conceitos.

O ensino de física apresenta muitas dificuldades, conforme relatado anteriormente, modelo de aula, currículo inchado, pouca estrutura, pois em sala de aula aplica-se uma metodologia tradicional. Esta metodologia muitas vezes, impossibilita que os alunos exerçam um papel ativo durante o seu processo de aprendizagem, tornando necessária uma mudança no cenário à educação, por

exemplo, através do desenvolvimento de práticas de ensino-aprendizagem, que promovam a autonomia do estudante, suas aprendizagens e participação nas aulas.

A dissertação apresenta uma proposta de sequência didática envolvendo os conceitos básicos sobre ondas mecânicas, que foi aplicada no ano de 2018, em uma turma do segundo ano no ensino médio, em uma escola da rede privada da cidade de Campo Bom no Rio Grande do Sul. Esta proposta foi desenvolvida levando-se em conta métodos ativos de aprendizagem e os referenciais teóricos de ensino-aprendizagem de Vygotsky (Teoria Sociointeracionista), relacionado à mediação do professor e interatividade na sala de aula, e de Ausubel (Teoria da Aprendizagem Significativa), relacionado a uma aprendizagem significativa, considerando a identificação dos conhecimentos prévios para a construção dos novos conceitos. Dentre os métodos ativos utilizou-se dois métodos que vem demonstrando resultados positivos no ensino de Física, o *Peer Instruction* (Instrução pelos colegas) e o *Just-in-time Teaching* (Ensino sob medida), conforme Araújo e Mazur (2013). Todos estes referenciais visam potencializar a aprendizagem e torná-la mais atrativa para os estudantes.

O *Peer Instruction* (PI) é um método de ensino desenvolvido no final dos anos 90 pelo professor Eric Mazur, docente na Universidade de Harvard (EUA), e que foi utilizado em suas aulas na graduação, na disciplina de Física (ARAUJO; MAZUR, 2013). Consiste em uma breve explanação do professor de 15 minutos aproximadamente, e após esta explanação a aplicação de questões conceituais de múltipla escolha, relacionadas aos assuntos abordados na discussão. As questões são resolvidas (votadas) individualmente e dependendo do percentual de acertos, se toma uma decisão. Se após a votação individual a taxa de acerto for inferior a 30%, o professor deve, de uma forma diferente, abordar novamente o assunto e realizar uma nova votação do teste conceitual; ficando entre 30% e 70% os alunos se organizam em duplas ou trios e discutem a questão, e após, faz-se nova votação; sendo superior a 70%, o professor pode dar sequência aos testes conceituais.

Gregor Novak, professor da Universidade de Indiana (EUA), desenvolveu a metodologia *Just in Time Teaching* (JiTT) em 1999 com a colaboração de outros professores (NOVAK et al., 1999). Assim como Mazur, esta metodologia foi desenvolvida para utilizar em suas aulas de física, contudo o método também foi

utilizado em outros cursos de graduação, e também tem como objetivo promover nos alunos hábitos de estudos, buscando torná-los sujeitos de suas aprendizagens. Antes das aulas os alunos têm acesso a um material (vídeos, textos, simulações) e aproximadamente três questões para resolver, referente ao assunto que será abordado na próxima aula. O professor solicita que as questões resolvidas sejam entregues antes da aula, para que possa planejar a aula mais adequadamente, visando as reais necessidades observadas nas questões (ARAUJO e MAZUR, 2013).

Para a aplicação da sequência didática elaborou-se um conjunto de materiais, tais como Tarefas de Leituras, compostas por texto, imagens, *links* de textos ou vídeos, e ao final um *link* direcionando ao formulário do *Google forms* com algumas questões sobre os conceitos abordados no texto, material este utilizado para a inserção da metodologia *Just-in-Time Teaching*. Essas questões nos auxiliaram a identificar as concepções prévias dos estudantes. Testes Conceituais (Apêndice B), para a aplicação da metodologia ativa *Peer Instruction* foram desenvolvidos ou adaptados. Elaborou-se uma lista com onze questões objetivas e uma questão dissertativa para a realização de um Pré-Teste e Pós-Teste (Apêndice C) para uma análise quantitativa da aprendizagem. Para avaliarmos a execução das metodologias ativas desenvolvemos um Questionário apresentado no Apêndice

O uso simultâneo dessas metodologias originou resultados satisfatórios em diferentes contextos (SANTOS, 2016; CROUCH; MAZUR 2001; OLIVEIRA 2012; LASRY, 2008), e este indicativo de melhoria nas aprendizagens, motivou o desenvolvimento desta proposta de produto educacional.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver, aplicar e avaliar uma sequência didática para uma turma do segundo ano do ensino médio, sobre os conceitos básicos das ondas mecânicas, utilizando simultaneamente as metodologias ativas *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction* fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa e na Teoria Sociointeracionista, para promover os conhecimentos e o protagonismo do aluno durante o processo de ensino-aprendizagem.

As aulas foram pensadas para aulas de 100 minutos e de 50 minutos organizadas em 12 momentos, sendo que um dos momentos foi reservado ao desenvolvimento de um Mapa Conceitual, cuja estratégia didática considera os pressupostos da Aprendizagem Significativa.

No Capítulo 2 retratamos as teorias de aprendizagem que fundamentam o desenvolvimento da sequência didática. No Capítulo 3 apresentamos uma revisão de trabalhos sobre o ensino e aprendizagem de ondas mecânicas na Educação Básica. As metodologias ativas *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction* são apresentadas no Capítulo 4, bem como a integração delas e estudos que as implementaram. Estão apresentados no Capítulo 5 os elementos que compõe a metodologia (contexto de aplicação, cronograma de aplicação, planejamento das aulas, desenvolvimento do material, método de votação e o questionário que avaliou a aplicação das metodologias). Os relatos das aulas se encontram no Capítulo 6, bem como os resultados dos Testes Conceituais aplicados durante a metodologia *Peer Instruction*. A discussão dos resultados das aprendizagens do Pré-Teste e Pós-Teste, dos Testes Conceituais, dos Mapas Conceituais e a avaliação realizada pelos estudantes a respeito da aplicação da sequência didática, estão descritos no Capítulo 7. Por fim, apresentamos no Capítulo 8 as considerações finais.

2 TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Neste capítulo serão apresentadas as teorias de aprendizagem que nortearam o desenvolvimento da sequência didática, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky.

2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

A Teoria da Aprendizagem Significativa foi proposta por David Paul Ausubel (1908-2018) em 1963. Ausubel era graduado em Medicina e Psicologia, dedicando-se a psicologia educacional, ao desenvolvimento de uma visão cognitiva, com o propósito de buscar avanços necessários para encontrar o verdadeiro sentido do aprendizado (MOREIRA, 2001).

Aprender significativamente é ampliar e reajustar a estrutura cognitiva, a estrutura mental e com isso ser capaz de relacionar e acessar novos conteúdos de forma não arbitrária e não literal (MOREIRA, 2009, 2016)

Moreira e Masini (2001, p17) destacam:

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor* ou, simplesmente *subsunçor (subsumer)*, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *subsunçores relevantes* preexistentes na estrutura cognitiva¹ de quem aprende.

A teoria de Ausubel é norteada pelo princípio que para ocorrer a aprendizagem, precisa-se entender o que o aluno já sabe, os seus conhecimentos prévios sobre determinado conceito. Ele defende que o docente deva desenvolver

¹ Estrutura cognitiva, segundo Moreira (2011 p.20) significa, portanto, uma estrutura hierárquica de subsunçores organizados e inter-relacionando-se.

uma metodologia com a finalidade de reconhecer esses conhecimentos. Ausubel nomeou estes conhecimentos como “conhecimentos prévios”.

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL; NOVAK, HANESIAN; 1980, p. 137).

Se faz necessário ter conhecimentos prévios para servir de sustentação para o novo conhecimento. Essa sustentação, ou suporte foi designado de “ancoragem”,

Na perspectiva da aprendizagem significativa ausubeliana, a estrutura cognitiva prévia (i.e., os conhecimentos prévios e sua organização hierárquica) é o principal fator, a variável isolada mais importante, afetando a aprendizagem e a retenção de novos conhecimentos. (MOREIRA,, 2011, p.28)

Para Ausubel e Novak, a aprendizagem se dará por ancoragem, processo que se baseia no que chamaram de “hierarquia conceitual”, o que, de forma sintética, consiste na ideia de que elementos específicos vão se ligando a elementos gerais. Para isto, a ancoragem é necessária, realizada através dos subsunçores. (MOREIRA, 1999). Para Moreira (2011) a ancoragem é uma metáfora, pois não se deve entender como um mero ancoradouro, pois o processo ocorre de forma dinâmica e interativa, modificando o subsunçor.

Novos conhecimentos precisariam se ancorar, se sustentar em conhecimentos prévios., de forma não-arbitrária, ocorrendo uma interação entre ambos. A TAS busca explicar o que está ocorrendo na estrutura cognitiva, por parte dos mecanismos internos com relação ao processo de aprendizagem.

Para o aluno, o conceito terá significado com o decorrer do tempo com a aquisição das “ideias âncoras”. As ideias bases, muitas vezes, já fazem parte da estrutura do aluno, contudo não estão ativadas, cabendo ao professor averiguar o conhecimento prévio, para ativá-lo, e ancorar o novo ensinamento. Essas ideias que proporcionam a ancoragem são chamadas por Ausubel de integradores, subordinadores ou *subsunçores*. Moreira (2011, p. 28) define subsunçor como

“conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos”.

Novak (2000, p. 59) salienta que,

No decurso da aprendizagem significativa, as novas informações são ligadas aos conceitos na estrutura cognitiva. Normalmente esta ligação ocorre quando se ligam conceitos, mais específicos e menos inclusivos, a outros mais gerais, existentes na estrutura cognitiva. [...] A justificação para se adicionar estes termos reside no papel fundamental que os subsunçores desempenham na aquisição de novas informações. [...] o papel de um conceito integrador na aprendizagem significativa é interativo, facilitando a passagem de informações relevantes, através das barreiras perceptivas e fornecendo uma base para a ligação entre as informações recentemente aprendidas e os conhecimentos anteriormente adquiridos.

Moreira (2011) destaca que para Ausubel um organizador prévio tem como função servir de ponte entre os conhecimentos que o estudante já sabe ou que deveria de saber, para que o novo “conteúdo” possa ser aprendido de uma forma significativa. São úteis para facilitarem a aprendizagem se utilizados como “pontes cognitivas”. Também enfatiza que o material serve como uma introdução, devendo ser apresentado em um nível alto de abstração, utilizando-o de forma introdutória, antes do material de aprendizagem. Caso o material seja de algo totalmente não familiar, o organizador “expositivo” é utilizado para suprir falta de ideias, conceitos, ou o que for relevante à aprendizagem e servir de “ponte de ancoragem inicial”.

Para Moreira e Masini (2001) os organizadores prévios devem:

1 – Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva para aprendizagem do novo material

2 - Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;

3 - Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos.

2.1.1 MAPAS CONCEITUAIS

Joseph D. Novak e membros de um grupo de pesquisa desenvolveram na década de 1970, os mapas conceituais, como uma importante prática da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (NOVAK 2000, p.3)

Cognitivamente, mapas conceituais podem representar o resultado de uma aprendizagem significativa, conceito que está relacionado a TAS de Ausubel, que permite a relação de novas aprendizagens (conteúdos novos) a *subsunções* ou onde ocorrer outorgamento de significados. O mapa conceitual é a busca da compreensão, da articulação dentro de uma lógica. (ALMEIDA 2008)

É um instrumento, que de certa forma, sequencia conceitos, ordenando às estruturas cognitivas, dando sentido a aprendizagem, fazendo o estudante relacionar conceitos estudados dentro de uma temática, oferecendo estímulos (SCHROEDER; WENDT, 2010).

Moreira (2010) destaca a importância de se evidenciar em um mapa conceitual, significados que foram atribuídos a conceitos e a relação que ocorre entre os conceitos.

Costa (2009. p.40) em sua dissertação apresenta um quadro (Quadro 1) situando os benefícios e desafios do uso de mapas conceituais.

Quadro 1 – Benefícios e desafios no trabalho com mapas conceituais

BENEFÍCIOS	DESAFIOS
São fáceis de usar, os alunos adquirem proficiência em pouco tempo.	Capacidade limitada para representar relações casuais.
Proporcionam representações espaciais de conteúdos, o que ajuda na memorização.	Não são verdadeiramente mapas da mente, são antes as representações do que pensamos estar na mente.
Melhora a compreensão e a retenção de ideias.	Devido ao caráter provisório do conhecimento, elas deveriam permitir alterações minuto a minuto.

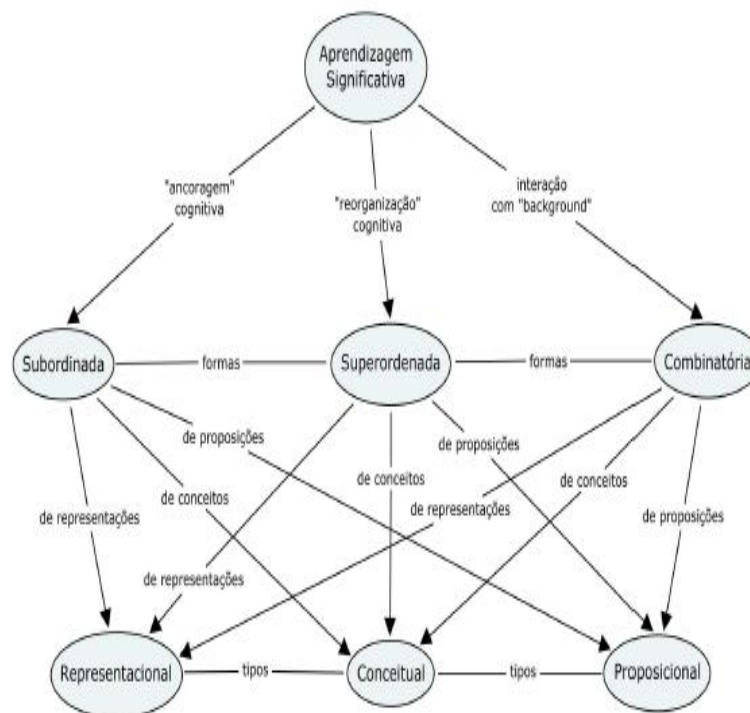
BENEFÍCIOS	DESAFIOS
Demonstram a inter-relação entre ideias de diferentes disciplinas e de diferentes cursos.	As redes proposicionais para construção de redes semânticas são bastante mais complexas do que qualquer coisa que possa ser representada num mapa conceitual
Deverá melhorar o desempenho dos alunos na resolução de problemas.	

Fonte: Costa (2009. p.40) apud Jonassen (2000)

A utilização de mapas conceituais para aprendizagem pode desenvolver no estudante a capacidade de fazer com que conceitos tenham significados e que possam ser alterados na medida que são ressignificados. Para Almeida (2008), mapas conceituais são dinâmicos, pois inter-relacionam conteúdos e podem se modificar no momento que o sujeito passe a conhecer novas situações.

Na figura 1, observa-se a utilização dos principais conceitos relacionados aos tipos de teoria de Ausubel, na forma de mapa conceitual.

Figura 1 - Modelo de mapa conceitual sobre formas e tipos de aprendizagem significativa.



Fonte: Moreira (2013, p.9)

Mapas conceituais, segundo Moreira (2010) não são autoinstrutivos, ou sejam mapas conceituais MC podem ser utilizados como instrumento avaliativo de aprendizagem, pois permitem uma visualização de como o sujeito está organizando os conceitos de uma maneira não tradicional, buscando demonstrar como o estudante utilizou os conceitos chaves, dando significado segundo o seu ponto de vista.

2.2 Teoria Sociointeracionista de Vygotsky

Na Teoria de Vygotsky o contexto cultural e social no qual o sujeito está inserido precisa ser levado em conta para entender como um indivíduo se desenvolve.

Vygotsky tem como centro a interação social, pois ele acredita que durante a socialização tem-se o desenvolvimento. Moreira (1999, p. 12) cita que para Vygotsky a interação é “o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórico e culturalmente constituído.” Desenvolver-se cognitivamente para Vygotsky é a transformação das relações sociais para funções mentais. (MOREIRA, 1999)

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), de acordo com Vygotsky (2003) é o intervalo que separa o nível de desenvolvimento real (NDR) e o nível de desenvolvimento potencial (NDP). O NDR está relacionado ao que já se aprendeu, se consolidou, enquanto o NDP está no estado inicial, e precisará de tempo para amadurecer. Esse é o ponto que o professor deve explorar, pois na ZDP, pode-se, ser, o estimulador da aprendizagem, que não ocorreria sem um estímulo (sem a interação dos envolvidos). Para Moreira (1999, p. 116) a ZDP “é uma medida do potencial de aprendizagem; representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre”. É nesse estágio que se observa o que está em processo de maturidade.

Vygotsky (2003) destaca que o conhecimento é obtido de fora para dentro, tendo o contexto histórico, social e cultural, assim como a interação, um papel de destaque no desenvolvimento intelectual do sujeito.

A zona de desenvolvimento proximal estará sendo promovida, através da mediação do professor com o auxílio dos métodos *Just-in-Time Teaching* (Ensino sob Medida) e *Peer Instruction* (Instrução pelos Pares), na apresentação dos “organizadores prévios” e problematizações, que mobilizarão os subsunçores para uma aprendizagem significativa. O produto educacional apresentado aqui é a aplicação das teorias Sociointeracionista de Vygotsky, a Aprendizagem Significativa de Ausubel, mediadas pelo *Just-In-Time Teaching* e *Peer Instruction*.

3 NOÇÃO DE ESTUDANTES A RESPEITO DE CONCEITOS ASSOCIADO A ONDAS MECÂNICAS

Neste capítulo serão apresentados trabalhos que abordam as concepções dos estudantes com relação aos conceitos de ondulatória. Alguns foram realizados com estudantes de graduação que estavam no início do curso, em nível introdutório, que ainda não aprofundaram os conceitos, estando em um nível próximo aos estudantes do ensino médio.

Aguiar e Silva (2011) propõe uma sequência de ensino-aprendizagem relacionada à propagação do som. Buscam contemplar, através de questões objetivas, as concepções prévias. Destacam que são poucos os estudos referentes à propagação do som. Esse foi um dos motivos que os levaram a desenvolver um método simples para investigar a propagação do som, fazendo com que os estudantes comparem suas concepções com os resultados das medidas.

O questionário foi aplicado a 164 estudantes da rede pública do Rio de Janeiro, distribuídos do 9º ano do Ensino Fundamental ao 3º ano do Ensino Médio.

Uma questão abordada indagava o que acontece quando a buzina de um carro começa a soar, e o que acontece quando ela para de soar. Muitos, dos alunos, associaram a uma propagação instantânea do som ou com a ideia de dissipação ao invés de afastamento da fonte sonora. A metade dos alunos do 9º ano compreende o som como algo que se propaga. Ao longo do ensino médio o número de acertos foi aumentado, chegando, a aproximadamente, na terceira série a 3/4 dos alunos compreendendo que o som se propaga.

Os autores realizaram um experimento para que fossem revisadas as concepções incorretas, buscando o entendimento correto do conceito, de uma forma diferente, não somente com o professor dizendo qual a resposta correta.

Estudos relacionados com a velocidade de pulsos em cordas esticadas foi estudado por Viennot (2001) e Wittmann et al (1999) com estudantes do ensino médio e de graduação. A velocidade de propagação do pulso é relacionada pelos estudantes, com a ligeireza como que é realizado o movimento pela fonte (mão) e a

força que se exerce sobre a corda. Ocorre um equívoco, uma vez que é confundido velocidade de propagação dos pulsos com a velocidade dos pontos da corda.

Foi constatado por Viennot (2001) que os alunos relacionam a velocidade de um pulso com a amplitude do pulso e também pelo seu formato. Conforme o autor, 70% dos alunos relacionam a diminuição da amplitude do pulso, por dissipação, conforme vai ocorrendo a diminuição da velocidade do pulso. Após a intervenção do professor, 55% dos estudantes mantiveram o mesmo pensamento.

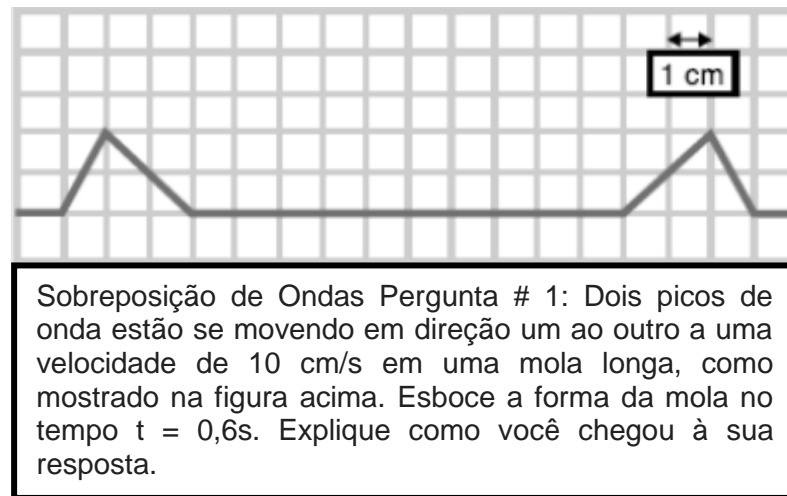
Wittmann et al. (1999) também destacam que quando se tem textos com menção ao meio de propagação, os estudantes o consideram um fator relevante, mas quando se tinha testes discursivos sem uma menção ao meio de propagação, ele não era levado em conta.

Outro trabalho aos quais os alunos não levaram muito em conta o meio de propagação foi o de Viennot (2001). Poucos alunos relacionaram a velocidade com o meio de propagação. Os estudantes entrevistados usavam das palavras “velocidade”, “movimento”, “força” e “energia” sem diferenciá-las, como se representassem o mesmo significado. Conforme a autora, os mesmos acreditavam que a fonte era responsável por enviar para a corda algo que se corporize na forma de pulso. Segundo ela, os alunos fazem analogias à mecânica dos sólidos, na qual relacionam todo o movimento ao agente que o cria e o mantém, ou seja, os estudantes acreditam que do mesmo modo que se necessita de uma força para manter um sólido em movimento (mesmo que este esteja em movimento uniforme), também é necessário uma “energia”, uma “força” para que o pulso seja mantido com velocidade constante,

Wittmann *et al* (1999), destacam que vários alunos relataram que uma onda exerce sobre um certo meio de propagação, uma força, que é responsável, por exemplo, de empurrar um surfista, no caso de uma onda no mar.

O princípio da superposição foi registrado por Wittmann *et al.* (1999), como uma dificuldade dos estudantes em compreender seu funcionamento. Foi solicitado aos alunos que analisassem uma situação na qual ocorreria uma interferência construtiva dos pulsos, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Situação criada por Wittmann *et al.* para analisar a compreensão dos estudantes sobre o princípio da superposição



Fonte: Wittmann *et al.* (p. 18, 1999)

Os resultados encontrados demonstram que 40% dos estudantes não conseguiram reconhecer nenhuma superposição, não somando ponto a ponto o deslocamento até chegar ao momento da superposição; em 20% das respostas os alunos encontraram os valores máximos dos pulsos, mas a posição não coincidia; apenas 5% dos estudantes conseguiram desenhar de forma correta o pulso resultante. Assim, os autores evidenciaram que os estudantes relacionam a amplitude somente com o pico da onda.

Morini (2009), em sua dissertação, descreve cinco atividades relacionadas a ondas mecânicas, atividades estas desenvolvidas no ensino médio do noturno em uma turma do terceiro ano da rede pública de Gravatal, Santa Catarina. A autora buscou desenvolver atividades – virtuais e reais – que não fossem um roteiro fechado, e sim que pudessem ocorrer observações, reflexões e problematizações sobre as práticas, fazendo com que os estudantes se envolvessem, sendo mais ativos durante o processo dos experimentos. Optou em ter uma turma como grupo de controle e outra turma como grupo experimental, realizando em ambas um pré-teste, obtendo no grupo experimental melhores resultados.

Com relação à aplicação das questões no pré-teste, treze dos trinta e nove alunos consideraram que é possível ouvir estrondos que ocorram no espaço sideral, sendo que alguns relacionaram que dependendo da posição do observador seria

possível ouvir o som. Quanto à diferenciação de uma onda longitudinal de uma onda transversal, as respostas não seguiram um padrão de entendimento. Alguns descreveram, por exemplo, que uma onda longitudinal se propaga em linha reta e uma onda transversal em qualquer direção, às ondas longitudinais se propagam a uma distancia maior que as ondas transversais, ondas longitudinais vão e voltam enquanto que as transversais só vão, contudo, uma resposta, na análise do autor, trazia a resposta correta para a definição de uma onda longitudinal e uma onda transversal. Fica claro a dificuldade encontrada pelos estudantes para realizar corretamente a definição dos conceitos.

Uma questão envolvia os conceitos de frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação, sendo que uma onda sonora propagava-se do ar para a água e questionava-se o que aconteceria com cada grandeza. Novamente as respostas não convergiam, sendo que alguns estudantes responderam que todas as características aumentariam, outro que a água forma uma barreira para a onda, logo todos diminuiriam, um terceiro aluno relata que todas diminuirão. Também tem-se que o som fica mais “alto” na água, pois se propaga mais rápido. Há também uma questão relacionada à superposição de pulsos de fases diferentes, onde é solicitado descrever o que aconteceria no momento do encontro dos pulsos. Três alunos responderam de forma correta, a maioria associou a reflexão, respondendo que os pulsos voltariam ou, que no momento da colisão formarão uma onda.

Com relação ao pós-teste, a autora destaca que um maior número de acertos está relacionado ao grupo experimental, e que as explicações estão mais embasadas com relação aos conceitos, apresentando mais coerência. Relata a maturidade dos estudantes em busca da aprendizagem e o quanto o experimento didático modificou sua atuação docente.

Gobara *et al* (2007) através de um a pesquisa exploratória, realizada com 45 estudantes de três escolas diferentes, da segunda série do ensino médio de Campo Grande, busca compreender o que alunos do ensino médio pensam sobre ondas e o quanto o conhecimento, de senso comum, prejudica na aprendizagem de ondas sonoras. Escolheram ondas sonoras pela quantidade de fenômenos naturais relacionados com o tema. Foi solicitado aos estudantes que respondessem um questionário contendo sete questões, mas somente quatro são abordadas no artigo,

sendo algumas respondidas de forma escrita e outras através de desenhos. Como referencial teórico utilizaram a teoria de Ausubel e Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird. A maioria das pesquisas já realizadas, segundo os autores, sobre as concepções do conceito de onda é estrangeira. Alguns dos conceitos, mesmo não tendo ainda sido estudados, são construídos através de observações e interações do indivíduo com fenômenos naturais, geralmente percebidos através dos sentidos ou influências sociais, possibilitando a construção de um modelo explicativo.

A primeira questão elaborada pelos autores levava em conta se os alunos já tinham visto uma onda, e 47,5% responderam afirmativamente, exemplificando uma onda se propagando na água. Foram citadas também as ondas sonoras, ondas de calor, ondas em cordas e as ondas eletromagnéticas.

A segunda questão questionava se o estudante já havia sentido uma onda, sendo que 40% dos alunos afirmam ter sentido uma onda quando estavam dentro da água e 25,9% sentiram uma onda sonora produzida por vibrações de alto-falantes.

A questão de número três levava em conta se o estudante já havia ouvido uma onda, e 67,5% relatam ter ouvido relacionando o exemplo a ondas sonoras. Um estudante respondeu ter “ouvido um curto-circuito”.

No que diz respeito aos desenhos apresentados na quarta questão foram organizados em duas grandes categorias: meio de propagação, e a forma de representar uma onda. A maioria dos alunos, 45,2% representaram ondas se propagando na superfície da água e aproximadamente 24% desenharam a representação de uma onda no ar. Alguns representaram ondas similares as que aparecem em livros. Quanto à forma das ondas, a maior parte dos alunos sugeriu uma onda sonora se propagando no ar, com um modelo senoidal.

A maioria dos estudantes apresentam um modelo explicativo que ao se propagar, a onda transferiria matéria, modelo este baseado em práticas sociais, que relacionam a ondas de frio ou de calor. Os autores informam que este artigo é uma análise preliminar, e que a aprendizagem de ondas corresponde ao pesquisado na literatura.

Barniol e Zavala (2016) realizaram uma pesquisa que, busca investigar o desempenho dos estudantes universitários no MWCS² (em nível introdutório), as principais dificuldades com os tópicos abordados, elaborando as dificuldades encontradas nas concepções inadequadas dos estudantes e estabelecendo recomendações com base nos resultados do teste.

A pesquisa foi realizada em uma universidade privada do México, com 541 estudantes que haviam completado quatro cursos introdutórios de física sendo que o terceiro curso é “Fluidos, ondas e termodinâmica”, onde estudam os quatro principais tópicos do MWCS. O livro didático adotado pelo curso é “Física para Cientistas e Engenheiros” de Serway e Jewett (2008). Ocorreram quatro encontros no laboratório sendo que as duas primeiras foram trabalhados dois dos “Tutoriais em Física Introdutória” de MC Dermott e Shaffer (2001), “Superposição e reflexão de pulsos”, e “Reflexão e transmissão”. Nos dois últimos encontros no laboratório os alunos estudaram ondas estacionárias em cordas e som.

O teste tem 22 questões, sendo 17 no formato tradicional de múltipla escolha e 5 questões com formato de “dois níveis”, onde ocorre a justificativa da resposta escolhida.

Com relação ao desempenho dos estudantes universitários no MWCS, a pontuação média foi de 9,86 respostas corretas. Destacam que para alguns subtópicos como velocidade das ondas sonoras, deslocamento do meio nas ondas sonoras, ondas longitudinais no som, e nas ondas estacionarias o índice de acerto foi inferior a 40%.

Principais dificuldades encontradas pelos estudantes no teste:

Com relação a propagação (que havia apenas uma questão) 65% dos alunos responderam corretamente, sendo o erro mais frequente na questão, por 20% dos estudantes, confundir frequência com amplitude. Com relação à velocidade das ondas sonoras (havia 2 questões), uma relacionava duas ondas sonoras com diferentes frequências e a mesma amplitude no ar, onde 46% dos alunos afirmaram

² Levantamento Conceitual de Ondas Mecânicas (MWCS), apresentado por Arayathanitkul *et al* (2009), sendo, conforme Barniol e Zavala (2016) o teste mais importante até o momento que busca avaliar a compreensão de 4 tópicos: propagação, superposição, reflexão e ondas estacionárias.

que a onda com maior frequência é mais rápida, associando a equação $V=\lambda.f$ e não relacionaram a velocidade com o meio. Em outra questão compararam a velocidade de duas ondas sonoras no ar com diferentes amplitudes, mas com mesma frequência e novamente relacionaram a equação $V=\lambda.f$, onde 41% acreditavam que a velocidade era a mesma por ambas terem a mesma frequência.

Com relação à velocidade de ondas nas cordas, o erro mais comum, para 34% dos alunos foi associar que mover a corda mais rapidamente, produzirá um pulso mais rápido, possivelmente associado novamente a equação $V=\lambda.f$. Analisando questões referentes ao deslocamento no meio por ondas sonoras foram retratadas em 3 questões. Uma delas solicitava aos estudantes descreverem o movimento de uma partícula perturbada por uma onda sonora na frente de um alto falante, onde 40% dos alunos acharam que a partícula se afastaria do alto falante e 19% entendiam que a partícula iria oscilar transversalmente, contudo 40% responderam corretamente que a partícula iria oscilar longitudinalmente de um lado para o outro.

A superposição construtiva e destrutiva também foi analisada. Com relação à superposição construtiva havia duas questões.

Em uma delas 27% dos estudantes escolheram um esboço que não ocorria superposição, exceto os picos dos pulsos sobrepostos. Na outra questão o erro mais comum foi entender que ao colidirem as ondas ficavam menores, perdendo energia. No que se refere à superposição destrutiva uma questão tratava sobre a superposição destrutiva no momento da sobreposição, onde 50% dos alunos acertaram, escolhendo o esboço que demonstrava a adição do deslocamento a cada pulso de onde, ponto a ponto, e o erro mais comum (20%) foi optar por uma onda com a forma aproximadamente correta, mas que não tinha a precisão necessária para ser considerada correta. Outra questão buscava analisar o entendimento dos alunos com relação ao movimento após a sobreposição, onde 69% responderam corretamente escolhendo a opção que mostrava as ondas passando uma pela outra e mantendo a sua forma. O erro mais comum foi escolher a opção que demonstrava uma perda de energia, mostrando ondas menores.

Quatro questões do teste eram referentes à reflexão de ondas em cordas. Com relação à reflexão em uma corda com extremidades fixas as questões

avaliaram o entendimento de um pulso assimétrico em uma corda movendo-se para a direita em direção a extremidade fixa, onde 20% dos alunos escolheram a opção errada que representava um pulso refletido corretamente, mas sem a inversão vertical.

As questões referentes à reflexão em uma corda de extremidade livre traz um pulso em uma corda movendo-se até encontrar o obstáculo e 15% dos estudantes selecionaram a opção que mostrava o pulso refletido de forma correta, mas sem a inversão vertical.

Com relação às ondas estacionárias, uma das questões buscava analisar se os alunos entendiam que ao aumentar a frequência em uma sequência fará com que o comprimento de onda da nova onda estacionária diminua e 58% responderam corretamente. A segunda questão de onda estacionária solicitava que o aluno relaciona-se o aumento da tensão da corda com um aumento no comprimento de onda da nova onda estacionária e 26% responderam corretamente e 16% escolheram a opção que o comprimento de onda diminuiria, mas escolheram a justificativa correta, que a medida que a tensão aumente a velocidade da onda aumenta. A terceira questão desse tópico avalia se os estudantes entendem que ao aumentar a densidade de uma corda produzirá uma diminuição no comprimento de onda da nova onda estacionária sendo que o erro mais comum, 20%, foi responder que o comprimento de onda aumentará, justificando que à medida que a corda se torna mais pesada, a velocidade de onda diminui, o que está correto.

No que diz respeito às ondas estacionárias em tubos, foi o subtópico em que os alunos apresentaram maior dificuldade, e os autores acreditam que está relacionada com o comprimento de onda dos harmônicos em tubos abertos e fechados. Apresentaram dificuldades na compreensão da forma do comprimento de onda, em comparar os comprimentos de onda do mesmo harmônico no mesmo tubo (aberto e fechado), e no entendimento de como ocorria a mudança do comprimento da onda.

Os autores destacam que os estudantes que estão na mediana tiveram dificuldades de responder 13 das 22 questões do teste, mostrando a necessidade de modificar a instrução para aumentar a compreensão conceitual, pois o teste

apresenta conceitos que os estudantes já deveriam ter internalizado. Enfatizam que o artigo apresenta uma visão geral das dificuldades apresentadas por estudantes e das concepções inadequadas, que professores de Física deveriam levar em consideração, oferecendo diretrizes para a criação de novos materiais,

4 MÉTODOS ATIVOS

Os métodos ativos de aprendizagem têm como prioridade fazer com que o estudante seja o protagonista, tendo autonomia durante o processo de sua aprendizagem. Em nossa sequência didática faremos o uso de duas metodologias: o *Just-in-Time Teaching* e o *Peer Instruction*

4.1 *Just-in-Time Teaching (JiTT)*

O Ensino sob Medida (Just in Time Teaching) é uma metodologia proposta por Gregor Novak (NOVAK *et al.*, 1999) com o objetivo de ensinar a física para alunos inseguros no estudo da disciplina ou pouco interessados, que permite ao professor conhecer as dificuldades dos seus alunos. Sua maior contribuição é oportunizar ao professor um planejamento sabendo o conhecimento prévio e as maiores dificuldades encontradas pelos discentes, referida pelas respostas apresentadas nas atividades de leituras prévias que antecedem as aulas presenciais/regulares, fazendo com que o aluno se comprometa em preparar-se para a aula (ARAUJO; MAZUR, 2013).

... vem se mostrando uma excelente opção para levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos na elaboração de aulas que enderecem dificuldades específicas da turma para a qual se destina. Além disso, esse método tem se mostrado efetivo para formar o hábito de estudo antes das aulas, por parte dos alunos (ARAUJO; MAZUR 2013, p. 364)

O JiTT é composto basicamente por 3 etapas:

a) Tarefas de Leitura (TL) sobre os conteúdos a serem abordados em aula

Nessa etapa, conhecida como *WarmUp exercise*, ou seja, “exercício de aquecimento”, o professor apresenta uma tarefa de leitura para ser realizada em casa de modo a preparar o educando de forma prévia. Araujo e Mazur (2013, p. 371) recomendam que “o texto indicado para a leitura deve, na medida do possível,

relacionar os tópicos em estudo com atividades de potencial interesse do aluno e/ou que façam parte do seu dia a dia”. Segundo Crouch *et al.* (2007) aprender através da leitura é uma habilidade crucial que obviamente deve ser praticada.

Esse material pode ser composto por um artigo curto, capítulo de livro ou material próprio desenvolvido pelo professor (ARAUJO; MAZUR, 2013). Este pode conter links de textos, vídeos, simuladores etc. Junto com o material, são apresentados exercícios (puzzles), que devem ser resolvidos de forma eletronicamente (*Google for education, moodle, socrative*), correspondendo aos conceitos estudados na TL, fazendo com que o estudante pense criticamente lendo e compreendendo o texto, respondendo-as de forma breve (NOVAK; MIDDENDORF, 2004). Araujo e Mazur (2013) destacam que o professor precisa determinar o prazo de entrega das atividades, de forma que ele consiga analisar as respostas da TL para posteriormente preparar sua aula com tempo hábil. As questões devem ser avaliadas levando em conta todo o seu desenvolvimento, o esforço empregado para deixá-la coerente e não somente se está certa ou errada.

b) Discussões em sala de aula sobre as TL

Com as respostas realizadas na TL pelos alunos, o professor já tem material para elaborar suas aulas sob medida. Araujo e Mazur (2013, p. 371-372) salientam a importância do professor ter esses dados:

Esse feedback permite que o docente prepare explicações e escolha atividades de ensino aprendizagem que possam auxiliar o entendimento dos conteúdos e a superação das principais dificuldades apresentadas pelos alunos. Em sala de aula, o professor reapresenta as questões da TL e transcreve algumas das respostas dos alunos, escolhidas cuidadosamente pelo seu potencial de servir como “estopim” para a discussão em classe. Para evitar constrangimentos, o autor não deve ser identificado e tampouco pode haver qualquer comentário ou tom jocoso.

Vygotsky (2003) enfatiza que o caráter sociocultural do ensino e da aprendizagem torna-se presente na mediação, onde o estudante depende necessariamente de outros sujeitos, como colegas e professores principalmente.

Formica, Easley e Sprecker (2010), salientam que os autores das questões escolhidas para serem colocadas em debate costumam ser mais participativos nas discussões.

Para o debate o professor precisa estar preparado, alinhado com argumentos, com concepções alternativas envolvendo os conceitos estudados até o momento, para fim de expor porque certa argumentação não se sustenta. Estando preparado previamente o professor pode ter como aporte vídeos de curta duração, demonstrações experimentais, simulações computacionais, etc. para auxiliar sua explicação (ARAUJO; MAZUR, 2013).

c) Atividades em grupo envolvendo os conceitos trabalhados nas Tarefas de Leitura e na discussão em aula

As exposições orais não devem ser prolongadas, sua duração gira em torno de 10 minutos, intercalando com demais atividades individuais ou em grupos, como trabalhos em laboratórios (experimentais), exercícios de fixação, discussões em aula. Essa variação de atividades tem como objetivo fazer com que o aluno recupere sua capacidade de atenção, de concentração, melhorando sua eficácia de reter informações discutidas e armazená-las. (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Após as atividades descritas anteriormente, os alunos responderão novas questões³, conceituais referentes ao assunto trabalhado em aula, sendo avaliada a sua capacidade de relacionar o estudado com a nova situação.

Novak e Middendorf (2004) salientam que o docente deve saber como desfrutar do tempo restante em sala de aula, levando em conta fatores como característica da turma, estrutura da escola e a personalidade dos estudantes e do professor.

³ Essas questões são chamadas de Puzzles, segundo Mazur.

4.2 Peer Instruction

O Peer Instruction (PI), traduzido para o português como instrução pelos pares, é também conhecido como Instrução pelos Colegas (IpC), tendo em vista que muitos confundem a tradução de pares, entendendo por duplas, é considerado um método interativo de ensino.. Foi desenvolvido no início dos anos de 1990, por um professor do Departamento de Física da Universidade de Harvard (EUA), chamado Erick Mazur

Essa metodologia visa potencializar as inter-relações entre os alunos e do professor com os alunos, visando o rompimento das explicações de conceitos de forma expositiva, tradicional. Em 1984 Mazur começou lecionar Física na Universidade de Harvard, para os cursos de Engenharia e Medicina, tentando ensinar os alunos com eficiência. Acreditava estar atingindo seus objetivos, tendo em vista o desempenho de suas turmas nos testes e avaliações (MAZUR, 1997). Em sua obra de 1997, Mazur relata que ao ler em um artigo sobre educação que os alunos aprendem muito pouco do que lhes é ensinado, ficando perplexo. Desconfiado e curioso em saber se os resultados alcançados por seus alunos nas avaliações fazia com que os mesmos tivessem aprendido adequadamente, averiguando, observou que suas aulas empolgantes e expositivas, não fazia com que seus alunos obtivessem um ganho conceitual, não aprendendo o que ele ensinava.

Buscou explorar em sala atividades de aprendizagem ativa visando potencializar sua prática, aumentando a inter-relação em sala de aula. Para Araújo e Mazur (2013 p 364):

O PI busca promover a aprendizagem com foco no questionamento para que os alunos passem mais tempo em classe pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor.

A metodologia em questão faz com que o aluno torne-se sujeito de sua aprendizagem. Müller (2013 p. 20) salienta que “o método [PI] tem por finalidade, além de auxiliar os estudantes a assumir a responsabilidade por sua aprendizagem,

investigar as dificuldades prévias dos alunos, por meio de atividades realizadas anteriormente ao episódio de ensino.”

4.2.1 Funcionamento do *Peer Instruction*

Nessa metodologia, inicia-se a aula com uma explanação do professor, cerca de 20 minutos, estruturando os conhecimentos centrais. Após esse período, é lançado para a turma um problema conceitual, de múltipla escolha, relacionado aos conhecimentos estudados, chamada de Teste Conceitual (TC), onde os alunos devem pensar por cerca de 2 minutos, formando um raciocínio, para, se necessário discutir com os pares. (ARAÚJO et al., 2013)

Após alguns minutos pensando sobre a questão, é realizada a votação da resposta correta. de forma individual, utilizando algum sistema de votação, sendo por meio eletrônico (*Plickers*) ou através de *flashcards* (cartões de respostas)

Nesse momento, cabe ao professor verificar as respostas, tabulá-las e, de acordo com Araújo e Mazur (2013):

- Se for observado que menos de 30% dos alunos acertaram o teste conceitual, é um indicativo que o conceito envolvido na questão não foi assimilado pela maioria, fazendo com que o professor aborde o conceito novamente de uma forma diferente da explicada anteriormente (ARAÚJO et al 2015). Deve-se posteriormente aplicar um novo TC, do mesmo conteúdo, e analisar a porcentagem de acertos.
- Caso a frequência de acertos estiver entre 30% e 70%, são formados grupos de no máximo 5 integrantes, para discutirem entre si a possível resposta certa do TC, durante 2-4 minutos (Araújo et al 2017). Os integrantes do grupo, devem, de preferência, terem escolhido respostas diferentes no TC, produzindo assim, uma maior discussão, argumentação sobre o conceito abordado, levando-os a encontrar a resposta correta (ARAÚJO; MAZUR, 2013).

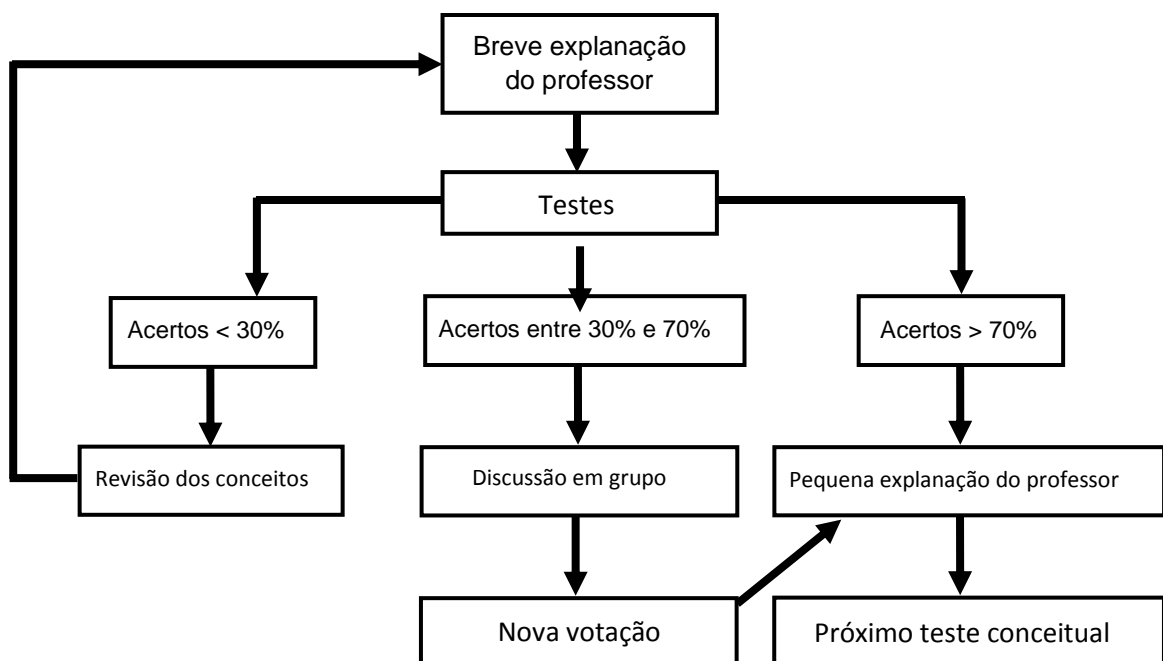
Durante esse debate, os argumentos do/dos alunos que acertam devem sobressair à falta de base das ideias apresentadas pelos estudantes que escolheram uma das alternativas erradas. Araújo *et al*, (2015, p. 183) destacam

Basicamente, cada aluno tem como missão usar seus próprios argumentos para tentar convencer um colega, que preferencialmente tenha escolhido uma alternativa diferente como resposta, da razão para que determinada alternativa seja a correta e porque as demais não o são. Cria-se com isso, entre os alunos, um ambiente de amplo debate e discussões a respeito dos conceitos físicos presentes na questão analisada, levando a uma melhor compreensão dos conceitos.

Após a discussão feita pelos pares vota-se novamente a questão. A partir das respostas obtidas nessa última votação, caso não satisfatória, o professor pode solicitar a votação de uma nova questão sobre o mesmo tópico. Se for satisfatória a resposta da nova votação, pode-se reiniciar o ciclo (ARAÚJO *et al*, 2015).

• Se mais de 70% dos estudantes acertarem o TC, poderá ser informada a alternativa correta pelo professor, ofertando uma pequena explicação das demais alternativas (ARAÚJO *et al*, 2015). Cabe ao professor optar em realizar outro Teste Conceitual, ou dar sequência a aula, iniciando o próximo conceito, baseando-se na Figura 3.

Figura 3- Fluxograma da aula com a metodologia *Peer Instruction*

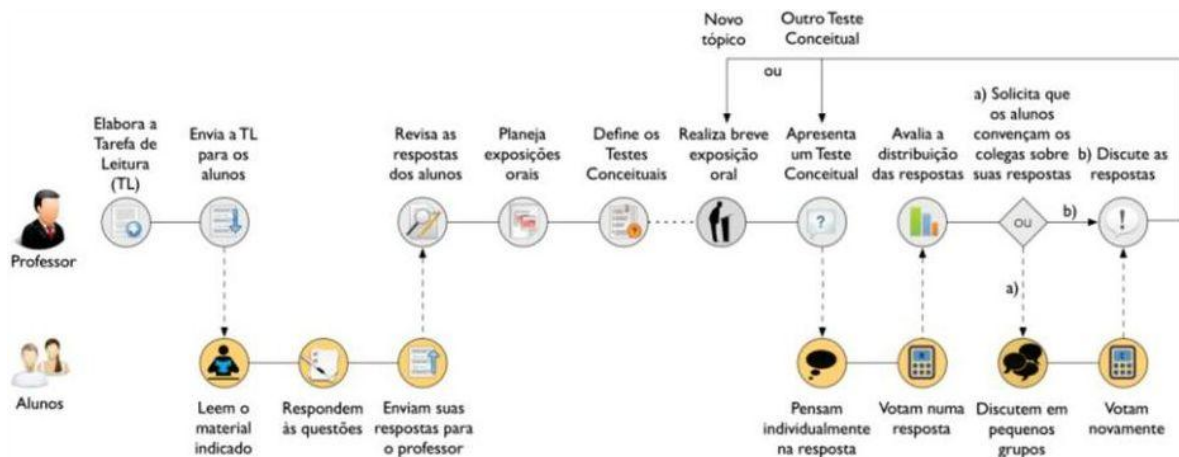


4.3 Relacionando *JiTT* e *PI*

Estudos vêm demonstrando que integrar as metodologias Just-in-Time Teaching e *Peer Instruction* tem-se resultados mais expressivos para a aprendizagem. O PI tem papel importante promovendo interações e discussões nas aulas, contudo se faz necessário que os estudantes tenham um mínimo de conhecimento sobre o assunto estudado. Esse é o papel do JiTT, fornecer material, conteúdos previamente as aulas (OLIVEIRA; VEIT; ARAÚJO, 2015).

Para que ocorra a utilização conjunta das duas metodologias, Araujo e Mazur (2013) propõe a seguinte linha do tempo conforme a Figura 4.

Figura 4 – Sequência integradora das metodologias JiTT e PI.



Fonte: Araujo e Mazur (2013, p. 374) apud Müller (2013)

Primeiramente deve ser elaborada ou selecionada a Tarefa de Leitura, que poderá ser um texto, um capítulo de livro, uma simulação ou mesmo um vídeo. Caso opte por desenvolver sua própria tarefa a mesma poderá ter a integração de mais de um elemento citado anteriormente. Posteriormente a TL é enviada para os alunos e os mesmos deverão responder de dois a três testes conceituais, enviando as respostas para o professor. Salientamos que as respostas precisam ser entregues com tempo hábil para que o professor possa analisá-las e montar a aula sobre o assunto e os Testes Conceituais. No decorrer da aula os alunos respondem (votam) os Testes Conceituais, geralmente apresentados em um projetor multimídia. De

acordo com o percentual de acerto, o professor dará o andamento da aula conforme a Figura 3,

Utilizando do JiTT e PI, Silva *et al.* (2014), abordou tópico Energia em uma turma do ensino fundamental (9º ano). Sienta que durante a discussão entre os pares ocorreu um aumento no número de alunos que acertaram o problema. Enfatizam que o uso conjunto das metodologias faz com que os estudantes tenham contato com tópicos de Física fora do ambiente escolar, oferecendo subsídios para que o professor consiga elaborar um plano de aula sob medida e promove a problematização em sala de aula.

Uma pesquisa comparando os resultados de duas turmas, onde as metodologias combinadas, JiTT e PI foram aplicadas em uma turma e na outra utilizou-se do ensino tradicional foi realizado por Oliveira, Veit e Araújo (2015). Os autores afirmam que as tarefas de leitura (TL) desempenharam o papel de dar uma melhor compreensão ao aluno sobre o assunto a ser discutido em aula, e que muitos estudantes demonstraram motivação para participar das atividades durante a aula, pois possuíam um certo conhecimento prévio. Aplicação de pré-testes e pós-testes, para todas as turmas, evidenciou que a turma que desenvolveu o conteúdo utilizando as metodologias PI e JiTT, obtiveram resultados conceituais, superiores a turma que teve aula de forma tradicional. Então, pode-se dizer que a turma que utilizou a combinação das metodologias ativas obteve resultado superior a turma que utilizou o ensino tradicional, que a colaboração entre os pares e a participação mais efetiva nas discussões foi essencial para a obtenção de maiores significados.

Santos (2016), aplicou uma sequência didática utilizando as metodologias JiTT e PI, em duas turmas do 2º ano do Ensino Médio, em uma escola da rede privada da cidade de Joaçaba em Santa Catarina. No total participaram 61 alunos, de duas turmas, por 21 encontros de 50 minutos cada, sendo o conteúdo abordado o de Ondas, numa perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

Os alunos receberam uma tarefa de leitura por semana. Além da aplicação da metodologia PI durante a maioria das aulas, também ocorreu a montagem de um espectrômetro, debates e também a resolução de problemas quantitativos. Para a verificação da aprendizagem a autora utilizou dos Testes Conceituais, problemas

quantitativos, um minirrelatório sobre o experimento e os argumentos durante o debate.

As TL foram entregues em cópias físicas, e foram disponibilizadas no formato pdf, nos grupos das turmas nas redes sociais. A votação dos Testes Conceituais ocorreu através do aplicativo *Plickers* que utiliza a câmera do celular para fazer à leitura a distância de uma figura, como se fosse um *Qr code*. Também foi realizado um questionário para saber a opinião dos estudantes com relação a aplicação da sequência didática.

A autora destaca que em 41% dos Testes Conceituais foi necessário reunir os alunos em pares e fazer uma segunda votação. Observa-se nos resultados que o percentual obtido na segunda votação foi sempre igual ou superior ao da primeira votação.

No questionário respondido pelos estudantes, destaca-se que: 86,5% dos alunos preferem as metodologias apresentadas na sequência didática do que as aulas que estavam acostumados a terem; 94,2% consideraram o método de votação *Plickers* como bom ou ótimo e 96,2% dos estudantes entendem que aprenderam bem ou muito bem com essa metodologia.

Oliveira (2012) utilizou dos métodos integrados PI e JiTT durante as aulas de Física no ensino médio, em uma turma composta por 30 alunos, onde foi estudado tópicos de eletromagnetismo, durante doze encontros de uma hora e trinta minutos cada. A aplicação da metodologia ocorreu no Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul), e foi apresentado os resultados em sua dissertação. O trabalho mostrou-se viável em ser aplicado em uma turma do ensino médio com a integração das duas metodologias em questão, onde o professor obteve *feedback* em tempo útil, propiciou a colaboração entre os estudantes e as tarefas de leituras prévias se mostraram um facilitador na aprendizagem. Em uma aula utilizou o *clickers*⁴ para fazer a votação dos testes conceituais e nas outras aulas utilizou de cartões de resposta, o que se mostrou eficaz também. No entanto, a grande maioria dos estudantes preferiu realizar a votação através do dispositivo *clickers*. Ocorreram 3 aulas para a realização de problemas numéricos, onde os estudantes trabalharam

⁴ Sistema de votação, sem fio que basta um *click* para escolher a opção desejada.

em grupos e podiam contar com o auxílio do professor. Os estudantes se mostraram motivados e a metodologia foi muito bem aceita, sendo valorizada, por parte dos mesmos a aprendizagem colaborativa, ficando evidenciado no questionário de avaliação. Alguns solicitaram mais aulas de resolução de problemas, mas através desse método mais interativo. Fica evidenciado o quanto a mudança de metodologia de ensino agradou os alunos, pois demonstraram-se mais motivados e participativos.

Oliveira (2012) explana que professores que desejarem experimentar a utilização desses dois métodos integrados, não necessitam, em um primeiro momento, desenvolver as tarefas de leitura, pois podem procurar material já produzido, como, por exemplo, o que ele utilizou, e posteriormente ir produzindo seu próprio material. Enfatiza que para a realização dos métodos é necessário uma maior dedicação do professor, pois precisa criar/selecionar o material referente a TL, coletar os dados produzidos pelas mesmas e preparar a aula referente ao assunto, e selecionar/produzir os testes conceituais de acordo com os problemas apresentado na TL.

Müller *et al.* (2012), relata que por 2 meses observou aulas, em uma escola da rede pública federal de Porto Alegre/RS, em uma turma do terceiro ano do ensino médio, composta por 34 alunos sem ser aplicada a metodologia PI, e após, pelo mesmo período de tempo, aplicou a metodologia PI, no conteúdo sobre Eletromagnetismo. Utilizou como ferramenta de votação os formulários do Google (*Google Forms*), que é uma ferramenta gratuita, na qual os alunos acessaram pelos computadores do projeto UCA – Um Computador por Aluno.

Com relação aos resultados, os autores utilizaram três bases: a receptividade dos alunos ao PI e ao uso dos computadores do projeto UCA, recepção, se a discussão entre os colegas converge a resposta correta, e a viabilidade do emprego dos UCAs no método de votação dos testes conceituais.

Destacam que os alunos interagiram muito bem com o PI, tendo avaliado a metodologia como melhor ou muito melhor que uma aula utilizando a metodologia tradicional. Outro ponto destacado, como fator positivo, foi com relação aos testes, que são realizados logo após a explicação do professor, e a interação entre os

pares, além de compreender que a metodologia aplicada os deixava mais atentos a aula, e que a mesma ficava mais interessante.

Quando as respostas conferidas nas questões conceituais postas em votação, não estavam corretas, os estudantes que as responderam, na maioria das vezes, foram convencidos pelos pares que escolheram a alternativa correta a mudarem sua alternativa na segunda votação, aumentando, então, o índice de acertos. Os autores destacam que quando ocorreu uma segunda votação, não houve um aumento na porcentagem de respostas incorretas, com relação a primeira votação. Os resultados apresentados por Müller *et al.* (2012) ratificam os resultados na literatura.

5 METODOLOGIA

5.1 Contexto de aplicação da metodologia

A sequência didática elaborada foi aplicada no Colégio Sinodal Tiradentes, um colégio pertencente à rede privada na cidade de Campo Bom no Rio Grande do Sul. O colégio é da Rede Sinodal de Ensino, e no ano de 2018 a escola completou 190 anos de existência, de forma ininterrupta. A instituição atende cerca de 280 alunos, desde a Educação Infantil até o terceiro ano do Ensino Médio. A maioria dos alunos da escola são da cidade, sendo que o nível socioeconômico é variado, tendo alunos bolsistas integrais e bolsistas parciais, mas a maioria médio e alto. Há muito envolvimento artístico e esportivos fomentado pela escola, com aulas de teatro, música, dança e treinamentos esportivos. A instituição apresenta uma turma por cada ano, sendo do sexto ano do Ensino Fundamental ao terceiro ano do Ensino Médio na parte da manhã. Possui uma sala de artes, biblioteca, laboratório de Química, uma sala com 5 computadores e duas quadras esportivas, sendo uma coberta. Não se tem problemas graves de indisciplina, sendo o ambiente tranquilo e de ótima convivência. Todas as salas possuem um computador na mesa do professor, sendo que em duas salas têm televisores, e, três projetores estão a disposição dos professores.

A turma do segundo ano do Ensino Médio, na qual foi aplicada a sequência didática, é composta por 32 alunos, sendo que sete alunos são novos na escola e um é repetente. A turma se caracteriza por ser agitada, perdendo facilmente o foco e se dispersando por qualquer motivo.

Cada aula tem a duração de 50 minutos, sendo semanalmente três aulas de física, duas aulas nos dois primeiros períodos de segunda-feira e uma no quinto período de quinta-feira.

5.2 Cronograma da Proposta de Aplicação do Produto Educacional

Aula	Duração da aula	Conceitos abordados	Metodologia
1	50 min	Apresentação da proposta e pré-teste.	
2	50 min	- Onda; - Onda mecânica; - Onda eletromagnética - Ondas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais.	JiTT ⁵ (TL 1) e PI ⁶
3	50 min	- Onda longitudinal - Onda transversal	JiTT (TL 2) e PI
4	100 min	- Elongação; - Amplitude; - Comprimento de onda; - Período e frequência; - Equação fundamental da ondulatória.	JiTT (TL 3) e PI
5	50 min	- Reflexão de pulsos em cordas; - Refração de pulsos em cordas. - Velocidade de pulsos	JiTT (TL 4) e PI
6	50 min	Mapas Conceituais (apresentação de como elaborar) e apresentação de Mapas Conceituais já elaborados	
7	100 min	Desenvolvimento do Mapa Conceitual	
8	50 min	Discussão sobre os Mapas Conceituais desenvolvidos	
9	100 min	- Reflexão - Refração - Difração	JiTT (TL 5) e PI
10	50 min	- Interferência; - Interferência construtiva;	JiTT (TL 6) e PI

⁵ *Just-in-Time Teaching*

⁶ *Peer Instruction*

		<ul style="list-style-type: none"> - Interferência destrutiva; - Onda estacionária; - Ressonância 	
11	100 min	<ul style="list-style-type: none"> - Som audível (Infrassom e ultrassom); - Altura; - Intensidade; - Timbre - Efeito Doppler 	JiTT (TL 7) e PI
12	50 min	Pós-teste, debate sobre as respostas e orientações sobre o questionário de opinião.	

5.3 Planejando as aulas

Os métodos *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction* aplicados em conjunto estão demonstrando resultados positivos no ensino de Física, mas devido a realidade do nosso ensino ajustes são necessários para a aplicação. No que diz respeito à construção conceitual da física, isto é, à proposta para a evolução conceitual e a análise qualitativa das aprendizagens, identificando as adequações ou inadequações destes conhecimentos, esta promoção e análise ocorrerá dos debates e discussões com o professor e entre alunos, durante e após as tarefas de ensino propostas (leituras, vídeos, problematizações, pré e pós testes, mapas conceituais).

Para as Tarefas de Leitura, usou-se como critério que os alunos tivessem o mínimo de dois dias antes de cada aula para a realização da atividade do JiTT, optando-se por uma tarefa de leitura para cada dia de aula, ou seja, uma tarefa de leitura para as duas aulas de segunda-feira e outra tarefa de leitura para a aula de quinta-feira. As Tarefas de Leitura, além de conter texto, algumas possuíam *links*, que direcionavam a um vídeo ou a um texto como forma de auxiliar a compreensão de algum conceito. As TLs ainda continham um *link* que direcionava a um formulário do *Google Forms* na qual havia de dois a três Testes Conceituais dissertativos, a

serem respondidos, pois nesse momento buscamos compreender as necessidades que nos levariam ao planejamento do PI.

O cronograma foi alterado conforme a necessidade, pois priorizou-se dar sentido aos conceitos estudados, a problematização em aula, as situações que fossem surgindo durante a aplicação, do que o engessamento de um cronograma.

Para o preparo das aulas com o PI, nos preocupamos em trabalhar as dúvidas principais que surgiram na aplicação do questionário que estava inserido na TL, para dar sentido a uma aprendizagem significativa, para que a proposta introduzida com JiTT fosse realmente uma integração de duas metodologias, pois não faria sentido solicitar a resolução de testes conceituais, se o que foi respondido na Tarefa de Leitura não fosse levado em consideração. A explanação feita pelo professor no início de cada aula era planejada conforme a necessidade exposta no questionário, sendo que em algumas aulas necessitou utilizar simuladores on-line disponíveis pelo *Phet*. Os Testes Conceituais realizados no PI foram selecionados ou criados de acordo com os problemas apresentados nas respostas do questionário aplicado durante o JiTT, para conseguirmos dar sequência a uma aprendizagem significativa.

A identificação da aprendizagem na proposta de ensino foi qualitativa, levando em conta a participação no debate em aula, através da construção de um Mapa Conceitual, para que tivéssemos indicadores de factibilidade de nossa proposta de ensino perante os estudantes, e também um Questionário de Opinião para compreendermos a aceitação da metodologia, além de sugestões e críticas.

O mérito foi observar se houve uma aprendizagem significativa, observando a qualidade das respostas, a identificação das concepções prévias e a evolução das aprendizagens considerando estas concepções e os conceitos científicos escolares durante a aplicação da sequência didática com relação às explicações e as conclusões as quais os estudantes chegavam durante as aulas, suas respostas nas TL e o mapa conceitual que cada sujeito realizou individualmente.

O ensino atual de Física na Educação Básica carece por novas metodologias que estimulem o aluno a ser protagonista de sua aprendizagem, estimulando o envolvimento cognitivo e emocional. Esperasse então, poder contribuir de alguma

forma com nossa sequência didática, trazendo resultados dessa combinação de metodologias ativas, para o ambiente acadêmico quanto para conhecimento de professores, fomentando as discussões relevantes a possíveis mudanças no ensino de Física.

5.4 O desenvolvimento do material

Os materiais aqui apresentados foram desenvolvidos para a utilização nesta sequência didática. As Tarefas de Leituras, os Testes Conceituais utilizados durante o PI e um Questionário de Opinião, serão reunidos em forma de um Produto Educacional e divulgado..

5.4.1 Tarefas de Leitura (TL)

As Tarefas de Leituras (Apêndice A) são praticamente na forma de texto, contendo imagens e às vezes um link que direciona a um vídeo ou para um texto mais específico, composta todas por duas ou três questões de caráter dissertativo, na qual o estudante consiga responder depois do estudo do material proposto. Em uma TL temos uma questão objetiva. Tem como objetivo servir de organizador prévio no momento da leitura, e após, na coleta das respostas, buscar identificar os *subsunçores* dos estudantes, para poder preparar a aula nas dificuldades específicas que surgiram nesta turma. As TL foram entregues aos alunos de forma digital, facilitando o acesso aos *links*, por meio do portal da escola, em formato pdf, e por sugestão dos mesmos, foi criado um grupo no *WhatsApp*, que também servia para o envio da tarefa e para lembrá-los do prazo de entrega. As TL que seriam utilizadas para o planejamento da aula de segunda-feira era enviada na quinta-feira à tarde e eles tinham até às 18h de sábado para responderem e as referente à aula de quinta-feira, os estudantes recebiam na segunda-feira à tarde com prazo de quarta-feira às 18h.

As TL fazem com que o aluno se torne mais ativo dentro do seu processo de aprendizagem, buscando compreender os assuntos antes da aula, resolvendo as atividades propostas, para de certa forma validar sua leitura perante o professor, e também sinalizar as dificuldades encontradas. As respostas não serão avaliadas com uma “nota” e sim como forma de participação, analisando a coerência da resposta com a pergunta solicitada, valorizando as dúvidas que vierem a surgir para estimular a leitura das demais TL.

As questões referentes a cada tarefa de leitura foram inseridas dentro de um Formulário do Google (*Google Forms*), ferramenta gratuita, que organiza as respostas na forma de uma tabela, salvando um relatório dentro do *Google Drive*. Também tem a opção de desativar o questionário, de forma manual, fazendo com que o prazo estipulado seja cumprido. Para ter acesso a essa plataforma é necessário possuir uma conta que trabalhe vinculada ao *Google*.

Fizemos a opção de envio das TL de forma digital, pois todos os estudantes que participaram da sequência didática tinham acesso a internet, contudo pode-se realizar as tarefas de leitura e o questionário referente a TL em meio físico, entregando direto ao estudante e marcando a data de devolução com tempo hábil para análise. As TLs referentes à sequência didática estão disponíveis no Apêndice A.

5.4.2 Testes Conceituais (TC)

Durante a aplicação do PI, certo tempo deve ser proporcionado para que ocorra a discussão entre os pares. Levando-se em conta a duração da aula, e algum atraso por causa de recados da coordenação ou outra situação que demanda-se tempo, estipulou-se utilizar no máximo três TC por aula, mas, se julgar necessário um maior número de TC por consequência da dificuldade encontrada pelos estudantes em certo conceito contido na TL, poderíamos continuar a discussão e ampliar o número de TC para a próxima aula.

As questões referentes aos TC foram adaptadas de vestibular, livros, quase sempre necessitando de uma adaptação no texto ou nas alternativas, uma vez que o método de votação só aceita alternativas A, B, C e D. Também criamos alguns TC.

Mazur (1997) destaca que um teste conceitual adequado deve abordar somente um conceito, não podendo ser respondido por simples memorização, substituição em fórmulas, possuir um nível de dificuldade intermediário, alternativas adequadas, e não conter ambiguidades.

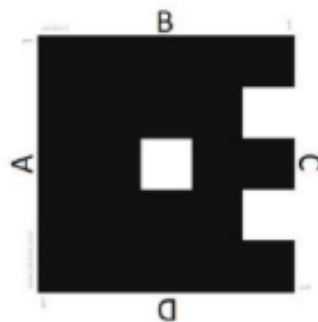
Destacamos que os estudantes não devem conversar antes da primeira votação dos Testes Conceituais, informado na primeira aula da implementação da sequência didática, e lembrado nas demais. Para a votação utilizamos o *Plickers* um aplicativo gratuito, que utiliza da câmera do celular para fazer a leitura através de cartões codificados, que são “lidos” à distância, fornecendo em tempo real, na tela do *smarthfone* ou *tablet*, o percentual de acerto da turma, os alunos que acertaram a resposta correta e o número de votos que cada alternativa recebeu.

Os Testes Conceituais utilizados em cada aula, durante a aplicação da metodologia PI estão transcritos nos Relatos de Aula.

5.5 O método de votação: *Plickers*

O *Plickers* é uma ferramenta gratuita disponível para dispositivos móveis e também no formato web, que permite ao professor coletar respostas através de um escaneamento de cartões de respostas (Figura 5), realizado pela câmera do celular, acompanhando em tempo real o desempenho da turma durante a votação do TC. O aplicativo armazena os dados, gerando um gráfico de barras do número de alunos que optaram por cada uma das quatro alternativas, e mostra o percentual de alunos que acertaram a questão.

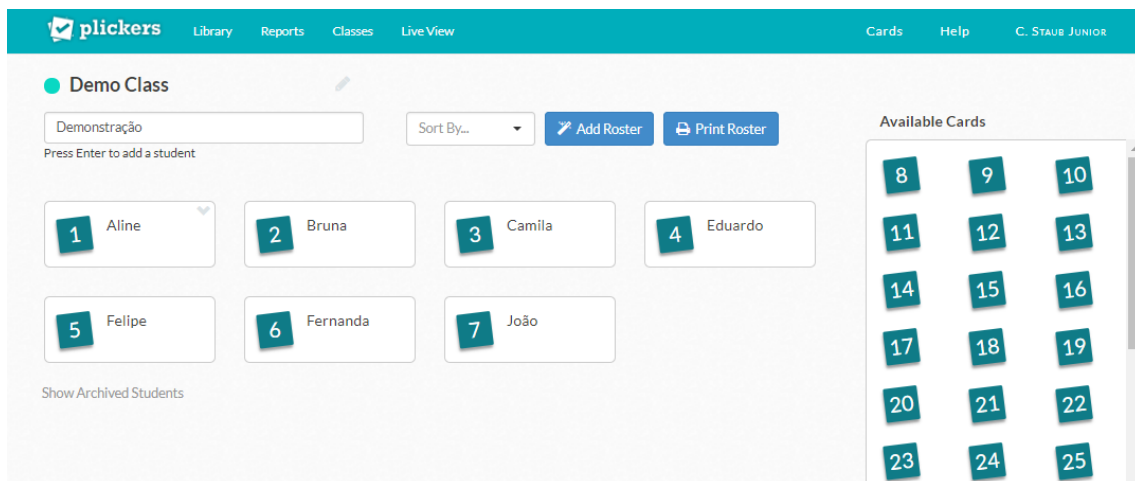
Figura 5 – Modelo de cartão de respostas em tamanho reduzido



Fonte: www.plickers.com

Para que se possa usufruir dessa ferramenta, faz-se necessário cadastrar-se no site do aplicativo (www.plickers.com), semelhante a um cadastro de *e-mail*. Com o cadastro finalizado, é hora de cadastrar a turma na qual a votação será realizada. Com a turma cadastrada, inicia-se o registro de cada aluno, pois cada cartão de respostas possui uma numeração contínua, e uma vez cadastrado, o aluno precisará usar sempre o cartão de mesmo número. Na Figura 6 observa-se, por exemplo, o estudante 1 cadastrado para a Aline, então, em todas as votações a Aline precisará ficar com o cartão de número 1.

Figura 6 – Modelo de turma cadastrada (Demonstração) com sete alunos cadastrados nessa turma



Fonte: o Autor (extraído da página do Plickers)

No ícone *Library* é onde ficarão armazenadas as questões a serem aplicadas e encontraremos o ícone *new question*, onde será digitada uma nova questão. As questões realizadas no PI contém 4 alternativas (A, B, C, D), que é o máximo que o aplicativo disponibiliza.

Posteriormente necessita-se que o aplicativo seja “baixado” no celular acessando a página *Google Play (Android)* ou *AppStore (iOS)*. Os cartões a serem lidos, são facilmente encontrados na opção *Cards*, localizada na parte superior da página do *Plickers*, onde pode-se escolher a quantidade de cartões e o formato, salvando-os, posteriormente em *pdf* ou imprimi-los diretamente

Durante a votação, o aluno posiciona a letra correspondente à alternativa escolhida voltada para cima, segurando o cartão de respostas bem esticado e de

uma forma que seus dedos não toquem a figura impressa no mesmo. Com a câmera do celular o professor consegue fazer a leitura dos cartões sem necessitar que se aproxime dos mesmos, conforme a Figura 7.

Figura 7 – Leitura dos cartões de respostas



Fonte: página do Plickers

Na tela do aparelho que está sendo feita a leitura dos cartões o professor consegue averiguar se já foi registrado o voto de determinado aluno, se ele acertou ou errou a questão. Na Figura 8 temos a imagem referente à votação de uma questão, onde participam 33 alunos, sendo que todos votaram (nomes em verde porque acertaram a questão e nomes em vermelhos porque erraram a questão), obtendo um resultado de 73% de acertos.

Figura 8 – Tela do *Plickers* após votação encerrada



Fonte: site do Plickers

5.6 Questionário da avaliação da sequência didática

O questionário da avaliação (Apêndice D) é uma maneira de extrairmos dos estudantes a sua experiência de ter passado por uma sequência didática envolvendo duas metodologias integradas que até o momento eles não haviam vivenciado. O questionário busca compreender o que os alunos tem a dizer sobre cada metodologia, sobre as Tarefas de Leitura, sobre a forma que foi conduzido o PI, o método de votação, as questões respondidas via formulário do *Google Forms*.

6 RELATO DAS AULAS

Antes da aula presencial, e de forma eletrônica, os estudantes recebiam uma tarefa de leitura para ser lida com antecedência, e nela continha algumas questões que deveriam ser respondidos de acordo com os conceitos explicitados na referida TL. A temática do texto representava os conceitos que seriam estudados na aula regular seguinte.

Com as respostas da TL, o professor verifica as concepções prévias dos alunos diante do que lhes foi solicitado, para, a partir dessas respostas, planejar sua explanação inicial e os Testes Conceituais que serão aplicados durante aquela aula, sendo que os mesmos são referentes aos conceitos abordados na TL.

As aulas iniciaram-se com uma breve explanação do professor, salientando as maiores dificuldades que foram observadas nas respostas das questões que compunham a TL. Após esse momento, o professor aplica os Testes Conceituais que são respondidos de forma individual, utilizando como ferramenta o *Plickers*. De acordo com o percentual de acertos o professor dava sequência conforme o sugerido na metodologia *Peer Instruction*, podendo informar a resposta correta, ou reunir os alunos em pequenos grupos, para que ocorra entre eles uma discussão referente ao conceito abordado no TC, e, após reaplicando o mesmo TC, para observar se houve aprendizagem colaborativa. Caso for necessário, cabe ao professor explicar novamente o conceito e aplicar um novo TC que verifique a aprendizagem do mesmo.

Os resultados dos TC estão registrados na descrição de cada aula.

6.1 Relato da primeira aula

A primeira aula ocorreu no dia 23 de abril. Nessa aula foi apresentada aos alunos a proposta de realizar uma sequência didática em que eles seriam o protagonista de sua aprendizagem, onde as aulas teriam um formato diferente e que

algumas atividades seriam realizadas em casa, com um prazo bem definido para resolvê-las. Foi comentado que essa sequência didática fazia parte do programa do mestrado (Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física), que eu, seu professor estava cursando, e que em uma aula teríamos a presença da professora e orientadora Dr. Karen Cavalcanti Taucedá.

Explicou-se aos estudantes que o material a ser realizado em casa seria uma Tarefa de Leitura, material composto de um texto que exploraria alguns conceitos, que poderia ter algum *link* para vídeos, textos ou simulações, e ao final de cada TL, era apresentado um *link* que os direcionariam a um formulário na plataforma *Google Forms*. Enfatizou-se a necessidade de responderem o questionário de forma individual e bem completa, evitando respostas sem uma análise mais embasada, criteriosa, e que a partir dessas respostas seria desenvolvida a próxima aula presencial.

Quanto ao envio deste material, combinou-se que estaria disponível no portal do colégio, onde cada estudante possui o acesso de forma individual. Por sugestão dos alunos criou-se um grupo no *WattsApp*, para que a TL também fosse enviada, pois segundo eles, o portal seguidamente apresentava problemas na realização de *login*. O grupo criado no *WattsApp* foi muito útil durante o transcorrer dessa sequência didática.

Passada as informações iniciais, solicitou-se que os estudantes se organizassem de forma individual, pois iriam responder um questionário inicial, que era composto de treze exercícios (doze de múltiplas escolhas e um dissertativo), intitulado Pré-teste. Inicialmente não entenderam o motivo de “resolverem” aquelas questões, uma vez que o conteúdo relacionado a elas ainda não havia sido estudado. Responderam as questões com base nos seus conhecimentos prévios sem a informação que iriam repeti-lo ao final da sequência didática, para não serem induzidos a buscar posteriormente as respostas de forma arbitrária.

Ao entregarem a atividade do Pré-teste, questionaram se aquelas questões valiam nota, e foi explicado que fazia parte da sequência didática e que até o final da mesma eles compreenderiam a função desta atividade.

Como havia ainda alguns minutos de aula, apresentou-se o aplicativo que seria utilizado para a votação dos Testes Conceituais, chamado *Plickers*, onde cada aluno receberia um cartão, que era composto de uma imagem, e que conforme era apresentada essa imagem ao *scanner* (câmera do celular do professor) ela representaria uma alternativa (a, b, c ou d) para a resposta dos TC. Fez-se uma simulação, onde era perguntado o nome do colégio em que estudavam, e todos conseguiram entender a metodologia do aplicativo.

6.2 Relato da segunda aula

A segunda aula ocorreu no dia 26 de abril no quinto e último período de aula da quinta-feira, estando presentes 30 alunos. Inicialmente o professor agradeceu pelo comprometimento dos estudantes, pois todos responderam as questões contidas na Tarefa de Leitura 1.

A aula de 50min foi dividida em dois momentos. Na primeira parte da aula o professor fez uma breve explanação oral, cerca de 15min, comentando as questões apresentadas na TL1, bem como possíveis distorções conceituais que podem surgir quando iniciamos o estudo do conceito de onda e a definição de onda mecânica.

No segundo momento foi entregue pelo professor a cada aluno um cartão, que foi impresso do aplicativo *Plickers*, para a realização da leitura da alternativa escolhida pelo estudante durante a votação dos Testes Conceituais, através da câmera do celular do docente, para aplicação da metodologia *Peer Instruction*. Os testes conceituais foram projetados no quadro.

O TC1 analisa o entendimento do aluno quanto à propagação de uma onda mecânica, analisando a compreensão que ondas mecânicas não se propagam no vácuo, pois necessitam de um meio material para que ocorra sua propagação.

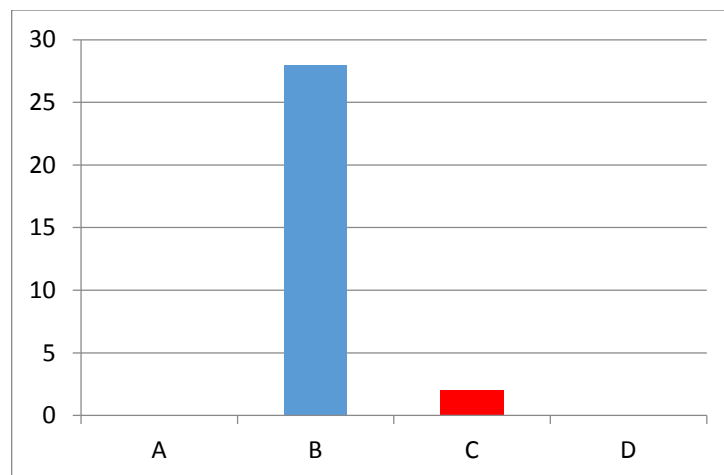
TC1 - Os fenômenos sonoros estão relacionados às vibrações dos corpos materiais. Quando escutamos um som é porque um determinado corpo está vibrando, produzindo aquele som. Quando falamos o som é emitido pela vibração

das cordas vocais; quando batemos em um tambor com um pedaço de madeira ou com a própria mão, fazemos esse corpo vibrar produzindo o som; quando as cordas de um violão ou violino se movimentam elas vibram e emitem sons. Com relação a propagação do som, podemos destacar que ele não se propaga:

- a) em meios metálicos
- b) na água
- c) no vácuo
- d) em gases

Na votação, conforme a Figura 9, vinte e sete alunos optaram pela resposta correta, representando 90% de acertos. Como o resultado foi superior a 70% de acertos, não foi necessária a discussão por pares, conforme orientação da metodologia *PI*. Após a votação, foi apresentada a resposta correta do teste, e passou-se para o próximo.

Figura 9 - Resultado da votação do TC1



Fonte: Autor

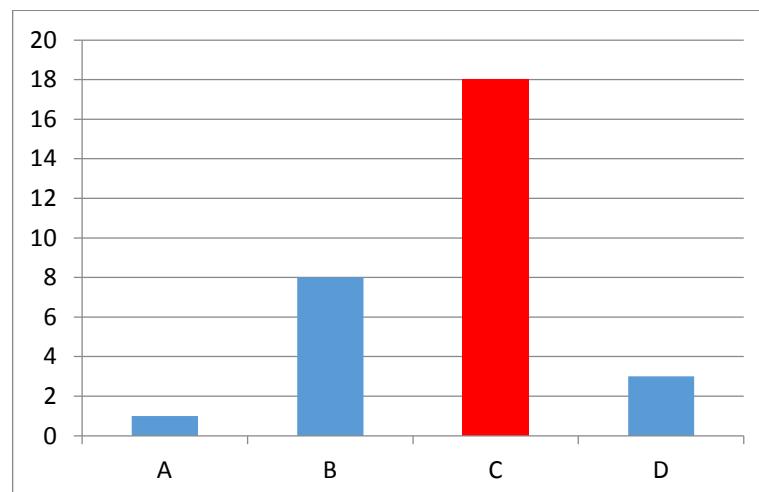
Com relação ao TC2, buscou-se averiguar o entendimento do estudante quanto ao conceito de onda, onde basicamente não ocorre o transporte de matéria e sim de energia.

TC2 - Um rapaz e uma garota estão em bordas opostas de um lago de águas tranquilas. O rapaz, querendo comunicar-se com a garota, coloca dentro de um frasco plástico um bilhete e, arrolhado o frasco, coloca-o na água, e lhe dá uma pequena velocidade inicial. A seguir, o rapaz pratica movimentos periódicos sobre a água, produzindo ondas que se propagam, pretendendo com isso aumentar a velocidade do frasco em direção à garota. Com relação a este fato podemos afirmar

- a) se o rapaz produzir ondas de grande amplitude, a garrafa chegará à outra margem mais rápido.
- b) a velocidade inicial que o rapaz dá à garrafa não interferirá no tempo de travessia do lago, pois quem faz a garrafa deslocar-se até a garota são as ondas produzidas pelo rapaz.
- c) velocidade da garrafa no seu movimento até a garota independe das ondas produzidas pelo rapaz, já que essas ondas transmitem apenas energia, sem propagação de matéria.
- d) Quanto maior a frequência das ondas, menor será o tempo de percurso até a outra margem.

Após a votação, conforme a Figura 10, observou-se que apenas dezoito alunos optaram pela resposta correta, representando 60% de acerto.

Figura 10 - Resultado da votação do TC2

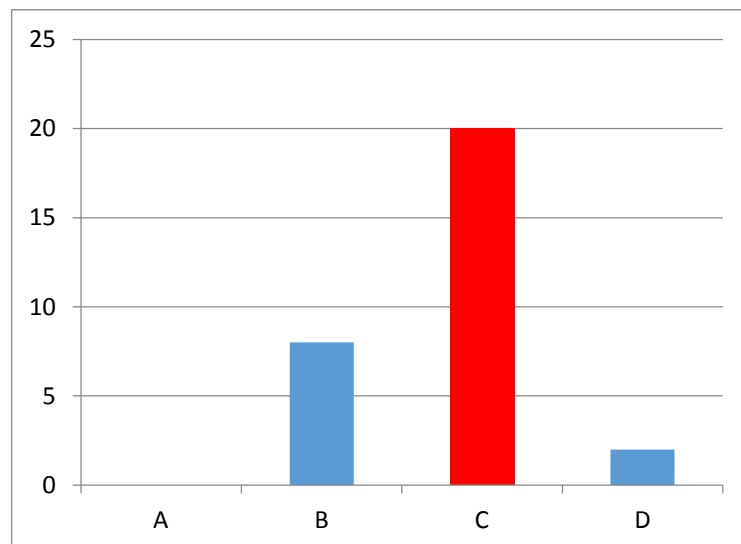


Fonte: Autor

Como o resultado alcançado na votação foi inferior a 70%, e conforme a o PI, fez-se necessário separar os estudantes em pequenos grupos. Foram organizados, de modo que os alunos que não acertaram a resposta correta, não permanecessem no mesmo grupo para o debate do TC2,. Após cerca de três minutos, realizou-se nova votação do TC2.

Posteriormente ao debate promovido nos pequenos grupos, o percentual de acertos aumentou, registrando aproximadamente 67% conforme a Figura 11, ou seja, vinte alunos escolheram a opção correta.

Figura 11 - Resultado da 2ª votação do TC2



Fonte: Autor

Corrigiu-se a questão, e depois das duas votações do TC2, os estudantes não atingiram o mínimo de 70% de acerto, necessitando a realização de uma nova votação, levando em conta o mesmo conceito, buscando uma aprendizagem significativa.

Fez-se, então, a votação do TC3, onde averiguou-se o mesmo conceito do TC2.

TC3 – (Adaptado - Colégio Cruz Azul) Podemos definir onda como uma sucessão de pulsos energéticos que se propagam assunto estudado pelo ramo da Física chamado ondulatória. Como exemplos de ondas, podemos citar as ondas do mar ou as ondas sonoras coincidentemente associadas na canção abaixo. Confira e

posteriormente responda a questão proposta:

Olha a Onda - Tchakabum

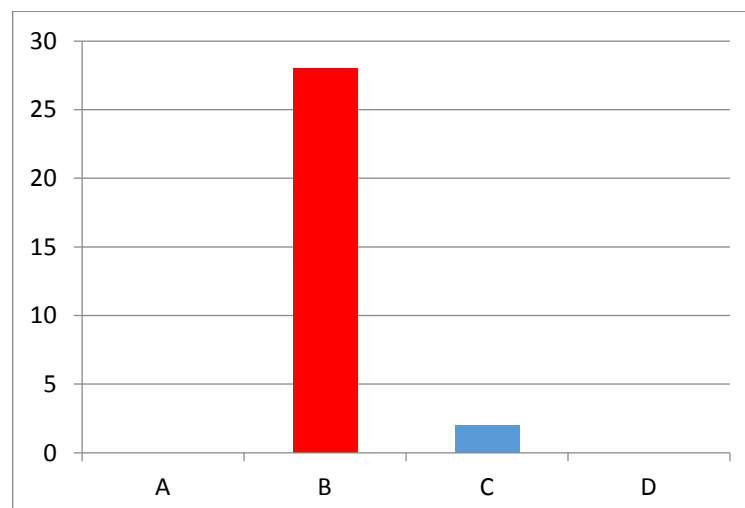
Vou te pegar, essa é a galera do avião
 Se ligue agora nessa nova onda
 Sou um pirata jogando a marcação, ô ô ô
 Vou navegar, cumprindo as ordens do meu capitão
 Capitão joga vem dançando com a galera
 Nessa aventura que é pura emoção, olha a onda!
 Onda, onda, olha a onda Onda, onda, olha a onda
 Onda, onda, olha a onda
 Onda, onda, olha a onda.
 Vou te molhar, vou te banhar, vai sacudir vai abalar

Composição: Fuzuê / Marcelo Meneses

- As ondas da música “Olha a onda” são classificadas, quanto a sua natureza, como ondas eletromagnéticas.
- As ondas transportam energia.
- As ondas transportam matéria.
- As ondas da música do Tchakabum se propagam no vácuo.

Aproximadamente, 93% dos alunos, o que representa vinte e oito estudantes, votou na resposta correta, conforme a Figura 12.

Figura 12- Resultado da votação do TC3



Fonte: Autor

Discutiu-se a resposta correta e finalizou-se a segunda aula. Ressalta-se a necessidade do professor ter mais do que um TC sobre cada conceito, pois não se sabe quantas questões serão necessárias por em votação para garantir que mais de 70% dos estudantes demonstrem ter compreendido o conceito abordado.

6.3 Relato da terceira aula

A terceira aula ocorreu no dia 3 de maio no quinto e último período de aula da quinta-feira, estando presente 30 alunos. As questões contidas na TL2 foram respondidas por 31 alunos, pois uma aluna tentou responde-las após o prazo, solicitando via o grupo do *Whatsapp* a oportunidade, que não foi acatada, pois havíamos feito combinações sobre data e horário do encerramento. Chamou a atenção do professor o fato de quatro alunos estarem com a tarefa de leitura impressa e com algumas marcações com canetas *lumicolor*.

Após um período de reflexão entre a aula 2 e a aula 3, entendeu-se que o modo em que iniciou-se a aula anterior, com o professor fazendo uma explanação oral, não foi oportunizado ao estudante problematizar as respostas da TL1. Então, iniciou-se esta aula com a projeção das respostas dos alunos nos testes compreendidos na TL2, sem identificar quem as respondeu.

Abaixo estão transcritas as questões da TL2, bem como algumas respostas que foram projetadas. Por uma questão ética, nomearemos os alunos por E (estudante) e um número para diferenciá-los.

Questão 1 – Uma caixa d'água está com $\frac{2}{3}$ da sua capacidade preenchida de água. Um rapaz brincando com uma varinha de madeira, começa a produzir ondas na superfície d'água. Como podemos classificar essa onda quanto à direção de vibração do meio de propagação com relação à direção de propagação da onda?

Respostas referentes a questão 1 que foram projetadas.

- *Transversais ou longitudinais.*
- *Onda longitudinal.*
- *Onda mecânica.*
- *Movimento transversal e longitudinal, pois na superfície da água ocorrem os dois.*

Após a realização da leitura da questão projetada, passamos as respostas da TL2, sendo que os alunos foram indagados a analisar se a resposta em questão estava correta. Quando questionados sobre a primeira resposta, o estudante E4 observou:

- Está errada esta opção, pois ali está dizendo que pode ser uma das duas e na verdade não é uma opção de escolher entre estas duas.

Interessante ressaltar que nesse instante vários alunos começaram a concordar com a afirmação do colega. Logo após, E17 diz:

- A resposta que diz ser uma onda mecânica também está errada, porque não é isso que o exercício está perguntando. Professor pode voltar a pergunta?

Questionados se poderia ser uma onda longitudinal o E26 diz:

- Pode ser, mas não é somente longitudinal, o movimento é longitudinal e transversal, conforme a última resposta.

O estudante E14 relata ter sido ele o autor da resposta ser uma onda mecânica e enfatiza:

- Mas é uma onda mecânica também.

Logo vários alunos começaram a dizer que a pergunta não era sobre a onda ser mecânica ou não.

Projetou-se, então, a segunda questão da TL2, que foi respondida corretamente por dezesseis alunos, sendo que um estudante respondeu não ter entendido a questão.

Questão 2 - Duas crianças estão brincando de pular corda, quando decidem mudar a brincadeira. Amarram uma das extremidades em uma árvore, de modo que a mesma fique firme. Na extremidade solta começam a movimentar a corda para cima e para baixo, formando uma imagem referente a uma onda. O que você pode relatar quanto à direção de vibração do meio de propagação com relação à direção de propagação da onda?

As respostas selecionadas da TL para projeção estão descritas a seguir.

- *Classifica-se como uma onda mecânica.*
- *Classifica-se como uma onda transversal, que seria uma onda mecânica.*
- *Uma onda longitudinal*

Antes que o professor solicita-se a análise das respostas projetadas, alguns alunos, falando ao mesmo tempo, fizeram relação da primeira resposta projetada, com o acontecido na questão anterior, onde um estudante se pronunciou dizendo que a questão não solicitava saber se a onda era mecânica ou não, justificando que a primeira resposta estava incorreta.

Descartaram a resposta que sugeria a onda ser longitudinal, pois ondas em corda são transversais. Contudo, tiveram dificuldade em visualizar o que estava incorreto na segunda resposta, pois onda em uma corda é transversal e também uma onda mecânica.

O professor questionou se o fato de uma onda ser transversal implicaria em ser uma onda mecânica. Logo o aluno E4 respondeu:

Não necessariamente, porque todas as ondas eletromagnéticas são transversais. Estava escrito na tarefa de leitura anterior, se justificou. Logo, foi explicado que a onda produzida na corda é uma onda transversal, e por necessitar de um meio para se propagar, no caso a corda, implicaria em ser uma onda mecânica.

Concluimos a discussão das respostas abordadas na TL, e os estudantes receberam o cartão para iniciarmos a votação dos TC.

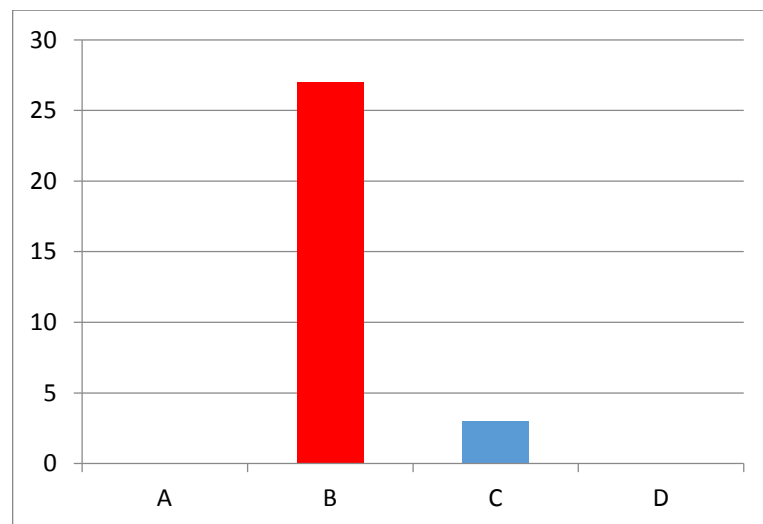
Iniciamos a votação com TC4, descrito abaixo.

TC4 - (PUC-MG – adaptada nas respostas) Onda mecânicas são do tipo transversal, longitudinal ou mista. Numa onda transversal, as partículas do meio:

- a) não se movem.
- b) movem-se numa direção perpendicular à de propagação.
- c) movem-se numa direção paralela à de propagação da onda.
- d) realizam movimento retilíneo uniforme.

Na votação realizada, vinte e sete alunos acertaram a resposta do TC4, alternativa B, conforme a Figura 13, representando 90% de acertos.

Figura 13 - Resultado da votação do TC4



Fonte: Autor

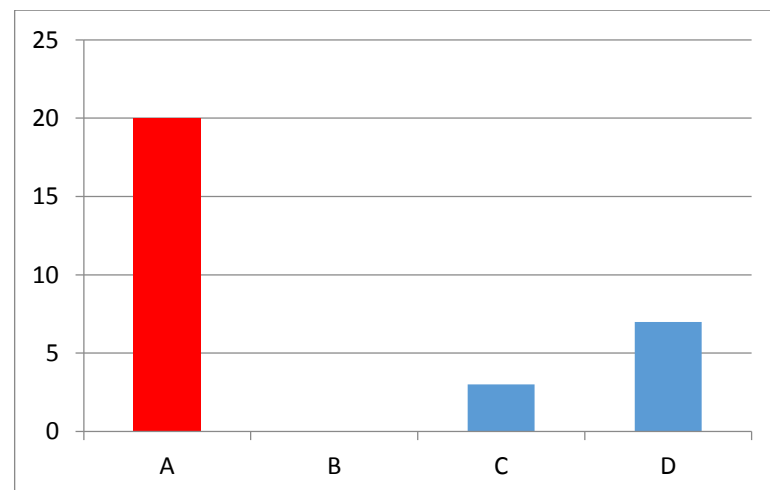
Analisaram-se todas as alternativas erradas para demonstrar as contradições que a tornaram errada. Como não necessita de uma nova votação passamos ao TC5.

TC5 - (UCS 2012/2) Se você pegar duas pequenas latas vazias, como as de ervilha em conserva, retirar a tampa de um dos lados de cada lata, fazer um pequeno orifício no lado oposto e colocar, nesse orifício, um fio, que pode ser de náilon, linha de costura ou barbante, ligando as duas latas por meio desse fio, é possível simular um telefone. Isso acontece porque o som se propaga pela linha como

- a) onda mecânica longitudinal
- b) onda eletromagnética
- c) pequenas partículas de matérias
- d) onda mecânica transversal

Somente vinte alunos acertaram a resposta correta do TC5, representando aproximadamente 67% de acertos, registrado na Figura 14.

Figura 14- Resultado da votação do TC5

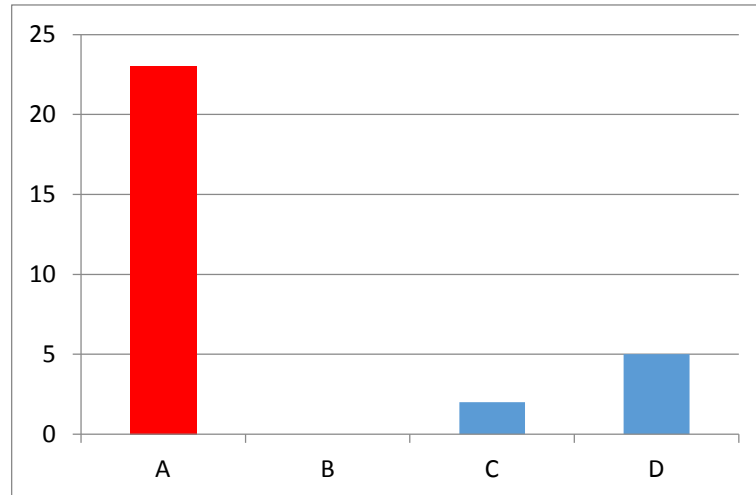


Fonte: Autor

Como o resultado ficou abaixo de 70%, conforme a metodologia PI, separou-se os alunos em pequenos grupos para promoverem o debate sobre o teste e realizar, posteriormente, uma nova votação do TC5.

Depois de realizada a segunda votação do TC5, vinte e três alunos acertaram a opção correta, alternativa A, índice de aproximadamente 77%, conforme a Figura 15.

Figura 15 - Resultado da segunda votação do TC5



Fonte: Autor

Com o resultado superior a 70%, novamente analisamos todas as respostas para dar sequência à aula. Como restava tempo de aula, optou-se por realizar mais um TC que abrangia conceitos estudados na TL1 e TL2, o TC6, transcrito a seguir.

TC6 - (UNESP-SP) - adaptada

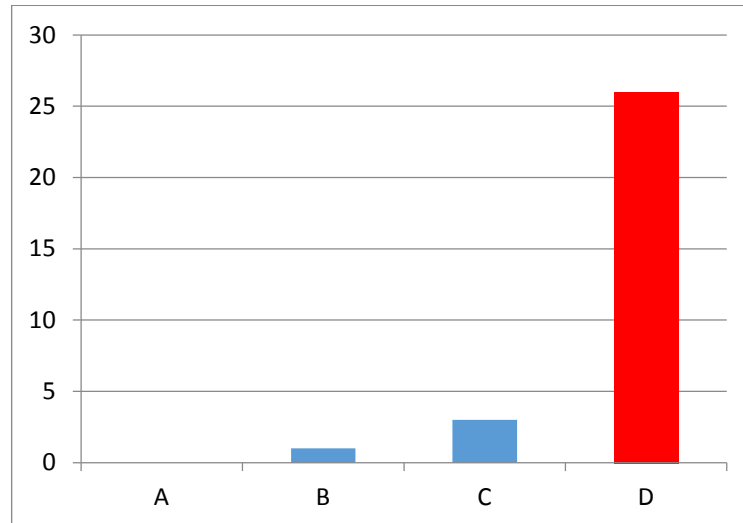
- I. Uma onda transporta partículas do meio pelo qual passa.
- II. As ondas sonoras são perturbações que não podem se propagar no vácuo.
- III. Quando uma onda mecânica periódica se propaga em um meio, as partículas do meio não são transportadas pela onda.
- IV. Uma onda é transversal quando sua direção de propagação é perpendicular à direção de vibração

Das afirmações acima, são verdadeiras:

- a) somente I e II
- b) somente II e III
- c) somente III e IV
- d) somente II, III e IV

Oitenta por cento dos alunos, que representam vinte e seis estudantes, acertaram a questão, optando pela alternativa D, conforme a Figura 16.

Figura 16 - Resultado da votação do TC6



Fonte: Autor

Corrigimos o TC6, informando a alternativa correta, alternativa D, e finalizou-se a aula por falta de tempo.

Foi notória a diferença da participação por parte dos estudantes durante a aula, com relação à aula anterior. Alunos querendo emitir sua opinião, com relação às respostas projetadas e muitas vezes argumentando com os colegas sua opinião.

6.4 Relato da quarta aula

A quarta aula ocorreu no dia 7 de maio nos dois primeiros períodos de segunda-feira, estando presente 30 alunos. As questões contidas na TL 3 foram respondidas por 30 alunos, sendo que oito horas antes do encerramento os estudantes foram lembrados do prazo via *Wattsapp*.

Iniciou-se a aula falando sobre a importância de responderem as questões da Tarefa de Leitura. Os alunos disseram terem esquecido de responder os testes, mas

que haviam lido a TL. Observou-se um número maior de estudantes com a Tarefa de Leitura impressa.

Optou-se por novamente projetar as questões da TL e algumas respostas, pois acreditamos que a participação dos estudantes na aula anterior foi satisfatória.

Projetou-se a Questão 1 para análise

Questão 1 - (UFRGS-adaptada) Um trem de ondas senoidais, gerado por um dispositivo mecânico oscilante, propaga-se ao longo de uma corda. A tabela a seguir descreve quatro grandezas que caracterizam essas ondas mecânicas. Relacione a grandeza quanto ao período, frequência, comprimento de onda e amplitude.

Grandeza	Descrição
1	número de oscilações completas por segundo de um ponto da corda
2	duração de uma oscilação completa de um ponto da corda
3	distância que a onda percorre durante uma oscilação completa
4	deslocamento máximo de um ponto da corda

No *slide* seguinte, projetou-se algumas respostas, pois algumas são semelhantes. Observou-se que parte dos estudantes (8 alunos) tiveram dificuldades em entender o conceito de frequência e o conceito de período, devido a invertermos os conceitos. Três alunos responderam não terem entendido a questão.

1-período, 2-frequência, 3-comprimento de onda, 4-amplitude

3-comprimento de onda, 4-amplitude, 1 e 2 não sei diferenciar

- Não entendi.

Ao verem projetadas as respostas, alguns alunos prontamente disseram não terem entendido o que é a frequência de uma onda e o que é o período. Como foi possível observar essa dificuldade nas respostas obtidas na questão 1 da TL,

planejou-se utilizar um simulador, *Phet*, para auxiliar na explicação (https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html).

Foi explicado que a frequência representava o número de oscilações de uma onda em um segundo, ou seja, uma onda de 20Hz, oscila vinte vezes por segundo e que o período era o tempo necessário para que a fonte produzisse uma onda completa. Aproveitou-se o simulador para explicar o comprimento de onda e a amplitude.

Com relação à questão 2 da TL, as respostas obtidas mostraram que os estudantes não conseguiram fazer as relações necessárias para responde-la, necessitando de uma explicação em aula. Contudo, essa questão cumpriu a função de sinalizar ao professor o que deve ser enfatizado quando planejada a aula sob medida. A seguir tem-se o registro do número de alunos que acertaram cada questionamento, sendo que um aluno conseguiu acertar os quatro questionamentos..

- 16 alunos acertaram a letra a
- 6 alunos acertaram a letra b
- 3 alunos acertaram a letra c
- 1 aluno acertou a alternativa d

Passou-se a abordar a questão 2 que está descrita abaixo.

Questão 2 - Uma onda representada na imagem abaixo tem velocidade igual a 24 cm/s. Determine:



- a) a amplitude da onda;
- b) o comprimento de onda da onda;
- c) a frequência da onda;
- d) o período da onda.

Como havíamos abordado na Questão 1, com o uso do simulador, a amplitude e o comprimento de onda, logo os estudantes começaram a dizer que tinham respondido errado o exercício da TL, e já foram respondendo o valor da amplitude de onda e do comprimento de onda. Perguntei a turma se alguém não conseguia visualizar os valores da amplitude de onda e do comprimento de onda da onda, não obtendo resposta negativa.

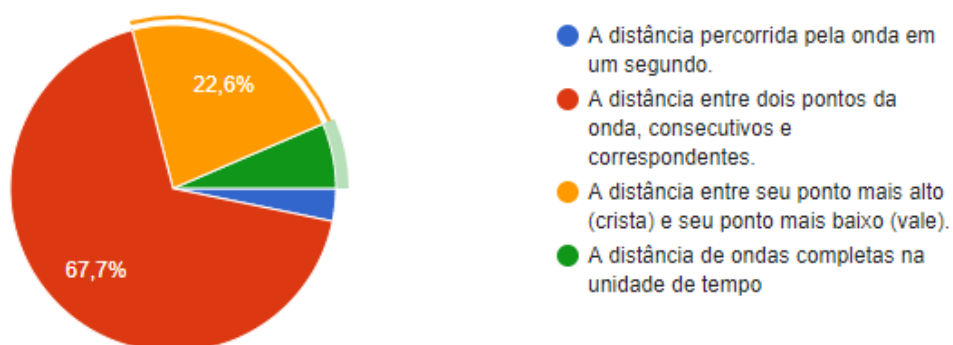
Questionados sobre o valor da frequência desta onda, não houve resposta. O professor escreveu no quadro a equação que relaciona a frequência da onda com a velocidade de propagação de onda e seu comprimento de onda, $V = \lambda.f$. Conseguiram então relacionar a velocidade de onda que estava no enunciado do exercício com o comprimento de onda, que acabaram de encontrar como resposta da pergunta b, obtendo a resposta de 2 Hz. Com relação ao período da onda, foi preciso que o professor relaciona-se a frequência com o período para que pudessem determinar o valor de 0,5s.

Com relação à Questão 2 da TL3, acredita-se que o professor não tenha conseguido deixar os conceitos representados de forma clara no decorrer do texto da TL, ou não houve dedicação dos alunos em resolver esta questão.

Nesse instante foi necessária uma pausa na aula, pois era o dia da turma entoar o hino nacional.

Ao retornarmos a sala de aula abordamos a Questão 3, de múltipla escolha, onde o aluno precisava aplicar o conceito de comprimento de onda. A Figura 17 representa o percentual de acertos.

Figura 17 – Resultado da Questão 3

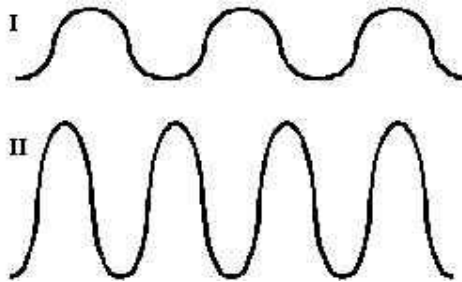


Fonte: captura de tela do *Google Forms*

Novamente os alunos começaram a relatar que sua resposta da questão da TL, estava errada, pois alguns confundiram com a amplitude e outros relataram ter relacionado com a frequência. Acredito que os alunos perceberam os equívocos por causa da abordagem da Questão 1, onde, com o auxílio do simulador, conversamos sobre o comprimento de onda.

Passou-se a votação do TC7 apresentado abaixo.

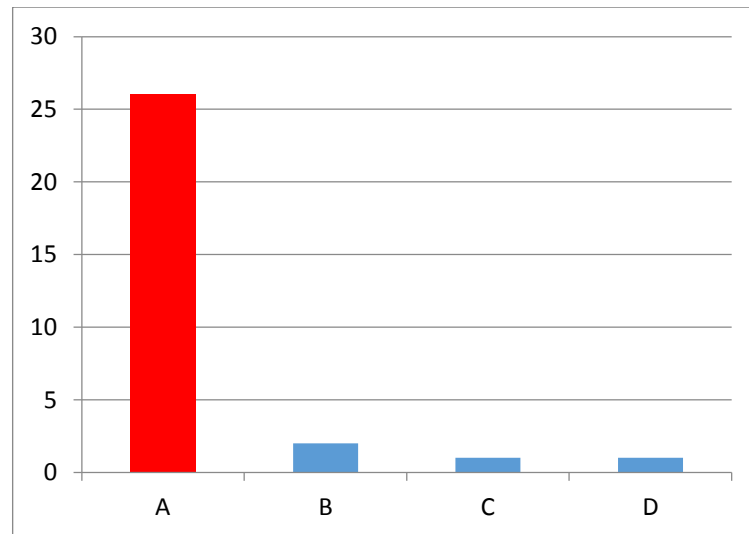
TC7 – (UFMG - adaptada) Essa figura mostra parte de duas ondas, I e II, que se propagam na superfície da água de dois reservatórios idênticos. Com base nessa figura é correto afirmar que:



- a) A frequência da onda I é menor do que o da onda II, e o comprimento de onda de I é maior do que o de II.
- b) As duas onda têm a mesma amplitude, mas a frequência da onda I é menor do que o da onda II.
- c) As duas onda têm a mesma frequência, e o comprimento de onda é maior na onda I do que na onda II.
- d) Os valores da amplitude e do comprimento de onda são maiores na onda I do que na onda II.

Vinte e seis alunos escolheram a opção correta, alternativa A, representando aproximadamente 87% de acertos, conforme a Figura 18.

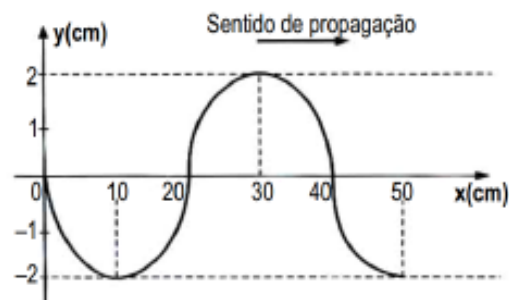
Figura 18 - Resultado da votação do TC7



Fonte: Autor

Realizamos uma análise do porque das alternativas estarem erradas e passamos para a votação do TC8 descrito a seguir.

TC8 - Uma onda estabelecida numa corda oscila com frequência de 500 Hz, de acordo com a figura abaixo.

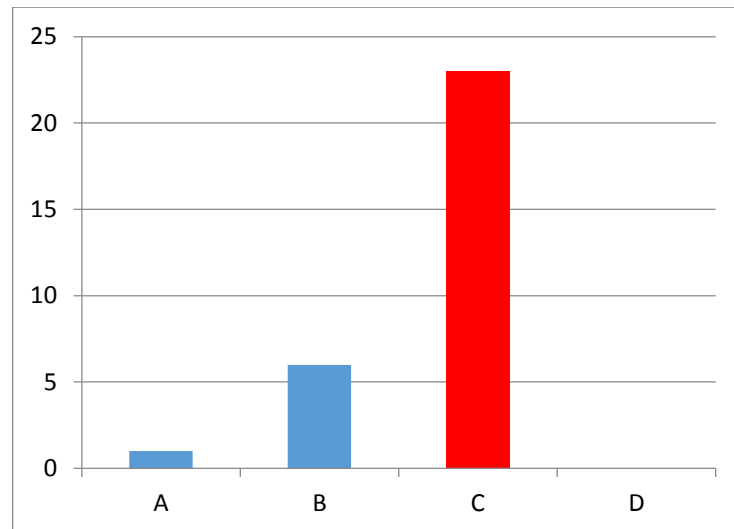


Com base na figura, podemos afirmar que o comprimento de onda e a amplitude, valem, respectivamente:

- a) 20cm e 4cm
- b) 40cm e 4cm
- c) 40cm e 2cm
- d) 4cm e 40cm

Após a votação, aproximadamente 77% dos estudantes optaram pela alternativa correta, letra C, representando vinte e três alunos conforme a Figura 19.

Figura 19 - Resultado da votação do TC8



Fonte: Autor

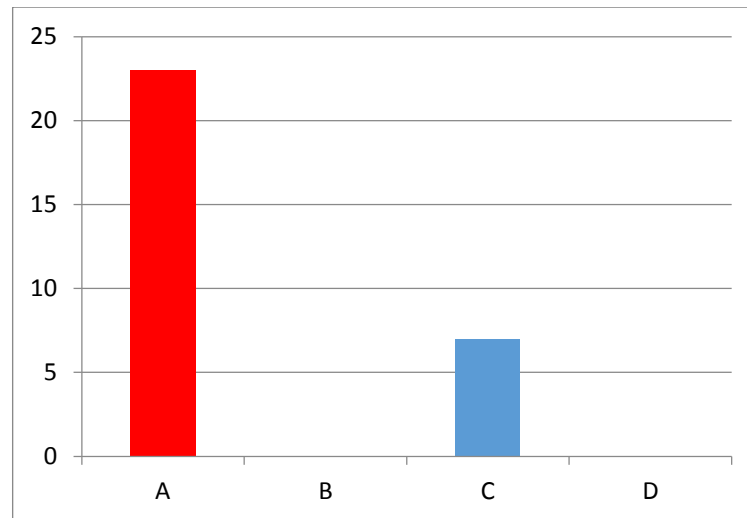
Com o resultado superior a 70%, analisamos as alternativas que estavam erradas e iniciamos a votação do TC9.

TC9 - (UFMG - adaptada) Um menino, balançando em uma corda dependurada em uma árvore, faz 20 oscilações em um minuto. Pode-se afirmar que seu movimento tem:

- a) um período de 3 segundos.
- b) um período de 60 segundos.
- c) um período de 20 segundos.
- d) uma amplitude de 5 centímetros.

O resultado da votação do TC9 foi o mesmo da questão anterior, aproximadamente 77% de acertos, correspondendo a vinte e três alunos, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Resultado da votação do TC9



Fonte: Autor

Como 7 alunos optaram pela alternativa C, começamos a correção por ela. Iniciamos colocando a equação que relaciona a frequência de onda com o período de onda, $T = \frac{1}{f}$. O aluno E29, que acertou a questão, lembrou que a frequência é o número de oscilações de uma onda em um segundo. Logo, conseguiram determinar que o valor da frequência é de $\frac{1}{3}$ Hz. Relacionaram com o período e conseguiram compreender o porquê da alternativa C não estar correta. Nessa aula não tivemos tempo em discutir as outras duas alternativas, contudo, por ninguém ter escolhido elas como resposta optou-se por não retomá-la na próxima aula.

6.5 Relato da quinta aula

A quinta aula ocorreu no dia 10 de maio no último período de quinta-feira, estando presente 27 alunos. As questões contidas na TL 4 foram respondidas por todos os alunos, faltando 12 horas para o encerramento do formulário que continha as respostas desta TL, 8 alunos não haviam respondido, então no grupo que foi criado no *Whatsapp*, solicitei a turma que não esquecessem de responder as atividades. Nesta aula tínhamos a presença da orientadora dessa dissertação à professora Dr. Karen Cavalcanti Taucedá observando a aplicação do produto educacional.

Iniciei a aula agradecendo o comprometimento de todos na resolução das questões da Tarefa de Leitura. Logo em seguida projetou-se a primeira questão da TL para leitura.

Questão 1 - O que pode acontecer com um pulso transversal, que se propaga em uma corda, quando ele chega ao extremo dessa corda? Explique.

Após projetou-se algumas respostas para discutirmos.

- *Ocorre a reflexão, invertida se a extremidade for fixa e normal se for livre.*
- *O pulso pode voltar na direção contrária com a amplitude invertida.*
- *Este pulso vai para a esquerda*
- *O pulso volta*

Projetada as questões, foram questionados sobre que seria uma reflexão normal, conforme citada na primeira resposta projetada. Não obtive uma resposta direta, pois a pessoa que respondeu não se pronunciou e os demais alunos também não sabiam dizer. Logo afirmaram não estar correta esta resposta.

Um aluno, E9, perguntou o porquê da segunda resposta não estar certa. Foi questionado, se o pulso sempre voltaria no sentido contrário com a amplitude invertida. O estudante E22 respondeu que uma extremidade da corda necessita estar fixa.

Antes de solicitados a analisar as ultimas respostas projetadas, alguns estudantes, respondendo ao mesmo tempo disseram que a resposta afirmando que o pulso voltava estava muito incompleta, pois não relatava sobre a extremidade estar livre ou fixa, e se ocorreria inversão de fase ou não.

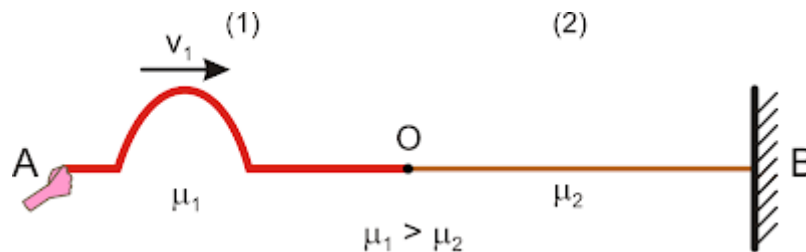
Questionados se o pulso sempre iria para a esquerda, logo disseram que dependia da posição da fonte e da extremidade fixa ou móvel.

Como a maioria das respostas, enviadas pela TL, estavam incompletas usou-se novamente o simulador interativo do *Phet* (*disponível em*

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_pt_BR.html) para que os estudantes pudessem visualizar a reflexão dos pulsos com uma extremidade fixa ou livre.

Passou-se a analisar a Questão 2 da TL.

Questão 2 - (Adaptada) Considere o sistema constituído de duas cordas (1) e (2), de densidades lineares diferentes, μ_1 e μ_2 com $\mu_1 > \mu_2$.



O que ocorre com as fases após o pulso produzido na extremidade A propagar-se na corda (1), atingindo a junção O, e sofrer refração (passar para a corda 2)?

Após a leitura da questão projetou-se algumas respostas.

- Quando as duas se fundirem, uma das partes vai se refletir e o pulso vai refletir sem inversão de fase e a parte que ocorrer refração não vai sofrer inversão.
- Uma parte é refletida e a outra transmitida
- Corda mais densa terá um pulso refletido e a menos densa um pulso transmitido.
- As ondas irão para lados opostos, o pulso será refletido sem inversão de fase e propagação da corda 2 é maior do que na corda 1.

Iniciou-se a discussão questionando os estudantes sobre o que estava errado na primeira resposta, e alguns alunos afirmaram que a resposta estava correta. O aluno, E10, disse achar que era a palavra fundirem. Questionados se as cordas sofriam uma fusão, logo entenderam a inconsistência.

Com relação à segunda resposta, perguntados se estava completa, prontamente foi respondido que não relatava sobre a inversão ou não da fase, assim como a terceira resposta.

No que diz respeito à última resposta selecionada alguns estudantes observaram que a mesma estaria incompleta, pois não cita o que ocorre com o pulso refratado. Questionados sobre o que queria dizer “a propagação da corda 2 é maior do que na corda 1”, e um aluno respondeu que deveria de ser a velocidade de propagação.

Abordamos que se as duas cordas tivessem a mesma densidade linear toda energia seria transmitida, não ocorrendo reflexão e a onda manteria suas características como se não tivesse mudado de meio.

Foram distribuídos os cartões de resposta e projetado o primeiro TC desta aula, o TC10.

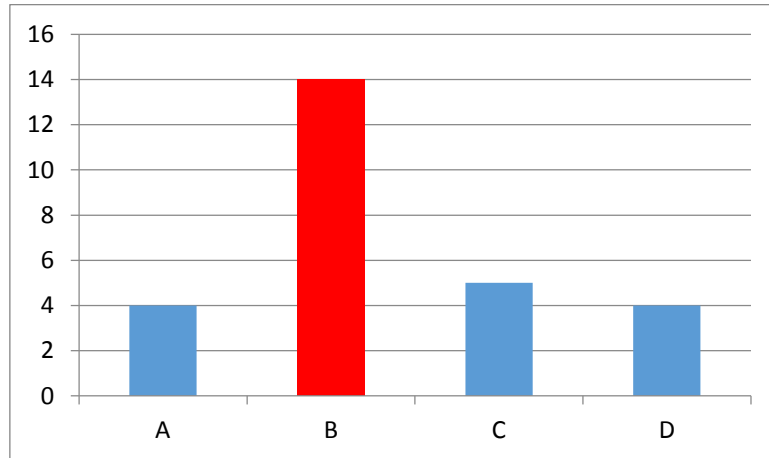
TC10 - (FMABC-SP - adaptada) Considere duas cordas elásticas e de densidades lineares diferentes (uma corda fina e outra corda grossa) emendadas, como mostra a figura. Quando um pulso é produzido na extremidade livre da corda mais fina, ele propaga-se com velocidade v até encontrar a junção das duas cordas. Após o pulso incidir no ponto de junção das cordas, observaremos:



- os fenômenos da reflexão do pulso na corda mais fina e o da refração do pulso na corda mais grossa, ambos sem inversão de fase.
- os fenômenos da reflexão do pulso na corda mais fina, com inversão de fase do pulso, e o da refração do pulso na corda mais grossa, sem inversão de fase do pulso refratado.
- os fenômenos da refração do pulso na corda mais fina e o da reflexão do pulso na corda mais grossa, ambos com inversão de fase.
- os fenômenos da refração do pulso na corda mais fina, com inversão de fase do pulso refratado, e o da reflexão do pulso na corda mais grossa, sem inversão de fase do pulso refletido.

Aproximadamente 52% dos alunos votaram na resposta correta, alternativa B, o que representa quatorze estudantes, conforme a Figura 21;

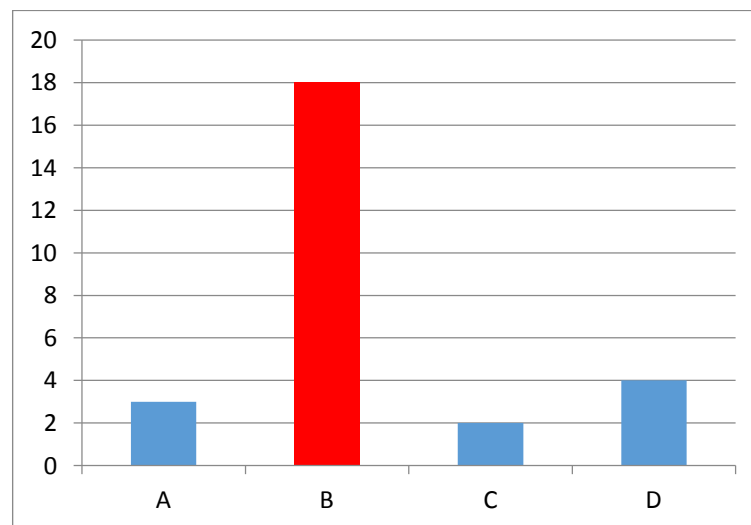
Figura 21 - Resultado da votação do TC10



Fonte: Autor

Como o resultado ficou abaixo de 70%, os estudantes discutiram a questão com seus pares e após realizaram uma nova votação. A discussão durou mais tempo que o habitual e alguns, querendo impor sua opinião aumentavam o tom de voz, chegando a questionar a opinião de colegas do outro grupo. Realizada a segunda votação do TC10, dezoito alunos optaram pela alternativa correta, o que corresponde a aproximadamente 67%, conforme a Figura 22.

Figura 22 - Resultado da segunda votação do TC10

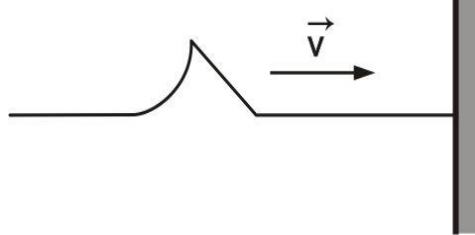


Fonte: Autor

Finalizada a votação foram corrigidas as alternativas a, c e d, salientando o que estava errado.

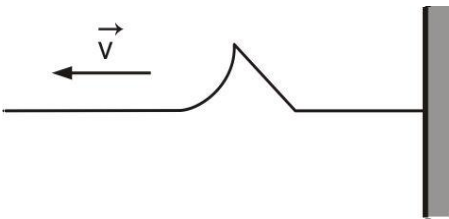
Logo após, iniciou-se a votação do Teste Conceitual 11.

TC11 - (FGV) A figura mostra um pulso que se aproxima de uma parede rígida onde está fixada a corda.

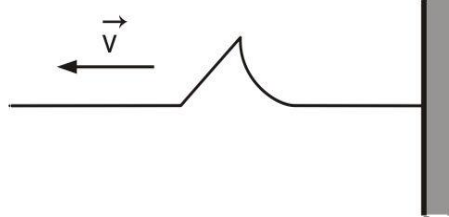


Supondo que a superfície reflita perfeitamente o pulso, deve-se esperar que no retorno, após uma reflexão, o pulso assuma a configuração indicada em:

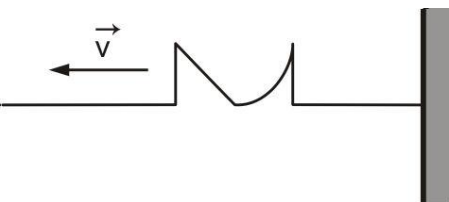
a)



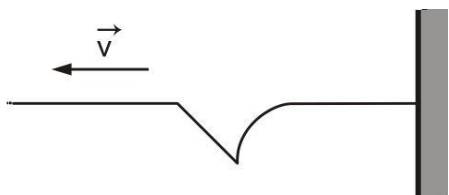
b)



c)

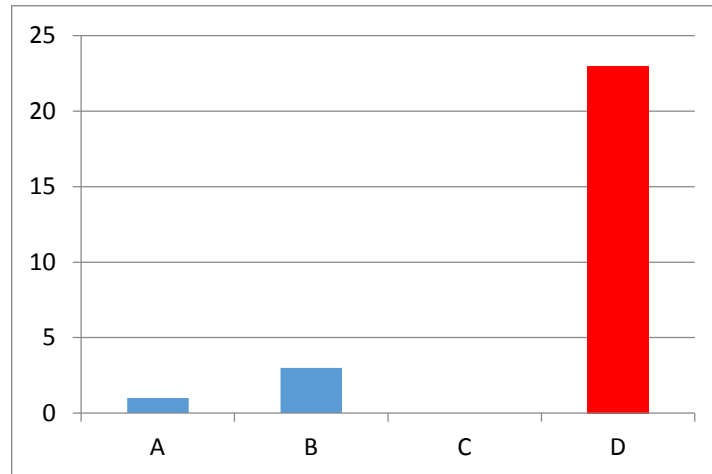


d)



Aproximadamente 85% dos estudantes escolheram a opção correta, alternativa D, representando vinte e três alunos, de acordo com a Figura 23.

Figura 23 - Resultado da votação do TC11



Fonte: Autor

Os alunos perguntaram o percentual de acertos na questão, e após o professor responder, já foram comentando os motivos das alternativas a, b e c estarem erradas.

A aula foi encerrada com o aviso para os estudantes não esquecerem de responder as questões da próxima Tarefa de Litura.

Após a segunda votação do TC10, foi possível observar que para uma quantidade significativa de alunos, os conceitos de reflexão e refração de pulsos em cordas com diferentes densidades lineares não foram compreendidos, necessitando uma nova abordagem na aula seguinte.

6.6 Relato da sexta aula

A sexta aula ocorreu no dia 17 de maio no último período de quinta-feira, estando presente os 32 alunos. A aula não ocorreu no dia 14 de maio porque foi proporcionado aos alunos uma palestra sobre empreendedorismo.

Iniciou-se a aula abordando os conceitos da refração de pulsos em cordas com diferentes densidades lineares, utilizando a projeção de *slides* em *Power Point*. Através das imagens projetadas, que foram retiradas da TL4 foi feita uma nova abordagem do assunto. Após realizou-se a votação do TC12 que apresentava o conceito de refração de um pulso em cordas.

TC12 - (UEM-PR - adaptada) Três cordas, A, B e C, homogêneas, flexíveis e com densidades lineares μ , 3μ , e 2μ , respectivamente, são conectadas na sequência ABC.

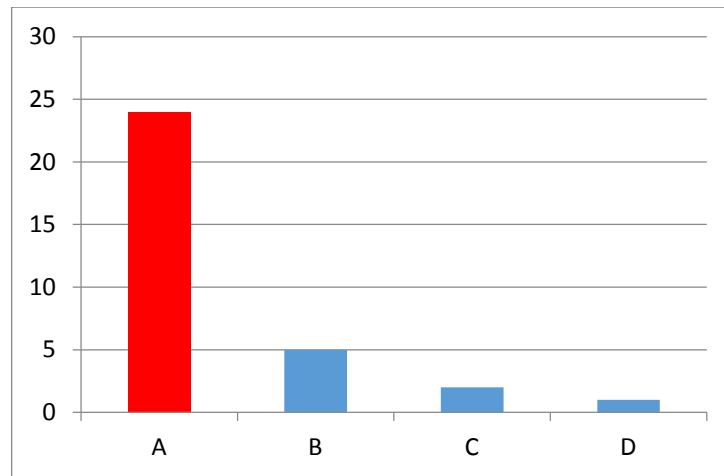


Em uma das extremidades do conjunto, a corda C é mantida fixa, enquanto na outra extremidade livre, na corda A, um pulso mecânico é repentinamente aplicado. Considerando que o conjunto é mantido reto na horizontal e desprezando a resistência do ar e a ação da gravidade, assinale o que for correto.

- Na junção AB, parte do pulso é refratada para B, enquanto outra parte é refletida em A, com inversão de fase.
- Na junção BC, parte do pulso é refratada para B, enquanto outra parte é refletida em A, com inversão de fase.
- Nas junções AB e BC, o pulso é refratado com inversão de fase.
- Na junção AB, o pulso é refratado.

Após a votação, observou-se que 75% dos estudantes, vinte e quatro alunos, optaram pela alternativa correta, letra A, conforme a Figura 24..

Figura 24 - Resultado da votação do TC12

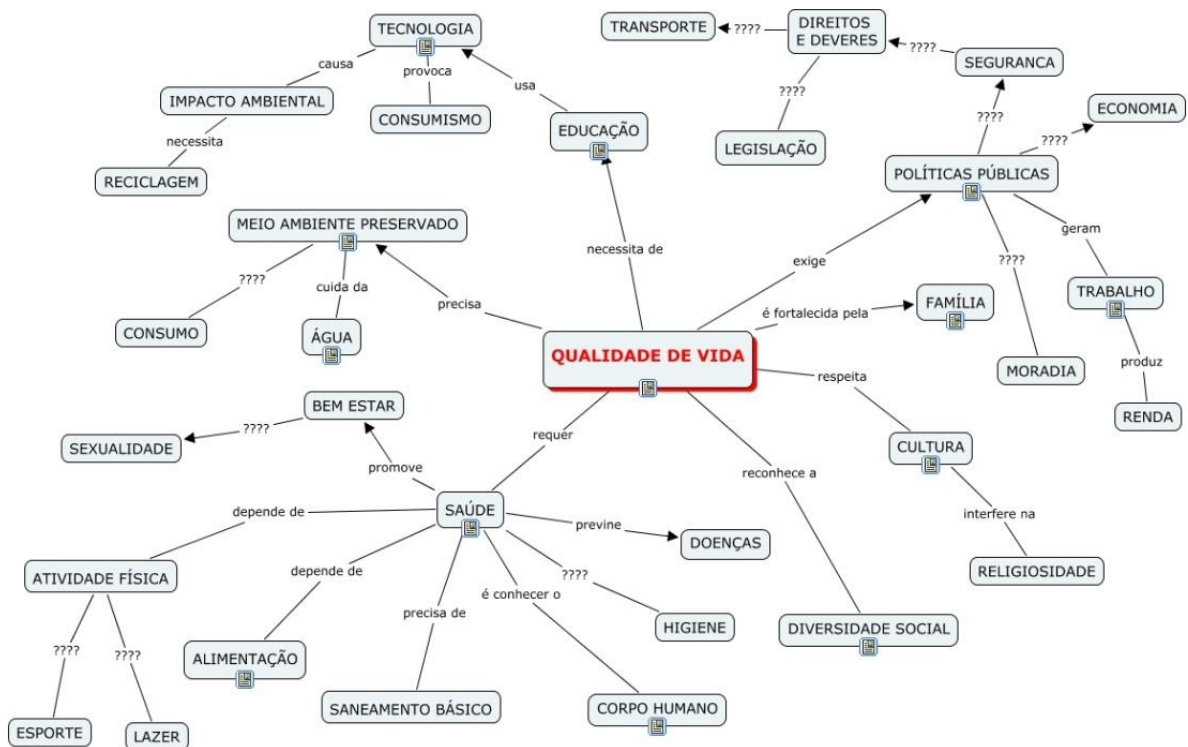


Fonte: Autor

Com o índice de acerto superior a 70%, corrigimos as alternativas *b*, *c*, e *d* e começamos a assistir o vídeo *Como fazer Mapas Conceituais* (6min 36s) disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=RThwilejKw0>.

Projetou-se um Mapa Conceitual sobre a qualidade de vida, pois acredita-se que os estudantes consigam perceber a relação/integração de conceitos, visando a compreensão do que é um MC.

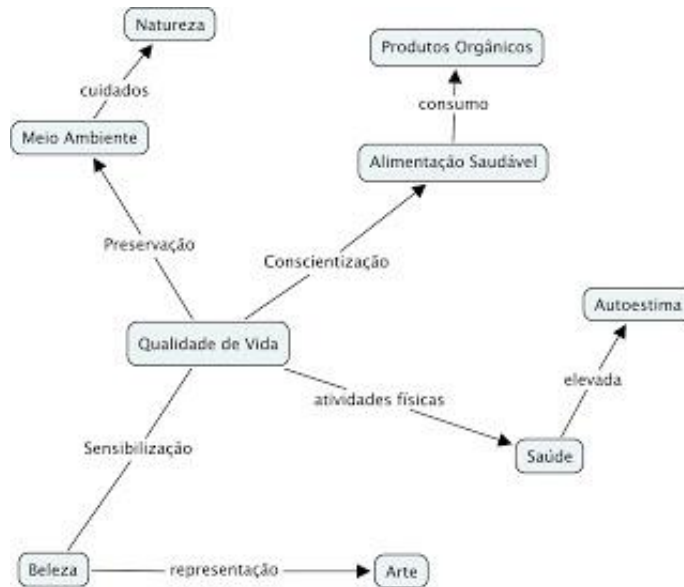
Figura 25 - Mapa Conceitual sobre a qualidade de vida 1



Fonte: Projeto interdisciplinar para a segunda unidade da 7ª série – UFBA. Disponível em: <http://homes.dcc.ufba.br/~frieda/vida/qualidadedevida.html>. Acesso em 10 de maio de 2018.

Salientou-se que este era um modo de desenvolver um MC sobre a qualidade de vida e que poderia ser representado de outra forma, como por exemplo, conforme a Figura 26.

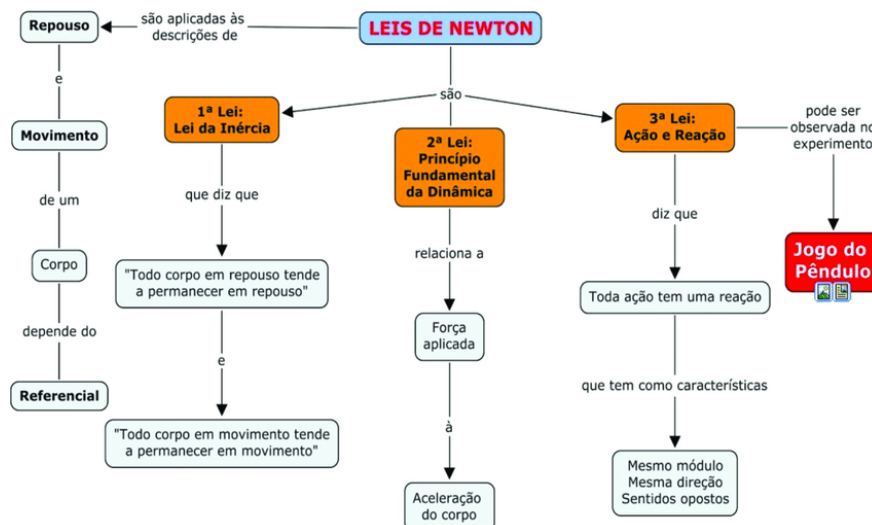
Figura 26 - Mapa Conceitual sobre a qualidade de vida 2



Fonte: Qualidade de Vida. Disponível em <http://alimentacaoambiente.blogspot.com/2011/10/mapa-conceitual-da-qualidade-de-vida.html>. Acesso em 10 de maio de 2018.

O aluno E9 relatou que o segundo mapa conceitual sobre a qualidade de vida era mais simples, parecendo estar incompleto. Passamos a projetar um MC sobre as Leis de Newton, conteúdo já estudado por esta turma, conforme a Figura 27.

Figura 27 – Mapa Conceitual sobre as Leis de Newton



Fonte: Experimentando Física. Disponível em http://experimentandofisica.blogspot.com.br/2012/12/mapas--conceituais_10.html. Acesso em 10 de maio de 2018.

O aluno E22 comenta que é mais difícil construir um mapa conceitual de algum conteúdo de Física, e alguns alunos concordam com a colocação. Foi explicado para a turma que seria o primeiro MC desenvolvido por eles, conforme haviam comentado, e que geralmente quando desenvolvemos algo pela primeira vez, temos muitas dúvidas e receio de errar.

6.7 Relato da sétima aula

Essa aula ocorreu no dia 21 de maio, com duração de 100 minutos. Estavam presentes 30 alunos. A aula iniciou com 20 minutos de atraso por causa de uma conversa que a direção da escola precisou realizar com os alunos do ensino médio.

Organizados em duplas ou trios, conforme a disposição das classes na sala, foi solicitado aos alunos que desenvolvessem um Mapa Conceitual, de forma individual e após explicassem o mesmo através de um texto. Foram avisados que poderiam criar o Mapa Conceitual da maneira que entendessem ser melhor.

Observa-se a insegurança dos estudantes em iniciar o MC, através de alguns questionamentos:

- E2: *Professor a folha pode ficar na horizontal?*

- E18: *O título Ondas Mecânicas, fica centralizado na folha ou na parte superior?*

Informou-se aos alunos que o Mapa Conceitual era uma criação deles, precisa ter uma hierarquia de conceitos e uma relação entre eles.

O professor ficou auxiliando nas dúvidas que surgiam, sem interferir na hierarquia dos conceitos que estavam sendo representados e na relação entre eles.

6.8 Relato da oitava aula

A oitava aula ocorreu no dia 24 de maio, no último período de quinta-feira, tendo duração de 50 minutos, estando presente os mesmos 30 alunos da aula anterior.

Iniciou-se a aula perguntando como foi à experiência em desenvolver um mapa conceitual.

Abaixo relata-se algumas respostas.

E13: *Não é fácil iniciar, porque não sabemos por qual conceito.*

E12: *Professor, não deve ter ficado bom o meu, porque nunca havia feito um mapa conceitual, somente esquemas com resumo.*

E24: *É muito difícil ligar os conceitos fazer essas relações que nem os mapas conceituais que vimos na aula passada.*

E16: *Se eu fosse fazer um mapa conceitual sobre ondas mecânicas agora, faria diferente.*

Com relação à resposta do aluno E13 foi sugerido a ela iniciar pelo conceito mais inclusivo, abrangente. No que diz respeito às colocações dos estudante E12 e E24 comentou-se que com a experiência em construir mapas conceituais dos conteúdos estudados ou a estudar, eles conseguiriam relacionar mais os conceitos e organiza-los melhor hierarquicamente.

A fala do estudante E16 foi muito interessante, pois essa informação de *fazê-lo diferente* pode estar relacionada a uma resignificação de conceitos, pois constantemente a estrutura cognitiva está se reorganizando, podendo ocorrer uma reestruturação de um mapa conceitual, pois os mesmos são dinâmicos.

Após a conversa elaboramos juntos um mapa conceitual demonstrado na Figura 28.

- Quando passa, a onda sonora não arrasta as partículas de ar, por exemplo, apenas faz com que estas vibrem em torno de sua posição de equilíbrio.
- A onda refletida terá a mesma velocidade que a onda incidente. A frequência também não sofrerá alteração. E não teremos alteração do comprimento de onda.
- A frequência se mantém a mesma. Sofrendo alteração de velocidade, mantendo a mesma frequência, pode-se afirmar que o comprimento de onda será diferente ($\lambda_1 \neq \lambda_2$).

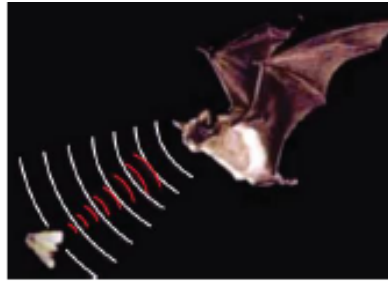
Analisando a primeira resposta, os estudantes chegaram à conclusão que a mesma não tinha relação com a questão, tendo em vista que não foi citado que a onda era sonora, e que não estava respondido o que ocorria com as características da onda após ser refratada. Quando passou-se a analisar a segunda resposta o aluno E11 salientou que a mesma estava errada, pois quem a respondeu não havia entendido que se tratava do fenômeno da refração e não sobre o fenômeno da reflexão. Salientou-se que para ocorrer à refração precisa que ocorra a mudança da velocidade de propagação.

Ao discutir a última resposta projetada alguns alunos entenderam que a mesma estava correta. Questionou-se o fato do porque a frequência não se alterava, e o estudante E11 relatou que a fonte de emissão da onda mecânica era a mesma, e como mudava de meio, para ocorrer à refração, era necessário uma mudança na velocidade de propagação e que então, o comprimento de onda seria diferente conforme estava na resposta.

Passou-se a projeção da Questão 2 para posteriormente projetar algumas respostas.

Questão 2 - (Unesp - adaptada) Em ambientes pouco iluminados, os morcegos utilizam a ecolocalização para caçar insetos ou localizar obstáculos. Eles emitem ondas de ultrassom que, ao atingirem um objeto, são refletidas de volta e permitem estimar as dimensões desse objeto e a que distância se encontra. Um morcego pode detectar corpos muito pequenos, cujo tamanho seja próximo ao do

comprimento de onda do ultrassom emitido.



Com relação ao ultrassom refletido, analise suas características.

Essa questão buscava entender o quão os estudantes haviam se apropriado do conceito de reflexão. A seguir algumas das respostas projetadas.

- Sua frequência não será alterada, mas o comprimento de onda e a velocidade serão modificados.
- Nada modificará, pois a onda contornará os obstáculos para que o morcego saiba o tamanho do obstáculo.
- A frequência não altera porque a fonte é a mesma, o morcego, mas a velocidade diminui.

Antes que fosse solicitado o início da discussão o aluno E11 salientou que a primeira resposta estava errada, porque o próprio enunciado dizia que sofria reflexão e a resposta caracterizava refração. O estudante E30 comentou que as características da reflexão não tem relação com a difração, porque uma onda refletida conservava as características, referindo-se a segunda resposta.

Com relação à última resposta discutimos que uma parte da resposta estava correta, quando salientava que a frequência não sofreria alteração, contudo destacou-se que o comprimento de onda e a velocidade de propagação da onda também não sofrem alteração, quando relacionadas ao fenômeno da reflexão.

Dando sequência a aula projetou-se a Questão 3 destacada abaixo.

Questão 3 - (UFG – adaptada) Um funcionário de um banco surpreende-se ao ver a porta da caixa-forte entreaberta e, mesmo sem poder visualizar os assaltantes

no seu interior, ouve a conversa deles. A escuta é possível graças à qual fenômeno ou qual combinação de fenômenos ondulatórios?

Após a leitura passou-se a projetar algumas respostas apresentadas na TL referente a questão 3.

- *Só é possível porque ocorre difração.*
- *Acho que por causa da combinação da refração e da difração que contorna os obstáculos.*
- *A escuta é possível por causa da reflexão do som e da difração.*

A grande maioria das respostas referente à Questão 3 era semelhante a primeira resposta da projeção. Quando iniciada a discussão das respostas vários alunos disseram que a difração era a resposta correta, porque era responsável pelo som contornar obstáculos e por isso o funcionário ouvia a conversa. Questionados se a resposta era somente a difração a responsável pelo funcionário ouvir a conversa, o aluno E7 afirmou que a combinação entre reflexão e difração eram as responsáveis pela pessoa ouvir a conversa que ocorria dentro do cofre, obtendo a concordância de seus colegas. Aproveitou para destacar que nesta situação apresentada não ocorria o fenômeno da refração, o que está correto.

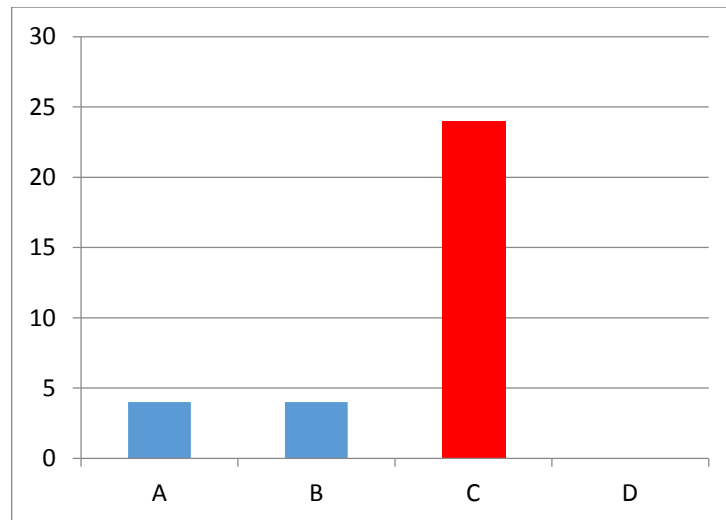
Iniciou-se a projeção do Teste Conceitual 13.

TC13 - (UCS 2011/1 – adaptada nas alternativas) A velocidade de uma onda na água depende da profundidade da água na região em que ela se encontra: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. A mudança de velocidade das ondas devido à mudança de características no meio de propagação é conhecida como

- a) difração.
- b) reflexão.
- c) refração.
- d) polarização.

Os resultados da votação do TC13 estão representados na Figura 29.

Figura 29- Resultado da votação do TC13



Fonte: Autor

Vinte e quatro alunos optaram pela alternativa correta, letra C, representando 75% de acertos. Corrigimos as alternativas erradas, salientando que a difração é o fenômeno que contorna obstáculos ou orifícios, e que na reflexão não ocorre alteração na velocidade de propagação, diferente do enunciado na questão.

Projetou-se então o TC14, pois não houve necessidade de reunir os alunos em pares.

TC14 - (UFRN adaptado) - Paulo está trabalhando no alto de um barranco e pede uma ferramenta a Pedro, que está na parte de baixo (figura).

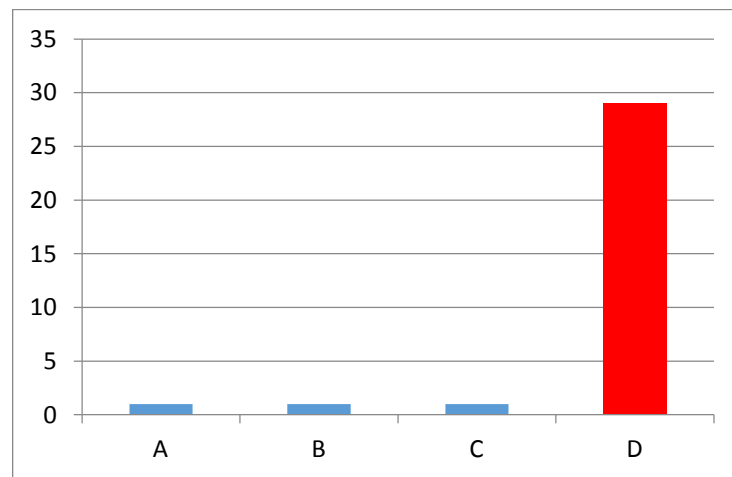


Além do barranco, não existe, nas proximidades, nenhum outro obstáculo. Do local onde está, Pedro não vê Paulo, mas escuta-o muito bem porque, ao atingirem a quina do barranco, as ondas sonoras sofrem:

- a) refração
- b) reflexão
- c) polarização
- d) difração

Aproximadamente 91% dos estudantes acertaram o teste, representando vinte e nove alunos, conforme a Figura 30.

Figura 30 - Resultado da votação do TC14

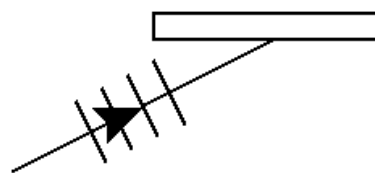


Fonte: Autor

Discutimos o fato da reflexão e da refração não serem o fenômeno responsável por contornar obstáculos/orifícios e que o som não é uma onda transversal para ser polarizada.

Passou-se então a votação do TC 15.

TC15 - A figura representa as cristas de uma onda mecânica propagando-se na superfície da água em direção a uma barreira.

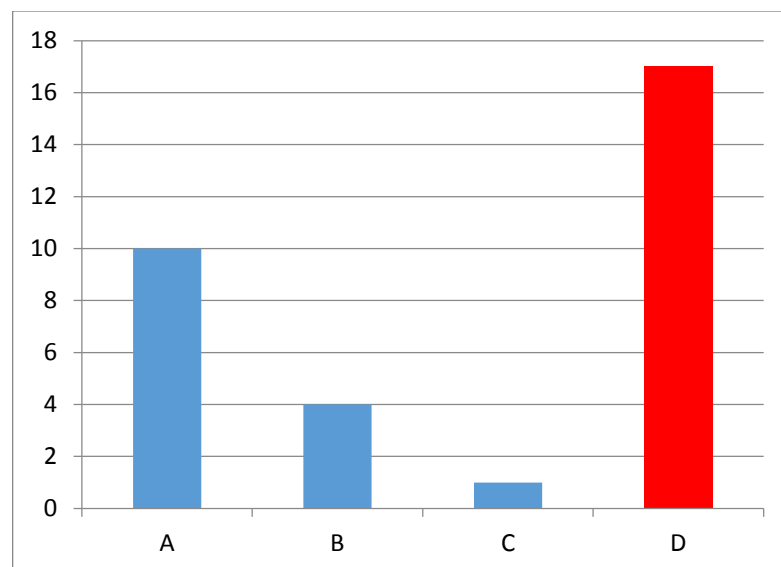


Após a reflexão na barreira, pode-se afirmar que:

- a) a velocidade de propagação, a frequência e o comprimento de onda sofrerão alteração.
- b) o comprimento da onda sofrerá alteração enquanto que a velocidade de propagação e a frequência não mudarão.
- c) a frequência e a velocidade de propagação sofrerão alteração enquanto que o comprimento de onda não mudará.
- d) tanto a frequência, quanto a velocidade de propagação e o comprimento da onda não sofrerão alterações.

Somente dezessete alunos optaram pela alternativa correta, letra D, representando aproximadamente 53% de acertos de acordo com a Figura 31

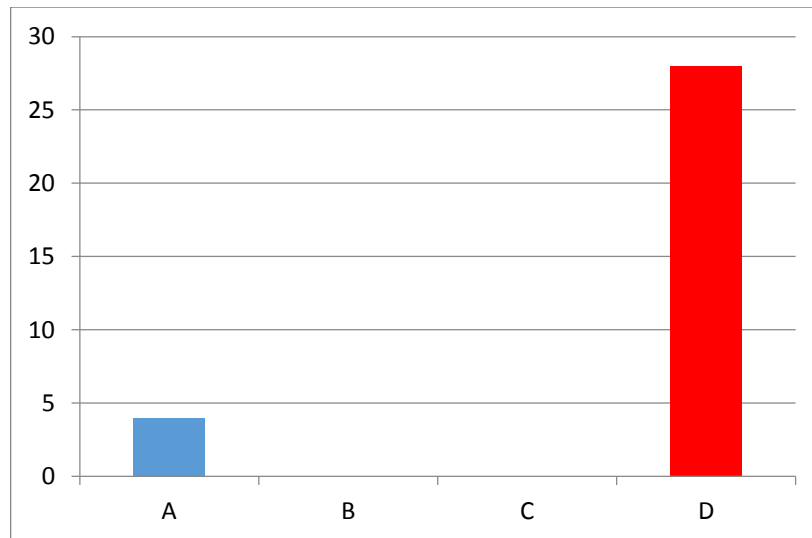
Figura 31 - Resultado da votação do TC15



Fonte: Autor

Os alunos foram separados em pequenos grupos para discutirem entre si a Questão 15, por cerca de 3 minutos. Após realizou-se uma nova votação do mesmo teste, sendo que, nesta nova votação, vinte e oito alunos optaram pela resposta correta, aproximadamente 88%, conforme a Figura 32.

Figura 32 - Resultado da segunda votação do TC15



Fonte: Autor

Passou-se a corrigir as alternativas erradas, buscando lembrá-los que no fenômeno da reflexão as características da onda são mantidas. Após a correção do TC15 finalizou-se a aula.

6.10 Relato da décima aula

A décima aula ocorreu no dia 31 de maio no último período de quinta-feira, estando presentes 26 alunos. A TL6 foi respondida por 30 alunos. Comunicou-se a turma que teriam apenas mais uma tarefa de leitura e que seria importante que todos se organizassem para responder as questões contidas nela dentro do prazo.

Projetou-se a questão 1 da TL6 para leitura.

Questão 1 - Com relação à interferência de ondas, o que ocorre no momento de encontro entre dois pulsos em uma corda, vindos de sentidos opostos?

Após a realização da leitura da questão, passou-se a analisar algumas respostas extraídas da TL.

- *Ocorre o fenômeno da interferência, que superpõem às ondas no ponto de encontro.*
- *Quando os pulsos se encontram ocorre a soma das duas amplitudes formando a elongação máxima.*
- *Haverá uma superposição destrutiva*
- *Depende, na interferência construtiva, ocorre a soma dos pulsos, ou seja, da amplitude de cada. Mas se for uma interferência destrutiva vai ocorrer um fenômeno vindo da diferença entre as duas.*

As três primeiras respostas levam em conta somente um caso de interferência, quando o enunciado não cita o fato de ser uma interferência construtiva ou destrutiva, cabendo ao estudante fazer a relação nos dois casos. Voltou-se a projetar a questão novamente para que os estudantes pudessem lê-la e depois foram questionados se o enunciado solicitava relacionar a interferência construtiva ou destrutiva. Facilmente observaram que haviam se precipitado ao responder a questão. Na quarta resposta pode-se notar que o aluno compreendeu a diferença entre as duas interferências, contudo faltou explicar de forma mais conceitual.

Passou-se a leitura da Questão 2.

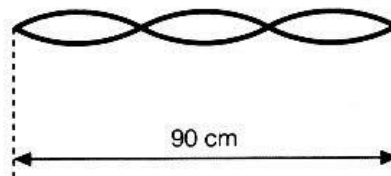
Questão 2 - O que precisa acontecer para um corpo entrar em ressonância?

Em seguida projetou-se algumas respostas extraídas da TL. A maioria dos alunos respondeu a questão de forma correta.

- *Um aumento de amplitude.*
- *O corpo precisa sofrer uma série periódica de impulsos*
- *O corpo entra em ressonância com os impulsos aplicados.*
- *Quando a frequência de vibração forçada de um objeto, se iguala a frequência natural ocorre um drástico aumento de amplitude, assim causando a ressonância.*

Na primeira resposta o estudante não fez relação com a frequência para explicar a ressonância, deixando a resposta muito superficial. As duas respostas seguintes novamente não relacionam os impulsos aplicados à frequência natural de vibração do objeto. Com relação à última resposta, apresenta-se mais embasada que as demais, contudo não deveria aparecer a palavra drástico que o conceito estaria mais explicitado. Após debater-se as respostas iniciamos análise da Questão 3.

Questão 3 - Em uma corda estabelece-se um sistema de ondas estacionárias, conforme mostra a figura.



Determine o comprimento de onda das ondas que deram origem às ondas estacionárias.

Como apenas 8 alunos conseguiram acertar a medida do comprimento de onda, optou-se por explicar a forma de determinar esta medida, através da projeção da questão.

Foi explicado que a distância entre dois nós consecutivos da figura em questão tem valor de 30 cm e representava a metade do comprimento dessa onda estacionária, logo a medida do comprimento é igual a 60 cm.

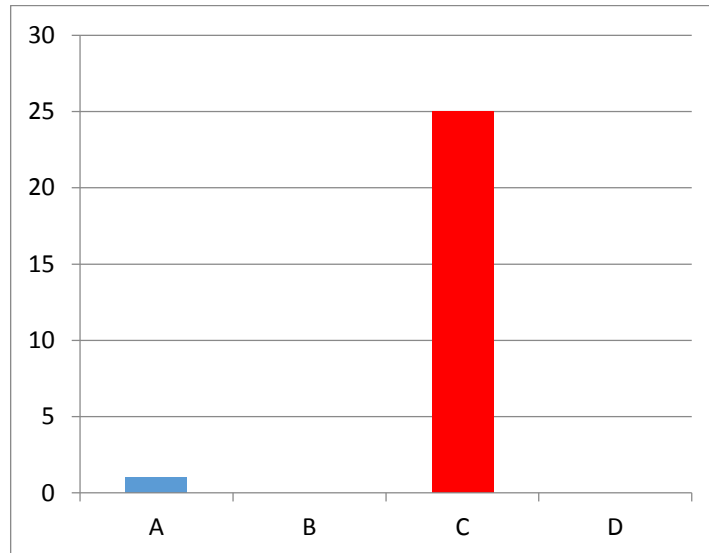
Após a explicação iniciamos a votação do Teste Conceitual 16.

TC16 - Emitindo-se determinadas notas musicais através, por exemplo, de um violino, é possível trincar-se à distância uma fina lâmina de cristal. O fenômeno que melhor se relaciona com o fato é:

- a) refração.
- b) reflexão.
- c) ressonância
- d) difração.

Aproximadamente 96% dos estudantes acertaram a questão, escolhendo a alternativa C, o que corresponde a vinte e cinco alunos, conforme a Figura 33.

Figura 33 - Resultado da votação do TC16

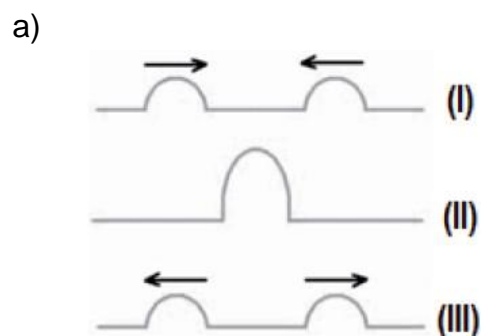


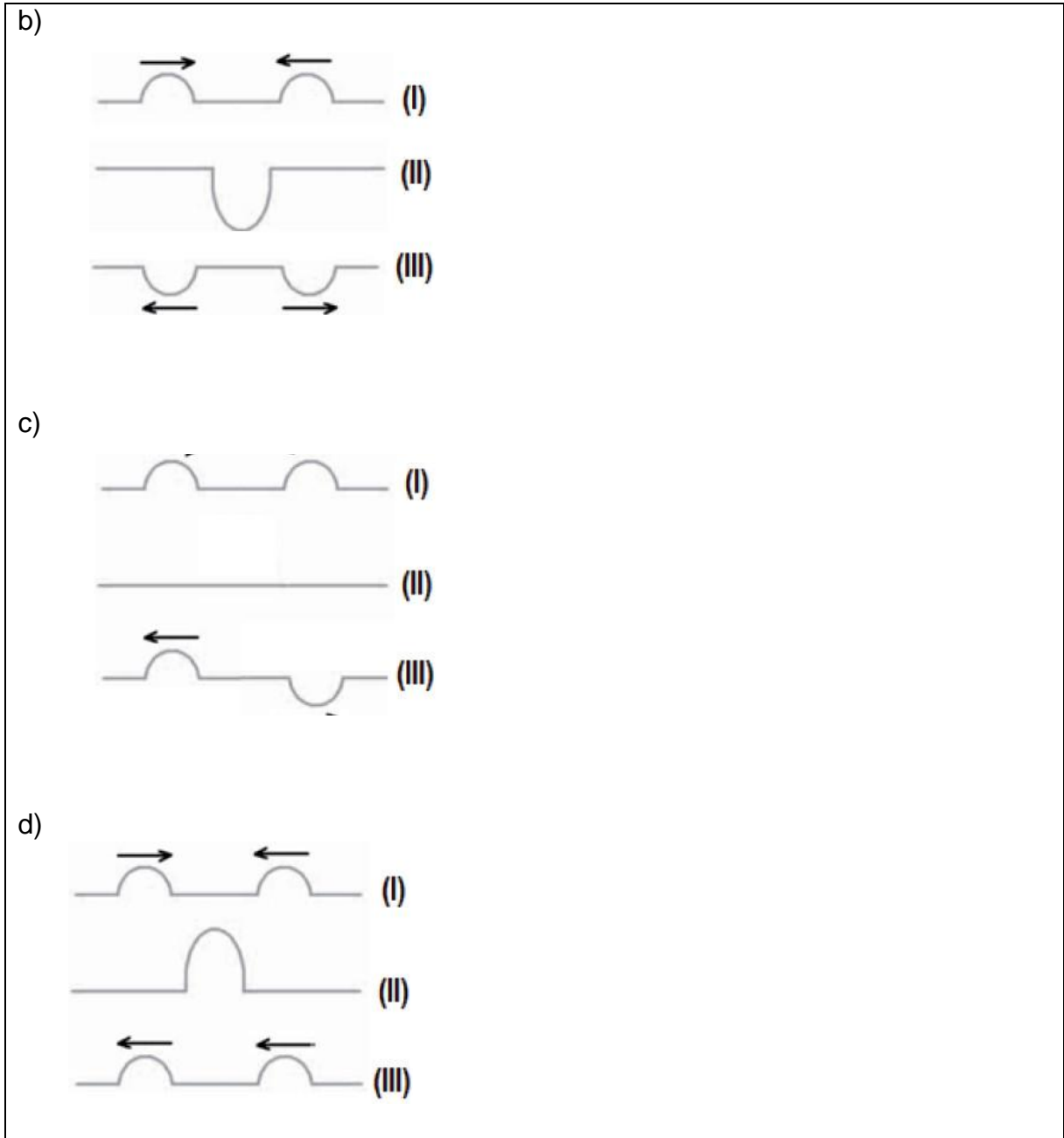
Fonte: Autor

Conversamos que o fenômeno descrito no enunciado do exercício era referente à ressonância, pois a nota musical produzida pelo violino (frequência forçada de um objeto) se aproxima da frequência do objeto (cristal) causando a quebra. Como o índice de acertos foi superior a 70%, passou-se ao TC17.

TC17 - (UDESC - adaptado) Em uma corda, dois pulsos de onda propagam-se em sentidos opostos, conforme mostra a figura.

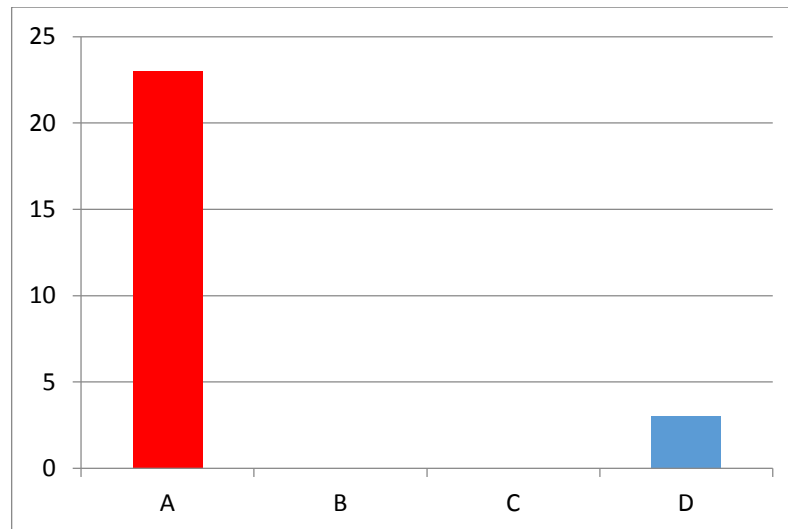
Assinale a alternativa que representa corretamente a propagação dos pulsos de onda, nos seguintes momentos: antes da interferência (I), durante a interferência (II) e após a interferência (III), respectivamente.





Vinte e três alunos escolheram a alternativa correta, letra A, o que corresponde a aproximadamente 88% dos alunos presentes, conforme a Figura 34.

Figura 34 - Resultado da votação do TC17

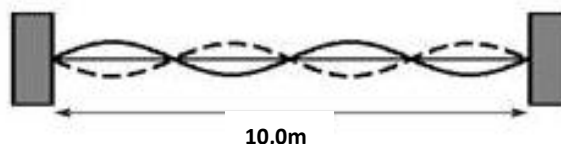


Fonte: Autor

Corrigimos a questão, analisando cada alternativa errada. Na alternativa B, no momento que ocorre a interferência ela deveria ser construtiva e não destrutiva, conforme representada no momento II. Com relação à alternativa C, o momento I não demonstra o sentido do movimento dos pulsos e caso fossem um pulso ao encontro do outro deveria ocorrer interferência construtiva e não destrutiva conforme a representação do momento II. Na alternativa D, o momento I e II estão representados corretamente, contudo no momento III, que demonstra os pulsos pós interferência, os mesmos deveriam seguir em sentidos opostos e não os dois pulsos para o mesmo sentido, da direita para a esquerda.

Passou-se para a votação do TC18.

TC18 - Uma corda de 10,0 m de comprimento está fixa em suas extremidades e vibra na configuração estacionária conforme a figura a seguir



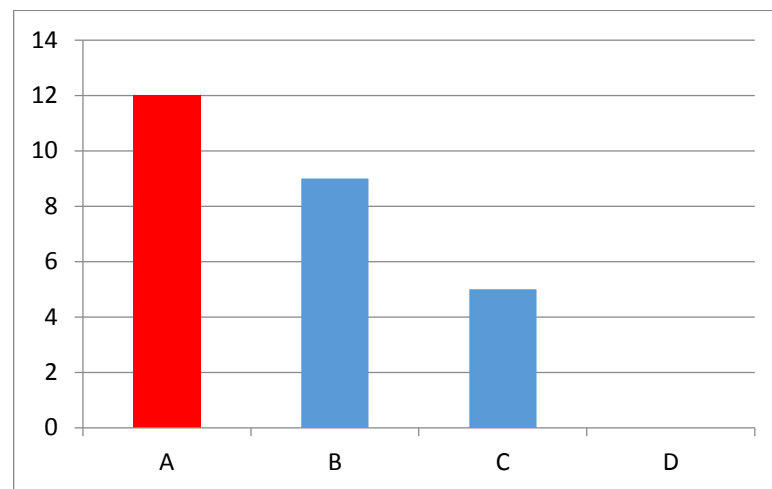
Conhecida a frequência de vibração igual a 100 Hz, podemos afirmar que a velocidade da onda na corda é de:

- a) 500 m/s
- b) 1000 m/s

- c) 2500 m/s
d) 10000 m/s

Somente doze alunos optaram pela alternativa correta, letra A, o que corresponde a aproximadamente 46% dos estudantes presentes, representado na Figura 35.

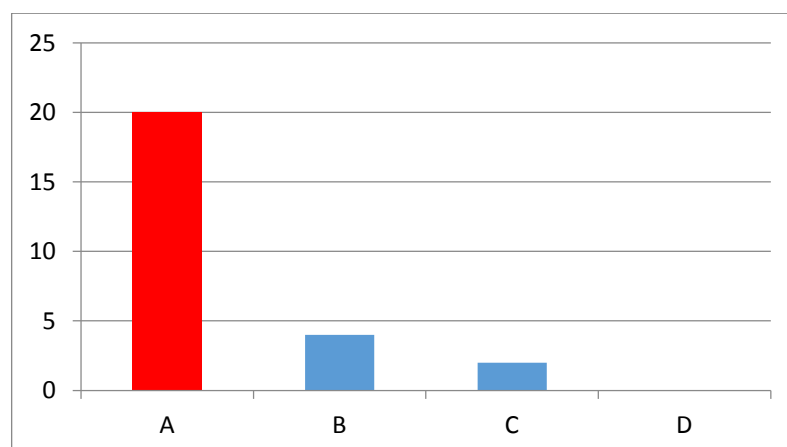
Figura 35 - Resultado da votação do TC18



Fonte: Autor

Com o resultado abaixo de 70%, separou-se os alunos em grupos para discutirem a questão. Após alguns minutos realizou-se uma nova votação do TC18. O resultado da segunda votação está representado na Figura 36, onde aproximadamente 76% dos estudantes acertaram a questão.

Figura 36 - Resultado da segunda votação do TC18



Fonte: Autor

Durante a correção da questão, buscou-se salientar que a distância entre dois nós consecutivos equivale a 2,5m e essa medida esta relacionada a metade do comprimento de onda. Logo, o comprimento dessa onda estacionária é de 5,0m. Relacionando o comprimento de onda com sua frequência, através do produto entre elas, determina-se a velocidade sendo 500 m/s. Após finalizou-se a décima aula.

6.11 Relato da décima primeira aula

A décima primeira aula ocorreu no dia 4 de junho nos dois primeiros períodos de segunda-feira, estando presentes os 32 alunos. A TL7 foi respondida pelos 32 alunos. Foram informados que não teriam mais tarefas de leitura, e que na próxima aula encerraríamos a sequência didática.

Projetou-se a Questão 1 para leitura.

Questão 1 – Analise a tabela e identifique, entre os sons apresentados, o mais agudo e o som mais forte. Explique como você chegou a essa resposta.

Som	Amplitude (cm)	Frequência (Hz)
I	0,2	800
II	0,4	1000
III	0,6	500
IV	0,8	500
V	1,0	100

Após leitura começou a ser analisada algumas respostas extraídas da TL.

- O mais agudo seria o som de número V porque ele tem maior amplitude e o som mais forte é o de maior frequência, o som II.
- O som mais agudo é o de maior frequência, som II e o de maior amplitude é o

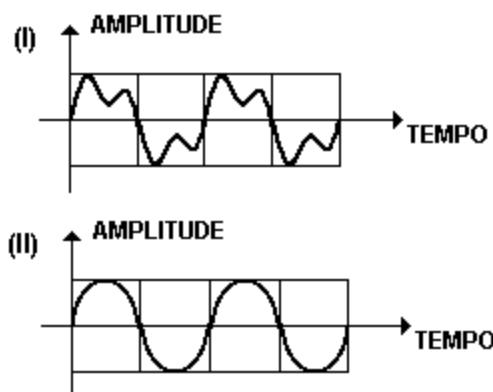
som mais forte, V.

- O som mais agudo deve ter a menor frequência e o mais forte ter a maior amplitude.

A maioria dos estudantes respondeu a questão de forma correta. Quando iniciada a discussão, o aluno E14 analisou as respostas e relacionou a frequência (maior) em um som mais agudo e quanto maior a amplitude mais forte é o som. Após a colocação, alguns alunos começaram a dizer que ele estava correto.

Dando sequência a aula passamos para a leitura da Questão 2.

Questão 2 – (UFF - adaptada) Ondas sonoras emitidas no ar por dois instrumentos musicais distintos, I e II, têm suas amplitudes representadas em função do tempo pelos gráficos abaixo.



Uma pessoa cega seria capaz de diferenciar esses sons? Se sim, explique.

A maioria dos alunos respondeu a questão de forma correta, afirmando ser o timbre o responsável pela diferenciação dos sons, e alguns complementaram a resposta relacionando as frequências serem diferentes. Foram trazidas para debate algumas respostas.

- Poderá porque as ondas possuem comprimentos diferentes.

- Sim ela vai diferenciar os sons porque eles têm amplitudes diferentes.

- Sim irá diferenciar por causa dos timbres serem diferente.

Como a maioria havia acertado, três ou quatro alunos começaram a falar ao mesmo tempo, dizendo que a primeira resposta estava errada porque relacionava a diferenciação dos sons com o comprimento de onda e a segunda resposta não estava correta porque a amplitude não era a responsável por diferenciar os sons.

Após passou-se a leitura da Questão 3.

Questão 3 - Uma criança está sentada em um banco na praça quando se aproxima um carro de polícia com velocidade de 60 km/h com a sirene do carro ligada emitindo um som de frequência de 600 Hz, passando em frente à criança e seguindo o trajeto da rua. Que relação pode-se fazer com o som ouvido pela criança durante a aproximação e quando o carro da polícia se afasta.

Como a grande maioria dos estudantes não conseguiram responder a questão ou deixaram-na incompleta, optou-se por explicar a questão através de questionamentos.

Primeiro questionamento levava em consideração se afetava no som ouvido pela criança, o fato do carro estar em movimento. O aluno E26 afirmou que sim, pois se estava ocorrendo aproximação seria realizada uma análise e se estivesse se afastando seria diferente a resposta. Foi perguntado a turma se a afirmação estava correta e grande parte dos estudantes concordou.

Foram questionados se haviam levado em consideração o fato do movimento do veículo com relação à criança, e a maioria afirmou não ter considerado. Questionei-os como seria a relação da velocidade de propagação, do comprimento de onda e da frequência no momento de aproximação do veículo, com relação a criança e no momento do afastamento.

O aluno E11 conclui afirmando que quando o veículo se aproxima da criança ela ouvirá um som mais agudo e ao se afastar o som será mais grave, por causa da mudança de frequência.

Iniciou-se a votação do TC19.

TC19 - (PUCCAMP- adaptada nas respostas) Um professor lê o seu jornal

sentado no banco de uma praça e, atento às ondas sonoras, analisa três eventos:
 I – O alarme de um carro dispara quando o proprietário abre a tampa do porta-malas.

II – Uma ambulância se aproxima da praça com a sirene ligada.

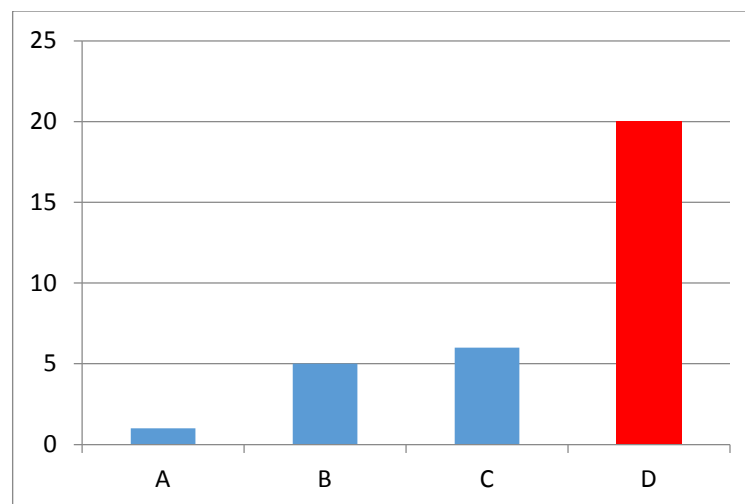
III – Um mau motorista, impaciente, após passar pela praça, afasta-se com a buzina permanentemente ligada.

O professor percebe o efeito Doppler apenas:

- a) no evento I, com frequência sonora invariável
- b) nos eventos I e II, com diminuição da frequência
- c) nos eventos I e III, com aumento da frequência
- d) nos eventos II e III, com aumento da frequência em II e diminuição em III

Na votação do TC19, vinte alunos acertaram a questão, alternativa D, conforme a Figura 37, correspondendo a aproximadamente 63% de acertos, sendo necessário reunir os alunos em pares.

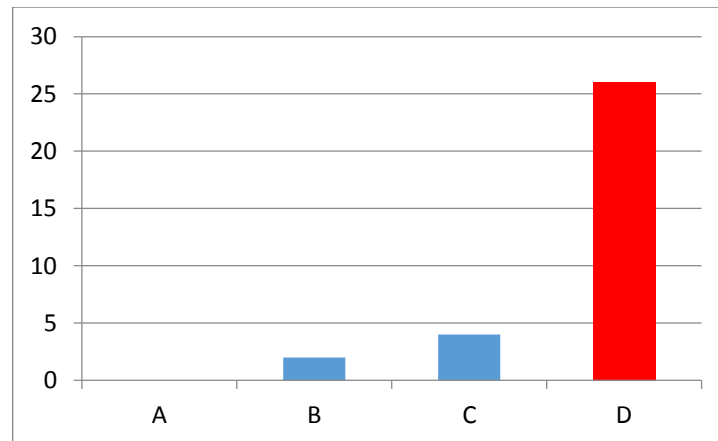
Figura 37 - Resultado da votação do TC19



Fonte: Autor

Após a discussão nos pequenos grupos ocorreu a segunda votação do TC19, registrado na Figura 38, onde vinte e seis alunos responderam corretamente, correspondendo a aproximadamente 81% de acertos.

Figura 38- Resultado da segunda votação do TC19



Fonte: Autor

O TC19 foi corrigido. Discutimos que no evento I não ocorre o Efeito Doppler, pois a fonte de onda sonora precisa estar em movimento. Com relação ao evento II, a fonte sonora está se aproximando, logo a frequência aparenta ser maior.

Dando sequência a aula colocou-se para votação o TC20.

TC20 - (PUC-MG) Analise as afirmações a seguir.

I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.

II. Dois instrumentos iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes (intensidades) diferentes.

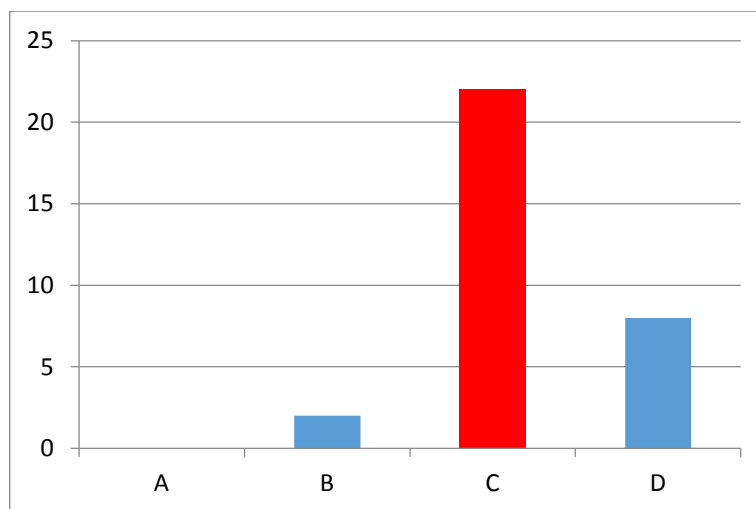
III. Um mesmo instrumento é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitidos nas situações I, II e III respectivamente.

- a) Amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) Frequência, comprimento de onda e amplitude.
- c) Timbre, amplitude e frequência.
- d) Amplitude, timbre e frequência.

Vinte e dois alunos optaram pela alternativa correta, letra C, conforme a Figura 39, correspondendo a aproximadamente 69% de acertos, sendo necessário, conforme metodologia PI a reunião de alunos em pares.

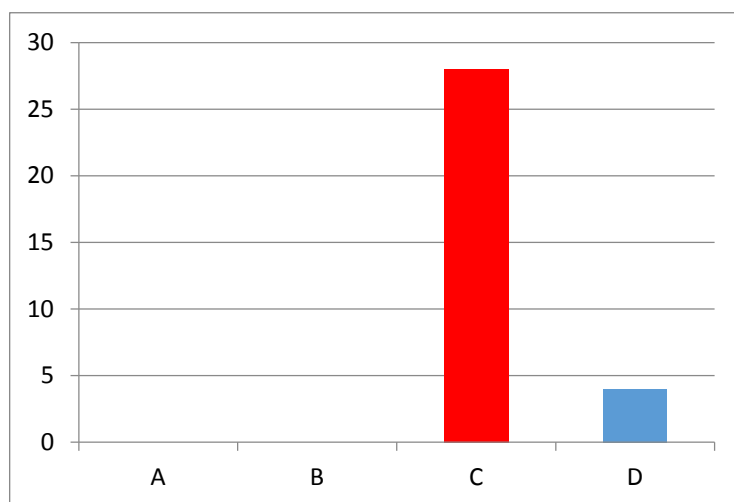
Figura 39- Resultado da votação do TC20



Fonte: Autor

Finalizado o tempo para discussão entre os grupos de estudantes, realizou-se a segunda votação do TC20, demonstrada na Figura 40.

Figura 40 - Resultado da segunda votação do TC20



Fonte: Autor

Na segunda votação vinte e oito alunos optaram pela alternativa correta, letra C, representando, aproximadamente 87% de acerto. Discutiu-se o fato do timbre ser o responsável por diferenciar dois sons de instrumentos diferentes, e a amplitude estar relacionada com a intensidade (volume).

Iniciou-se a votação do TC21.

TC21 -(UEPB - adaptada) Em relação às ondas e aos fenômenos ondulatórios, analise as proposições abaixo, escrevendo V ou F. conforme sejam verdadeiras ou falsas, respectivamente.

() A forma da onda sonora de um violino é diferente da forma da onda de um piano. Por isso, os sons desses instrumentos apresentam timbres diferentes.

() O efeito Doppler. explica a variação da frequência das ondas percebidas por um observador, causado pelo movimento relativo entre este e a fonte geradora das ondas

() Quando dois instrumentos musicais emitem a mesma nota musical, são diferenciados um do outro pela altura do som.

Após a análise feita, assinale a alternativa que corresponde à sequência correta:

a) VVF

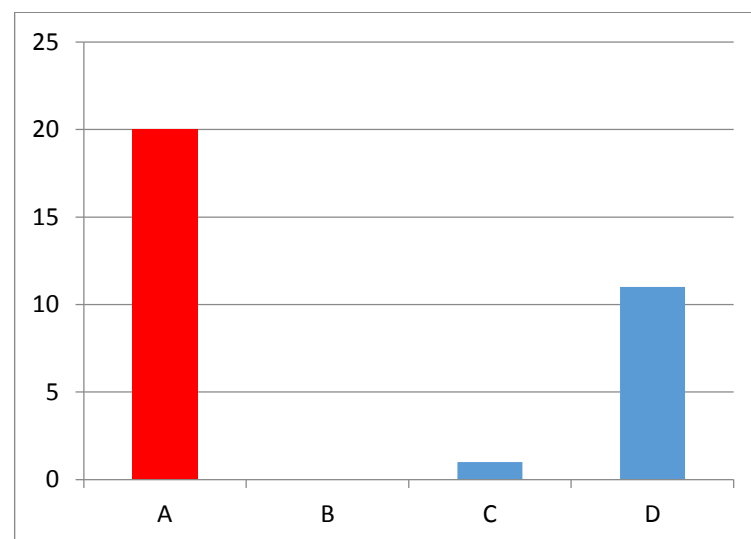
b) FVV

c) FFV

d) VFF

Na Figura 41 está representado o número de alunos que optaram por cada alternativa do TC21, sendo que vinte alunos escolheram a alternativa correta, letra A, representando, aproximadamente 63% de acertos.

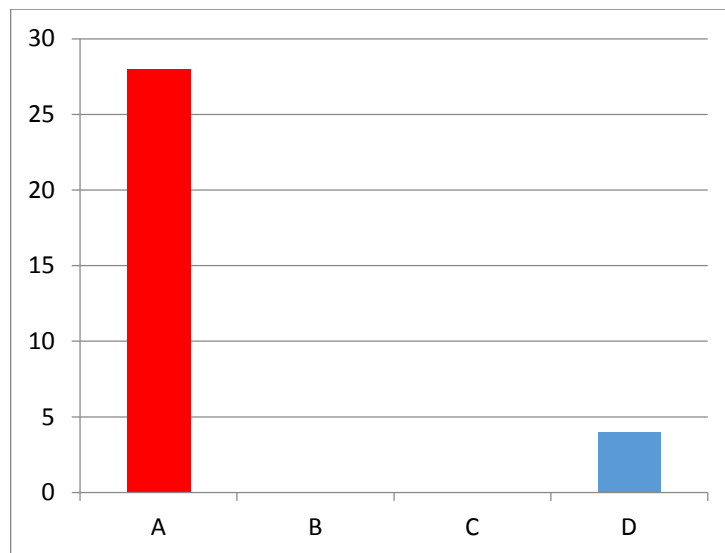
Figura 41 - Resultado da votação do TC21



Fonte: Autor

Com o percentual de acerto inferior a 70%, fez-se necessário separar novamente os alunos para a discussão do teste conceitual. Findo a discussão, votou-se novamente o TC21, representando os resultados na Figura 42.

Figura 42 - Resultado da segunda votação do TC21



Fonte: Autor

Nessa segunda votação, aproximadamente 87% dos estudantes escolheram a alternativa correta, letra A, correspondendo a vinte e oito alunos.

Passou-se a resposta correta e discutiu-se o fato dos instrumentos produzirem ondas sonoras diferentes, sendo o timbre capaz de diferenciá-las. Com relação ao Efeito Doppler a fonte sonora precisa estar em movimento com relação ao observador e a altura do som, se diferencia pela amplitude.

Começou-se a votação do TC22.

TC22 (UOL – adaptada nas respostas)- Assinale a afirmação verdadeira em relação ao eco:

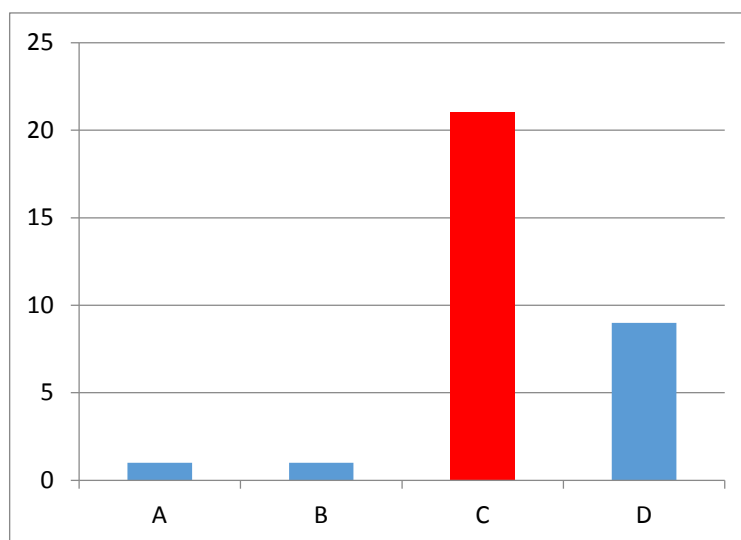
- A velocidade do som no meio não afeta a distância mínima necessária entre uma fonte sonora e um obstáculo para a formação do eco.
- O eco surge em decorrência da absorção das ondas sonoras por algum obstáculo.

c) Toda onda sonora pode sofrer reflexão, no entanto, só ouviremos o seu eco caso o tempo decorrido entre sua emissão e reflexão seja maior que 0,1 s.

d) Se uma onda sonora for produzida e retornar ao nosso ouvido com um tempo menor que 0,1 s, é possível escutar o seu eco.

Os resultados da votação estão representados na Figura 43, sendo que vinte e um alunos acertaram a questão ao optarem pela alternativa C, correspondendo a aproximadamente 66% de acerto.

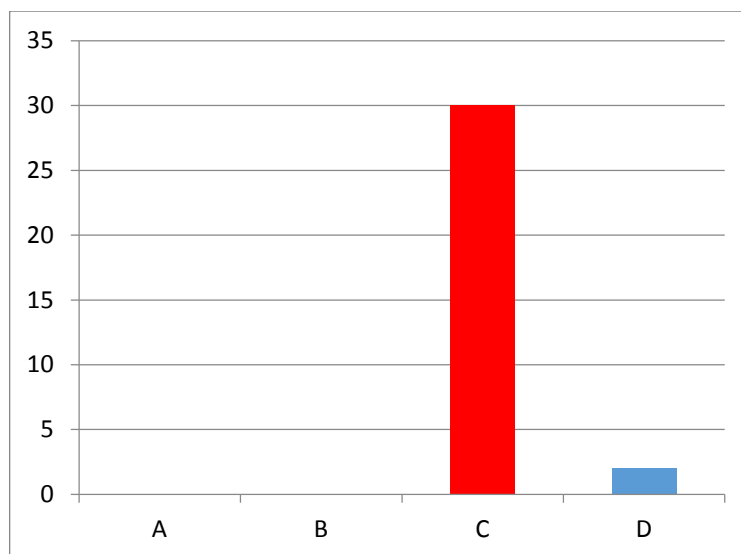
Figura 43 - Resultado da votação do TC22



Fonte: Autor

Novamente fez-se necessário separar os alunos em pequenos grupos para discutirem o TC, e após votarem-no novamente. A segunda votação do TC22 está representada na Figura 44.

Figura 44 - Resultado da segunda votação do TC22



Fonte: Autor

O resultado da segunda votação do TC22 foi satisfatório, pois, aproximadamente 94% dos estudantes optaram pela alternativa correta, letra C, correspondendo a trinta alunos. Corrigiu-se a questão enfatizando que o ouvido humano só diferencia o som emitido do som refletido se o intervalo de tempo for superior a 0,1 segundo.

Após a correção a aula foi encerrada.

6.12 Relato da décima segunda aula

A décima segunda aula ocorreu no dia 7 de junho no último período de quinta-feira, estando presentes 31 alunos, pois uma aluna solicitou transferência para outro colégio.

Nesta aula os estudantes realizaram as questões do pós-teste de forma individual, posteriormente debateu-se as mesmas, e após, receberam as orientações para responderem o questionário da avaliação através *Google forms*.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão discutidos os resultados obtidos durante a aplicação do produto educacional, sendo esses referentes ao Pré-Teste e Pós-Teste, as Tarefas de Leitura, aos Testes Conceituais, a construção dos Mapas Conceituais e o Questionário da avaliação da sequência didática (que trouxe o ponto de vista dos estudantes com relação às metodologias utilizadas).

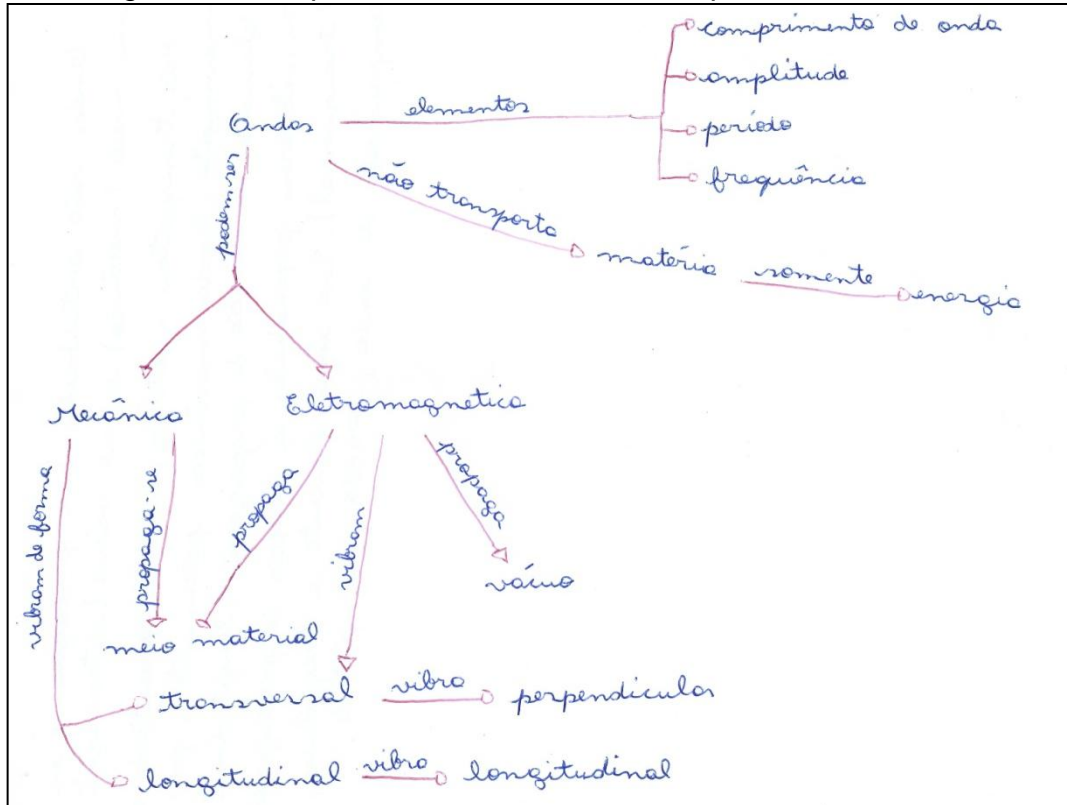
As Tarefas de Leitura foram todas entregues na data combinada com os alunos e encerradas dentro do prazo estipulado. Em poucas situações não foram lidas e respondidas às questões, contudo, em torno de cinco alunos, as responderam sem dedicação, mesmo sendo enfatizado pelo professor, em aula, a importância de responder as questões de forma mais completa. Observou-se um número crescente de alunos que traziam em cada aula as TL impressas, grifadas, demonstrando o envolvimento no seu processo de aprendizagem. As respostas obtidas nas questões das TL demonstram que ocorreu aprendizagem de conceitos, definições, compreensões de fenômenos e que é um material muito importante para que o professor possa identificar as dificuldades encontradas pelos estudantes, planejando uma aula com foco nas concepções prévias dos estudantes.

Com relação aos Testes Conceituais, foram aplicados vinte e dois, sendo que em nove testes conceituais foi necessário reunir os alunos em pares para discutirem as respostas, e após realizar uma nova votação do mesmo teste. O fato de, realizar uma segunda votação em apenas nove TC, pode ser considerado um resultado insatisfatório, pois o enfoque do PI é a discussão entre os pares. No entanto, em todos os testes conceituais que necessitaram de uma segunda votação, o número de acertos aumentou, sendo um resultado positivo, assim como a mudança na postura dos alunos, defendendo o seu ponto de vista durante a discussão com seus pares, o que não acontecia nas aulas somente expositivas.

Na sétima aula os estudantes desenvolveram individualmente Mapas Conceituais e explicaram-nos de forma escrita. A seguir apresentaremos três MC e a explicação sobre os mesmos, escolhidos por sua singularidade.

A Figura 45 representa o MC desenvolvido pelo estudante E21, onde observa-se que o aluno construiu utilizando poucos conceitos estudados até o momento, se comparado com o MC do aluno E11, deixando de fazer algumas relações, como por exemplo, a relação entre período e frequência, no entanto, sua explicação, Figura 46, condiz com a representação de seu Mapa Conceitual.

Figura 45 – Mapa Conceitual desenvolvido pelo estudante E21



Fonte: autor

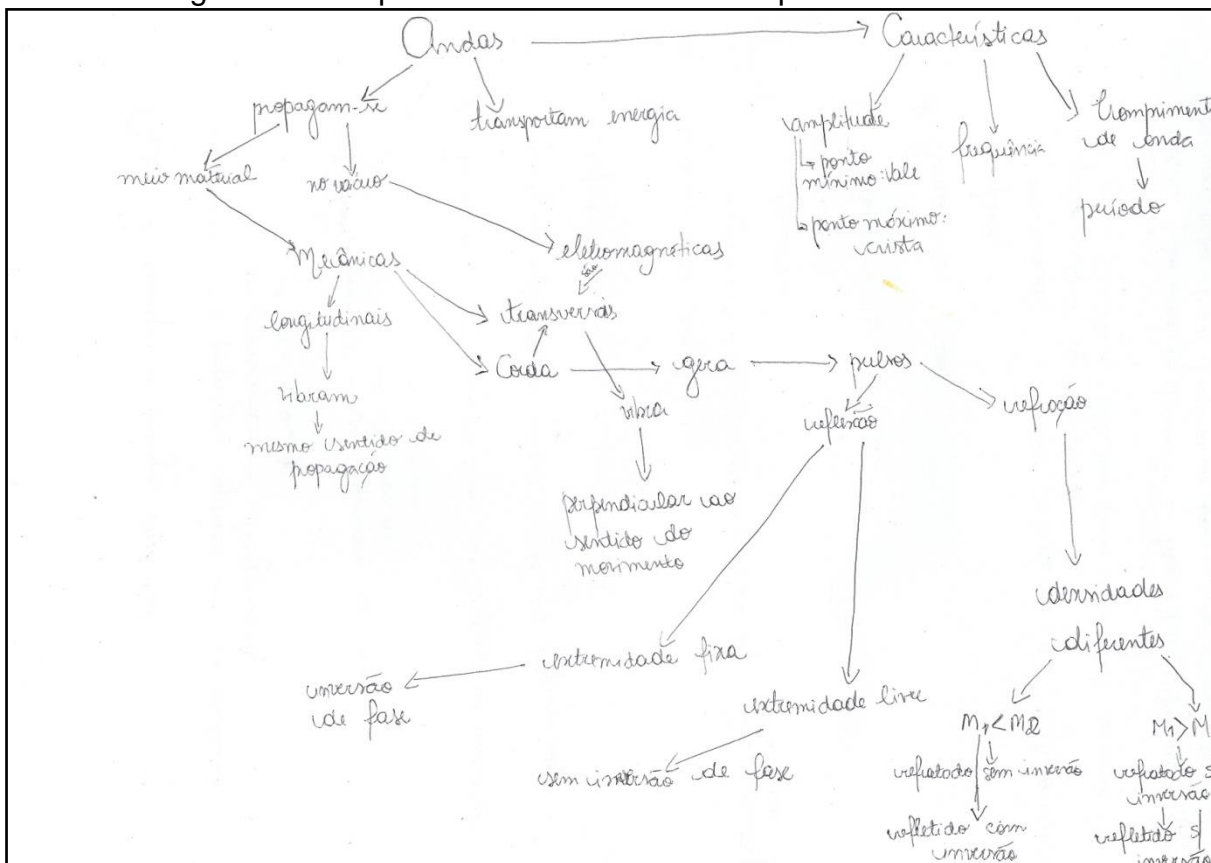
Figura 46 – Explicação do Mapa Conceitual desenvolvido pelo aluno E21

Ondas são perturbações que propagam-se em um meio (meiônica) ou no vácuo (eletromagnéticas). Não transportam matéria somente quantidade de movimento. Ondas mecânicas podem vibrar paralelamente a direção de propagação (longitudinal) ou vibrarem perpendicular a direção de propagação (transversal). Sem como elemento a frequência, comprimento de onda, período e amplitude.

Fonte: autor

O MC desenvolvido pelo aluno E11, Figura 47, apresenta mais conceitos que o do estudante E21, no entanto poderia ocorrer uma maior relação entre os conceitos, como por exemplo, a mudança de velocidade de propagação quando ocorre a refração de um pulso em cordas com densidades lineares diferentes.

Figura 47 – Mapa Conceitual desenvolvido pelo estudante E11



Fonte: autor

A Figura 48 representa a explicação do MC do aluno E11, apresentada na forma de tópicos, condizente com a representação do Mapa Conceitual.

Figura 48 – Explicação do Mapa Conceitual desenvolvido pelo aluno E11

Ondas \rightarrow transportam energia, sem matéria.

- mecânicas: \rightarrow se propagam apenas em meio material;
 - \rightarrow transversais ou longitudinais;
 - \rightarrow ex: ondas *
- Eletromagnéticas: \rightarrow se propagam no vácuo;
 - \rightarrow transversais;
 - \rightarrow ex: raio-X

- Transversal: vibra perpendicular ao sentido do movimento.
- Longitudinal: vibra no mesmo sentido de propagação.
- Mista: transversal e longitudinal.

Características das Ondas:

- amplitude (distância entre o ponto de equilíbrio e crista) ou vale
- frequência;
- período;
- comprimento de onda;

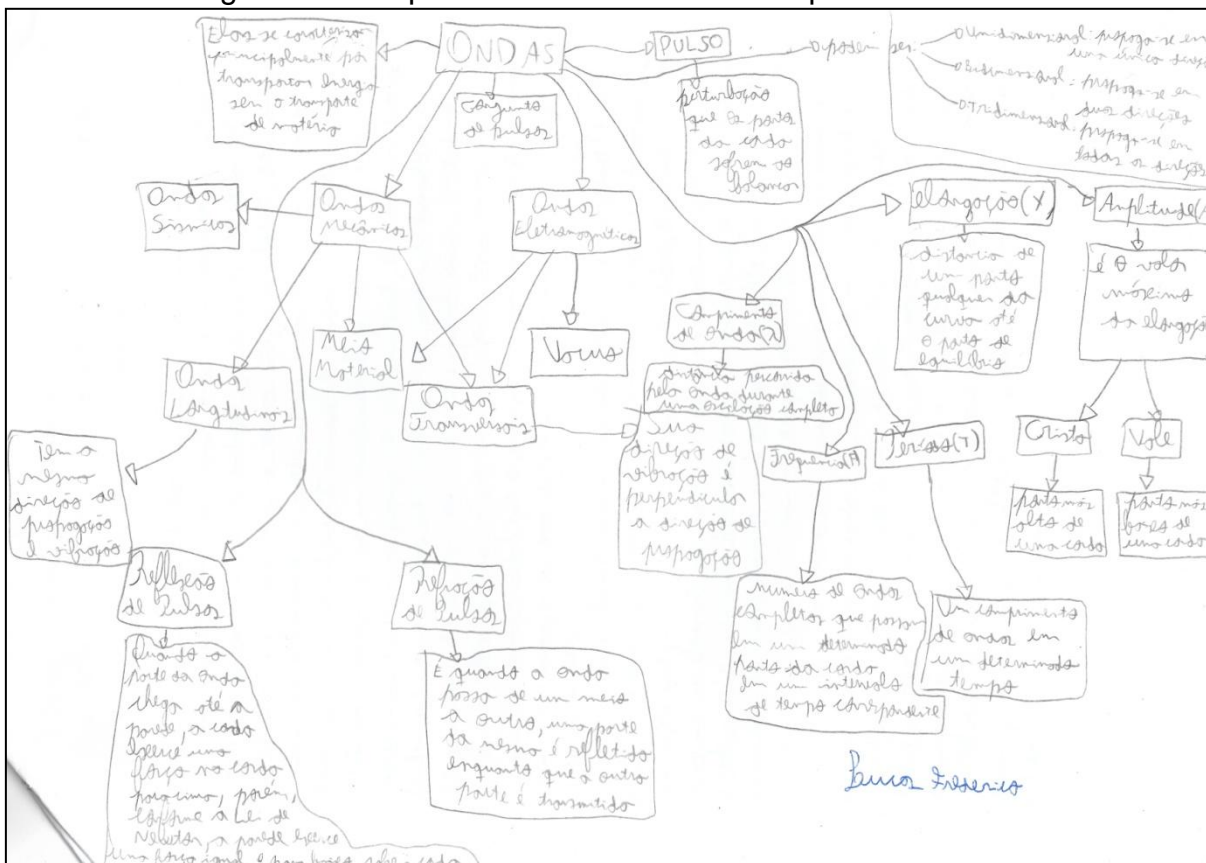
* Onda em uma prisma:

- reflexão:
 - extremidade fixa: ocorre inversão de fase, voltando um pulso igual e invertido.
 - extremidade livre: volta um pulso igual, sem inversão.
- Refração:
 - $n_1 < n_2$ - pulso refletido \rightarrow inversão de fase e pulso refratado \rightarrow inversão de fase
 - $n_1 > n_2$ - pulso refletido \rightarrow inversão de fase e pulso refratado também \rightarrow inversão de fase.

Fonte: autor

O terceiro Mapa Conceitual desenvolvido, Figura 49, classificamos como um mapa mental, pois mapas mentais são livres, não ocorrendo relação entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não precisa organização hierárquica (MOREIRA, 2005)

Figura 49 – Mapa Conceitual desenvolvido pelo aluno E18



Fonte: autor

A Figura 50 corresponde a explicação do “MC” do aluno E18.

Figura 50 – Explicação do Mapa Conceitual desenvolvido pelo aluno E18

Ondas

Princípiomente o que é uma onda, onda é um conjunto de pulsos, e que são pulsos? são uma perturbação que se propaga de uma parte do corpo e se espalha em todas as direções. O que caracteriza o onda são, principalmente, por transportar energia sem o transporte de matéria. Essas ondas podem ser Mecânicas, sendo como uma principal, onda é sonora e ondas Eletromagnéticas, as Mecânicas propagam-se por um meio material, já as Eletromagnéticas não necessariamente precisam se propagar por meio material, elas podem se propagar também no vácuo. E essas dois tipos de ondas podem ser transversais e longitudinais. A mecânica pode ser tanto transversal como longitudinal, porém a Eletromagnética só pode ser transversal. Essas ondas também podem ser unidimensionais, que se propagam em uma única direção, bidimensionais, que se propagam em duas direções e tridimensionais, que se propagam em todas as direções.

Os principais elementos de uma onda são: Elongação (x), Amplitude (A), comprimento de onda (λ), Período (T) e Frequência (F). Elongação é a distância de um ponto qualquer da curva até o ponto de equilíbrio, Amplitude é o valor máximo da elongação, podendo ser vista, que é o ponto mais alto de uma corda, e vale, que é o ponto mais baixo da corda, comprimento de onda é a distância percorrida pela onda durante uma oscilação completa, Período é um comprimento de onda, em um determinado tempo, como se fosse um ciclo com intervalo de tempo e Frequência é o número de ondas completas que passam em um determinado ponto da corda em um intervalo de tempo correspondente.

Reflexão de Pulsos é quando a parte da onda chega até a parede, a corda exerce uma força na corda para cima, porém, conforme o Lei de Newton, a parede também exerce uma força igual e para baixo sobre a corda.

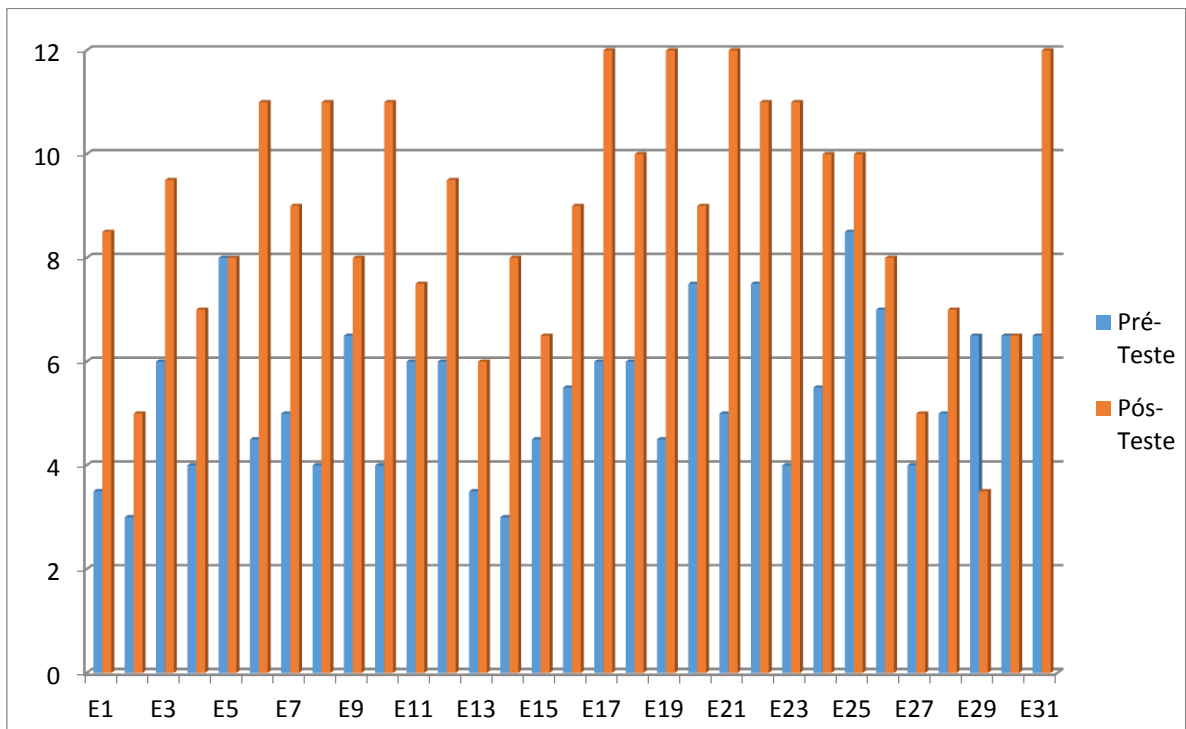
Refração de Pulsos é quando a onda passa de um meio para outro, uma parte da mesma é refletida enquanto que a outra parte é transmitida.

Fonte: autor

Com relação ao Pré-Teste e Pós-Teste (Apêndice C) constituído de 11 questões objetivas e 1 questão dissertativa, observa-se, conforme a Figura 51, um aumento de acertos, de 28 estudantes, sendo que 17 alunos acertaram no Pós-Teste 50% ou mais questões em comparação com o Pré-teste. Dois estudantes (E5 e E31) acertaram o mesmo número de questões, enquanto que o aluno E29 diminuiu o número de acertos de 6,5 para 3,5 no Pós-Teste. A maior variação, 7,5 acertos, ocorre com o aluno E19, acertando 4,5 questões no Pré-Teste e 12 questões no Pós-Teste. Na questão dissertativa atribuiu-se acerto quando o

estudante citou dois ou mais exemplos e 0,5 pontos ao ser citado apenas um exemplo. Não estão registrados os dados do estudante E30, pois solicitou transferência de escola. Esses resultados indicam a ocorrência de aprendizagem dos conceitos estudados no decorrer da sequência didática através das metodologias ativas *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction*.

Figura 51 – Resultado por estudante no Pré-Teste e Pós-Teste



Fonte: Autor

Um questionário referente à realização da sequência didática foi oportunizado aos alunos para avaliarem a inserção do *JiTT* e *PI* nas aulas de Física durante os estudos sobre Ondas Mecânicas, no qual foi respondido por 30 alunos.

De um modo geral, os estudantes avaliaram positivamente estudar os conceitos básicos de Ondas Mecânicas através das metodologias ativas *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction*. Os alunos avaliaram de razoável a fácil o entendimento do material das tarefas de leitura. Entendem que o tempo que lhes foi ofertado para a realização da leitura da TL e posteriormente resolver as questões foi suficiente, sendo em média de três dias. A maioria dos alunos entendem que as questões conceituais apresentadas nas TL eram de um nível adequado e que a aula planejada dentro das dificuldades apresentadas pelos estudantes é uma maneira

eficaz de aprendizagem. Na percepção dos alunos o *JiTT* é uma metodologia melhor ou muito melhor do que a aula somente em um formato expositivo.

Acreditam ser eficaz a resolução de questões conceituais durante a aula, no formato da metodologia *PI*, validando o uso do aplicativo *Plickers*. Entendem que conseguem aprender quando ocorre uma discussão com os seus pares. Na opinião dos alunos conseguiram aprender os conceitos básicos sobre Ondas Mecânicas através da sequência didática.

A seguir serão apresentados e analisados os resultados.

Com relação à questão 1, 83,3% dos alunos acreditam que as metodologias utilizadas para abordar o conteúdo sobre Ondas Mecânicas são melhores do que as metodologias utilizadas nas aulas anterior a sequência didática.

No que se refere à questão 2, 40% dos estudantes acharam razoável o nível de entendimento das TL, enquanto que 46,7% acreditam que o nível de entendimento foi fácil.

No que diz respeito à questão 3, 90% dos estudantes acreditam que o tempo fornecido para leitura da TL e responder as questões apresentadas na mesma foi suficiente.

Quanto à questão 4, 20% dos estudantes acharam as questões contidas nas TL difíceis e 66,7% em um nível adequado.

Com relação a questão 5, 73,3% dos alunos entenderam que em todas as aulas o preparo da aula sob medida, focando as principais dificuldades averiguadas nas questões da TL foi eficaz, enquanto que 16,6% acham que não fez diferença.

No que se refere à questão 6, 93,3% dos estudantes compreendem que o *JiTT* é uma metodologia muito melhor ou melhor do que o método tradicional.

No que diz respeito à questão 7, 93,3% dos estudantes acharam boa a proposta de resolver os testes conceituais durante a aula.

Com relação à questão 8, 90% dos alunos consideraram que aprendem melhor quando ocorre interação com os colegas.

Quanto a questão 9, 93,3% dos estudantes consideraram bom o uso do aplicativo *Plickers* como ferramenta para a votação dos testes conceituais.

No que diz respeito a questão 10, 90% dos estudantes consideram ter aprendido bem ou muito bem durante a aplicação da sequência didática.

A questão 11 perguntava “o que você acha que poderia ser melhorado (tarefas de leitura, testes conceituais, tempo de discussão com os colegas, ou outro item) para uma futura aplicação de uma sequência didática com as mesmas metodologias?”

A seguir apresentam-se algumas transcrições das respostas.

- *Acho que poderia ter mais tempo para discutir a questão com os colegas antes de votar de novo.*

- *Poderia ter uma lista de exercícios e depois a correção.*

- *Além das tarefas de leitura poderia passar a matéria no quadro para ter no caderno e poder estudar.*

- *Acho que deveria ter mais tempo para a tarefa de leitura porque temos que fazer os trabalhos e temas das outras matérias.*

- *Não fazer os testes durante a aula um depois do outro porque fica cansativo.*

- *Poderia ter questões para nós usarmos o simulador que foi mostrado na aula.*

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aplicou-se uma sequência didática envolvendo os conceitos básicos em ondas mecânicas, através de duas metodologias ativas, *Just-in-Time Teaching* e *Peer Instruction* sustentada por duas teorias de aprendizagem, a Teoria da Aprendizagem Significativa e a Teoria Sociointeracionista, obtendo resultados bastante favoráveis e gerando um produto educacional apresentado no Apêndice E.

Existe a necessidade em repensar o modo de ensinar os conceitos de física, pois muitas são as críticas referentes à compreensão dos conceitos pelos alunos, além de dificuldades na resolução de problemas qualitativos, para que esses possam ser aprendidos de forma significativa, pois no atual modelo, professor sendo o centro do saber, os resultados de aprendizagem são contestáveis.

Os métodos ativos inseridos na sequência didática, além de ser uma mudança de concepção metodológica, são uma forma de apresentar conceitos de física de uma forma não tradicional, tirando o aluno de sua zona de conforto oportunizando uma maneira do estudante tornar-se o protagonista durante o processo de aprendizagem. A boa aceitação dos estudantes, referendada nos resultados obtidos a partir do Questionário da Aplicação, discutidos na no Capítulo 7, demonstra a disposição do aluno em participar de metodologias diferentes ao modelo tradicional.

Com as observações efetuadas durante a execução dos métodos ativos nos permitimos afirmar que os estudantes se motivaram em aprender colaborativamente, pois era notória a empolgação ao discutirem em pares os Testes Conceituais, bem como, durante as análises das respostas nas questões da TL, desenvolvendo preceitos do Sociointeracionismo. Seu envolvimento com a sequência didática ocorreu antes e durante a aula. Estudaram as Tarefas de Leitura resolvendo as questões solicitadas, dentro do prazo sugerido, antes da aula, e durante a aula através de debates, votações e discussões de TC ou das respostas dos mesmos.

Durante as discussões em aula, foi notório o aumento da participação dos estudantes ao longo da sequência didática, assim como o teor do embasamento utilizado para defender o ponto de vista sobre determinado conceito. Os Mapas Conceituais desenvolvidos, na sua maioria, apresentam organização hierárquica e algumas relações entre os conceitos, observando ser a primeira vez que os estudantes desenvolveram essa metodologia. Essas constatações são indicativos de uma aprendizagem significativa.

Nas tarefas de leitura é importante que a maioria das questões propostas sejam dissertativas para que o professor possa observar os conhecimentos prévios do aluno e, a partir dessa análise, planejar uma aula sob medida.

Mesmo os resultados apresentados no Pré-Teste e Pós-Teste indicarem a ocorrência de aprendizagem, destacamos que por serem questões objetivas nos limitam para a realização de uma análise voltada a uma Aprendizagem Significativa, pois não permite ao aluno dissertar o seu entendimento sobre o problema apresentado, assim como relacionar conceitos como uma estratégia de resolução, e permite ao aluno uma resposta aleatório através da escolha de qualquer alternativa.

O *Google Forms*, plataforma utilizada para as respostas das questões inseridas na TL é uma ferramenta muito eficaz para a aplicação da metodologia. Utilizamos o envio da TL pelo portal (*site*) do colégio assim como pelo *Whatsapp*. Contudo, destacamos que o professor pode entregar uma TL de forma física (impressa), ou sugerir a leitura de um artigo, capítulo de um livro, vídeo na internet desde que o aluno lhe dê um *feedback* do material estudado antes da aula para o professor analisar os conhecimentos prévios. Com relação ao aplicativo *Plickers*, utilizado para a votação dos Testes Conceituais durante a aplicação da metodologia *Peer Instruction* facilita uma análise do número de acertos no geral, por alternativa, e proporciona o percentual de acertos, além de não necessitar conexão com a internet durante o uso, apresentando-se uma ferramenta essencial.

Entendemos que o uso das duas metodologias, simultaneamente, *JITT* e *PI*, no estudo de conceitos de Ondas Mecânicas, difere, e muito, da metodologia tradicional, que não permite ao estudante ser um aluno responsável pelo seu processo de aprendizagem. Consideramos que ocorreu uma transformação nessa

lógica, onde o aluno foi inserido em uma sequência didática que os permitiu serem ativos, protagonistas, proporcionando a busca por uma aprendizagem significativa, tendo o professor como um mediador.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Carlos; SILVA, Sergio. Propagação do som: conceitos e experimentos. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2011 – Manaus, AM.**

ALMEIDA, F. J. **Ética? O mapa dos mapas.** In Okada, A. L. (Org). Cartografia cognitiva: mapas do conhecimento para pesquisa aprendizagem e formação docente. Cuiabá: KCM, 2008. Cap. 21, p.352-362

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: p. 362-384, ago. 2013.

ARAÚJO, Ives Solano; OLIVEIRA, Vagner; VEIT, Eliane. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, 180 p. 180-206, abr. 2015.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARNIOL, Pablo; ZAVALA, Genaro. Mechanical waves conceptual survey: Its modification and conversion to a standard multiple-choice test. **Physical review physics education research.** Fevereiro, 2016.

COSTA, S. A. **Mapas conceituais: um caminho para a aprendizagem significativa.** Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009.

CROUCH, C. H.; MAZUR. Peer Instruction: ten years of experience and results. **American Journal of Physics**, College Park, v. 69, n. 9, p. 970-977, Sept. 2001.

CROUCH, C. H. *et al.* Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once. **Research-Based Reform of University Physics**, v. 1, n. 1, p. 40-95, 2007. Disponível em: <mazur.harvard.edu/sentFiles/Mazurpubs_537.pdf>. Acesso em: 19 abril. 2018.

FORMICA, S.; EASLEY, J.; SPRAKER, M. Transforming common-sense beliefs into Newtonian thinking through Just-In-Time Teaching. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 6, n. 2, p. 1-7, ago. 2010.

GOBARA, S. T. *et al.* O conceito de ondas na visão dos estudantes. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**. Florianópolis, 2007.

KANTROWITZ, B. A ciência da aprendizagem. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 278, p. 26-31, 2016.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. **Peer instruction: from Harvard to the twoyear college**. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 11, p. 1066(4), 2008.

MAZUR, E. ; **Peer Instruction: A User's Manual**. Prentice Hall, Upper Saddle River, Nova Jersey, 1997

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, v. 24, n. 6, 2013, do PPGE nFis/IF-UFRGS, Brasil. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/taef/v24_n4_moreira.pdf

MOREIRA, M. A., **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo. (2009, 2016).

MOREIRA M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda (E.P.U.), 1999.

MOREIRA, M.A; MASINI, E. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A., **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MORINI, L. B. M. **Atividades experimentais de Física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MÜLLER, M. G. **Metodologias interativas de ensino na formação de professores de Física: um estudo de caso com o Peer Instruction**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

MÜLLER, M. G. et al.; Implementação do método de ensino *Peer Instruction* com o auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de física do ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 29, n. Especial 1, p. 491-524, set. 2012.

NOVAK, J.D.. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento**. Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa, Plátano Edições Técnicas 2000.

NOVAK, Gregor. M.; PATTERSON, Evelyn T.; GAVRIN, Andrew D.; CHRISTIAN, Wolfgang. **Just-in-time-teaching: blending active learning with web technology**. Addison-Wesley, NY, 1999.

NOVAK, G. M.; MIDDENDORF, J. **What works - A Pedagogy (Just-In-Time Teaching)**. 2004. Disponível em: http://www.pkal.org/template2.cfm?c_id=1316 . Acesso em: 28 maio de 2018.

OLIVEIRA, V. **Uma proposta de ensino de tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o ensino médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) e Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 32, n. 1, p. 180-206, 2015.

SANTOS, M.B. **Uma sequência didática com os métodos Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) e Ensino sob Medida (*Just-in-time Teaching*) para o estudo de Ondulatória no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SCHROEDER, E.; WENDT, T. B. N. Mapas Conceituais: um estudo sobre aprendizagem em aulas de ciências. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.3, n.3, p.67-96. 2010. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/viewFile/38137/29092>. Acesso em 15 de abril de 2018.

SILVA, A. P.,; FIGUEIREDO, N; SANTOS, Z; PINA, A. Implementação combinada de ensino sob medida e instrução pelos colegas em um contexto de Aprendizagem Híbrida. **XI Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância**. Florianópolis, 2014.

VIENNOT, L. **Reasoning in Physics: The Part of Common Sense**, Kluwer, Dordrecht, 2001.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

WITTMANN, M. C.; STEINBERG, R. N.; REDISH, E. F. **Making sense of how students make sense of mechanical waves**. *The Physics Teacher*, v. 37, p. 15-21, 1999.

APÊNDICE A – TAREFAS DE LEITURA

TAREFA DE LEITURA 1- TL1

Frequentemente estamos em contato com ondas. Em todos os lugares que estivermos presentes, em nosso dia a dia as ondas nos tocam. Algumas podemos ouvir, outras podemos visualizar e muitas não podemos ver nem ouvir, contudo estão presente. Nosso contexto de estudo estará direcionado as ondas mecânicas, mas lhe será apresentado o que as diferencia das ondas eletromagnéticas.

Em um dia chuvoso, pode-se notar na superfície da água de um lago a deformação ocasionada pelas gotas da chuva. Essas deformações são o surgimento de onda. Contudo, essa onda só é percebida graças a outro tipo de onda, uma onda eletromagnética, a luz visível.

A onda produzida na superfície desse lago é dita **bidimensional**, pois está se propagando em duas direções simultaneamente conforme a Figura 1.

Figura 1 – Representação de uma onda na superfície de um lago



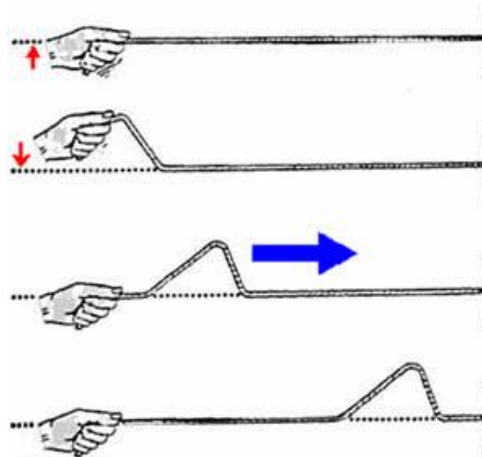
Fonte: créditos Jordão Silva da Rocha

Young e Freedman (2008, p. 103), destacam que “uma onda surge quando um sistema é deslocado de sua posição de equilíbrio e a perturbação se desloca ou se *propaga* de uma região para outro sistema. Quando uma onda se propaga, ela carrega energia”. Essa onda se caracteriza então, principalmente **por transportar energia, sem que ocorra o transporte de matéria.**

Pensemos agora em uma corda bem esticada onde uma das extremidades esteja fixa, conforme a Figura 2. Se movermos a extremidade da corda para cima e para baixo (conforme as setas em vermelho na Figura 2), ocorrerá uma transmissão

de movimento sucessivamente, a todos os pontos da corda. Essa perturbação que os pontos da corda estão sofrendo, chamamos de **pulso**, e um conjunto de pulsos chamamos de **onda**.

Figura 2 - Movimento de um pulso de onda⁷



Fonte: crédito Domiciano Correa Marques da Silva

Como a onda produzida por uma corda propaga-se em uma única direção ela é dita **unidimensional**.

Podemos separar em dois tipos de ondas:

Ondas Mecânicas: São perturbações que se propagam devido a continuidade de um determinado meio material. Isso ocorre, por exemplo, quando uma onda sonora (o som é um modelo de onda **tridimensional**, pois se propaga em todas as direções.) se propaga no ar, uma onda se propagando em uma corda, onda na superfície da água, ondas sísmicas, ou seja, toda onda que necessite de um meio material para que possa se propagar.

Ondas Eletromagnéticas: Não precisam de um meio material para existir, e todas as ondas eletromagnéticas são transversais. A luz das estrelas é um exemplo, pois atravessa o vácuo do espaço para chegar até nós. Outros exemplos são as ondas de rádio, micro-ondas, luz visível, ultravioleta, raio x e raio gama, Outra

⁷ Ilustração representando apenas o pulso na parte superior da onda

característica das ondas eletromagnéticas é possuírem a mesma velocidade no vácuo, cerca de 300 000 km/s. Então, ondas eletromagnéticas podem se propagar em meio material, assim como as ondas mecânicas, contudo **somente elas se propagam no vácuo.**

Questões referentes a tarefa de leitura 1

1 - É comum assistirmos filmes de ficção científica onde ocorrem cenas de guerra no espaço, com muitos efeitos especiais, barulho de laser, como em Star Wars, por exemplo. Existe também. o filme 2001, Uma Odisséia no Espaço, que não contém som nas cenas de guerra que acontecem no espaço. Com base nos estudos de ondas, qual desses filmes está de acordo com as Leis da física, com relação aos efeitos sonoros? Explique o porquê da sua escolha.

2 - Uma boia encontra-se no meio de uma piscina. Uma pessoa provoca ondas na água, com uma varinha de madeira. De acordo com os conceitos estudados na TL 1, o que acontecerá com a boia? (adaptada)

3 – Ao se propagar, uma onda transporta apenas energia e quantidade de movimento. Dê um exemplo de uma onda mecânica que não foi exemplificada na TL e justifique esta afirmação.

REFERÊNCIAS

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Pearson, 2008.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

TAREFA DE LEITURA 2- TL2

Então, na tarefa de leitura 1, vimos que alguns tipos de ondas necessitam de um meio material para se propagarem caso das ondas mecânicas e outras se propagam também no vácuo, no caso das ondas eletromagnéticas. Nessa tarefa de leitura entenderemos como ocorre a direção de vibração das partículas, e um exemplo de aplicação conforme o texto abaixo:

Ondas e terremotos⁸

Um tipo especial de onda mecânica são as ondas sísmicas produzidas por terremotos. O estudo dessas ondas tem enorme importância prática: avanços na sua compreensão tornaram possível desde investigar o interior da Terra até projetar sistemas de alarme de terremotos que podem salvar milhares de vidas.

Ondas sísmicas:

Terremotos produzem ondas que se propagam tanto pelo interior da Terra quanto pela sua superfície. Essas ondas podem percorrer grandes distâncias e chegam a atravessar o planeta. Estudando como as ondas geradas por terremotos (e outros fenômenos sísmicos como erupções vulcânicas) se propagam pela Terra, os cientistas descobriram que o interior do planeta é formado por diferentes camadas: a crosta, o manto e o núcleo. A crosta é a parte mais externa, com espessura de aproximadamente 5 km abaixo dos oceanos e cerca de 50 km sob os continentes. A camada seguinte é o manto, que vai até uma profundidade de 3000 km abaixo da superfície da Terra e é composto por rocha sólida. A crosta e a parte mais externa do manto formam a litosfera, que está “partida” em placas tectônicas que se movem umas em relação às outras com velocidades que vão de 10 a 100 mm/ano. A camada mais interna da Terra é o núcleo, que começa a uma profundidade de cerca de 3.000 km e tem temperatura muito elevada. A parte superior do núcleo é líquida, mas seu centro, com raio de 1200 km, é sólido.

2 - Parte do texto de Antonio Carlos F. Santos, e Carlos Eduardo Aguiar

As regiões mais susceptíveis aos terremotos estão localizadas próximas às interfaces das placas tectônicas. Dentre os países do continente sul-americano, o Peru, o Chile e o Equador, são os que mais sofrem com a incidência de terremotos. Estes países estão próximos a uma região onde duas placas tectônicas, a de Nazca e a Sul-Americana, se encontram. O Brasil está situado na parte central da placa Sul-Americana. Nesta região, os sismos possuem intensidade baixa. Porém, isto não significa que terremotos não ocorram no Brasil. Em geral, ocorrem pequenos terremotos que têm origem nos desgastes na placa tectônica, causando falhas. Há falhas tectônicas em todo o território brasileiro gerando terremotos de pequena magnitude, a maioria imperceptível por nós.

As ondas geradas por um terremoto são ondas mecânicas. Basicamente, são deformações elásticas que se propagam pelo interior da Terra transportando energia. Não há, porém, um deslocamento efetivo do meio que é atravessado pela onda, ou seja, não há transporte de massa. Durante a passagem de uma onda cada partícula do meio efetua um movimento oscilatório em torno da sua posição de equilíbrio. Dependendo da direção de vibração ou perturbação, podemos classificar as ondas mecânicas em transversais ou longitudinais. Nas **ondas transversais** (Figura 1), as perturbações ocorrem na direção perpendicular à direção de propagação da onda, tal como ocorre em uma corda esticada.

Figura 1 – Representação da propagação de uma onda transversal



Fonte: [José Marcelo Gomes](#)(adaptado)

Por outro lado, nas **ondas longitudinais (Figura 2)**, a perturbação ocorre na mesma direção de propagação da onda.

Figura 2 – Representação da propagação de uma onda longitudinal



As ondas sísmicas de um terremoto podem ser tanto **transversais** quanto **longitudinais**. Além disso, existem vários tipos de ondas sísmicas. Algumas se movem no interior da Terra (as chamadas ondas de corpo ou de volume), outras pela superfície. Analogamente à luz que pode ter sua trajetória alterada pela refração, os percursos das ondas de corpo também podem ser distorcidos, dependendo das propriedades do meio por onde se propagam.

Dentre as ondas que se movem no interior da Terra, as *ondas primárias* (ou ondas P) são as mais rápidas, com velocidades da ordem de 10 km/s. As ondas P são ondas longitudinais ou de compressão, tal como as ondas sonoras. Essas ondas podem se propagar através de sólidos e fluidos. Ao se deslocar através da Terra, as ondas P comprimem e distendem as rochas ao longo da direção em que se propagam. Por serem de natureza longitudinal, as ondas P de um terremoto não costumam provocar muitos danos.

As *ondas secundárias* (também chamadas ondas S ou ondas de cisalhamento) constituem um outro tipo de onda de corpo, que se propaga no interior da Terra. Ao contrário das ondas P, as ondas S são transversais, deformando as rochas na direção perpendicular à direção de propagação, tal como uma onda oceânica. As ondas S viajam um pouco mais devagar do que as ondas P, e só se propagam através dos sólidos, uma vez que fluidos não suportam forças de cisalhamento. Elas costumam ser mais intensas e destrutivas que as ondas P.

Além das ondas de corpo, terremotos também geram ondas que se movem ao longo da superfície da Terra. Há dois tipos de ondas de superfície, as ondas L e R, e elas são as responsáveis pela maior parte da destruição causada por um

terremoto. As ondas de superfície são mais lentas das ondas sísmicas, o que significa que elas chegam por último. Elas podem percorrer distâncias enormes; ondas de superfície geradas por grandes terremotos dão várias voltas na Terra antes de se dissiparem.

Assista ao vídeo que demonstra como ocorrem as ondas sísmicas.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=qQrfTS2CP4I>. Acesso em 15 de abril de 2018.

Então, o texto traz uma finalidade das ondas longitudinais e transversais ocorrida na natureza. Enfatiza que ondas longitudinais têm a mesma direção de vibração e de propagação. Pode-se citar como exemplo o som e as ondas em molas.

Por sua vez, têm-se as ondas transversais onde sua direção de vibração é perpendicular a direção de propagação. São exemplo de ondas transversais, as ondas em cordas, em molas e **todas** as ondas eletromagnéticas.

Existem também as ondas com propagações mistas, no caso da onda em superfície líquida, onde ocorrem simultaneamente de forma longitudinal e transversal.

No *hiperlink* <https://www.youtube.com/watch?v=zMcFb6Nsk0c>, (Fonte: crédito para Alex Amarin, acessado em 18 de abril de 2018) tem-se um vídeo que demonstra a forma de propagação de uma onda longitudinal e de uma onda transversal.

Questões referentes a tarefa de leitura 2

1 – Uma caixa d'água está com $2/3$ da sua capacidade preenchida de água. Um rapaz brincando com uma varinha de madeira, começa a produzir ondas na superfície d'água. Como podemos classificar essa onda quanto à direção de vibração do meio de propagação com relação à direção de propagação da onda?

2 - Duas crianças estão brincando de pular corda, quando decidem mudar a brincadeira. Amarram uma das extremidades em uma árvore, de modo que a mesma fique firme. Na extremidade solta começam a movimentar a corda para cima e para baixo, formando uma imagem referente a uma onda. O que você pode falar a respeito dessa onda?

REFERÊNCIAS

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

Scientific American Brasil – Aula Aberta n. 12 (2012, p. 57-58) 18 de abril de 2018.
Antonio Carlos F. Santos, Carlos Eduardo Aguiar

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

TAREFA DE LEITURA 3- TL3

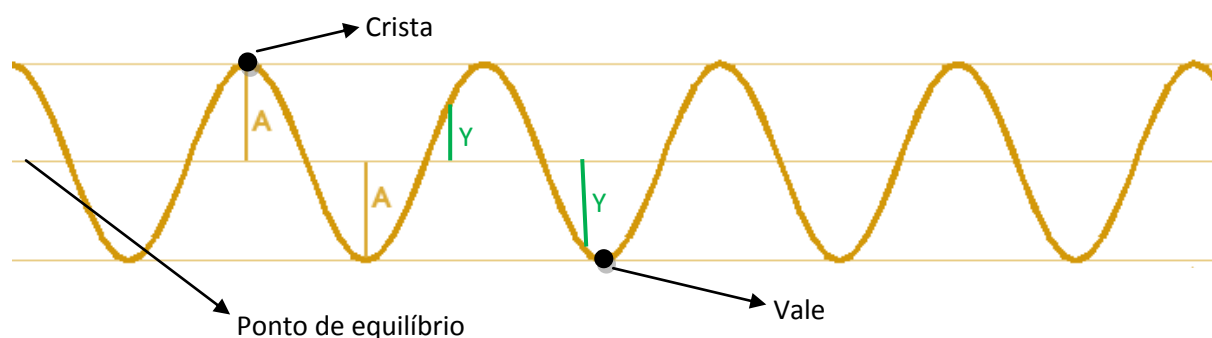
Para ilustrar o movimento de uma corda, levaremos em conta uma sequência de pulsos iguais sendo produzidos. Essa corda então será denominada **periódica**, pois ocorrerão repetições de forma idêntica em intervalos de tempos iguais e sucessivos.

As ondas possuem alguns elementos característicos como:

Elongação (Y): é a distância de um ponto qualquer da curva até o eixo de equilíbrio. Está representado na figura 1 pela letra Y.

Amplitude (A): é o valor máximo da elongação, ou seja, é a distância entre o ponto de equilíbrio e uma crista (ponto mais alto de uma onda) ou de um vale (ponto mais baixo de uma onda), conforme representação na figura 1 pela letra A. Está relacionada com a energia transportada pela onda. Quanto maior a amplitude maior a energia transportada.

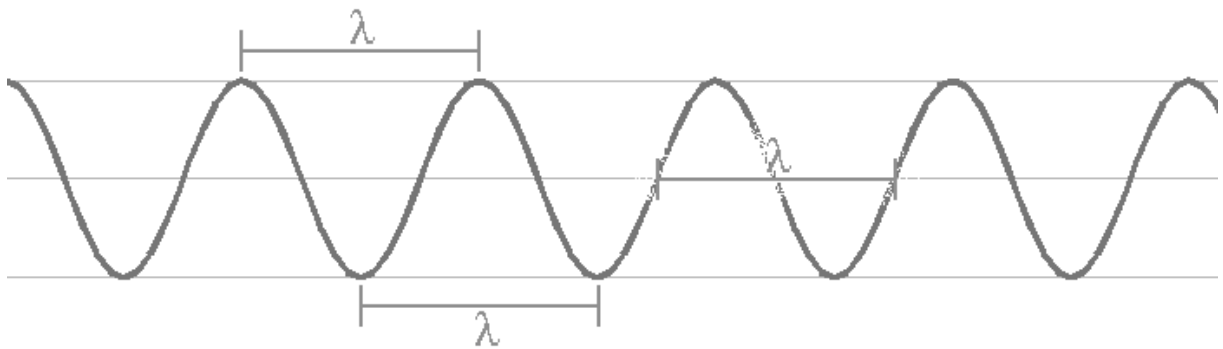
Figura 1 – Ilustração de uma onda periódica



Comprimento de onda (λ)⁹: é a distância percorrida pela onda durante uma oscilação completa, ou seja, a distância entre dois pontos equivalentes. Na figura 2, representamos o comprimento de onda entre duas cristas consecutivas, ou dois vales consecutivos, ou ainda dois pontos sobre o eixo de equilíbrio, na qual a onda está crescendo.

⁹ Letra grega cuja leitura é “lambda”.

Figura 2 – Onda periódica representando o comprimento de onda



Fonte: Autor

Período (T): quando completamos um ciclo, ou seja, um comprimento de onda (duas cristas consecutivas, por exemplo), em um determinado tempo, tem o que chamamos de período. O período ocorre em um determinado intervalo de tempo, então sua unidade é representada por alguma medida de tempo (segundos, minutos, horas, dias, ...). Se uma onda periódica produzida em uma corda tiver um período de 1 segundo, significa dizer que a cada 1s uma crista passará por certo ponto. Quanto maior o período, menos ondas completas passa por um mesmo ponto da corda em um certo período de tempo, conseqüentemente, quanto menor o período mais ondas passarão por um determinado ponto da corda em um determinado intervalo de tempo.

Frequência (f): é o número de oscilações completas (ondas completas) que passam em um determinado ponto da corda em um intervalo de tempo correspondente. Quanto mais rápido for o movimento para cima e para baixo executado por uma pessoa (fonte) na parte livre de uma corda, maior será a frequência da fonte e por conseqüência maior será a frequência. Se tivermos o período da onda de 1s, implica dizer que teremos 60 ciclos completos (60 ondas) a cada 1 minuto. Utilizando as unidades de medidas do Sistema Internacional, a frequência será medida em hertz (Hz), pois estaremos medindo em ciclos completos por 1 segundo.

Relação entre período e frequência:

Quanto maior for o período, menor será a frequência e conseqüentemente, quanto menor for o período maior será a frequência. Um é inversamente proporcional ao outro.

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

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

Equação fundamentas da ondulatória

A velocidade v de uma onda ela é constante em um determinado meio e está relacionada com as demais grandezas – comprimento de onda, frequência e período.

Sabemos que a velocidade é obtida pela razão (divisão) entre a variação de posição e um intervalo de tempo, ou seja, $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$.

Considerando o deslocamento igual ao comprimento de onda (λ) e o intervalo de tempo igual ao período (T), teremos $v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T}$.

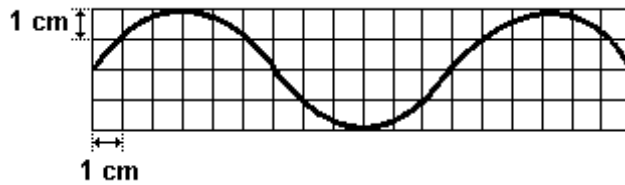
O período T se relaciona inversamente com a frequência, como vimos anteriormente, $T = \frac{1}{f}$, então podemos escrever a expressão como $v = \lambda \cdot f$.

Questões referentes a tarefa de leitura 3

1 - (UFRGS-adaptada) Um trem de ondas senoidais, gerado por um dispositivo mecânico oscilante, propaga-se ao longo de uma corda. A tabela a seguir descreve quatro grandezas que caracterizam essas ondas mecânicas. Relacione a grandeza quanto ao período, frequência, comprimento de onda e amplitude.

Grandeza	Descrição
1	número de oscilações completas por segundo de um ponto da corda
2	duração de uma oscilação completa de um ponto da corda
3	distância que a onda percorre durante uma oscilação completa
4	deslocamento máximo de um ponto da corda

2 - Uma onda representada na imagem abaixo tem velocidade igual a 24 cm/s. Determine:



- a amplitude da onda;
- o comprimento de onda da onda;
- a frequência da onda;
- o período da onda.

3 - O comprimento de onda, representado pela letra grega lambda (λ) pode ser definida como:

- A distância percorrida pela onda em um segundo.
- A distância entre dois pontos da onda, consecutivos e correspondentes.
- A distância entre seu ponto mais alto (crista) e seu ponto mais baixo (vale).
- A distância de ondas completas na unidade de tempo

REFERÊNCIAS

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

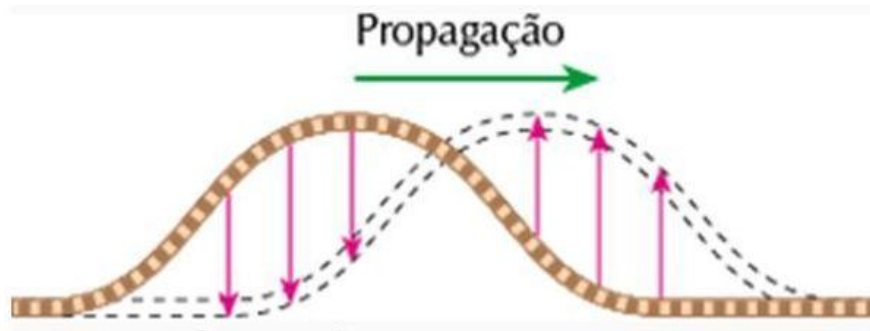
SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

TAREFA DE LEITURA 4- TL4

Quando uma onda tem uma perturbação simples chamamos essa perturbação de pulso, conforme vimos na tarefa de leitura 1. A figura 1 representa o instante de um ponto transversal, em uma corda, que está se propagando para a direita.

Figura 1 – Pulso transversal propagando-se para a direita



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/11810304/> Acesso em 03 de maio de 2018.

Durante a propagação desta onda, a parte dianteira da corda vai para cima e a parte traseira vai para baixo. As setas estão indicando os deslocamentos que os vários pontos da corda sofrerão para alcançar a nova posição.

Reflexão de pulsos:

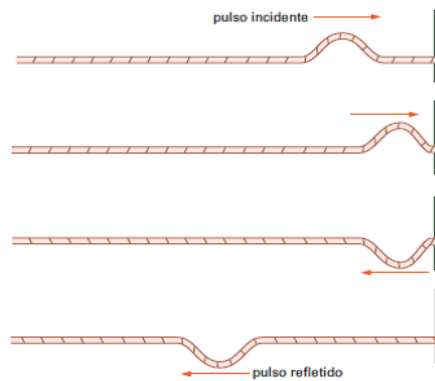
Nossa análise será em um caso particular de quando um pulso atingir a extremidade de uma corda, nos seguintes casos:

- quando o extremo da corda está fixo;
- quando o extremo da corda está livre.

Tomaremos como exemplo, o primeiro caso, quando uma corda estiver com uma das suas extremidades fixas.

Imaginemos uma fonte, o gerador de uma perturbação, produzindo um pulso, que se propaga por uma corda com certa velocidade pela mesma, conforme a figura 2.

Figura 2 – Reflexão com a extremidade fixa

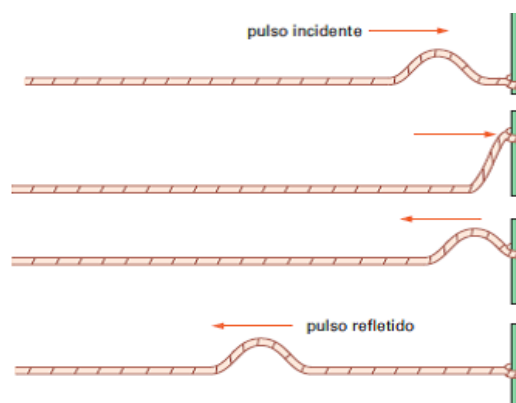


Fonte: crédito Geraldo dos Reis

Nota-se que temos um pulso sobre uma corda incidindo sobre uma parede, que possui uma das extremidades da corda de uma forma fixa. Quando a parte da onda chega até a parede a corda exerce uma força na parede para cima. Conforme a terceira lei de Newton, a parede exerce uma força igual e para baixo sobre a corda, ocorrendo a inversão da amplitude da onda, enviando para trás um pulso igual e invertido (Bertulani, 1999)

Agora, analisaremos uma fonte, o gerador de uma perturbação, produzindo um pulso, que se propaga por uma corda com certa velocidade pela mesma, conforme a figura 3.

Figura 3 – Reflexão com a extremidade livre



Fonte: crédito Geraldo dos Reis

Nota-se que temos um pulso sobre uma corda incidindo sobre uma barra, que possui a extremidade da corda livre, podendo deslizar para cima e para baixo sem atrito. Não havendo interação com a barra, como ocorreu antes com a parede, ao

subir e descer, a corda agirá como uma fonte, produzindo um pulso idêntico, contudo esse pulso será deslocado para a esquerda, sem que ocorra a inversão.

Refração de pulsos

Quando a onda passa de um meio a outro, uma parte da mesma é refletida enquanto que outra parte é transmitida. Vamos supor que duas cordas diferentes (figura 4) estejam ligadas e estendidas horizontalmente. O que ocorre quando o pulso passa de uma corda para a outra?

Para respondermos a pergunta precisamos entender alguns conceitos. A densidade linear (μ) de uma corda é dada pela equação $\mu = \frac{m}{L}$, onde m é a massa da corda e L é o comprimento dela.

Figura 4 – Junção de cordas



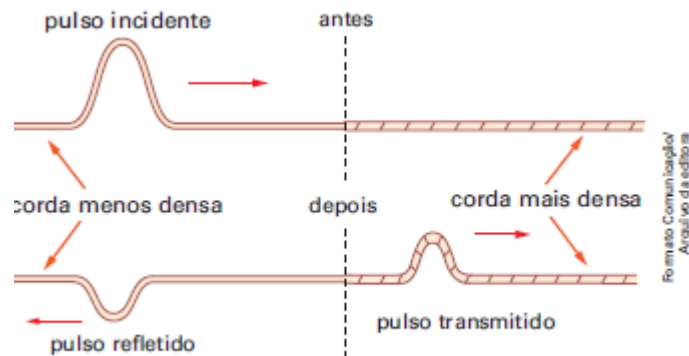
Fonte: crédito Joab Silas da Silva Júnior

Agora iremos responder a pergunta analisando dois casos:

- **Primeira corda tem densidade linear menor que a segunda ($\mu_1 < \mu_2$)**

Ao atingir a junção, uma parte será refletida, como se tivéssemos a extremidade da corda 1 estivesse fixa. O pulso será **refletido COM inversão de fase** e o pulso refratado (pulso transmitido para a outra corda) não sofre inversão de fase (Figura 5). A velocidade de propagação da corda 1 é maior do que na corda 2.

Figura 5 – Refração de cordas ($\mu_1 < \mu_2$)

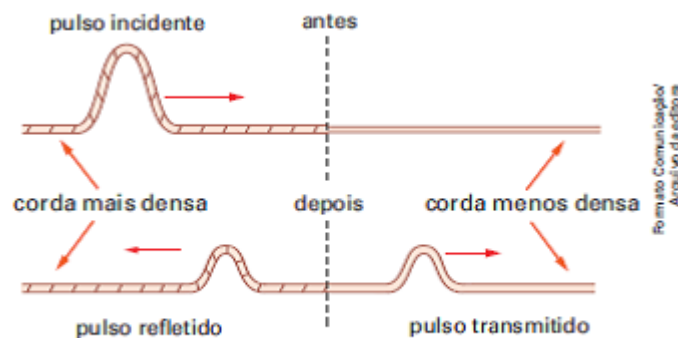


Fonte: crédito Geraldo dos Reis

- **Primeira corda tem densidade linear maior que a segunda ($\mu_1 > \mu_2$)**

Ao atingir a junção, uma parte será refletida, como se tivéssemos a extremidade da corda 1 estivesse livre. O pulso será **refletido SEM inversão de fase** e o pulso refratado (pulso transmitido para a outra corda) não sofre inversão de fase (Figura 6). A velocidade de propagação da corda 2 é maior do que na corda 1.

Figura 6 – Refração de cordas ($\mu_1 > \mu_2$)



Fonte: crédito Geraldo dos Reis

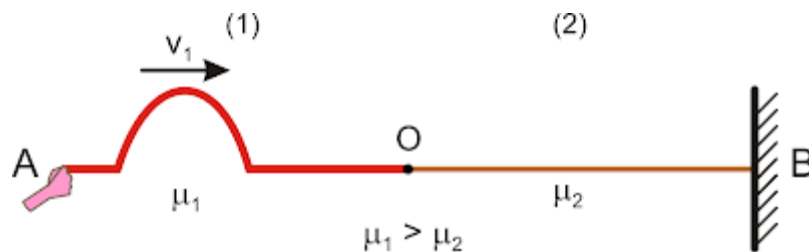
Velocidade dos pulsos:

Para obter a velocidade do pulso, utiliza-se a equação $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, onde T é a tração submetida e μ é a densidade linear.

Questões referentes a tarefa de leitura 4

1 - O que pode acontecer com um pulso transversal, que se propaga em uma corda, quando ele chega ao extremo dessa corda? Explique.

2 – (Adaptada) Considere o sistema constituído de duas cordas (1) e (2), de densidades lineares diferentes, μ_1 e μ_2 com $\mu_1 > \mu_2$.



O que ocorre com as fases após o pulso produzido na extremidade A propagar-se na corda (1), atingindo a junção O, e sofrer refração (passar para a corda 2)?

REFERÊNCIAS

BERTULANI (1999), disponível em

<http://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/ondulatorio.html>. Acesso em 12 de maio de 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

SERWAY, Raymond; Jewett, John. **Física para cientistas e engenheiros: oscilações, ondas e termodinâmica**. v. 2. São Paulo: Cengage Learnig, 2011.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

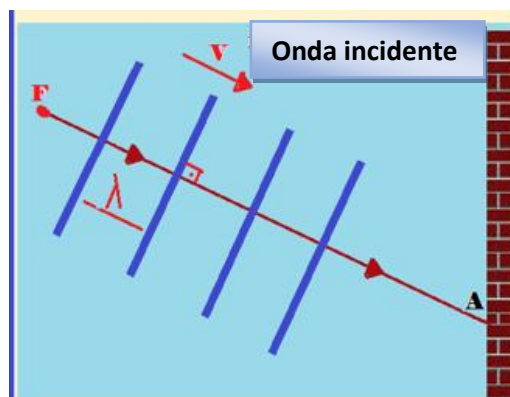
TAREFA DE LEITURA 5- TL5

Nessa tarefa de leitura 5 conheceremos alguns dos fenômenos que ocorrem com as ondas mecânicas.

Reflexão de uma onda

Partiremos do princípio que uma onda está sendo produzida por uma fonte F e se propagando em um meio A, atingindo outro meio, ou seja, um obstáculo, conforme a figura 1.

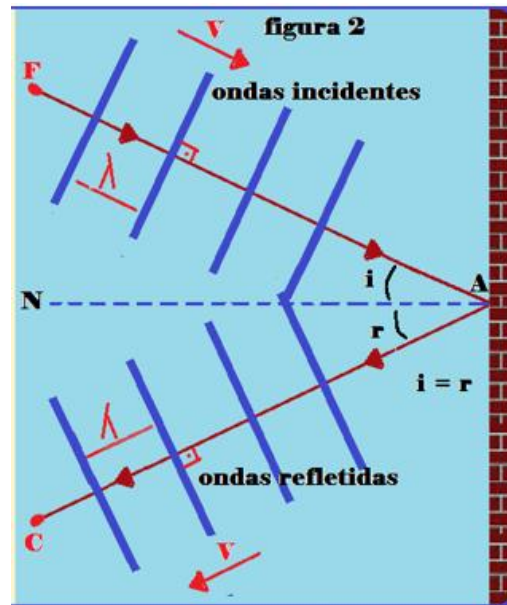
Figura 1 – Onda incidente encontrando um obstáculo



Fonte: [créditos Francisco Bocafoli](#)

Ao se chocar com esse obstáculo, e sofrendo reflexão – retornando ao meio de origem - conforme a figura 2, a onda refletida manterá a mesma medida do ângulo de incidência, ou seja, $i=r$. A onda refletida terá a **mesma velocidade** que a onda incidente, pois a velocidade está relacionada com o meio de propagação, e ambas estão no mesmo meio. A **frequência** também **não sofrerá alteração**, pois está relacionada com a fonte de emissão da onda e, ambas possuem a mesma. Como a velocidade não sofrerá alteração, assim como a frequência, então, conseqüentemente **não teremos alteração do comprimento de onda**. As características da onda incidente são as mesmas da onda refletida.

Figura 2 – Onda incidente sofrendo reflexão



Fonte: [créditos Francisco Bocafoli](#),

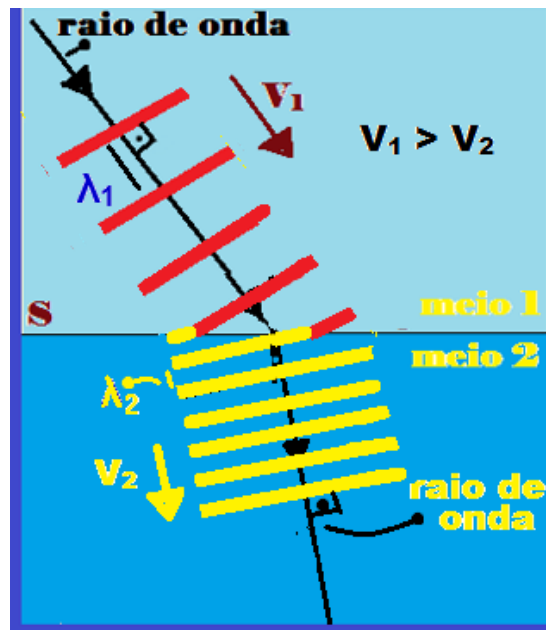
O sonar, aparelho utilizado por submarinos, utiliza da reflexão de ondas para identificar obstáculos, navios naufragados, cardumes de peixes, ou qualquer outro objeto.

Para entender melhor o funcionamento de um sonar acesse o *link* <http://www.naval.com.br/blog/2018/01/17/como-funciona-o-sonar-ativo/>.

Refração de uma onda

A refração ocorre quando uma onda muda de meio, ou seja, passa a se propagar em outro meio, sofrendo **alteração** na sua **velocidade** conforme a figura 3. Na figura temos uma onda que se propaga com V_1 no meio 1 e ao sofrer refração passa a se propagar com velocidade V_2 no meio 2, sendo que $V_1 > V_2$. Como sabemos que a frequência depende da fonte, e tanto a onda incidente como a refratada são originadas pela mesma fonte, significa dizer que a frequência se mantém a mesma. Sofrendo alteração de velocidade, mantendo a mesma frequência, pode-se afirmar que o comprimento de onda será diferente ($\lambda_1 \neq \lambda_2$).

Figura 3 – Refração de uma onda



Fonte: [créditos Francisco Bocafoli](#)

A refração é descrita conforme a equação abaixo:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Onde:

- i corresponde ao ângulo incidente;
- r corresponde ao ângulo refratado;
- V_1 corresponde a velocidade de propagação no meio 1;
- V_2 corresponde a velocidade de propagação no meio 2;
- λ_1 corresponde ao comprimento de onda no meio 1;
- λ_2 corresponde ao comprimento de onda no meio 2.

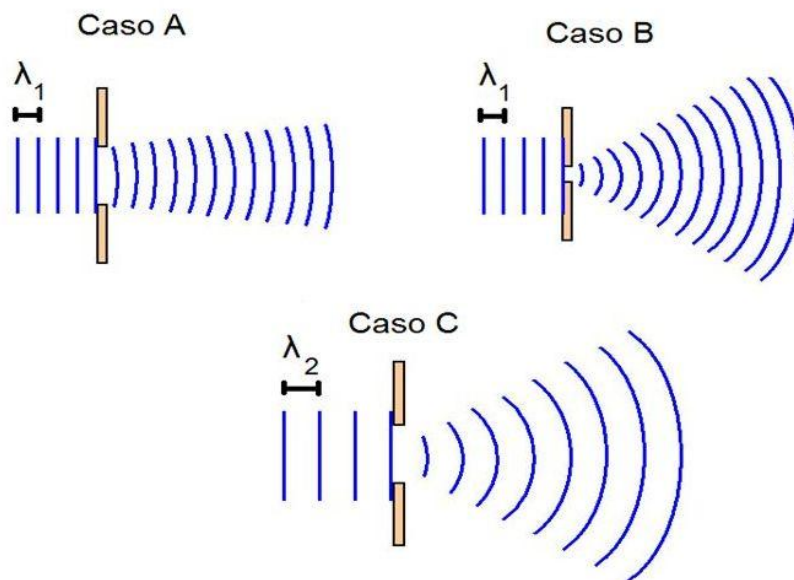
Nas ondas do mar ocorre a refração, contudo a mudança de meio ocorre da parte mais funda para a parte mais rasa, alterando assim a velocidade da onda e seu comprimento de onda.

Para compreender melhor o fenômeno da refração nas ondas do mar acesse http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Roussel/refra_c_menu_1.html.

Difração:

Difração é o desvio ou espalhamento que ocorre com uma onda quando encontra um obstáculo, contornando-o ou transpondo-o. Esse fenômeno ocorre com todos os tipos de ondas. A capacidade da onda **contornar** certo **orifício/obstáculo** está relacionado com o tamanho do comprimento de onda em relação ao tamanho do orifício. Quanto menor for o comprimento da onda em relação ao tamanho da fenda ou do obstáculo a ser atingido, menor será a capacidade de contorná-lo..

Figura 4 – Difração em 3 casos diferentes



Fonte: créditos Aurélio Gameiro Campos,

Na figura 4, podemos notar que ao comparar os casos A e B onde ambas ondas têm o mesmo comprimento de onda, mas se deparam com orifícios de tamanhos diferentes ($A > B$), nota-se que em B ocorre uma maior difração pela relação do comprimento de onda em função do tamanho da fenda.

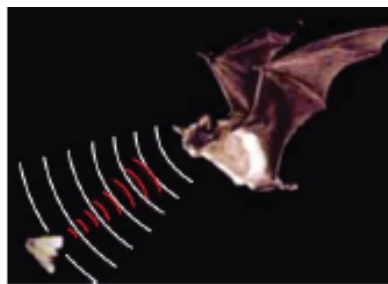
Relacionando os casos A e C onde os orifícios tem o mesmo tamanho, mas C tem maior comprimento de onda com relação a A, nota-se que no caso C a difração é maior do que no caso A.

Por causa da difração podemos conversar com uma pessoa que está do outro lado de um muro com altura superior a das pessoas.

Questões referentes a tarefa de leitura 5

1 - Uma onda mecânica está se propagando no ar quando inicia sua propagação, em certo momento, na água. Explique o que deve acontecer com sua frequência, velocidade e comprimento de onda?

2 - (Unesp - adaptada) Em ambientes pouco iluminados, os morcegos utilizam a ecolocalização para caçar insetos ou localizar obstáculos. Eles emitem ondas de ultrassom que, ao atingirem um objeto, são refletidas de volta e permitem estimar as dimensões desse objeto e a que distância se encontra. Um morcego pode detectar corpos muito pequenos, cujo tamanho seja próximo ao do comprimento de onda do ultrassom emitido.



Com relação ao ultrassom refletido, analise suas características.

3 – (UFG – adaptada) Um funcionário de um banco surpreende-se ao ver a porta da caixa-forte entreaberta e, mesmo sem poder visualizar os assaltantes no seu interior, ouve a conversa deles. A escuta é possível graças à combinação de quais fenômenos ondulatórios?

REFERÊNCIAS

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da Física: Física 2**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

TAREFA DE LEITURA 6- TL6

Nessa tarefa de leitura estudaremos como ocorrem a interferência de ondas, as ondas estacionárias e a ressonância.

Interferência de ondas

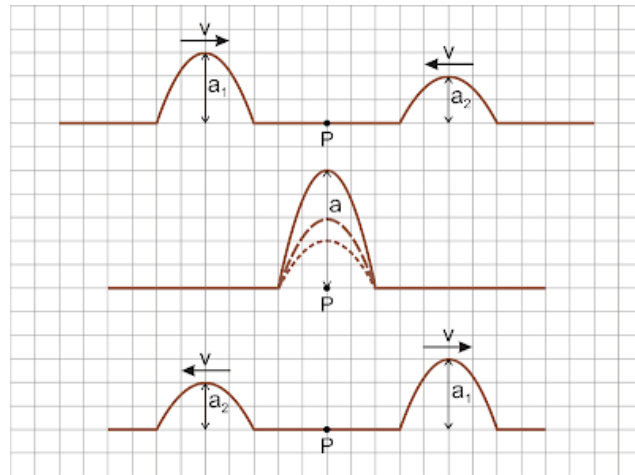
É o fenômeno que ocorre durante o encontro de duas ondas, simultaneamente, que estão se propagando em um mesmo meio, porém em sentidos contrários.

Estudamos que se tivermos uma extremidade de uma corda livre e outra fixa e fizermos um movimento para cima e para baixo com a corda, ocorrerá a formação de ondas que se propagam nessa corda. Agora imagine uma corda onde em cada extremidade tenha uma pessoa que começaram a executar o movimento de sobe e desce, teremos ondas se formando que estarão se propagando no mesmo sentido, e quando ocorrer o encontro dessas ondas terá a **interferência de ondas**. Ao chegarem ao mesmo tempo em um determinado ponto em comum, duas ou mais ondas, ocorre o fenômeno da interferência, que superpõem às ondas no ponto de encontro, surgindo o efeito que ocorre do resultado de uma adição algébrica das amplitudes de todas as perturbações recorrentes na superposição.

Interferência construtiva e interferência destrutiva

Quando ocorre a superposição dos pulsos, no caso da figura 1, onde os dois pulsos que se propagam em sentidos opostos em **concordância de fase**, com amplitudes diferentes ($A_1 > A_2$), no momento de encontro teremos a amplitude correspondente ao somatório das amplitudes dos pulsos, ou seja, $A = A_1 + A_2$, ocorrendo assim uma **interferência construtiva**.

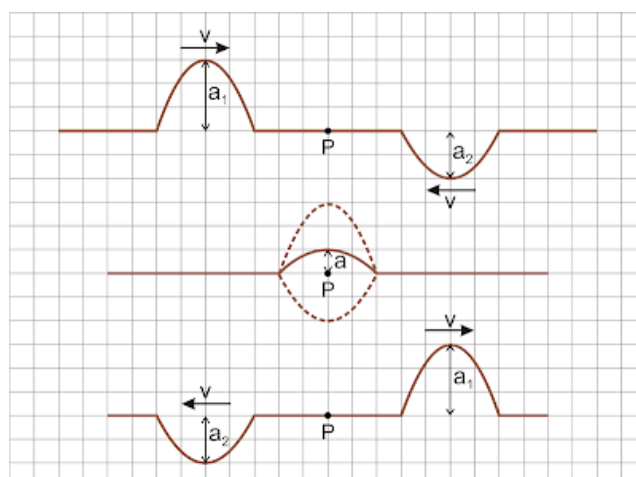
Figura 1 - Ilustração de uma interferência construtiva entre dois pulsos



Fonte: créditos Nicolau Gilberto Ferraro,

Quando os pulsos estiverem em **oposição de fase**, com amplitudes diferentes ($A_1 > A_2$), conforme a figura 2, e se propagando em sentidos opostos. No momento do encontro teremos uma **superposição destrutiva**, onde no momento de encontro teremos a amplitude correspondente à diferença entre as amplitudes dos pulsos, ou seja, $A = A_1 - A_2$. Caso tenhamos $A_1 = A_2$, a amplitude resultante será $A = 0$.

Figura 1 - Ilustração de uma interferência destrutiva entre dois pulsos



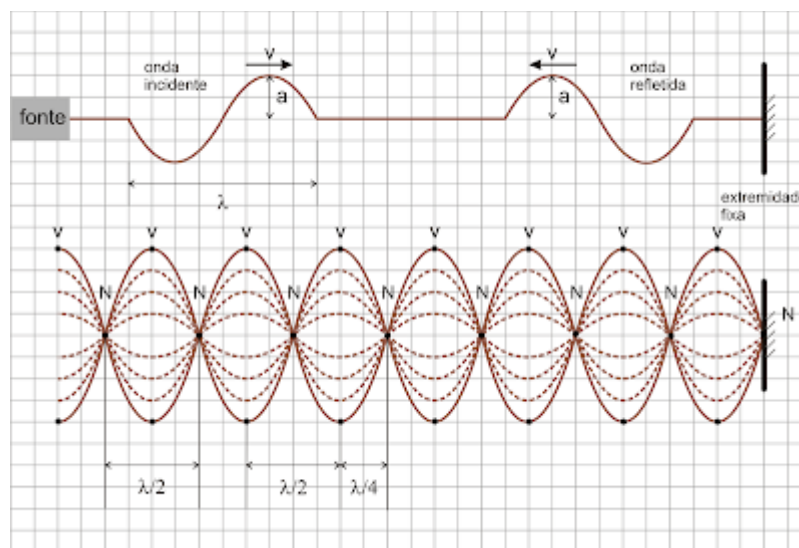
Fonte: créditos Nicolau Gilberto Ferraro,

Ondas estacionárias

Ondas estacionárias são obtidas pela superposição de duas ondas idênticas, ou seja, que possuem a mesma frequência, a mesma amplitude, o mesmo comprimento de onda, contudo se propagam em sentidos opostos e na mesma direção.

Pense em uma corda que esteja fixa em uma de suas extremidades e na outra, seja produzida, por uma fonte, ondas periódicas, que quando atingirem a extremidade fixa, sofrerão reflexão e retornarão, fazendo com que as ondas incidentes e as refletidas se superpõem, dando origem às ondas estacionária. Essa superposição de ondas periódicas respeita os mesmos princípios da superposição de pulsos.

Figura 3 – Formação de uma ondas estacionárias



Fonte: créditos Nicolau Gilberto Ferraro

As ondas estacionárias possuem pontos que não vibram, possuem amplitude $A_{\text{mínima}} = 0$, chamado de nós, ocorrendo interferência destrutiva. Os pontos que possuem amplitude máxima $A_{\text{máxima}} = 2a$, são conhecidos como ventres e neles ocorre a interferência construtiva. A distância entre dois nós consecutivos ou dois ventres consecutivos, representam a metade de um comprimento de onda $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$. Ondas estacionárias não ocorrem somente em ondas que se propagam em cordas, mas ocorrem também com as ondas luminosas, ondas sonoras, etc.

Ressonância

Para o estudo da ressonância faremos uso do texto da prof. Dr. Deborah Franco, disponível em <http://www.ufjf.br/fisicaecidadania/conteudo/se-quiser-saber-mais-sobre-ressonancia/>.

Se quiser saber mais sobre Ressonância

Antes de falarmos sobre ressonância, existem algumas coisas que precisamos entender. Uma delas é a frequência, que é uma grandeza física associada a movimentos de característica ondulatória que indica o número de execuções (ciclos ou oscilações) por unidade de tempo. O tempo necessário para executar uma oscilação é o período $f = 1/T$.

Existe ainda a frequência natural, que será um termo muito usado para nós entendermos o que acontece quando falamos em ressonância.

Quando alguém deixa uma chave inglesa cair no chão, nós provavelmente não confundiremos o som emitido com o de um taco de beisebol ao bater no chão. Isso é porque os dois objetos vibram de maneira diferente quando colidem. Qualquer objeto formado por um material elástico, quando perturbado, vibrará com seu próprio conjunto de frequências particulares, que juntas formam seu som próprio. Essa é então a *frequência natural* de um objeto, a qual depende de um conjunto de fatores tais como a elasticidade e a forma do objeto.

Agora sim, vamos falar de Ressonância!



Quando a frequência da vibração forçada de um objeto se iguala à frequência natural dele, ocorre um drástico aumento da amplitude. Esse fenômeno é denominado Ressonância. Literalmente Ressonância significa “ressoar” ou “soar novamente”. Uma massa de modelar não ressoa por não ser elástica, e um lenço que deixamos cair é flácido demais. Para alguma coisa ressoar, é necessário uma força que a traga de volta a sua posição original e bastante energia para mantê-la vibrando.

Uma experiência comum que ilustra a Ressonância pode ser realizada com o balanço de uma criança. Quando fazemos esse brinquedo oscilar, o fazemos num ritmo igual a sua frequência natural. Mesmo pequenos empurrões dados, se dados em ritmo com a frequência natural do balanço, produzirão grandes amplitudes.

A ressonância não se restringe ao movimento ondulatório. Ela ocorre sempre que impulsos sucessivos são aplicados sobre um objeto vibrante, **em ritmo com sua frequência natural** (grifo meu). Em 1831, tropas de cavalaria marchando ao longo de uma ponte para pedestres próxima a Manchester, Inglaterra, inadvertidamente causaram o colapso da ponte quando o ritmo da marcha se igualou à frequência natural da estrutura. Desde então, tornou-se costume ordenar às tropas que ‘percam o passo’ ao atravessar pontes.

Os efeitos da ressonância estão ao nosso redor. A ressonância está por trás não apenas dos sons musicais, mas da cor das folhas durante o outono, da altura das marés oceânicas, do funcionamento dos lasers e de uma vasta variedade de fenômenos.

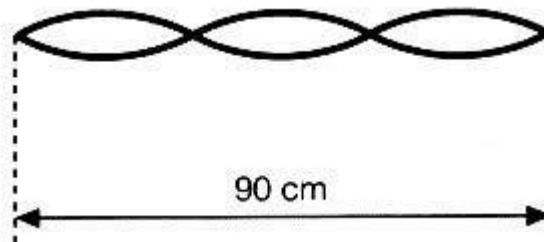
O ‘som das ondas do mar’ que você ouve quando encosta seu ouvido em uma concha é produzido por ressonância. O ruído do som do ar ao lado de fora da concha é uma mistura de ondas sonoras com quase todas as frequências audíveis, forçando a oscilação do interior da concha. A concha funciona como um órgão, contendo um conjunto de frequências naturais, portanto o ar no interior da concha oscila com mais intensidade nessas frequências, produzindo o som que você ouve.

Temos ainda, o exemplo que foi citado na nossa seção de curiosidades, quando uma cantora quebra uma taça ao emitir som. Uma taça de cristal de boa qualidade possui frequências naturais que você pode ouvir dando umas batidas na

taça. Quando a cantora emite uma nota em volume muito alto, numa frequência exatamente igual a uma das frequências da taça, as oscilações que ocorrem podem se superpor, dando origem a uma oscilação com amplitude muito elevada, que fará a taça vibrar e se quebrar.

Questões referentes a tarefa de leitura 6

- 1 - Com relação à interferência de ondas, o que ocorre no momento de encontro entre dois pulsos em uma corda, vindos de sentidos opostos?
- 2 - O que precisa acontecer para um corpo entrar em ressonância?
- 3 - Em uma corda estabelece-se um sistema de ondas estacionárias, conforme mostra a figura.



Determine o comprimento de onda das ondas que deram origem às ondas estacionárias.

REFERÊNCIAS

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

TAREFA DE LEITURA 7- TL7

A POLUIÇÃO SONORA ATACA TRAIÇOEIRAMENTE O CORPO

Texto de Fernando Pimentel Souza

A poluição química do ar, da água e da terra deixa muitos traços visíveis de contaminação. Muitas doenças e mortes devido a alterações do meio podem ser identificadas por qualquer pessoa. Mas, a poluição sonora, mesmo em níveis exagerados, produz efeitos imediatos moderados. Seus efeitos mais graves vão se implantando com o tempo, como a surdez, que não tarda a se acompanhar às vezes de desesperadores desequilíbrios psíquicos e de doenças físicas degenerativas.

O mais traiçoeiro ocorre em níveis moderados de ruído, porque mansamente vão se instalando estresse, distúrbios físicos, mentais e psicológicos, insônia e problemas auditivos. Muitos sinais passam despercebidos do próprio paciente pela tolerância e aparente adaptação e são de difícil reversão. Muitas pessoas, perdidas no redemoinho das grandes cidades, não conseguem identificar o ruído como um dos principais agentes agressores, e, cada vez mais, menos se sentem e vão ficando desorientados por não saber localizar a causa de tal mal. Por isso nada se faz e vive-se sob o impacto de uma abusiva, portanto ruidosa mecanização e sonorização, de ambiente fechados e abertos. Não se avalia devidamente os efeitos somados pela poluição sonora por desconhecer os trabalhos científicos, por não encontrar no dia-a-dia provas suficientes de convencimento, por não poder captar a causa pelos próprios olhos, nesta era considerada de predomínio visual, e por ter-se tornado insensível ao dano na comunicação verbal. Está colocado o enigma da civilização moderna: ou se decifra ou se é devorado.

Se o ruído é excessivo, o corpo ativa o sistema nervoso, que o prepara contra o ataque de um inimigo invisível, sem pegadas, que invade todo o meio ambiente pelas menores frestas por onde passa o ar ou por toda ligação rígida à fonte ruidosa. O cérebro acelera-se e os músculos consomem-se sem motivo. Sintomas secundários aparecem: aumento de pressão arterial, paralisação do estômago e intestino, má irrigação da pele e até mesmo impotência sexual.

Na antiguidade, os gregos indignados puseram os barulhentos ferreiros para fora das cidades. Hoje, qualquer um tem seu aparelho portátil ou estrondoso som.

Pesquisa nos EUA mostrou que jovens em ruído médio inferior a 71 decibéis, entremeados com pulsos de 85 decibéis só a 3% do tempo, tiveram aumentos médios de 25% no colesterol e 68% numa das substâncias provocadoras de estresse: o cortisol. Mas já a partir de 55 decibéis acústicos a poluição sonora provoca estresse, segundo a Organização Mundial de Saúde. Pelo nível de ruído das nossas cidades e casas, a maioria dos habitantes deve estar sob estresse prolongado, surgindo ou agravando arterioscleroses, problemas de coração e de doenças infecciosas, fazendo inúteis dietas e acabando precocemente com suas vidas.

A ativação permanente do sistema nervoso simpático do morador da metrópole pode condicionar negativamente a sua atuação com as agressões. Muitas pessoas procuram se livrar dessa reação, por tornar-se desagradável, (por exemplo duma palpitação), usando drogas (tranquilizantes ou cigarro) para bloqueá-la. A falta de irrigação muscular pode levar a gangrena nos membros. O corpo cai na pior contradição: atacado sem saber bem por que e como se defender, devido ao bloqueio das reações naturais do organismo. É um conflito, gerador de ansiedade, já que o nível de ruído em nosso ambiente urbano está quase sempre acima dos limites do equilíbrio, e abre caminho para estresses crônicos. Certas áreas do cérebro acabam perdendo a sensibilidade a neurotransmissores, rompendo o delicado mecanismo de controle hormonal. Esse processo aparece também no envelhecimento normal e ataca os mais jovens, que se tornam prematuramente velhos num ambiente estressante. Os efeitos no sono não são menos importantes pela sua nobre função.

Em São Paulo, a poluição sonora e o estresse auditivo são a terceira causa de maior incidência de doenças do trabalho, só atrás das devido a agrotóxicos e doenças articulares. Inúmeros trabalhadores vêm-se prejudicados no sono e às voltas com fadiga, redução de produtividade, aumento dos acidentes e de consultas médicas, falta ao trabalho e problemas de relacionamento social e familiar.

O ruído estressante libera substâncias excitantes no cérebro, tornando as pessoas sem motivação própria, incapazes de suportar o silêncio. Libera também substância anestesiante, tipo ópio e heroína, que provoca prazer, abrindo campo para o uso de fortes drogas psicotrópicas. As pessoas tornam-se viciadas, dependentes do ruído, paradoxalmente caindo em depressão em ambiente com silêncio salutar, permanecem agitadas, incapazes de reflexão e meditação mais profunda.

Os países avançados, ao contrário, mantêm o controle da poluição sonora para não prejudicar as atividades psicológicas, mental e física, e seus habitantes, beneficiados, atingiram um nível mais refinado. Mesmo assim esse tipo de poluição subiu para a terceira prioridade ecológica para a próxima década, pela Organização Mundial de Saúde.

O Brasil não deveria permitir tantos danos da poluição sonora nos insuficientes esforços na educação e saúde. Alguma coisa deveria ser feita nas nossas cidades excessivamente barulhentas, hoje com quase 80% da população. As providências seriam: seguir a lei e melhora-la, diminuir poluição das fontes ruidoras (veículos automotores, aparelhos industriais e eletrodomésticos etc, reordenar as cidades descentralizar e impedir crescimento excessivo, melhorar o uso do solo, urbanismo, arquitetura etc e até reeducar as pessoas a viver em comunidade, porque, a nação, se não é capaz de reparar os danos da poluição sonora, poderia pelo menos preveni-los.

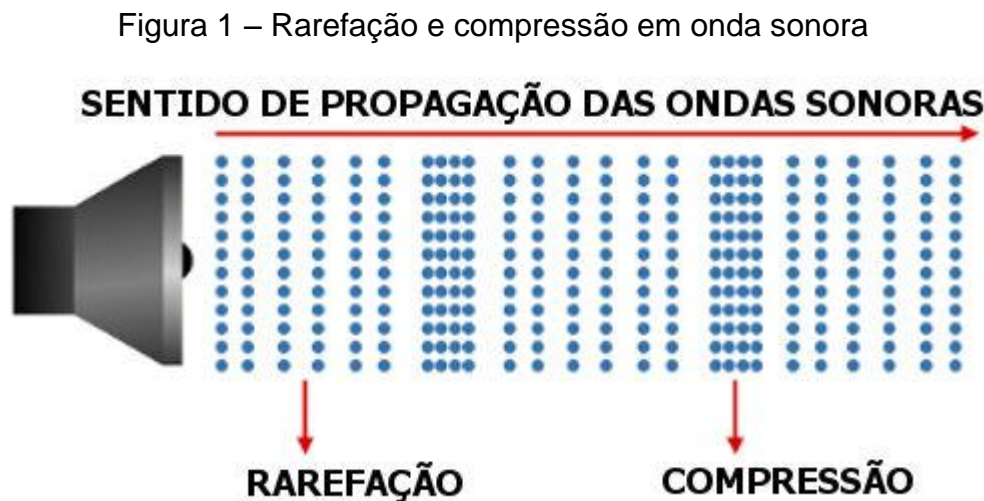
A sensação auditiva a qual nossos ouvidos conseguem identificar é conhecida como som. Sua produção ocorre através de um movimento organizado de moléculas que compõem o ar.

Os humanos possuem uma audição sensível a uma faixa que varia de 20 Hz a 20000Hz. Ondas com frequência inferior a 20Hz, são conhecidas como infrassom e as ondas acima de 20000Hz, recebem o nome de ultrassom. Acesse o *hiperlink* <https://www.youtube.com/watch?v=UjBluExYxUU> para assistir um vídeo que relaciona os conceitos estudados ao funcionamento de um ultrassom médico.

Pesquisa onde utiliza-se o ultrassom e o infrassom para discutirmos na aula.

Como vimos anteriormente, o som é uma onda mecânica, logo, necessitará de um meio material para se propagar. As ondas sonoras se propagam no ar, e também em outros materiais (sólidos, líquidos e gasosos). Sua propagação é longitudinal, a oscilação ocorre no mesmo sentido da propagação.

Pelo motivo de termos um meio de propagação elástico, uma parte da onda se comprime (compressão) e outra se expande (rarefação), conforme a Figura 1..



Fonte: créditos Joab Silas

Propriedades da reflexão do som

Eco é uma das propriedades da reflexão do som, assim como a reverberação. São diferenciados pelo tempo que levam para retornar ao ponto de destino. Nosso ouvido só percebe e diferencia dois sons se chegarem até ele se o intervalo de tempo entre os sons for maior que 0,1 segundo

Se a onda sonora refletida atingir o ouvido em um tempo inferior a 0,1 segundo, ocorre a reverberação, onde o ouvinte receberá dois sons sem conseguir distinguir o refletido do emitido.

No momento que o emissor ouve claramente os dois sons, o emitido e o refletido, ou seja, o tempo entre os dois sons é superior a 0,1 segundo, tem-se o eco.

Pode-se, matematicamente determinar a distância que deve-se estar de um obstáculo para a ocorrência do eco

Como a velocidade de propagação do som no ar é de aproximadamente 340 m/s, a distância mínima para que ocorra o eco é determinada através da equação:

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

O espaço precisa ser dobrando, tendo em vista que o som precisa ir até o obstáculo e voltar ao emissor, considerando o tempo de 0,1s teremos:

$$v = \frac{2 \cdot \Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta s = \frac{v \cdot \Delta t}{2} \Rightarrow \Delta s = \frac{340 \cdot 0,1}{2} \Rightarrow \Delta s = \frac{34}{2} = 17m$$

Velocidade do som

Você já deve ter observado que em dias de tempestade, primeiro observamos o clarão de um trovão para depois escutamos o estrondo. Mas por qual motivo isso ocorre?

A luz se propaga com velocidade de aproximadamente 300.000.000 m/s, enquanto que o som se propaga com velocidade de 340 m/s no ar, então devido ao som ter velocidade muito inferior a da luz, você primeiro enxerga o trovão, para depois ouvir seu estrondo característico.

O som não se propaga com a mesma velocidade em todos os meios. Na Figura 2, podemos observar a velocidade do som em diferentes meios.

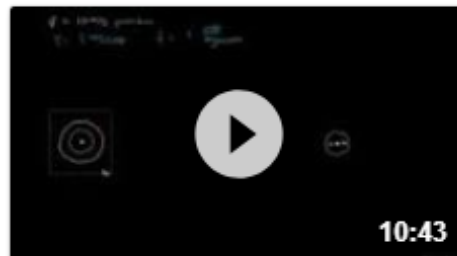
Figura 2 – Velocidade do som em diferentes meios

Sólidos	
Vidro (20 °C)	5130 m/s
Alumínio (20 °C)	5100 m/s
Líquidos	
Glicerina (25 °C)	1904 m/s
Água do mar (25 °C)	1533 m/s
Água (25 °C)	1493 m/s
Mercúrio (25 °C)	1450 m/s
Gases	
Hidrogênio (0 °C)	1286 m/s
Hélio (0 °C)	972 m/s
Ar (20 °C)	343 m/s
Ar (0 °C)	330 m/s

Fonte: crédito Rosimara Gouveia

Efeito Doppler

Para conhecer um pouco sobre o efeito Doppler assista ao vídeo abaixo:



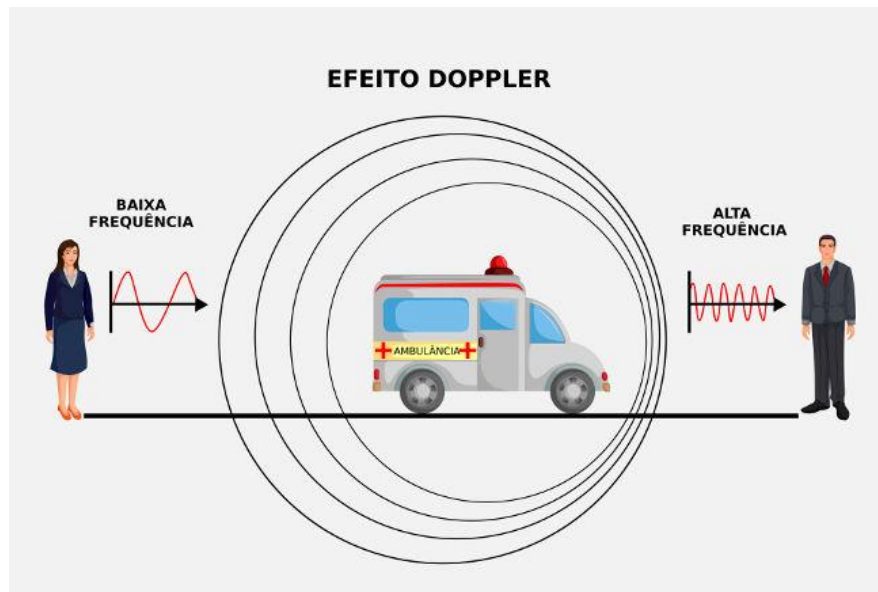
<https://www.youtube.com/watch?v=hRWaPJYiKGU>

Fonte : Khan Academy em Português

O Efeito Doppler ocorre devido a aproximação ou afastamento relativo entre uma fonte de onda e um observado. Ocorre devido a variação no comprimento de onda e da frequência captada pelo observador, pois a velocidade de propagação da onda depende do meio em que a onda está se propagando.

Na Figura 3 têm-se a situação em que uma ambulância com a sirene ligada se afasta de um observador (mulher) e se aproxima de outro (homem)

Figura 3 – Representação do Efeito Doppler



Fonte: créditos Rafael Helerbrock

Tanto para a observadora mulher quanto o observador homem, a velocidade de propagação da onda será a mesma, mesmo com a ambulância se afastando de um e se aproximando de outro, Para que isso ocorra, velocidade permaneça constante para ambos, será necessária alteração da frequência e do comprimento de onda fazendo com que:

- O observador na qual a ambulância afasta-se ouvirá um som com maior comprimento de onda e menor frequência, ou seja, mais grave;
- O observador na qual a ambulância se aproxima ouvirá um som de maior frequência e menor comprimento de onda, portanto, mais agudo.

Qualidades Fisiológicas do Som

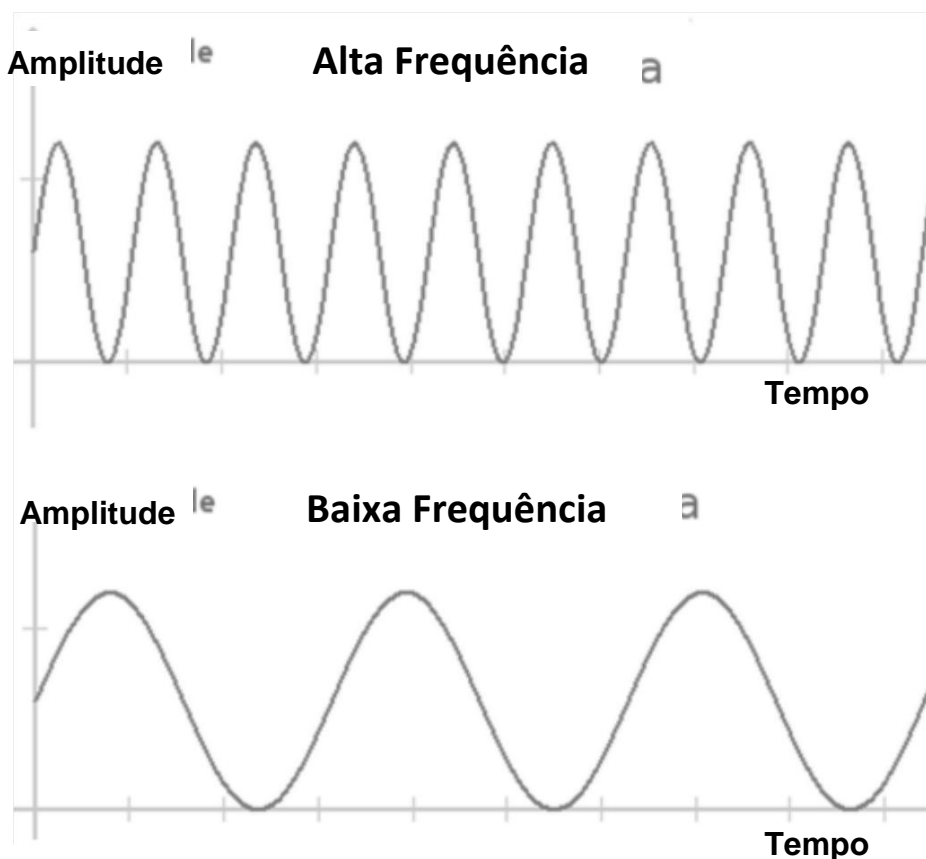
São algumas características que o som possui com relação as demais ondas, sendo elas a altura, o timbre e a intensidade.

Você já parou para pensar o que nos faz conseguirmos diferenciar um som grave de um som agudo?

Isso ocorre devido altura, uma característica fisiológica do som que permite ao ouvido fazer a distinção de um som grave de um som agudo. Isso ocorre devido a diferença de **frequência**. Quanto maior a frequência, mais agudo será o som produzido.

Um problema observado no dia a dia é a confusão gerada no entendimento da altura como intensidade sonora. A intensidade sonora está diretamente relacionada com a amplitude da onda e a altura, relaciona-se com a frequência (ou comprimento de onda, quando a velocidade for constante). Na figura 3 temos duas ondas que possuem a mesma intensidade (amplitude), com diferentes comprimentos de onda, logo, diferentes frequências (adotando que estejam na mesma velocidade de propagação)

Figura 3 – Onda de alta frequência e onda de baixa frequência



Fonte: autor

Outra característica é a **intensidade** (energia transportada pela onda sonora) que permite diferenciar um som forte de um som fraco, o que comumente

chamamos de volume. A amplitude de vibração da onda é o que diferencia um som intenso (forte) de um som fraco

A menor intensidade que podemos ouvir, conhecida como limiar auditiva, é de 10^{-12} W/m^2 e a intensidade que começamos a sentir uma dor física, conhecida como limiar dolorosa é de 1 W/m^2 . Para o cálculo da intensidade, leva-se em conta a razão entre a potência em watts e a área (m^2).

A intensidade sonora de referencia 10^{-12} W/m^2 é definida de 0 bel. Quando temos 1 bel, ou 10 decibéis, temos um som mais intenso 10 vezes, ao som de 0 bel. Fizemos essa comparação para que você possa entender a Figura 4, que representa algumas situações em decibéis.

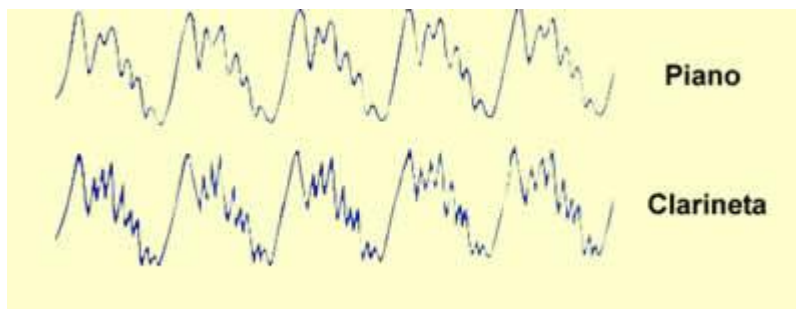
Figura 4 – Diferentes níveis sonoros

NÍVEIS DE INTENSIDADE SONORA	
FONTE SONORA	NÍVEL (dB)
PRÓXIMO A UM JATO	150
LIMIAR DA DOR	120
SIRENE	110
ASPIRADOR DE PÓ	80
MOSCA	40

Fonte: créditos Joab Silas

O timbre por sua vez, é a composição das frequências de um som, capaz de produzir um som característico. É o responsável por diferenciarmos dois instrumentos. Os diferentes timbres estão relacionados com os formatos diferentes entre ondas sonoras, conforme a Figura 5

Figura 5 Formatos de onda sonora de um piano e de um clarinete-



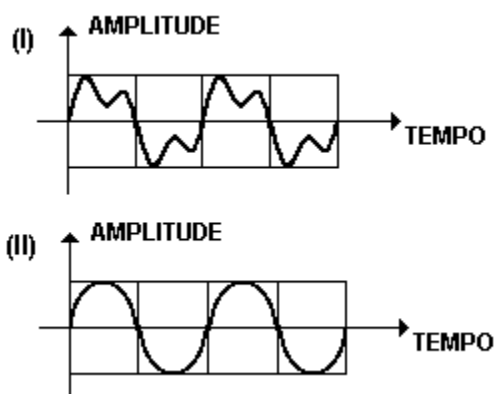
Fonte: créditos Paulo Augusto Bisquolo

Questões referentes a tarefa de leitura 7

1 – Analise a tabela e identifique, entre os sons apresentados, o mais agudo e o som mais forte. Explique como você chegou a essa resposta.

Som	Amplitude (cm)	Frequência (Hz)
I	0,2	800
II	0,4	1000
III	0,6	500
IV	0,8	500
V	1,0	100

2 – (UFF - adaptada) Ondas sonoras emitidas no ar por dois instrumentos musicais distintos, I e II, têm suas amplitudes representadas em função do tempo pelos gráficos abaixo.



Uma pessoa cega seria capaz de diferenciar esses sons? Se sim, explique.

3 - Uma criança está sentada em um banco na praça quando se aproxima um carro de polícia com velocidade de 60 km/h com a sirene do carro ligada emitindo um som de frequência de 600 Hz, passando em frente a criança e seguindo o trajeto da rua. Que relação pode-se fazer com o som ouvido pela criança durante a aproximação e quando o carro da polícia se afasta.

REFERÊNCIAS

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da Física: Física 2**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

SERWAY, Raymond; Jewett, John. **Física para cientistas e engenheiros: oscilações, ondas e termodinâmica**. v. 2. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

APÊNDICE B – PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

1 - (UNESP-SP)

- I. Uma onda transporta partículas do meio pelo qual passa.
- II. As ondas sonoras são perturbações que não podem se propagar no vácuo.
- III. Quando uma onda mecânica periódica se propaga em um meio, as partículas do meio não são transportadas pela onda.
- IV. Uma onda é transversal quando sua direção de propagação é perpendicular à direção de vibração

Das afirmações acima, são verdadeiras:

- a) somente I e II
- b) somente II e III
- c) somente III e IV
- d) somente II, III e IV
- e) todas

2 - (UFSM) Uma onda sonora propaga-se no ar com uma velocidade v e frequência f . Se a frequência da onda for duplicada:

- a) O comprimento da onda duplicará.
- b) O comprimento da onda não se alterará.
- c) O comprimento da onda se reduzirá à metade.
- d) A velocidade da propagação da onda dobrará.
- e) A velocidade de propagação da onda se reduzirá à metade.

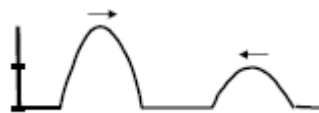
3 - (UEL-PR) Há algum tempo um repórter de televisão noticiou uma marcha em algum lugar do Brasil. Em dado momento, citou que os integrantes pararam de marchar quando estavam passando sobre uma ponte, com medo de que pudesse cair. Na ocasião, o repórter atribuiu tal receio a “crendices populares”. Com base nos conceitos de Física, é correto afirmar que os integrantes da marcha agiram corretamente, pois a ponte poderia cair devido ao fenômeno da(o):

- a) reverberação
- b) interferência
- c) efeito Doppler
- d) ressonância
- e) batimento

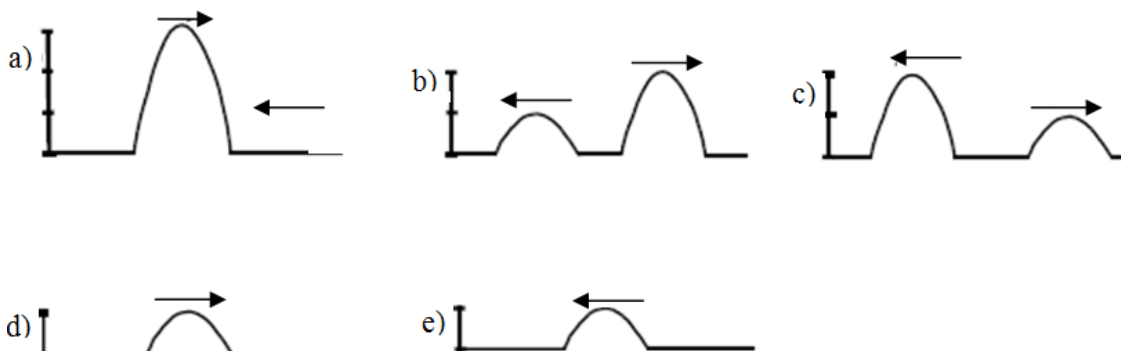
4 - (UECE) A mesma nota musical, quando emitida por uma flauta, é diferente quando emitida por um piano. O fato de o aluno do Curso de Música distinguir, perfeitamente, a nota emitida por um dos dois instrumentos é devido:

- a) a frequências diferentes.
- b) a alturas diferentes.
- c) a timbres diferentes.
- d) a intensidades diferentes.
- e) a timbres iguais.

5 - (UFRGS) A figura abaixo representa dois pulsos produzidos nas extremidades opostas de uma corda.

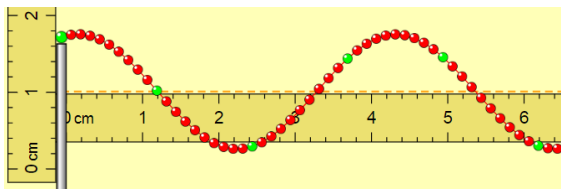


Assinale a alternativa que melhor representa a situação da corda após o encontro dos dois pulsos:

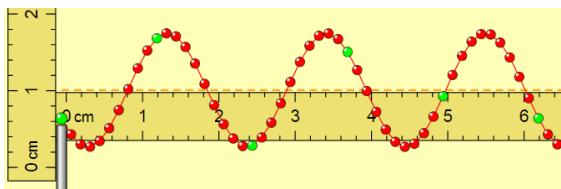


6 - As figuras a seguir representam cinco ondas se propagando em cordas idênticas. Em qual delas o **comprimento de onda** é maior?

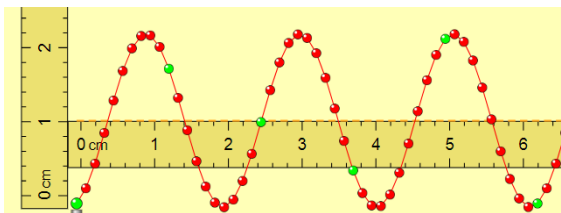
a)



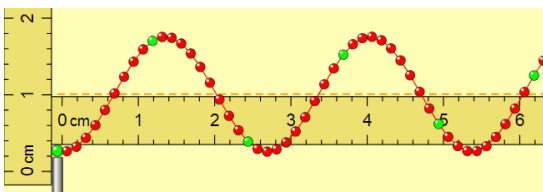
b)



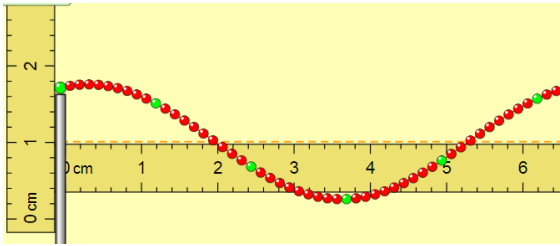
c)



d)



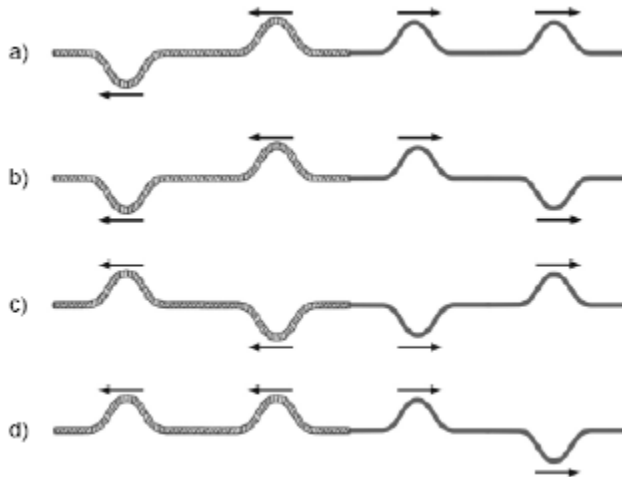
e)



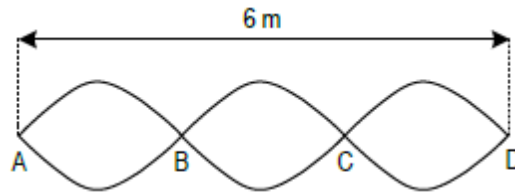
7 - (AFA) Considere um sistema formado por duas cordas diferentes, com densidades μ_1 e μ_2 tal que $\mu_1 > \mu_2$, em que se propagam dois pulsos idênticos, conforme mostra a figura abaixo.



A opção que melhor representa a configuração resultante no sistema após os pulsos passarem pela junção das cordas é:



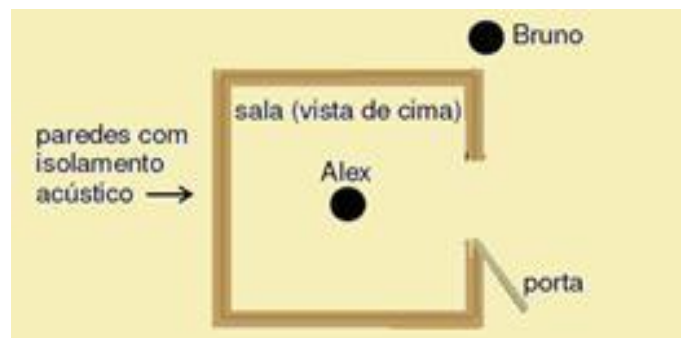
8 – (UFRGS) A figura mostra uma onda estacionária em uma corda. Os pontos A,B,C e D são nodos e a distância entre os nodos A e D é de 6m. A velocidade de propagação das ondas que resultam na onda estacionária, nesta corda, é de 10m/s.



A frequência da onda estacionária vale, em hertz:

- a) 10
- b) 5
- c) 2,5
- d) 1,66
- e) 1,25

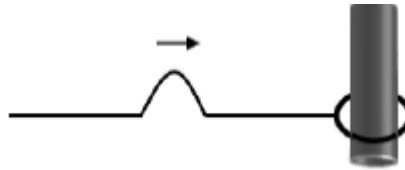
9 - (UFAL- adaptada nas respostas) Alex encontra-se dentro de uma sala, cujas paredes laterais e superior possuem isolamento acústico. A porta da sala para o exterior está aberta. Alex chama Bruno, que está fora da sala (ver figura).



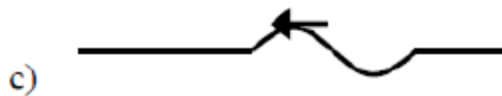
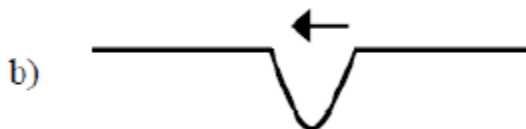
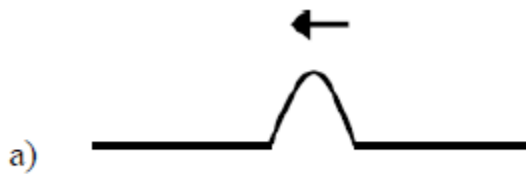
Pode-se afirmar que Bruno escuta Alex porque, ao passar pela porta, a onda sonora emitida por este sofre:

- a) polarização.
- b) interferência.
- c) reflexão.
- d) refração.
- e) difração.

10 - Um pulso de onda se propaga em uma corda com a extremidade livre como na figura abaixo.



Escolha entre as opções abaixo aquela que representa corretamente o pulso após ser refletido



d) o pulso é totalmente absorvido

e) nesse caso não tem como ocorrer o fenômeno da reflexão

11 – Cite três exemplos de ondas mecânicas.

12 - (FGV) Verifica-se que, ao sofrer refração, um trem de ondas mecânicas apresenta um novo perfil de oscilação, em que a distância entre duas cristas consecutivas de suas ondas tornou-se maior. Comparativamente ao que possuía o trem de ondas antes da refração, a frequência se _____, a velocidade de propagação se _____ e a amplitude se manteve, já que o novo meio é _____refringente.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

a) alterou ... alterou ... menos

- b) alterou ... manteve ... mais
- c) manteve ... alterou ... mais
- d) manteve ... alterou ... menos
- e) manteve ... manteve ... mais

13 - (Fac. Cultura Inglesa - SP) A cuíca é um instrumento musical, semelhante a um tambor, com uma haste de madeira presa no centro de uma membrana de couro, pelo lado interno. Friccionando a haste com um pedaço de tecido molhado e pressionando a parte externa da cuíca com o dedo, produz-se uma onda sonora de ronco característico. Quando essa onda sonora propaga-se,

- a) sua velocidade diminui.
- b) sua amplitude aumenta.
- c) há transporte de matéria.
- d) aumenta a sua frequência.
- e) há propagação de energia.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO DA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1 - Como você pode perceber, estudamos o conteúdo referente a Ondas Mecânicas com uma metodologia diferente. Comparando-a com as metodologias anteriores, como você avalia:

Muito melhor Melhor Indiferente Pior

Se quiseres argumente:

2 – Com relação às Tarefas de Leitura, você achou:

Difíceis de entender Razoáveis de entender Fáceis de entender

Se quiseres argumente:

3 – O tempo para leitura das TL e para responder as questões foi:

Suficiente Insuficiente

Se quiseres argumente:

4 – Ao final das Tarefas de Leitura havia questões para serem respondidas. Com relação a essas questões, o nível de dificuldade foi.

Fácil Adequado Difícil

Se quiseres argumente:

5 – As respostas das questões contidas na TL eram utilizadas pelo professor para averiguar onde estavam as suas principais dúvidas e montar uma aula com o foco nessas dúvidas. Você acha que isso lhe ajudou a aprender?

Em todas as aulas Em algumas aulas Não fez diferença

Prefiro o método tradicional

Se quiseres argumente:

6 - As tarefas de leitura, a aula preparada visando as necessidades dos estudantes e a discussão realizada em aula, fizeram parte de uma metodologia chamada *Just-in-Time-Teaching*. Comparando com as aulas tradicionais, você considera o *Just-in-Time Teaching*:

Muito melhor Melhor Indiferente Pior

Se quiseres argumente:

7 – Com relação à apresentação dos testes conceituais e a votação durante a aula.

O que achou desta proposta?

Bom Razoável Ruim

Se quiseres argumente:

8 – Quando a votação não atingia no mínimo 70% de acertos, vocês eram reunidos em pequenos grupos. Você acha que aprende melhor quando interage com os colegas?

Na maioria das vezes As vezes Indiferente

Prefiro a explicação do professor

Se quiseres argumente:

9 – Para a realização das votações utilizamos os cartões que eram lidos pela câmera do celular do professor através do aplicativo *Plickers*. O que você achou desse método de votação?

Bom Razoável Ruim

Se quiseres argumente:

10 – Você acha que aprendeu o conteúdo sobre Ondas Mecânicas durante a aplicação da sequência didática?

Aprendi muito bem Aprendi bem Aprendi pouco

Aprenderia mais na maneira tradicional

Fiquei com dúvidas em alguns assuntos sobre ondas mecânicas

Se quiseres argumente:

11 – O que você acha que poderia ser melhorado (tarefas de leitura, testes conceituais, tempo de discussão com os colegas, ou outro item) para uma futura aplicação de uma sequência didática com as mesmas metodologias?

APÊNDICE D – PRODUTO EDUCACIONAL



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO OS CONCEITOS BÁSICOS DE
ONDAS MECÂNICAS UTILIZANDO OS MÉTODOS *JUST-IN-TIME TEACHING* E
PEER INSTRUCTION NA PERSPECTIVA DA TEORIA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA E DA TEORIA SOCIOINTERACIONISTA**

Carlos Roberto Staub Junior

Prof. Dr. Karen Cavalcanti Tauceda
Orientador

Prof. Dr. Márcio Gabriel dos Santos
Coorientador

Tramandaí
Março/2019

1 APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a)

Este manual constitui o Produto Educacional desenvolvido no Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Este produto educacional é uma sequência didática sobre tópicos de Ondas Mecânicas, em nível de ensino médio, norteados por duas metodologias ativas de ensino, o *Just-in-Time Teaching* e o *Peer Instruction* e fundamentados pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, e a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky.

As metodologias ativas podem ser utilizadas de forma separadas ou em conjunto, dependendo do objetivo a ser alcançado, sendo que atualmente, estão sendo exploradas com êxito para o ensino-aprendizagem de conceitos de Física.

Esta sequência didática é destinada, principalmente, para professores do ensino médio e possui o objetivo de auxiliar na introdução e no desenvolvimento dos conceitos básicos envolvendo Ondas Mecânicas, com o intuito de o estudante ser o protagonista no seu processo de aprendizagem. Através das metodologias ativas utilizadas espera-se que o estudante esteja comprometido com as atividades realizadas extraclasse (Tarefas de Leitura) e em classe (discussões).

O produto educacional é formado por Tarefas de Leitura (TL), que tem como objetivo servir de organizador prévio, permitir ao professor planejar sua aula a partir do conhecimento prévio de seus alunos sobre o assunto que será abordado em aula, que foi observada, através da resolução de exercícios que compunham a TL. Os Testes Conceituais (TC) sobre Ondas Mecânicas que compõe o material, foram organizados através da necessidade observada nas respostas da TL, e aplicados em aula, após a discussão dos conceitos abordados, sendo que, se necessário, o TC é reaplicado de acordo com as orientações da metodologia *Peer Instruction*. Tem-se uma seção de questões que foram utilizadas como Pré-Teste e Pós-Teste, para mensurar de forma quantitativa a aprendizagem.

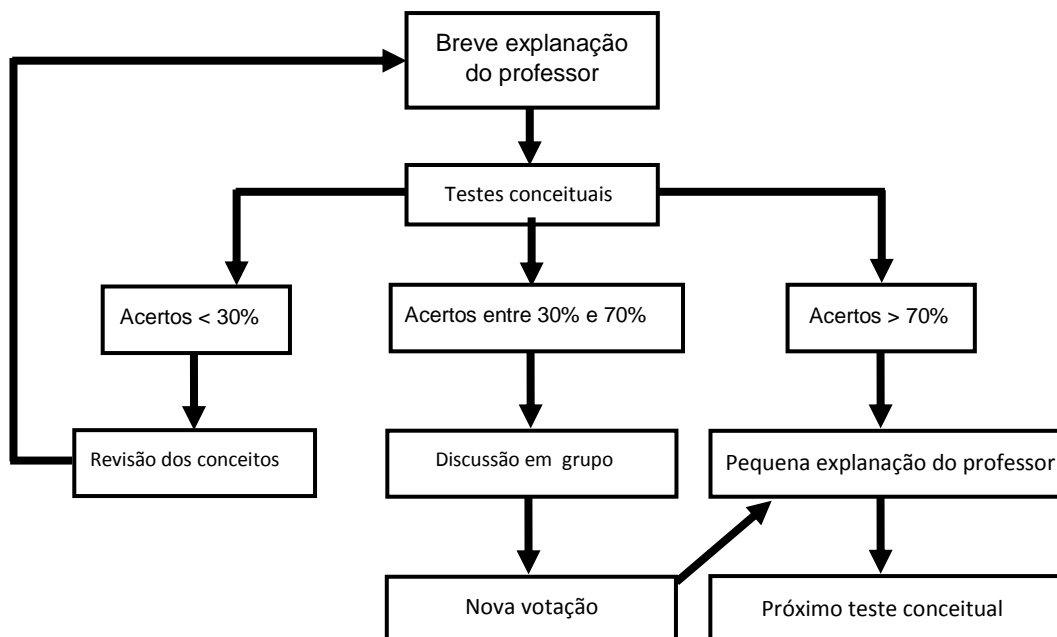
2 METODOLOGIAS ATIVAS

A sequência didática que propomos, é a integração de duas metodologias ativas o *Just-in-time Teaching*, conhecido como Ensino sob Medida e o *Peer Instruction*, conhecido como Instrução pelos colegas.

Gregor Novak, professor da Universidade de Indiana (EUA), desenvolveu a metodologia *Just in Time Teaching* (JiTT) em 1999 com a colaboração de outros professores (NOVAK et al., 1999). Tem como objetivo fazer com que os alunos criem hábitos de estudos, tornando-se sujeito de sua aprendizagem. Antes das aulas os alunos tem acesso a um material (vídeos, textos, simulações,) referente ao assunto que será abordado na próxima aula e terão que responder em torno de 3 questões, geralmente por meio eletrônico, que estão inseridas na tarefa de leitura. O professor solicita que as questões sejam entregues (respondidas) de modo que ele obtenha as respostas antes da aula, para poder planejar uma aula mais adequada, visando as reais necessidades observadas nas questões (ARAUJO e MAZUR, 2013).

O *Peer Instruction* (PI) é um método de ensino desenvolvido no final dos anos 90, pelo professor Eric Mazur, docente na Universidade de Harvard (EUA), na qual foi utilizado em suas aulas na graduação, na disciplina de Física (ARAUJO e MAZUR, 2013). Consiste em uma breve explanação do professor, aproximadamente 15 minutos e após a explanação, realização de questões conceituais, de múltipla escolha, relacionadas aos assuntos abordados na discussão. As questões são resolvidas (votadas) individualmente e dependendo do percentual de acertos se toma uma decisão conforme a Figura 1.

FIGURA 1 - Fluxograma da aula com a metodologia Peer Instruction.



Fonte: Adaptado de Lasry (2008).

Se, após a votação individual a taxa de acerto for inferior a 30%, o professor deve, de uma forma diferente, abordar novamente o assunto; ficando entre 30% e 70% os alunos se organizam em duplas ou trios e discutem a questão, e após, faz-se nova votação; sendo superior a 70% o índice de acertos na primeira votação, o professor pode corrigir a questão e dar sequencia aos testes conceituais.

3 TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Utilizou-se duas teorias de aprendizagem, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky para a construção do processo de ensino-aprendizagem dessa sequência didática.

Ausubel em sua teoria destaca a importância em saber o que o aluno já possui de conhecimento sobre determinado assunto. Ausubel *et al* (1980) destacam como o fator principal para aprendizagem: “se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos

Faz-se necessário ter conhecimentos prévios para servir de sustentação, para o novo conhecimento. Essa sustentação, ou suporte foi designado de “ancoragem”,

Na perspectiva da aprendizagem significativa ausubeliana, a estrutura cognitiva prévia (i.e., os conhecimentos prévios e sua organização hierárquica) é o principal fator, a variável isolada mais importante, afetando a aprendizagem e a retenção de novos conhecimentos. (MOREIRA,, 2011, p.26)

Essas ideias que proporcionam a ancoragem são chamadas por Ausubel de integradores, subordinadores ou *subsunçores*. Moreira (2011, p. 28) define subsunçor como “conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos”.

Caso o estudante não tenha em sua estrutura cognitiva a existência de ideias e proposições, conceitos, relevantes a função de “ancoradouro”, precisa-se utilizar algum organizador prévio.

Moreira (2011) destaca que para Ausubel um organizador prévio tem como função servir de ponte entre os conhecimentos que o estudante já sabe ou que deveria de saber, para que o novo “conteúdo” possa ser aprendido de uma forma significativa. São úteis para facilitar a aprendizagem se utilizados como “pontes cognitivas”. Também enfatiza que o material serve como uma introdução, devendo

ser apresentado em um nível alto de abstração, utilizando-o de forma introdutória, antes do material de aprendizagem.

Na Teoria de Vygotsky o contexto cultural e social no qual o sujeito está inserido precisa ser levado em conta para entender como um indivíduo se desenvolve.

Vygotsky tem como centro a interação social, pois ele acredita que durante a socialização tem-se o desenvolvimento. Moreira (2009, 2016, p. 20) cita que para Vygotsky a interação é “o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórico e culturalmente constituído.”

A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), de acordo com Vygotsky (2003) é o intervalo que separa o nível de desenvolvimento real (NDR) e o nível de desenvolvimento potencial (NDP). O NDR está relacionado ao que já se aprendeu, se consolidou, enquanto o NDP está no estado inicial, e precisará de tempo para amadurecer. Esse é o ponto que o professor deve explorar, pois na ZDP, pode-se, ser, o estimulador da aprendizagem, que não ocorreria sem um estímulo (sem a interação dos envolvidos). Para Moreira (1999, p. 116) a ZDP “é uma medida do potencial de aprendizagem; representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre”. É nesse estágio que se observa o que está em processo de maturidade.

Vygotsky (2003) destaca que o conhecimento é obtido de fora para dentro, tendo o contexto histórico, social e cultural, assim como a interação, um papel de destaque no desenvolvimento intelectual do sujeito.

A zona de desenvolvimento proximal estará sendo promovida, através da mediação do professor com o auxílio dos métodos *Just-in-Time Teaching* (Ensino sob Medida) e *Peer Instruction* (Instrução pelos Pares), na apresentação dos “organizadores prévios” e problematizações, que mobilizarão os subsunçores para uma aprendizagem significativa. O produto educacional apresentado aqui é a aplicação das teorias Sociointeracionista de Vygotsky, a Aprendizagem Significativa de Ausubel, mediadas pelo *Just-In-Time* e *Peer Instruction*.

Exploraremos o que Vygotsky chama de zona de desenvolvimento proximal, que estará sendo promovida, através da mediação do professor com o auxílio dos

métodos *Just-in-Time Teaching* (Ensino sob Medida) e *Peer Instruction* (Instrução pelos Pares), na apresentação dos “organizadores prévios” e problematizações, que mobilizarão os subsunçores para uma aprendizagem significativa.

Será desenvolvido um Mapa Conceitual, pois cognitivamente, mapas conceituais representam o resultado de uma aprendizagem significativa, conceito que está relacionado a TAS de Ausubel, que permite a relação de novas aprendizagens (conteúdos novos) a *subsunçores* ou onde ocorrer outorgamento de significados. O mapa conceitual é a busca da compreensão, da articulação dentro de uma lógica. (ALMEIDA 2008).

4 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

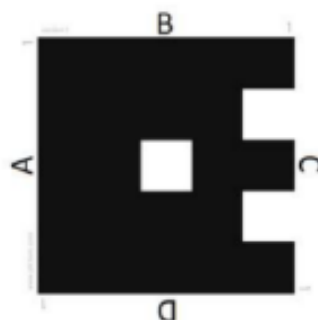
Neste capítulo, apresentaremos a aplicação das metodologias, para que professores possam utilizá-las em suas aulas sobre Ondas Mecânicas com alunos do ensino médio. Será realizado um relato sobre o modo da aplicação deste produto educacional e logo abaixo organizado na forma de tabela.

Na primeira aula foi apresentada à proposta da implementação da sequência didática, como ocorreriam às tarefas de leitura, prazo, questões conceituais, o modo de votação e a aplicação do pré-teste.

As aulas 2, 3, 4, 5, 9, 10 e 11, seguiram a orientação da metodologia JiTT. Iniciava-se a aula com uma breve explanação do professor, voltada à necessidade dos alunos, na qual havia sido observada nas questões conceituais prévias da TL que fazia parte daquela aula. Fazia-se, durante a explanação, uma discussão das questões conceituais prévias e após aplicava-se os Testes Conceituais, TC.

A explanação da aula, bem como os TC, precisam ser organizados de acordo com o material obtido nas respostas das questões conceituais prévias, para ser realmente uma aula sob medida, para promover uma aprendizagem significativa. Utilizou-se para a votação dos TC o aplicativo *Plickers*, um aplicativo sem custo, que funciona como um leitor de códigos, semelhante a um *QR code* à distância, onde o professor, com um celular ou *tablet* posiciona a câmera fotográfica do aparelho na direção dos códigos que é exposto pelo estudante, conforme a Figura 2, não necessitando estar conectado a internet. Uma limitação do *Plickers*, é a questão poder ter somente quatro alternativas.

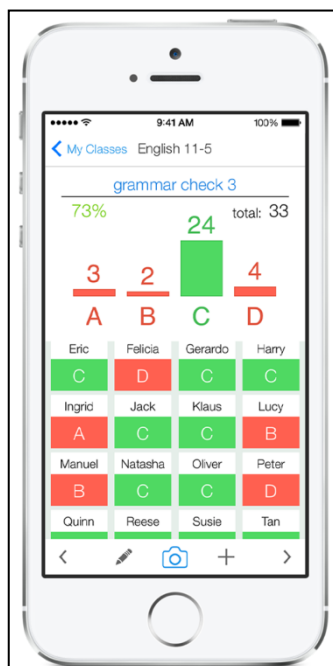
Figura 2 – Representação do cartão código para leitura no aplicativo *Plickers*



Fonte: site do *Plickers*

As respostas, após leitura do código, são obtidas na tela do celular, marcadas de verde os estudantes que acertaram e de vermelho os que erraram, bem como a resposta escolhida por cada aluno que havia sido cadastrado anteriormente no aplicativo. Também visualiza-se nesta tela a porcentagem de acertos, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Visualização das respostas após votação no aplicativo *Plickers*



Fonte: site do *Plickers*

Para dar sequência aos TC fazia-se uma análise conforme a Figura 1, orientação da metodologia *Peer Instruction*.

Nas aulas 6, 7 e 8 o enfoque foi o Mapa Conceitual. AssistiRAM um vídeo, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=RThwilejKw0> como forma de introdução do método de criação de um mapa conceitual, e após analisou-se dois mapas conceituais para a compreensão hierárquica de conceitos e suas relações. Na aula 7 cada aluno desenvolveu um mapa conceitual com os conceitos apresentados, até o momento, sobre ondas mecânicas, junto com um texto explicando-o. Na aula 8 discutiu-se sobre a experiência em realizar um mapa conceitual, bem como algumas discrepâncias entre relações conceituais.

Na aula 12 aplicou-se o pós teste, e os estudantes foram orientados a realizar um questionário de opinião, analisando sua inserção na aplicação do produto educacional.

A seguir é apresentado, através do Quadro 1, o modo que foram organizadas as aulas para a aplicação da sequência didática.

QUADRO 1 – ORGANIZAÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Aula	Duração da aula	Conceitos abordados	Tarefa de leitura	Testes Conceituais	Objetivos
1	50 min	Apresentação da proposta e realização do pré-teste.			
2	50 min	<ul style="list-style-type: none"> - Onda; - Onda mecânica; - Onda eletromagnética - Ondas unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais. 	TL 1	<ul style="list-style-type: none"> - TC1; - TC2; - TC3 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar o conceito de pulso e onda; - Diferenciar uma onda mecânica de uma onda eletromagnética - Reconhecer a direção de propagação de uma determinada onda mecânica.
3	50 min	<ul style="list-style-type: none"> - Onda longitudinal - Onda transversal 	TL 2	<ul style="list-style-type: none"> - TC4; - TC5; - TC6 	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar uma onda transversal e uma onda longitudinal; Diferenciar ondas transversais de ondas longitudinais,
4	100 min	<ul style="list-style-type: none"> - Elongação; - Amplitude; - Comprimento de onda; - Período e frequência; - Equação fundamental da ondulatória. 	TL 3	<ul style="list-style-type: none"> - TC7; - TC8; - TC9. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer os elementos de uma onda; - Identificar o comprimento de uma onda, - Compreender a relação inversa entre período e frequência; - Apresentar a equação que relaciona a velocidade de propagação com o comprimento da onda e sua frequência.

Aula	Duração da aula	Conceitos abordados	Tarefa de leitura	Testes Conceituais	Objetivos
5	50 min	<ul style="list-style-type: none"> - Reflexão de pulsos em cordas; - Refração de pulsos em cordas. - Velocidade de pulsos 	TL 4	<ul style="list-style-type: none"> - TC10; - TC11. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a relação que ocorre entre a reflexão de um pulso em uma corda com o fato de uma de sua extremidade estar fixa ou livre; - Entender que a refração de pulsos em cordas está relacionada com a densidade linear de ambas as cordas. - Compreender que a velocidade de um pulso está relacionada com a tração que está submetida e sua densidade linear.
6	50 min	Mapas Conceituais (apresentação de como elaborar) e desenvolvimento de um Mapa Conceitual.		TC12	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar a metodologia de desenvolver um mapa conceitual; - Construir junto com os alunos um mapa conceitual de um conteúdo já estudado.
7	100 min	Desenvolvimento do Mapa Conceitual			<ul style="list-style-type: none"> - Cada aluno desenvolva um mapa conceitual com os conceitos de Ondas Mecânicas estudados até o momento, e construa um texto explicando-o.

Aula	Duração da aula	Conceitos abordados	Tarefa de leitura	Testes Conceituais	Objetivos
8	50 min	Discussão sobre os Mapas Conceituais desenvolvidos			<ul style="list-style-type: none"> - Discutir a experiência de construir um mapa conceitual, bem como a sua importância; - Mostrar possíveis discrepâncias entre as relações de conceitos e suas hierarquias.
9	100 min	<ul style="list-style-type: none"> - Reflexão - Refração - Difração 	TL 5	<ul style="list-style-type: none"> - TC13; - TC14; - TC15; 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer a ocorrência do fenômeno de reflexão identificando que as características da onda incidente são as mesmas da onda refletida. - Compreender a ocorrência do fenômeno de refração e identificar que a frequência da onda incidente mantém-se constante após sofrer refração; - Reconhecer a ocorrência da difração, relacionando o comprimento de onda ao tamanho do orifício.

Aula	Duração da aula	Conceitos abordados	Tarefa de leitura	Testes Conceituais	Objetivos
10	50 min	<ul style="list-style-type: none"> - Interferência; - Interferência construtiva; - Interferência destrutiva; - Onda estacionária; - Ressonância 	TL 6	<ul style="list-style-type: none"> - TC16; - TC17; - TC18 	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender quando ocorre interferência entre ondas mecânicas; - Reconhecer quando a interferência é construtiva e quando a interferência. - Entender o conceito de onda estacionária; - Compreender a relação entre ressonância e a frequência.
11	100 min	<ul style="list-style-type: none"> - Som audível (Infrassom e ultrassom); - Altura; - Intensidade; - Timbre - Efeito Doppler 	TL 7	<ul style="list-style-type: none"> - TC19; - TC20; - TC21; - TC22. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a faixa de som audível de um ser humano, relacionando infrassom e ultrassom. - Entender e diferenciar as qualidades fisiológicas do som; - Identificar a ocorrência do Efeito Doppler; - Relacionar o eco a reflexão de uma onda sonora
12	50 min	Pós-teste e orientações sobre o questionário de opinião			

Fonte: autor

5 TAREFAS DE LEITURA

A tarefa de leitura, do ponto de vista da metodologia, *Just-in-Time Teaching*, *JiTT*, representa fundamentalmente um material capaz de fornecer ao professor condições de preparar uma aula mais adequada as necessidades dos estudantes, viabilizando ao estudante uma leitura introdutória, resumida, sobre o tema a ser abordado em aula. Essas Tarefas de Leitura, TL, consistem na primeira etapa do *JiTT*, que tem como função o reconhecimento das dificuldades encontradas pelos alunos em relação ao assunto abordado na mesma. Para que possa ser feita esse mapeamento, deve ser inserido, na TL, questões conceituais prévias, de preferência dissertativas, para serem respondidas em tempo hábil para o professor.

Por parte das teorias de aprendizagem, as TLs tem como função servir de organizador prévio do assunto a ser abordado em aula, para ser utilizada de ponte entre o que o estudante já interiorizou, e o que ele irá aprender. Será um momento onde o estudante estará operando seu nível de desenvolvimento real, que compreende, o que já está interiorizado, e iniciando o nível de desenvolvimento potencial, que precisará de um tempo para a aprendizagem ser consolidada.

No decorrer dessa seção serão apresentadas as tarefas de leitura produzidas, bem como as questões conceituais prévias de cada TL, que propiciaram ao professor um planejamento dentro dos conhecimentos prévios dos estudantes.

As questões conceituais prévias foram respondidas através de formulário do Google, ou seja, eletronicamente, tendo um horário de encerramento, para que o professor pudesse fazer um levantamento das respostas, em tempo hábil, para preparar a aula sob medida.

TAREFA DE LEITURA 1- TL1

Frequentemente estamos em contato com ondas. Em todos os lugares que estivermos presentes, em nosso dia a dia as ondas nos tocam. Algumas podemos ouvir, outras podemos visualizar e muitas não podemos ver nem ouvir, contudo estão presente. Nosso contexto de estudo estará direcionado as ondas mecânicas, mas lhe será apresentado o que as diferencia das ondas eletromagnéticas.

Em um dia chuvoso, pode-se notar na superfície da água de um lago a deformação ocasionada pelas gotas da chuva. Essas deformações são o surgimento de onda. Contudo, essa onda só é percebida graças a outro tipo de onda, uma onda eletromagnética, a luz visível.

A onda produzida na superfície desse lago é dita **bidimensional**, pois está se propagando em duas direções simultaneamente conforme a Figura 1.

Figura 1 – Representação de uma onda na superfície de um lago



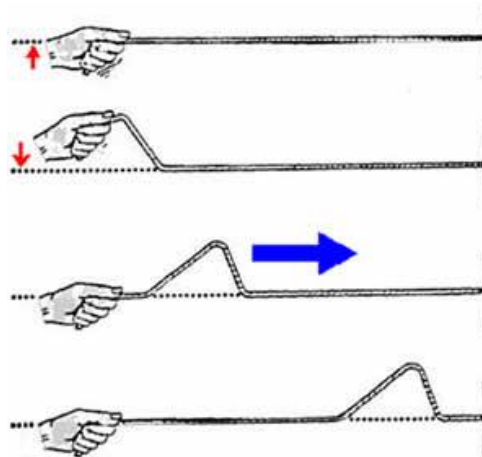
Fonte: créditos Jordão Silva da Rocha

Young e Freedman (2008, p. 103), destacam que “uma onda surge quando um sistema é deslocado de sua posição de equilíbrio e a perturbação se desloca ou se *propaga* de uma região para outro sistema. Quando uma onda se propaga, ela carrega energia”. Essa onda se caracteriza então, principalmente **por transportar energia, sem que ocorra o transporte de matéria.**

Pensemos agora em uma corda bem esticada onde uma das extremidades esteja fixa, conforme a Figura 2. Se movermos a extremidade da corda para cima e para baixo (conforme as setas em vermelho na Figura 2), ocorrerá uma transmissão

de movimento sucessivamente, a todos os pontos da corda. Essa perturbação que os pontos da corda estão sofrendo, chamamos de **pulso**, e um conjunto de pulsos chamamos de **onda**.

Figura 2 - Movimento de um pulso de onda¹⁰



Fonte: crédito Domiciano Correa Marques da Silva

Como a onda produzida por uma corda propaga-se em uma única direção ela é dita **unidimensional**.

Podemos separar em dois tipos de ondas:

Ondas Mecânicas: São perturbações que se propagam devido a continuidade de um determinado meio material. Isso ocorre, por exemplo, quando uma onda sonora (o som é um modelo de onda **tridimensional**, pois se propaga em todas as direções.) se propaga no ar, uma onda se propagando em uma corda, onda na superfície da água, ondas sísmicas, ou seja, toda onda que necessite de um meio material para que possa se propagar.

Ondas Eletromagnéticas: Não precisam de um meio material para existir, e todas as ondas eletromagnéticas são transversais. A luz das estrelas é um exemplo, pois atravessa o vácuo do espaço para chegar até nós. Outros exemplos são as ondas de rádio, micro-ondas, luz visível, ultravioleta, raio x e raio gama, Outra

¹⁰ Ilustração representando apenas o pulso na parte superior da onda

característica das ondas eletromagnéticas é possuírem a mesma velocidade no vácuo, cerca de 300 000 km/s. Então, ondas eletromagnéticas podem se propagar em meio material, assim como as ondas mecânicas, contudo **somente elas se propagam no vácuo.**

Questões referentes a tarefa de leitura 1

1 - É comum assistirmos filmes de ficção científica onde ocorrem cenas de guerra no espaço, com muitos efeitos especiais, barulho de laser, como em Star Wars, por exemplo. Existe também. o filme 2001, Uma Odisséia no Espaço, que não contém som nas cenas de guerra que acontecem no espaço. Com base nos estudos de ondas, qual desses filmes está de acordo com as Leis da física, com relação aos efeitos sonoros? Explique o porquê da sua escolha.

2 - Uma boia encontra-se no meio de uma piscina. Uma pessoa provoca ondas na água, com uma varinha de madeira. De acordo com os conceitos estudados na TL 1, o que acontecerá com a boia? (adaptada)

3 – Ao se propagar, uma onda transporta apenas energia e quantidade de movimento. Dê um exemplo de uma onda mecânica que não foi exemplificada na TL e justifique esta afirmação.

REFERÊNCIAS

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Pearson, 2008.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula.** São Paulo: FTD, 2017.

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único.** 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

TAREFA DE LEITURA 2- TL2

Então, na tarefa de leitura 1, vimos que alguns tipos de ondas necessitam de um meio material para se propagarem caso das ondas mecânicas e outras se propagam também no vácuo, no caso das ondas eletromagnéticas. Nessa tarefa de leitura entenderemos como ocorre a direção de vibração das partículas, e um exemplo de aplicação conforme o texto abaixo:

Ondas e terremotos¹¹

Um tipo especial de onda mecânica são as ondas sísmicas produzidas por terremotos. O estudo dessas ondas tem enorme importância prática: avanços na sua compreensão tornaram possível desde investigar o interior da Terra até projetar sistemas de alarme de terremotos que podem salvar milhares de vidas.

Ondas sísmicas:

Terremotos produzem ondas que se propagam tanto pelo interior da Terra quanto pela sua superfície. Essas ondas podem percorrer grandes distâncias e chegam a atravessar o planeta. Estudando como as ondas geradas por terremotos (e outros fenômenos sísmicos como erupções vulcânicas) se propagam pela Terra, os cientistas descobriram que o interior do planeta é formado por diferentes camadas: a crosta, o manto e o núcleo. A crosta é a parte mais externa, com espessura de aproximadamente 5 km abaixo dos oceanos e cerca de 50 km sob os continentes. A camada seguinte é o manto, que vai até uma profundidade de 3000 km abaixo da superfície da Terra e é composto por rocha sólida. A crosta e a parte mais externa do manto formam a litosfera, que está “partida” em placas tectônicas que se movem umas em relação às outras com velocidades que vão de 10 a 100 mm/ano. A camada mais interna da Terra é o núcleo, que começa a uma profundidade de cerca de 3.000 km e tem temperatura muito elevada. A parte superior do núcleo é líquida, mas seu centro, com raio de 1200 km, é sólido.

2 - Parte do texto de Antonio Carlos F. Santos, e Carlos Eduardo Aguiar

As regiões mais susceptíveis aos terremotos estão localizadas próximas às interfaces das placas tectônicas. Dentre os países do continente sul-americano, o Peru, o Chile e o Equador, são os que mais sofrem com a incidência de terremotos. Estes países estão próximos a uma região onde duas placas tectônicas, a de Nazca e a Sul-Americana, se encontram. O Brasil está situado na parte central da placa Sul-Americana. Nesta região, os sismos possuem intensidade baixa. Porém, isto não significa que terremotos não ocorram no Brasil. Em geral, ocorrem pequenos terremotos que têm origem nos desgastes na placa tectônica, causando falhas. Há falhas tectônicas em todo o território brasileiro gerando terremotos de pequena magnitude, a maioria imperceptível por nós.

As ondas geradas por um terremoto são ondas mecânicas. Basicamente, são deformações elásticas que se propagam pelo interior da Terra transportando energia. Não há, porém, um deslocamento efetivo do meio que é atravessado pela onda, ou seja, não há transporte de massa. Durante a passagem de uma onda cada partícula do meio efetua um movimento oscilatório em torno da sua posição de equilíbrio. Dependendo da direção de vibração ou perturbação, podemos classificar as ondas mecânicas em transversais ou longitudinais. Nas **ondas transversais** (Figura 1), as perturbações ocorrem na direção perpendicular à direção de propagação da onda, tal como ocorre em uma corda esticada.

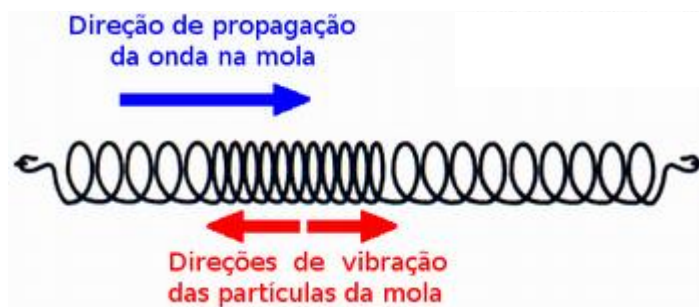
Figura 1 – Representação da propagação de uma onda transversal



Fonte: José Marcelo Gomes(adaptado)

Por outro lado, nas **ondas longitudinais (Figura 2)**, a perturbação ocorre na mesma direção de propagação da onda.

Figura 2 – Representação da propagação de uma onda longitudinal



Fonte: crédito José Marcelo Gomes d

As ondas sísmicas de um terremoto podem ser tanto **transversais** quanto **longitudinais**. Além disso, existem vários tipos de ondas sísmicas. Algumas se movem no interior da Terra (as chamadas ondas de corpo ou de volume), outras pela superfície. Analogamente à luz que pode ter sua trajetória alterada pela refração, os percursos das ondas de corpo também podem ser distorcidos, dependendo das propriedades do meio por onde se propagam.

Dentre as ondas que se movem no interior da Terra, as *ondas primárias* (ou ondas P) são as mais rápidas, com velocidades da ordem de 10 km/s. As ondas P são ondas longitudinais ou de compressão, tal como as ondas sonoras. Essas ondas podem se propagar através de sólidos e fluidos. Ao se deslocar através da Terra, as ondas P comprimem e distendem as rochas ao longo da direção em que se propagam. Por serem de natureza longitudinal, as ondas P de um terremoto não costumam provocar muitos danos.

As *ondas secundárias* (também chamadas ondas S ou ondas de cisalhamento) constituem um outro tipo de onda de corpo, que se propaga no interior da Terra. Ao contrário das ondas P, as ondas S são transversais, deformando as rochas na direção perpendicular à direção de propagação, tal como uma onda oceânica. As ondas S viajam um pouco mais devagar do que as ondas P, e só se propagam através dos sólidos, uma vez que fluidos não suportam forças de cisalhamento. Elas costumam ser mais intensas e destrutivas que as ondas P.

Além das ondas de corpo, terremotos também geram ondas que se movem ao longo da superfície da Terra. Há dois tipos de ondas de superfície, as ondas L e R, e elas são as responsáveis pela maior parte da destruição causada por um

terremoto. As ondas de superfície são mais lentas das ondas sísmicas, o que significa que elas chegam por último. Elas podem percorrer distâncias enormes; ondas de superfície geradas por grandes terremotos dão várias voltas na Terra antes de se dissiparem.

Assista ao vídeo que demonstra como ocorrem as ondas sísmicas.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=qQrfTS2CP4I>. Acesso em 15 de abril de 2018.

Então, o texto traz uma aplicação das ondas longitudinais e transversais ocorrida na natureza. Enfatiza que ondas longitudinais têm a mesma direção de vibração e de propagação. Pode-se citar como exemplo o som e as ondas em molas.

Por sua vez, têm-se as ondas transversais onde sua direção de vibração é perpendicular a direção de propagação. São exemplo de ondas transversais, as ondas em cordas, em molas e **todas** as ondas eletromagnéticas.

Existem também as ondas com propagações mistas, no caso da onda em superfície líquida, onde ocorrem simultaneamente de forma longitudinal e transversal.

No *hiperlink* <https://www.youtube.com/watch?v=zMcFb6Nsk0c>, (Fonte: crédito para Alex Amarin, acessado em 18 de abril de 2018) tem-se um vídeo que demonstra a forma de propagação de uma onda longitudinal e de uma onda transversal.

Questões referentes a tarefa de leitura 2

1 – Uma caixa d'água está com $\frac{2}{3}$ da sua capacidade preenchida de água. Um rapaz brincando com uma varinha de madeira, começa a produzir ondas na superfície d'água. Como podemos classificar essa onda quanto à direção de vibração do meio de propagação com relação à direção de propagação da onda?

2 - Duas crianças estão brincando de pular corda, quando decidem mudar a brincadeira. Amarram uma das extremidades em uma árvore, de modo que a mesma fique firme. Na extremidade solta começam a movimentar a corda para cima e para baixo, formando uma imagem referente a uma onda. O que você pode falar a respeito dessa onda?

REFERÊNCIAS

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

Scientific American Brasil – Aula Aberta n. 12 (2012, p. 57-58) 18 de abril de 2018.
Antonio Carlos F. Santos, Carlos Eduardo Aguiar

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

TAREFA DE LEITURA 3- TL3

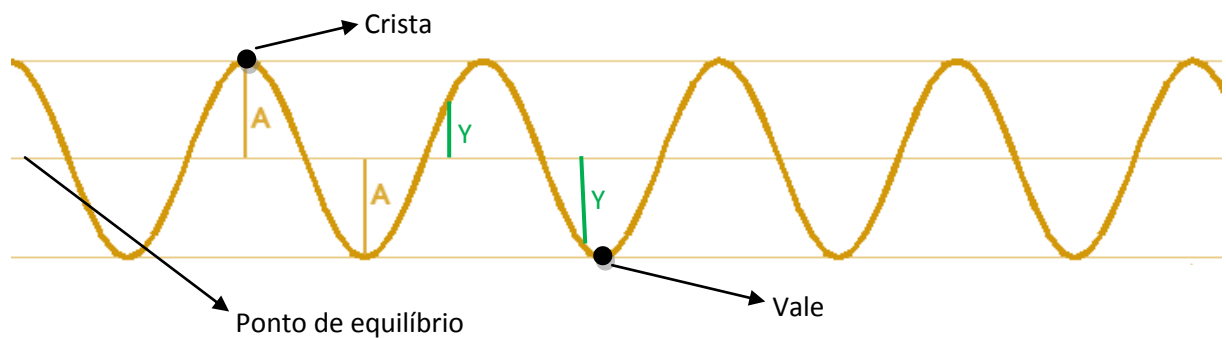
Para ilustrar o movimento de uma corda, levaremos em conta uma sequência de pulsos iguais sendo produzidos. Essa corda então será denominada **periódica**, pois ocorrerão repetições de forma idêntica em intervalos de tempos iguais e sucessivos.

As ondas possuem alguns elementos característicos como:

Elongação (Y): é a distância de um ponto qualquer da curva até o eixo de equilíbrio. Está representado na figura 1 pela letra Y.

Amplitude (A): é o valor máximo da elongação, ou seja, é a distância entre o ponto de equilíbrio e uma crista (ponto mais alto de uma onda) ou de um vale (ponto mais baixo de uma onda), conforme representação na figura 1 pela letra A. Está relacionada com a energia transportada pela onda. Quanto maior a amplitude maior a energia transportada.

Figura 1 – Ilustração de uma onda periódica

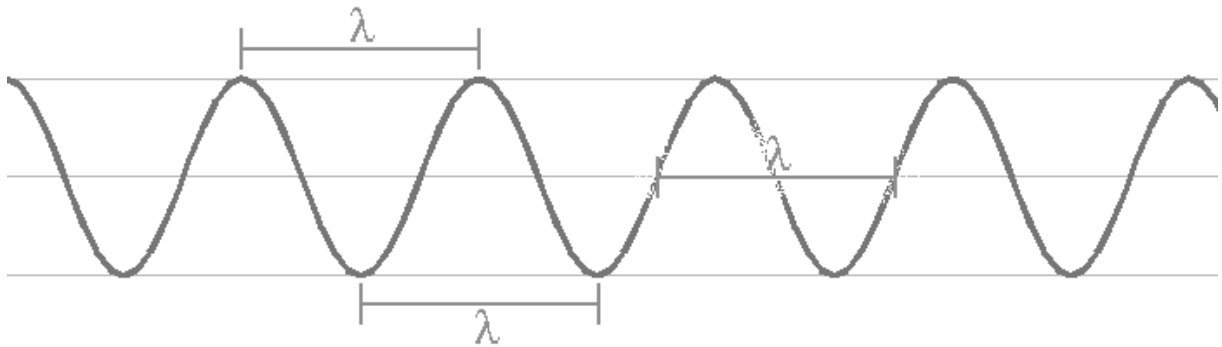


Fonte: Autor

Comprimento de onda (λ)¹²: é a distância percorrida pela onda durante uma oscilação completa, ou seja, a distância entre dois pontos equivalentes. Na figura 2, representamos o comprimento de onda entre duas cristas consecutivas, ou dois vales consecutivos, ou ainda dois pontos sobre o eixo de equilíbrio, na qual a onda está crescendo.

¹² Letra grega cuja leitura é “lambda”.

Figura 2 – Onda periódica representando o comprimento de onda



Fonte: Autor

Período (T): quando completamos um ciclo, ou seja, um comprimento de onda (duas cristas consecutivas, por exemplo), em um determinado tempo, tem o que chamamos de período. O período ocorre em um determinado intervalo de tempo, então sua unidade é representada por alguma medida de tempo (segundos, minutos, horas, dias, ...). Se uma onda periódica produzida em uma corda tiver um período de 1 segundo, significa dizer que a cada 1s uma crista passará por certo ponto. Quanto maior o período, menos ondas completas passa por um mesmo ponto da corda em um certo período de tempo, conseqüentemente, quanto menor o período mais ondas passarão por um determinado ponto da corda em um determinado intervalo de tempo.

Frequência (f): é o número de oscilações completas (ondas completas) que passam em um determinado ponto da corda em um intervalo de tempo correspondente. Quanto mais rápido for o movimento para cima e para baixo executado por uma pessoa (fonte) na parte livre de uma corda, maior será a frequência da fonte e por conseqüência maior será a frequência. Se tivermos o período da onda de 1s, implica dizer que teremos 60 ciclos completos (60 ondas) a cada 1 minuto. Utilizando as unidades de medidas do Sistema Internacional, a frequência será medida em hertz (Hz), pois estaremos medindo em ciclos completos por 1 segundo.

Relação entre período e frequência:

Quanto maior for o período, menor será a frequência e conseqüentemente, quanto menor for o período maior será a frequência. Um é inversamente proporcional ao outro.

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

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

Equação fundamentas da ondulatória

A velocidade v de uma onda ela é constante em um determinado meio e está relacionada com as demais grandezas – comprimento de onda, frequência e período.

Sabemos que a velocidade é obtida pela razão (divisão) entre a variação de posição e um intervalo de tempo, ou seja, $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$.

Considerando o deslocamento igual ao comprimento de onda (λ) e o intervalo de tempo igual ao período (T), teremos $v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T}$.

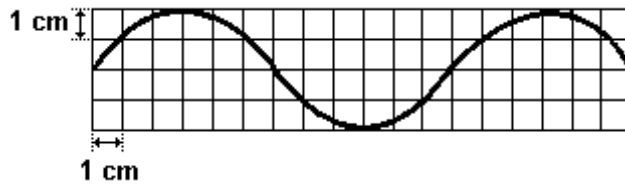
O período T se relaciona inversamente com a frequência, como vimos anteriormente, $T = \frac{1}{f}$, então podemos escrever a expressão como $v = \lambda \cdot f$.

Questões referentes a tarefa de leitura 3

1 - (UFRGS-adaptada) Um trem de ondas senoidais, gerado por um dispositivo mecânico oscilante, propaga-se ao longo de uma corda. A tabela a seguir descreve quatro grandezas que caracterizam essas ondas mecânicas. Relacione a grandeza quanto ao período, frequência, comprimento de onda e amplitude.

Grandeza	Descrição
1	número de oscilações completas por segundo de um ponto da corda
2	duração de uma oscilação completa de um ponto da corda
3	distância que a onda percorre durante uma oscilação completa
4	deslocamento máximo de um ponto da corda

2 - Uma onda representada na imagem abaixo tem velocidade igual a 24 cm/s. Determine:



- a amplitude da onda;
- o comprimento de onda da onda;
- a frequência da onda;
- o período da onda.

3 - O comprimento de onda, representado pela letra grega lambda (λ) pode ser definida como:

- A distância percorrida pela onda em um segundo.
- A distância entre dois pontos da onda, consecutivos e correspondentes.
- A distância entre seu ponto mais alto (crista) e seu ponto mais baixo (vale).
- A distância de ondas completas na unidade de tempo

REFERÊNCIAS

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

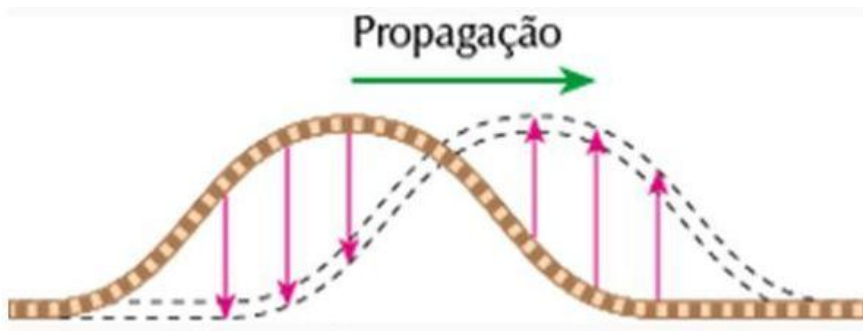
SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

TAREFA DE LEITURA 4- TL4

Quando uma onda tem uma perturbação simples chamamos essa perturbação de pulso, conforme vimos na tarefa de leitura 1. A figura 1 representa o instante de um ponto transversal, em uma corda, que está se propagando para a direita.

Figura 1 – Pulso transversal propagando-se para a direita



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/11810304/> Acesso em 03 de maio de 2018.

Durante a propagação desta onda, a parte dianteira da corda vai para cima e a parte traseira vai para baixo. As setas estão indicando os deslocamentos que os vários pontos da corda sofrerão para alcançar a nova posição.

Reflexão de pulsos:

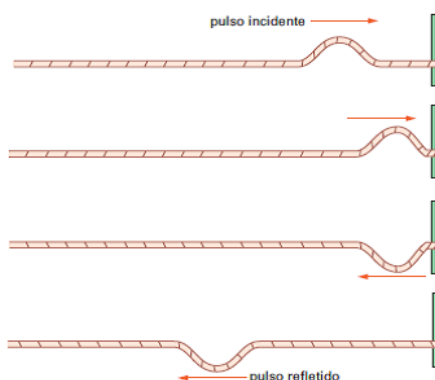
Nossa análise será em um caso particular de quando um pulso atingir a extremidade de uma corda, nos seguintes casos:

- quando o extremo da corda está fixo;
- quando o extremo da corda está livre.

Tomaremos como exemplo, o primeiro caso, quando uma corda estiver com uma das suas extremidades fixas.

Imaginemos uma fonte, o gerador de uma perturbação, produzindo um pulso, que se propaga por uma corda com certa velocidade pela mesma, conforme a figura 2.

Figura 2 – Reflexão com a extremidade fixa

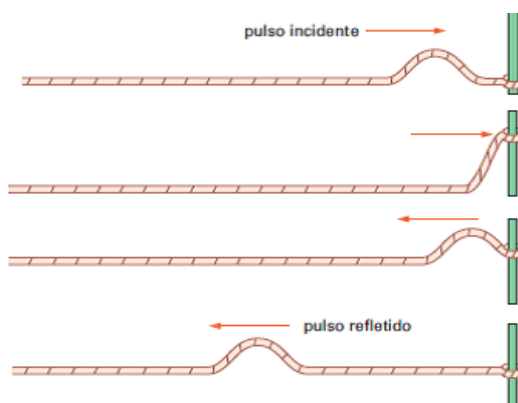


Fonte: crédito Geraldo dos Reis

Nota-se que temos um pulso sobre uma corda incidindo sobre uma parede, que possui uma das extremidades da corda de uma forma fixa. Quando a parte da onda chega até a parede a corda exerce uma força na parede para cima. Conforme a terceira lei de Newton, a parede exerce uma força igual e para baixo sobre a corda, ocorrendo a inversão da amplitude da onda, enviando para trás um pulso igual e invertido (Bertulani, 1999)

Agora, analisaremos uma fonte, o gerador de uma perturbação, produzindo um pulso, que se propaga por uma corda com certa velocidade pela mesma, conforme a figura 3.

Figura 3 – Reflexão com a extremidade livre



Fonte: crédito Geraldo dos Reis

Nota-se que temos um pulso sobre uma corda incidindo sobre uma barra, que possui a extremidade da corda livre, podendo deslizar para cima e para baixo sem atrito. Não havendo interação com a barra, como ocorreu antes com a parede, ao

subir e descer, a corda agirá como uma fonte, produzindo um pulso idêntico, contudo esse pulso será deslocado para a esquerda, sem que ocorra a inversão.

Refração de pulsos

Quando a onda passa de um meio a outro, uma parte da mesma é refletida enquanto que outra parte é transmitida. Vamos supor que duas cordas diferentes (figura 4) estejam ligadas e estendidas horizontalmente. O que ocorre quando o pulso passa de uma corda para a outra?

Para respondermos a pergunta precisamos entender alguns conceitos. A densidade linear (μ) de uma corda é dada pela equação $\mu = \frac{m}{L}$, onde m é a massa da corda e L é o comprimento dela.

Figura 4 – Junção de cordas



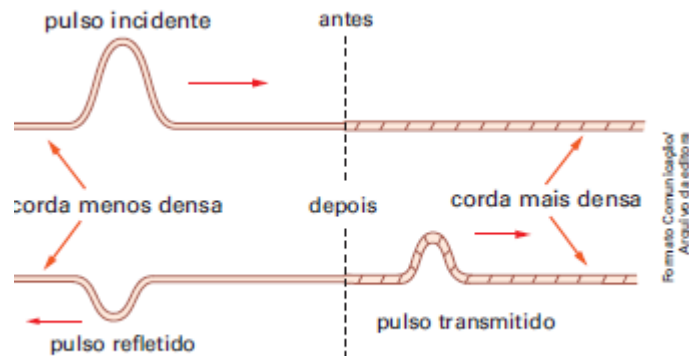
Fonte: crédito Joab Silas da Silva Júnior

Agora iremos responder a pergunta analisando dois casos:

- **Primeira corda tem densidade linear menor que a segunda ($\mu_1 < \mu_2$)**

Ao atingir a junção, uma parte será refletida, como se tivéssemos a extremidade da corda 1 estivesse fixa. O pulso será **refletido COM inversão de fase** e o pulso refratado (pulso transmitido para a outra corda) não sofre inversão de fase (Figura 5). A velocidade de propagação da corda 1 é maior do que na corda 2.

Figura 5 – Refração de cordas ($\mu_1 < \mu_2$)

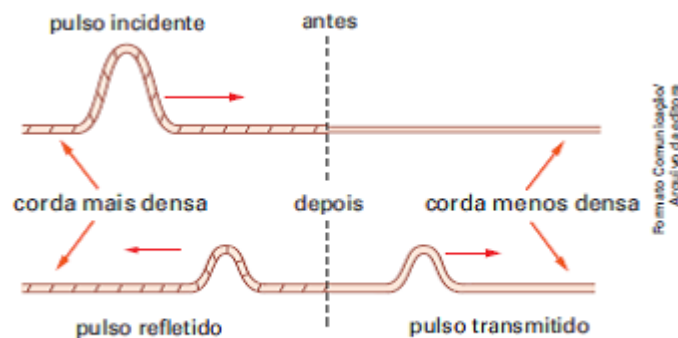


Fonte: crédito Geraldo dos Reis

- **Primeira corda tem densidade linear maior que a segunda ($\mu_1 > \mu_2$)**

Ao atingir a junção, uma parte será refletida, como se tivéssemos a extremidade da corda 1 estivesse livre. O pulso será **refletido SEM inversão de fase** e o pulso refratado (pulso transmitido para a outra corda) não sofre inversão de fase (Figura 6). A velocidade de propagação da corda 2 é maior do que na corda 1.

Figura 6 – Refração de cordas ($\mu_1 > \mu_2$)



Fonte: crédito Geraldo dos Reis

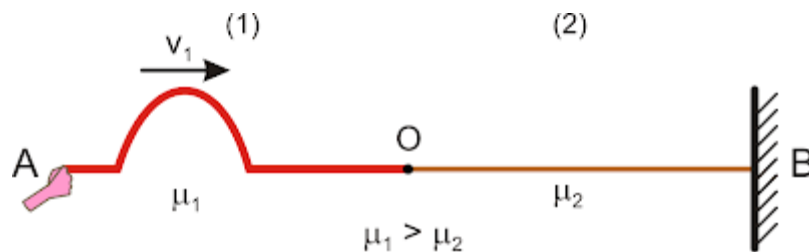
Velocidade dos pulsos:

Para obter a velocidade do pulso, utiliza-se a equação $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, onde T é a tração submetida e μ é a densidade linear.

Questões referentes a tarefa de leitura 4

1 - O que pode acontecer com um pulso transversal, que se propaga em uma corda, quando ele chega ao extremo dessa corda? Explique.

2 – (Adaptada) Considere o sistema constituído de duas cordas (1) e (2), de densidades lineares diferentes, μ_1 e μ_2 com $\mu_1 > \mu_2$.



O que ocorre com as fases após o pulso produzido na extremidade A propagar-se na corda (1), atingindo a junção O, e sofrer refração (passar para a corda 2)?

REFERÊNCIAS

BERTULANI (1999), disponível em

<http://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/ondulatorio.html>. Acesso em 12 de maio de 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

SERWAY, Raymond; Jewett, John. **Física para cientistas e engenheiros: oscilações, ondas e termodinâmica**. v. 2. São Paulo: Cengage Learnig, 2011.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

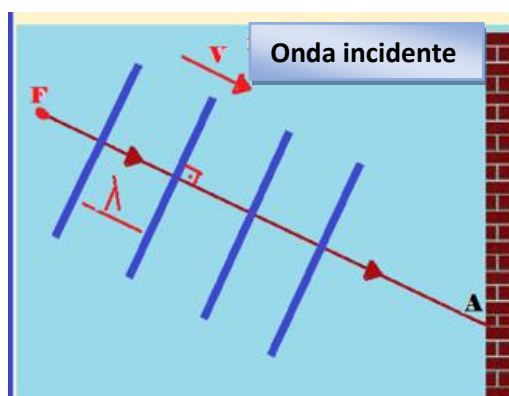
TAREFA DE LEITURA 5- TL5

Nessa tarefa de leitura 5 conheceremos alguns dos fenômenos que ocorrem com as ondas mecânicas.

Reflexão de uma onda

Partiremos do princípio que uma onda está sendo produzida por uma fonte F e se propagando em um meio A, atingindo outro meio, ou seja, um obstáculo, conforme a figura 1.

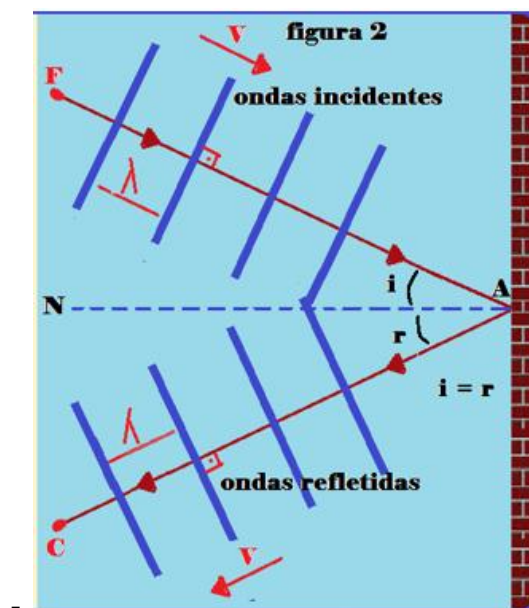
Figura 1 – Onda incidente encontrando um obstáculo



Fonte: créditos Francisco Bocafoli

Ao se chocar com esse obstáculo, e sofrendo reflexão – retornando ao meio de origem - conforme a figura 2, a onda refletida manterá a mesma medida do ângulo de incidência, ou seja, $i=r$. A onda refletida terá a **mesma velocidade** que a onda incidente, pois a velocidade está relacionada com o meio de propagação, e ambas estão no mesmo meio. A **frequência** também **não sofrerá alteração**, pois está relacionada com a fonte de emissão da onda e, ambas possuem a mesma. Como a velocidade não sofrerá alteração, assim como a frequência, então, conseqüentemente **não teremos alteração do comprimento de onda**. As características da onda incidente são as mesmas da onda refletida.

Figura 2 – Onda incidente sofrendo reflexão



Fonte: créditos Francisco Bocafoli,

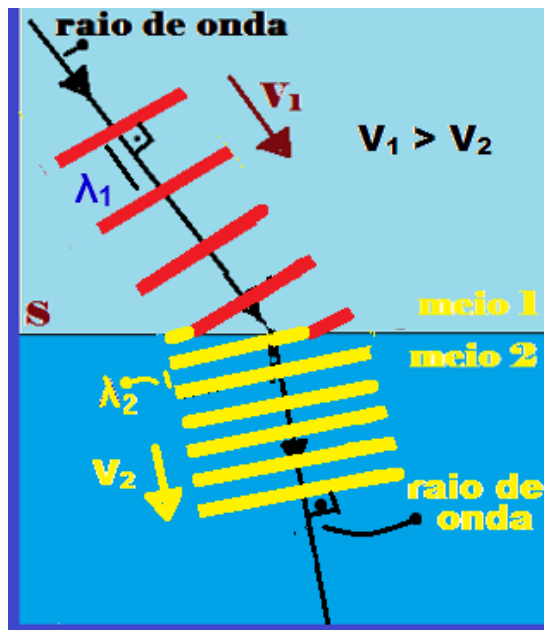
O sonar, aparelho utilizado por submarinos, utiliza da reflexão de ondas para identificar obstáculos, navios naufragados, cardumes de peixes, ou qualquer outro objeto.

Para entender melhor o funcionamento de um sonar acesse o *link* <http://www.naval.com.br/blog/2018/01/17/como-funciona-o-sonar-ativo/>.

Refração de uma onda

A refração ocorre quando uma onda muda de meio, ou seja, passa a se propagar em outro meio, sofrendo **alteração** na sua **velocidade** conforme a figura 3. Na figura temos uma onda que se propaga com V_1 no meio 1 e ao sofrer refração passa a se propagar com velocidade V_2 no meio 2, sendo que $V_1 > V_2$. Como sabemos que a frequência depende da fonte, e tanto a onda incidente como a refratada são originadas pela mesma fonte, significa dizer que a frequência se mantém a mesma. Sofrendo alteração de velocidade, mantendo a mesma frequência, pode-se afirmar que o comprimento de onda será diferente ($\lambda_1 \neq \lambda_2$).

Figura 3 – Refração de uma onda



Fonte: créditos Francisco Bocafoli

A refração é descrita conforme a equação abaixo:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Onde:

- i corresponde ao ângulo incidente;
- r corresponde ao ângulo refratado;
- V_1 corresponde a velocidade de propagação no meio 1;
- V_2 corresponde a velocidade de propagação no meio 2;
- λ_1 corresponde ao comprimento de onda no meio 1;
- λ_2 corresponde ao comprimento de onda no meio 2.

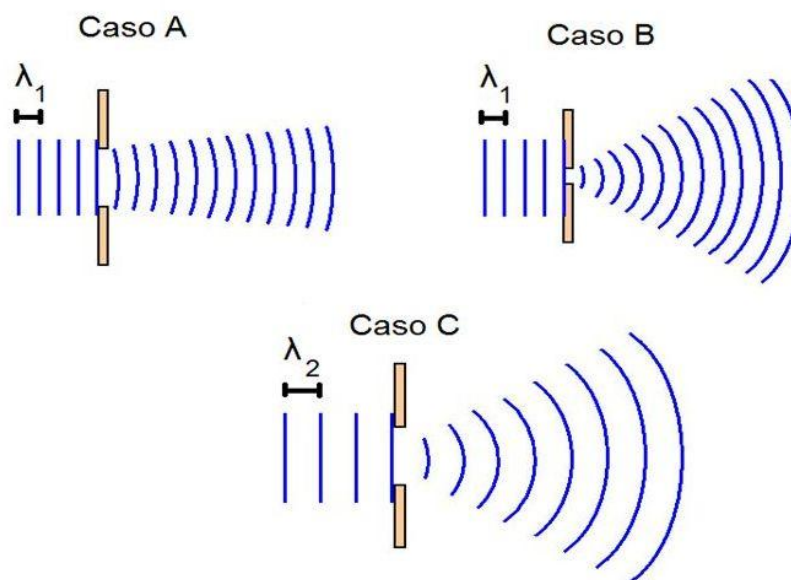
Nas ondas do mar ocorre a refração, contudo a mudança de meio ocorre da parte mais funda para a parte mais rasa, alterando assim a velocidade da onda e seu comprimento de onda.

Para compreender melhor o fenômeno da refração nas ondas do mar acesse http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20021/Roussel/refra_c_menu_1.html.

Difração:

Difração é o desvio ou espalhamento que ocorre com uma onda quando encontra um obstáculo, contornando-o ou transpondo-o. Esse fenômeno ocorre com todos os tipos de ondas. A capacidade da onda **contornar** certo **orifício/obstáculo** está relacionado com o tamanho do comprimento de onda em relação ao tamanho do orifício. Quanto menor for o comprimento da onda em relação ao tamanho da fenda ou do obstáculo a ser atingido, menor será a capacidade de contorná-lo..

Figura 4 – Difração em 3 casos diferentes



Fonte: créditos [Aurélio Gameiro Campos](#),

Na figura 4, podemos notar que ao comparar os casos A e B onde ambas ondas têm o mesmo comprimento de onda, mas se deparam com orifícios de tamanhos diferentes ($A > B$), nota-se que em B ocorre uma maior difração pela relação do comprimento de onda em função do tamanho da fenda.

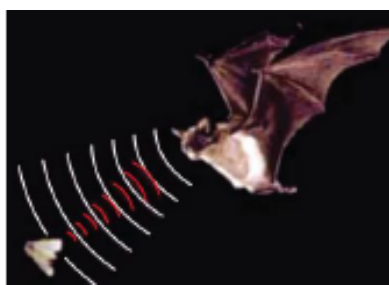
Relacionando os casos A e C onde os orifícios tem o mesmo tamanho, mas C tem maior comprimento de onda com relação a A, nota-se que no caso C a difração é maior do que no caso A.

Por causa da difração podemos conversar com uma pessoa que está do outro lado de um muro com altura superior a das pessoas.

Questões referentes a tarefa de leitura 5

1 - Uma onda mecânica está se propagando no ar quando inicia sua propagação, em certo momento, na água. Explique o que deve acontecer com sua frequência, velocidade e comprimento de onda?

2 - (Unesp - adaptada) Em ambientes pouco iluminados, os morcegos utilizam a ecolocalização para caçar insetos ou localizar obstáculos. Eles emitem ondas de ultrassom que, ao atingirem um objeto, são refletidas de volta e permitem estimar as dimensões desse objeto e a que distância se encontra. Um morcego pode detectar corpos muito pequenos, cujo tamanho seja próximo ao do comprimento de onda do ultrassom emitido.



Com relação ao ultrassom refletido, analise suas características.

3 – (UFG – adaptada) Um funcionário de um banco surpreende-se ao ver a porta da caixa-forte entreaberta e, mesmo sem poder visualizar os assaltantes no seu interior, ouve a conversa deles. A escuta é possível graças à combinação de quais fenômenos ondulatórios?

REFERÊNCIAS

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da Física: Física 2**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

TAREFA DE LEITURA 6- TL6

Nessa tarefa de leitura estudaremos como ocorrem a interferência de ondas, as ondas estacionárias e a ressonância.

Interferência de ondas

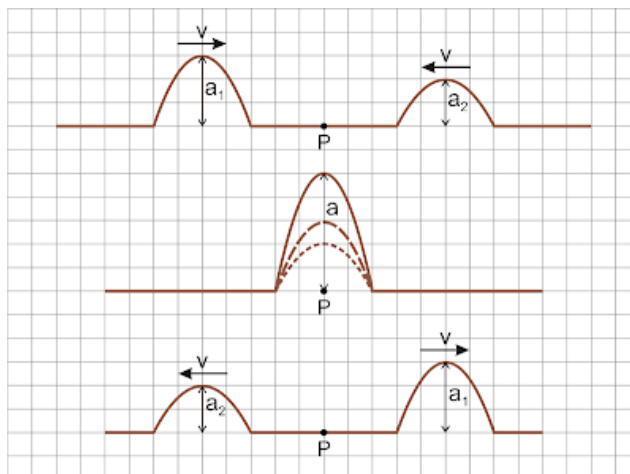
É o fenômeno que ocorre durante o encontro de duas ondas, simultaneamente, que estão se propagando em um mesmo meio, porém em sentidos contrários.

Estudamos que se tivermos uma extremidade de uma corda livre e outra fixa e fizermos um movimento para cima e para baixo com a corda, ocorrerá a formação de ondas que se propagam nessa corda. Agora imagine uma corda onde em cada extremidade tenha uma pessoa que começaram a executar o movimento de sobe e desce, teremos ondas se formando que estarão se propagando no mesmo sentido, e quando ocorrer o encontro dessas ondas terá a **interferência de ondas**. Ao chegarem ao mesmo tempo em um determinado ponto em comum, duas ou mais ondas, ocorre o fenômeno da interferência, que superpõem às ondas no ponto de encontro, surgindo o efeito que ocorre do resultado de uma adição algébrica das amplitudes de todas as perturbações recorrentes na superposição.

Interferência construtiva e interferência destrutiva

Quando ocorre a superposição dos pulsos, no caso da figura 1, onde os dois pulsos que se propagam em sentidos opostos em **concordância de fase**, com amplitudes diferentes ($A_1 > A_2$), no momento de encontro teremos a amplitude correspondente ao somatório das amplitudes dos pulsos, ou seja, $A = A_1 + A_2$, ocorrendo assim uma **interferência construtiva**.

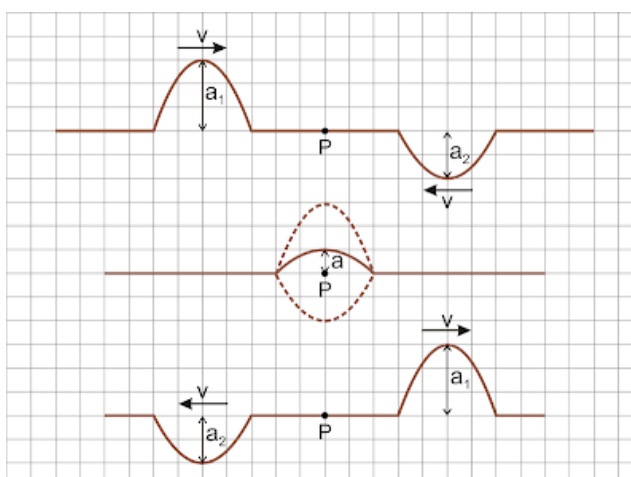
Figura 1 - Ilustração de uma interferência construtiva entre dois pulsos



Fonte: créditos Nicolau Gilberto Ferraro,

Quando os pulsos estiverem em **oposição de fase**, com amplitudes diferentes ($A_1 > A_2$), conforme a figura 2, e se propagando em sentidos opostos. No momento do encontro teremos uma **superposição destrutiva**, onde no momento de encontro teremos a amplitude correspondente à diferença entre as amplitudes dos pulsos, ou seja, $A = A_1 - A_2$. Caso tenhamos $A_1 = A_2$, a amplitude resultante será $A = 0$.

Figura 1 - Ilustração de uma interferência destrutiva entre dois pulsos



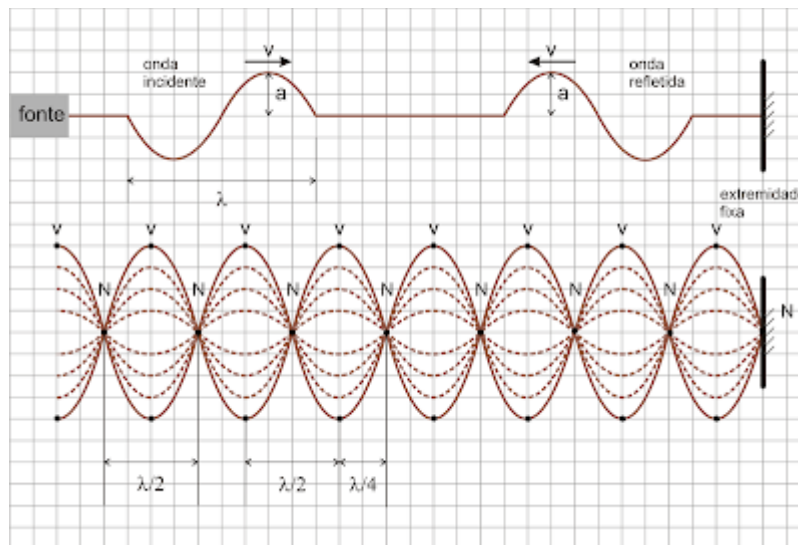
Fonte: créditos Nicolau Gilberto Ferraro,

Ondas estacionárias

Ondas estacionárias são obtidas pela superposição de duas ondas idênticas, ou seja, que possuem a mesma frequência, a mesma amplitude, o mesmo comprimento de onda, contudo se propagam em sentidos opostos e na mesma direção.

Pense em uma corda que esteja fixa em uma de suas extremidades e na outra, seja produzida, por uma fonte, ondas periódicas, que quando atingirem a extremidade fixa, sofrerão reflexão e retornarão, fazendo com que as ondas incidentes e as refletidas se superpõem, dando origem às ondas estacionária. Essa superposição de ondas periódicas respeita os mesmos princípios da superposição de pulsos.

Figura 3 – Formação de uma ondas estacionárias



Fonte: créditos Nicolau Gilberto Ferraro

As ondas estacionárias possuem pontos que não vibram, possuem amplitude $A_{\text{mínima}} = 0$, chamado de nós, ocorrendo interferência destrutiva. Os pontos que possuem amplitude máxima $A_{\text{máxima}} = 2a$, são conhecidos como ventres e neles ocorre a interferência construtiva. A distância entre dois nós consecutivos ou dois ventres consecutivos, representam a metade de um comprimento de onda $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$. Ondas estacionárias não ocorrem somente em ondas que se propagam em cordas, mas ocorrem também com as ondas luminosas, ondas sonoras, etc.

Ressonância

Para o estudo da ressonância faremos uso do texto da prof. Dr. Deborah Franco, disponível em <http://www.ufjf.br/fisicaecidadania/conteudo/se-quiser-saber-mais-sobre-ressonancia/>.

Se quiser saber mais sobre Ressonância

Antes de falarmos sobre ressonância, existem algumas coisas que precisamos entender. Uma delas é a frequência, que é uma grandeza física associada a movimentos de característica ondulatória que indica o número de execuções (ciclos ou oscilações) por unidade de tempo. O tempo necessário para executar uma oscilação é o período $f = 1/T$.

Existe ainda a frequência natural, que será um termo muito usado para nós entendermos o que acontece quando falamos em ressonância.

Quando alguém deixa uma chave inglesa cair no chão, nós provavelmente não confundiremos o som emitido com o de um taco de beisebol ao bater no chão. Isso é porque os dois objetos vibram de maneira diferente quando colidem. Qualquer objeto formado por um material elástico, quando perturbado, vibrará com seu próprio conjunto de frequências particulares, que juntas formam seu som próprio. Essa é então a *frequência natural* de um objeto, a qual depende de um conjunto de fatores tais como a elasticidade e a forma do objeto.

Agora sim, vamos falar de Ressonância!



Quando a frequência da vibração forçada de um objeto se iguala à frequência natural dele, ocorre um drástico aumento da amplitude. Esse fenômeno é denominado Ressonância. Literalmente Ressonância significa “ressoar” ou “soar novamente”. Uma massa de modelar não ressoa por não ser elástica, e um lenço que deixamos cair é flácido demais. Para alguma coisa ressoar, é necessário uma força que a traga de volta a sua posição original e bastante energia para mantê-la vibrando.

Uma experiência comum que ilustra a Ressonância pode ser realizada com o balanço de uma criança. Quando fazemos esse brinquedo oscilar, o fazemos num ritmo igual a sua frequência natural. Mesmo pequenos empurrões dados, se dados em ritmo com a frequência natural do balanço, produzirão grandes amplitudes.

A ressonância não se restringe ao movimento ondulatório. Ela ocorre sempre que impulsos sucessivos são aplicados sobre um objeto vibrante, **em ritmo com sua frequência natural** (grifo meu). Em 1831, tropas de cavalaria marchando ao longo de uma ponte para pedestres próxima a Manchester, Inglaterra, inadvertidamente causaram o colapso da ponte quando o ritmo da marcha se igualou à frequência natural da estrutura. Desde então, tornou-se costume ordenar às tropas que ‘percam o passo’ ao atravessar pontes.

Os efeitos da ressonância estão ao nosso redor. A ressonância está por trás não apenas dos sons musicais, mas da cor das folhas durante o outono, da altura das marés oceânicas, do funcionamento dos lasers e de uma vasta variedade de fenômenos.

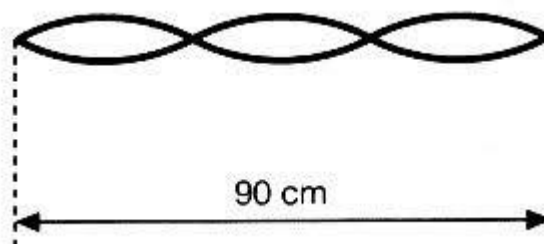
O ‘som das ondas do mar’ que você ouve quando encosta seu ouvido em uma concha é produzido por ressonância. O ruído do som do ar ao lado de fora da concha é uma mistura de ondas sonoras com quase todas as frequências audíveis, forçando a oscilação do interior da concha. A concha funciona como um órgão, contendo um conjunto de frequências naturais, portanto o ar no interior da concha oscila com mais intensidade nessas frequências, produzindo o som que você ouve.

Temos ainda, o exemplo que foi citado na nossa seção de curiosidades, quando uma cantora quebra uma taça ao emitir som. Uma taça de cristal de boa qualidade possui frequências naturais que você pode ouvir dando umas batidas na

taça. Quando a cantora emite uma nota em volume muito alto, numa frequência exatamente igual a uma das frequências da taça, as oscilações que ocorrem podem se superpor, dando origem a uma oscilação com amplitude muito elevada, que fará a taça vibrar e se quebrar.

Questões referentes a tarefa de leitura 6

- 1 - Com relação à interferência de ondas, o que ocorre no momento de encontro entre dois pulsos em uma corda, vindos de sentidos opostos?
- 2 - O que precisa acontecer para um corpo entrar em ressonância?
- 3 - Em uma corda estabelece-se um sistema de ondas estacionárias, conforme mostra a figura.



Determine o comprimento de onda das ondas que deram origem às ondas estacionárias.

REFERÊNCIAS

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

TAREFA DE LEITURA 7- TL7

A POLUIÇÃO SONORA ATACA TRAIÇOEIRAMENTE O CORPO

Texto de Fernando Pimentel Souza

A poluição química do ar, da água e da terra deixa muitos traços visíveis de contaminação. Muitas doenças e mortes devido a alterações do meio podem ser identificadas por qualquer pessoa. Mas, a poluição sonora, mesmo em níveis exagerados, produz efeitos imediatos moderados. Seus efeitos mais graves vão se implantando com o tempo, como a surdez, que não tarda a se acompanhar às vezes de desesperadores desequilíbrios psíquicos e de doenças físicas degenerativas.

O mais traiçoeiro ocorre em níveis moderados de ruído, porque mansamente vão se instalando estresse, distúrbios físicos, mentais e psicológicos, insônia e problemas auditivos. Muitos sinais passam despercebidos do próprio paciente pela tolerância e aparente adaptação e são de difícil reversão. Muitas pessoas, perdidas no redemoinho das grandes cidades, não conseguem identificar o ruído como um dos principais agentes agressores, e, cada vez mais, menos se sentem e vão ficando desorientados por não saber localizar a causa de tal mal. Por isso nada se faz e vive-se sob o impacto de uma abusiva, portanto ruidosa mecanização e sonorização, de ambiente fechados e abertos. Não se avalia devidamente os efeitos somados pela poluição sonora por desconhecer os trabalhos científicos, por não encontrar no dia-a-dia provas suficientes de convencimento, por não poder captar a causa pelos próprios olhos, nesta era considerada de predomínio visual, e por ter-se tornado insensível ao dano na comunicação verbal. Está colocado o enigma da civilização moderna: ou se decifra ou se é devorado.

Se o ruído é excessivo, o corpo ativa o sistema nervoso, que o prepara contra o ataque de um inimigo invisível, sem pegadas, que invade todo o meio ambiente pelas menores frestas por onde passa o ar ou por toda ligação rígida à fonte ruidosa. O cérebro acelera-se e os músculos consomem-se sem motivo. Sintomas secundários aparecem: aumento de pressão arterial, paralisação do estômago e intestino, má irrigação da pele e até mesmo impotência sexual.

Na antiguidade, os gregos indignados puseram os barulhentos ferreiros para fora das cidades. Hoje, qualquer um tem seu aparelho portátil ou estrondoso som.

Pesquisa nos EUA mostrou que jovens em ruído médio inferior a 71 decibéis, entremeados com pulsos de 85 decibéis só a 3% do tempo, tiveram aumentos médios de 25% no colesterol e 68% numa das substâncias provocadoras de estresse: o cortisol. Mas já a partir de 55 decibéis acústicos a poluição sonora provoca estresse, segundo a Organização Mundial de Saúde. Pelo nível de ruído das nossas cidades e casas, a maioria dos habitantes deve estar sob estresse prolongado, surgindo ou agravando arterioscleroses, problemas de coração e de doenças infecciosas, fazendo inúteis dietas e acabando precocemente com suas vidas.

A ativação permanente do sistema nervoso simpático do morador da metrópole pode condicionar negativamente a sua atuação com as agressões. Muitas pessoas procuram se livrar dessa reação, por tornar-se desagradável, (por exemplo duma palpitação), usando drogas (tranquilizantes ou cigarro) para bloqueá-la. A falta de irrigação muscular pode levar a gangrena nos membros. O corpo cai na pior contradição: atacado sem saber bem por que e como se defender, devido ao bloqueio das reações naturais do organismo. É um conflito, gerador de ansiedade, já que o nível de ruído em nosso ambiente urbano está quase sempre acima dos limites do equilíbrio, e abre caminho para estresses crônicos. Certas áreas do cérebro acabam perdendo a sensibilidade a neurotransmissores, rompendo o delicado mecanismo de controle hormonal. Esse processo aparece também no envelhecimento normal e ataca os mais jovens, que se tornam prematuramente velhos num ambiente estressante. Os efeitos no sono não são menos importantes pela sua nobre função.

Em São Paulo, a poluição sonora e o estresse auditivo são a terceira causa de maior incidência de doenças do trabalho, só atrás das devido a agrotóxicos e doenças articulares. Inúmeros trabalhadores vêm-se prejudicados no sono e às voltas com fadiga, redução de produtividade, aumento dos acidentes e de consultas médicas, falta ao trabalho e problemas de relacionamento social e familiar.

O ruído estressante libera substâncias excitantes no cérebro, tornando as pessoas sem motivação própria, incapazes de suportar o silêncio. Libera também substância anestésica, tipo ópio e heroína, que provoca prazer, abrindo campo para o uso de fortes drogas psicotrópicas. As pessoas tornam-se viciadas, dependentes do ruído, paradoxalmente caindo em depressão em ambiente com silêncio salutar, permanecem agitadas, incapazes de reflexão e meditação mais profunda.

Os países avançados, ao contrário, mantêm o controle da poluição sonora para não prejudicar as atividades psicológicas, mental e física, e seus habitantes, beneficiados, atingiram um nível mais refinado. Mesmo assim esse tipo de poluição subiu para a terceira prioridade ecológica para a próxima década, pela Organização Mundial de Saúde.

O Brasil não deveria permitir tantos danos da poluição sonora nos insuficientes esforços na educação e saúde. Alguma coisa deveria ser feita nas nossas cidades excessivamente barulhentas, hoje com quase 80% da população. As providências seriam: seguir a lei e melhorá-la, diminuir poluição das fontes ruidoras (veículos automotores, aparelhos industriais e eletrodomésticos etc, reordenar as cidades descentralizar e impedir crescimento excessivo, melhorar o uso do solo, urbanismo, arquitetura etc e até reeducar as pessoas a viver em comunidade, porque, a nação, se não é capaz de reparar os danos da poluição sonora, poderia pelo menos preveni-los.

Professor Titular - UFMG, especialista em Neurofisiologia,
Membro do Instituto de Pesquisa do Cérebro, UNESCO, Paris.

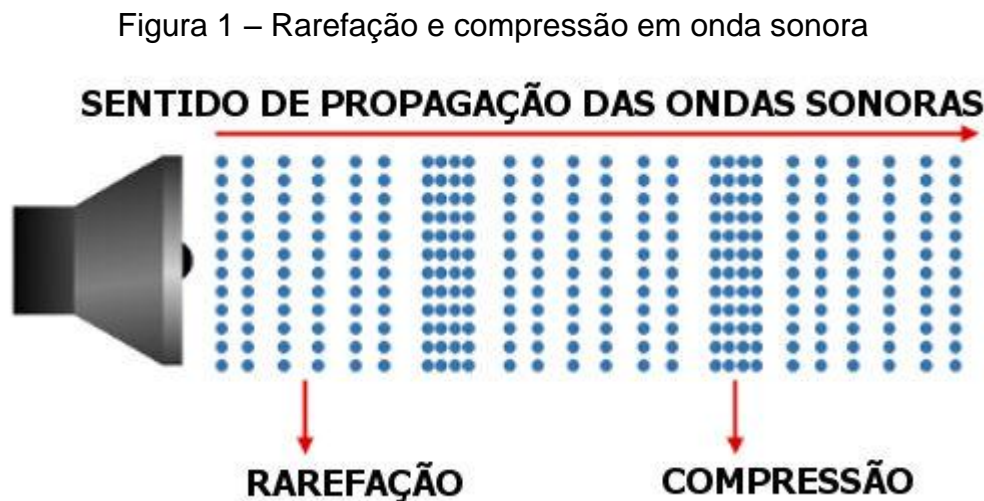
A sensação auditiva a qual nossos ouvidos conseguem identificar é conhecida como som. Sua produção ocorre através de um movimento organizado de moléculas que compõem o ar.

Os humanos possuem uma audição sensível a uma faixa que varia de 20 Hz a 20000Hz. Ondas com frequência inferior a 20Hz, são conhecidas como infrassom e as ondas acima de 20000Hz, recebem o nome de ultrassom. Acesse o *hiperlink* <https://www.youtube.com/watch?v=UjBluExYxUU> para assistir um vídeo que relaciona os conceitos estudados ao funcionamento de um ultrassom médico.

Pesquise onde aplica-se o ultrassom e o infrassom para discutirmos na aula.

Como vimos anteriormente, o som é uma onda mecânica, logo, necessitará de um meio material para se propagar. As ondas sonoras se propagam no ar, e também em outros materiais (sólidos, líquidos e gasosos). Sua propagação é longitudinal, a oscilação ocorre no mesmo sentido da propagação.

Pelo motivo de termos um meio de propagação elástico, uma parte da onda se comprime (compressão) e outra se expande (rarefação), conforme a Figura 1..



Fonte: créditos Joab Silas

Propriedades da reflexão do som

Eco é uma das propriedades da reflexão do som, assim como a reverberação. São diferenciados pelo tempo que levam para retornar ao ponto de destino. Nosso ouvido só percebe e diferencia dois sons se chegarem até ele se o intervalo de tempo entre os sons for maior que 0,1 segundo

Se a onda sonora refletida atingir o ouvido em um tempo inferior a 0,1 segundo, ocorre a reverberação, onde o ouvinte receberá dois sons sem conseguir distinguir o refletido do emitido.

No momento que o emissor ouve claramente os dois sons, o emitido e o refletido, ou seja, o tempo entre os dois sons é superior a 0,1 segundo, tem-se o eco.

Pode-se, matematicamente determinar a distância que deve-se estar de um obstáculo para a ocorrência do eco

Como a velocidade de propagação do som no ar é de aproximadamente 340 m/s, a distância mínima para que ocorra o eco é determinada através da equação:

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

O espaço precisa ser dobrando, tendo em vista que o som precisa ir até o obstáculo e voltar ao emissor, considerando o tempo de 0,1s teremos:

$$v = \frac{2 \cdot \Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta s = \frac{v \cdot \Delta t}{2} \Rightarrow \Delta s = \frac{340 \cdot 0,1}{2} \Rightarrow \Delta s = \frac{34}{2} = 17m$$

Velocidade do som

Você já deve ter observado que em dias de tempestade, primeiro observamos o clarão de um trovão para depois escutamos o estrondo. Mas por qual motivo isso ocorre?

A luz se propaga com velocidade de aproximadamente 300.000.000 m/s, enquanto que o som se propaga com velocidade de 340 m/s no ar, então devido ao som ter velocidade muito inferior a da luz, você primeiro enxerga o trovão, para depois ouvir seu estrondo característico.

O som não se propaga com a mesma velocidade em todos os meios. Na Figura 2, podemos observar a velocidade do som em diferentes meios.

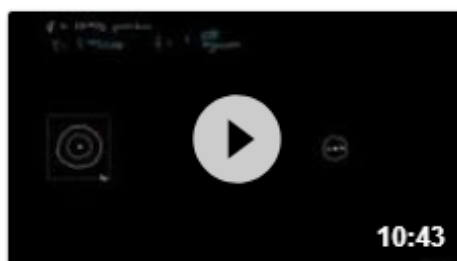
Figura 2 – Velocidade do som em diferentes meios

Sólidos	
Vidro (20 °C)	5130 m/s
Alumínio (20 °C)	5100 m/s
Líquidos	
Glicerina (25 °C)	1904 m/s
Água do mar (25 °C)	1533 m/s
Água (25 °C)	1493 m/s
Mercúrio (25 °C)	1450 m/s
Gases	
Hidrogênio (0 °C)	1286 m/s
Hélio (0 °C)	972 m/s
Ar (20 °C)	343 m/s
Ar (0 °C)	330 m/s

Fonte: crédito Rosimara Gouveia

Efeito Doppler

Para conhecer um pouco sobre o efeito Doppler assista ao vídeo abaixo:



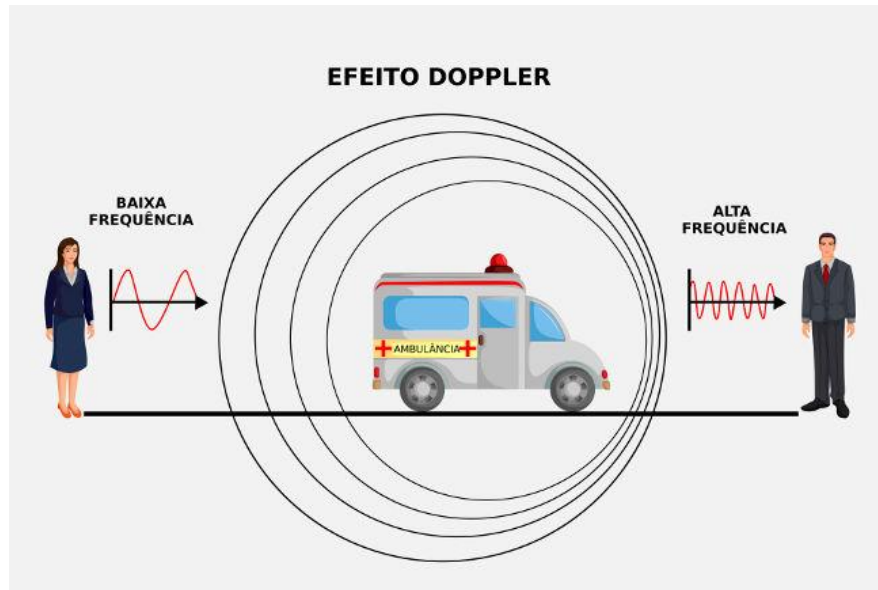
<https://www.youtube.com/watch?v=hRWaPJYiKGU>

Fonte : Khan Academy em Português

O Efeito Doppler ocorre devido a aproximação ou afastamento relativo entre uma fonte de onda e um observado. Ocorre devido a variação no comprimento de onda e da frequência captada pelo observador, pois a velocidade de propagação da onda depende do meio em que a onda está se propagando.

Na Figura 3 têm-se a situação em que uma ambulância com a sirene ligada se afasta de um observador (mulher) e se aproxima de outro (homem)

Figura 3 – Representação do Efeito Doppler



Fonte: créditos Rafael Helerbrock

Tanto para a observadora mulher quanto o observador homem, a velocidade de propagação da onda será a mesma, mesmo com a ambulância se afastando de um e se aproximando de outro, Para que isso ocorra, velocidade permaneça constante para ambos, será necessária alteração da frequência e do comprimento de onda fazendo com que:

- O observador na qual a ambulância afasta-se ouvirá um som com maior comprimento de onda e menor frequência, ou seja, mais grave;
- O observador na qual a ambulância se aproxima ouvirá um som de maior frequência e menor comprimento de onda, portanto, mais agudo.

Qualidades Fisiológicas do Som

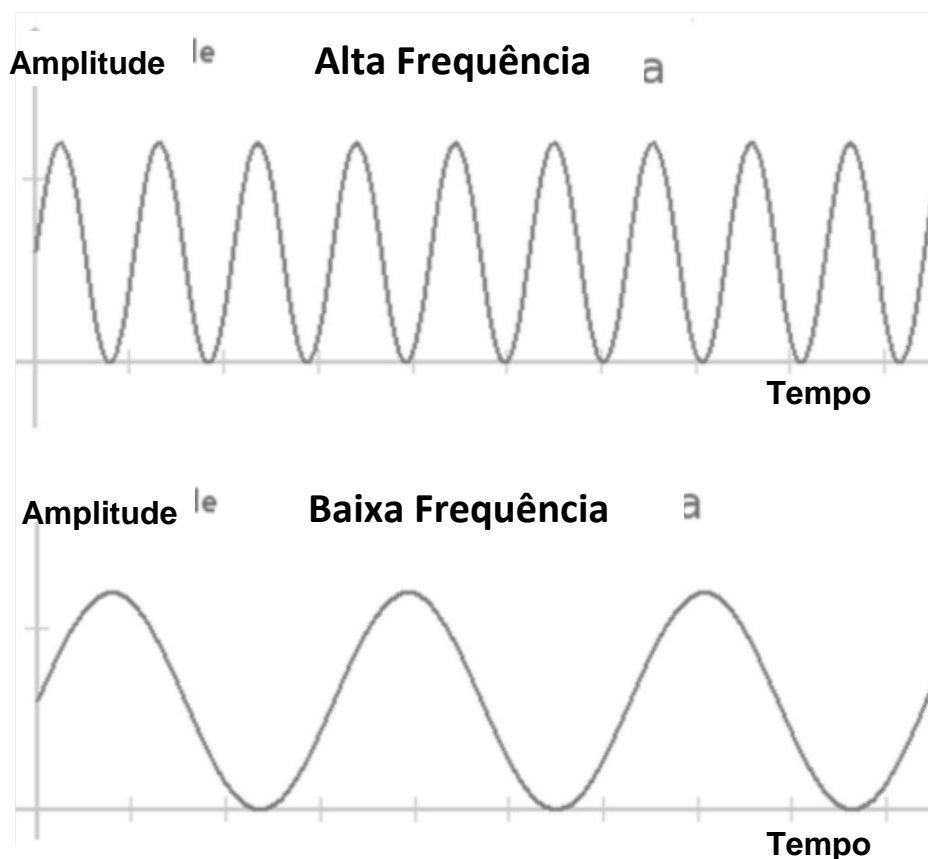
São algumas características que o som possui com relação as demais ondas, sendo elas a altura, o timbre e a intensidade.

Você já parou para pensar o que nos faz conseguirmos diferenciar um som grave de um som agudo?

Isso ocorre devido altura, uma característica fisiológica do som que permite ao ouvido fazer a distinção de um som grave de um som agudo. Isso ocorre devido a diferença de **frequência**. Quanto maior a frequência, mais agudo será o som produzido.

Um problema observado no dia a dia é a confusão gerada no entendimento da altura como intensidade sonora. A intensidade sonora está diretamente relacionada com a amplitude da onda e a altura, relaciona-se com a frequência (ou comprimento de onda, quando a velocidade for constante). Na figura 3 temos duas ondas que possuem a mesma intensidade (amplitude), com diferentes comprimentos de onda, logo, diferentes frequências (adotando que estejam na mesma velocidade de propagação)

Figura 3 – Onda de alta frequência e onda de baixa frequência



Fonte: autor

Outra característica é a **intensidade** (energia transportada pela onda sonora) que permite diferenciar um som forte de um som fraco, o que comumente

chamamos de volume. A amplitude de vibração da onda é o que diferencia um som intenso (forte) de um som fraco

A menor intensidade que podemos ouvir, conhecida como limiar auditiva, é de 10^{-12} W/m^2 e a intensidade que começamos a sentir uma dor física, conhecida como limiar dolorosa é de 1 W/m^2 . Para o cálculo da intensidade, leva-se em conta a razão entre a potência em watts e a área (m^2).

A intensidade sonora de referencia 10^{-12} W/m^2 é definida de 0 bel. Quando temos 1 bel, ou 10 decibéis, temos um som mais intenso 10 vezes, ao som de 0 bel. Fizemos essa comparação para que você possa entender a Figura 4, que representa algumas situações em decibéis.

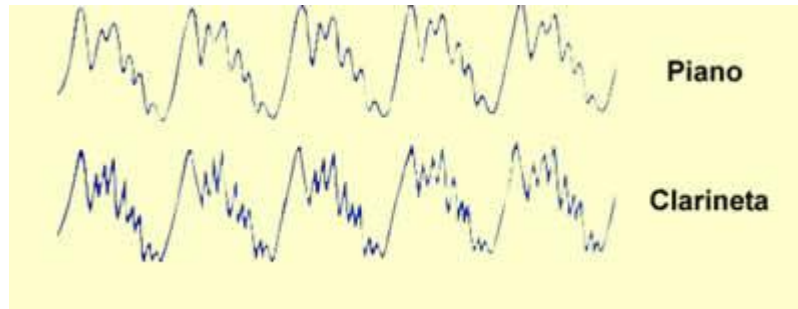
Figura 4 – Diferentes níveis sonoros

NÍVEIS DE INTENSIDADE SONORA	
FONTE SONORA	NÍVEL (dB)
PRÓXIMO A UM JATO	150
LIMIAR DA DOR	120
SIRENE	110
ASPIRADOR DE PÓ	80
MOSCA	40

Fonte: créditos Joab Silas

O timbre por sua vez, é a composição das frequências de um som, capaz de produzir um som característico. É o responsável por diferenciarmos dois instrumentos. Os diferentes timbres estão relacionados com os formatos diferentes entre ondas sonoras, conforme a Figura 5

Figura 5 Formatos de onda sonora de um piano e de um clarinete-



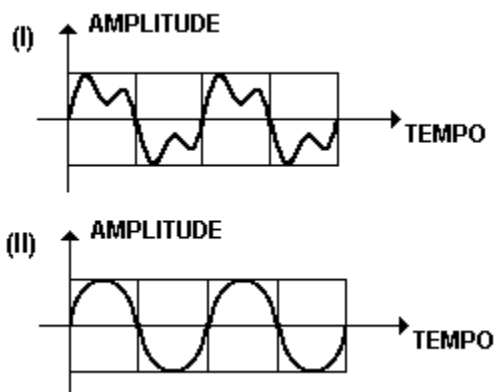
Fonte: créditos Paulo Augusto Bisquolo

Questões referentes a tarefa de leitura 7

1 – Analise a tabela e identifique, entre os sons apresentados, o mais agudo e o som mais forte. Explique como você chegou a essa resposta.

Som	Amplitude (cm)	Frequência (Hz)
I	0,2	800
II	0,4	1000
III	0,6	500
IV	0,8	500
V	1,0	100

2 – (UFF - adaptada) Ondas sonoras emitidas no ar por dois instrumentos musicais distintos, I e II, têm suas amplitudes representadas em função do tempo pelos gráficos abaixo.



Uma pessoa cega seria capaz de diferenciar esses sons? Se sim, explique.

3 - Uma criança está sentada em um banco na praça quando se aproxima um carro de polícia com velocidade de 60 km/h com a sirene do carro ligada emitindo um som de frequência de 600 Hz, passando em frente a criança e seguindo o trajeto da rua. Que relação pode-se fazer com o som ouvido pela criança durante a aproximação e quando o carro da policia se afasta.

REFERÊNCIAS

FERRARO, Nicolau; TOLEDO, Paulo; FOGO, Ronaldo. **Física básica: volume único**. 4. ed. São Paulo: Atual, 2013

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da Física: Física 2**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

SEARS, YOUNG & FREEDMAN. **Física II - Termodinâmica e Ondas** – 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

SERWAY, Raymond; Jewett, John. **Física para cientistas e engenheiros: oscilações, ondas e termodinâmica**. v. 2. São Paulo: Cengage Learnig, 2011.

XAVIER; Cláudio; BARRETO; Benigno. **360° Física aula por aula**. São Paulo: FTD, 2017.

6 TESTES CONCEITUAIS

Nessa seção apresentaremos os Testes Conceituais, que foram aplicados em aula, na qual faz parte da metodologia ativa *Just-in-Time Teaching*, e sua votação analisada conforme orientações da metodologia *Peer Instruction* (Figura 1, p.). A ideia central representa a modificação da dinâmica em sala de aula, proporcionando a mudança do professor perante os estudantes, passando a ser um mediador no processo de aprendizagem.

TC1 - Os fenômenos sonoros estão relacionados às vibrações dos corpos materiais. Quando escutamos um som é porque um determinado corpo está vibrando, produzindo aquele som. Quando falamos o som é emitido pela vibração das cordas vocais; quando batemos em um tambor com um pedaço de madeira ou com a própria mão, fazemos esse corpo vibrar produzindo o som; quando as cordas de um violão ou violino se movimentam elas vibram e emitem sons. Com relação a propagação do som, podemos destacar que ele não se propaga:

- a) em meios metálicos
- b) na água
- c) no vácuo
- d) em gases

TC2 - Um rapaz e uma garota estão em bordas opostas de um lago de águas tranquilas. O rapaz, querendo comunicar-se com a garota, coloca dentro de um frasco plástico um bilhete e, arrolhado o frasco, coloca-o na água, e lhe dá uma pequena velocidade inicial. A seguir, o rapaz pratica movimentos periódicos sobre a água, produzindo ondas que se propagam, pretendendo com isso aumentar a velocidade do frasco em direção à garota. Com relação a este fato podemos afirmar

- a) se o rapaz produzir ondas de grande amplitude, a garrafa chegará à outra margem mais rápido.

- b) a velocidade inicial que o rapaz dá à garrafa não interferirá no tempo de travessia do lago, pois quem faz a garrafa deslocar-se até a garota são as ondas produzidas pelo rapaz.
- c) velocidade da garrafa no seu movimento até a garota independe das ondas produzidas pelo rapaz, já que essas ondas transmitem apenas energia, sem propagação de matéria.
- d) Quanto maior a frequência das ondas, menor será o tempo de percurso até a outra margem.

TC3 – (Adaptado Colégio Cruz Azul) Podemos definir onda como uma sucessão de pulsos energéticos que se propagam assunto estudado pelo ramo da Física chamado ondulatória. Como exemplos de ondas, podemos citar as ondas do mar ou as ondas sonoras coincidentemente associadas na canção abaixo. Confira e posteriormente responda a questão proposta:

Olha a Onda - Tchakabum

Vou te pegar, essa é a galera do avião
 Se ligue agora nessa nova onda
 Sou um pirata jogando a marcação, ô ô ô
 Vou navegar, cumprindo as ordens do meu capitão
 Capitão joga vem dançando com a galera
 Nessa aventura que é pura emoção, olha a onda!
 Onda, onda, olha a onda Onda, onda, olha a onda
 Onda, onda, olha a onda
 Onda, onda, olha a onda.
 Vou te molhar, vou te banhar, vai sacudir vai abalar

Composição: Fuzuê / Marcelo Meneses

- a) As ondas da música “Olha a onda” são classificadas, quanto a sua natureza, como ondas eletromagnéticas.
- b) As ondas transportam energia.
- c) As ondas transportam matéria.
- d) As ondas da música do Tchakabum se propagam no vácuo.

TC4 - (PUC-MG – adaptada nas respostas) Onda mecânicas são do tipo transversal, longitudinal ou mista. Numa onda transversal, as partículas do meio:

- a) não se movem.
- b) movem-se numa direção perpendicular à de propagação.
- c) movem-se numa direção paralela à de propagação da onda.
- d) realizam movimento retilíneo uniforme.

TC5 - (UCS 2012/2) Se você pegar duas pequenas latas vazias, como as de ervilha em conserva, retirar a tampa de um dos lados de cada lata, fazer um pequeno orifício no lado oposto e colocar, nesse orifício, um fio, que pode ser de náilon, linha de costura ou barbante, ligando as duas latas por meio desse fio, é possível simular um telefone. Isso acontece porque o som se propaga pela linha como

- a) onda mecânica longitudinal
- b) onda eletromagnética
- c) pequenas partículas de matérias
- d) onda mecânica transversal

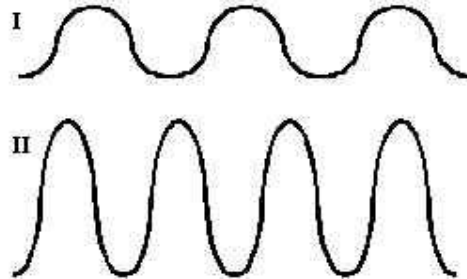
TC6- (UNESP-SP) - adaptada

- I. Uma onda transporta partículas do meio pelo qual passa.
- II. As ondas sonoras são perturbações que não podem se propagar no vácuo.
- III. Quando uma onda mecânica periódica se propaga em um meio, as partículas do meio não são transportadas pela onda.
- IV. Uma onda é transversal quando sua direção de propagação é perpendicular à direção de vibração

Das afirmações acima, são verdadeiras:

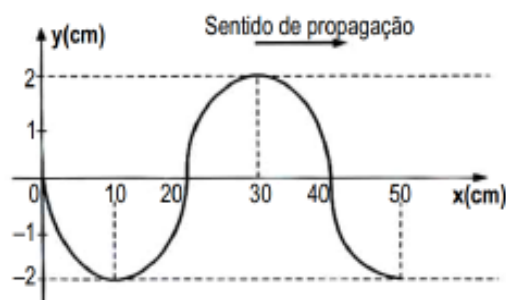
- a) somente I e II
- b) somente II e III
- c) somente III e IV
- d) somente II, III e IV

TC7 – (UFMG - adaptada) Essa figura mostra parte de duas ondas, I e II, que se propagam na superfície da água de dois reservatórios idênticos. Com base nessa figura é correto afirmar que:



- a) A frequência da onda I é menor do que o da onda II, e o comprimento de onda de I é maior do que o de II.
- b) As duas ondas têm a mesma amplitude, mas a frequência da onda I é menor do que o da onda II.
- c) As duas ondas têm a mesma frequência, e o comprimento de onda é maior na onda I do que na onda II.
- d) Os valores da amplitude e do comprimento de onda são maiores na onda I do que na onda II.

TC8 - Uma onda estabelecida numa corda oscila com frequência de 500 Hz, de acordo com a figura abaixo.



Com base na figura, podemos afirmar que o comprimento de onda e a amplitude, valem, respectivamente:

- a) 20cm e 4cm
- b) 40cm e 40cm

c) 40cm e 2cm

d) 4cm e 40cm

TC9 - (UFMG-ADAPTADA) Um menino, balançando em uma corda dependurada em uma árvore, faz 20 oscilações em um minuto. Pode-se afirmar que seu movimento tem:

a) um período de 3,0 segundos.

b) um período de 60 segundos.

c) um período de 20 segundos.

d) uma amplitude de 5 centímetros.

TC10 - (FMABC-SP - adaptada) Considere duas cordas elásticas e de densidades lineares diferentes (uma corda fina e outra corda grossa) emendadas, como mostra a figura. Quando um pulso é produzido na extremidade livre da corda mais fina, ele propaga-se com velocidade v até encontrar a junção das duas cordas. Após o pulso incidir no ponto de junção das cordas, observaremos:



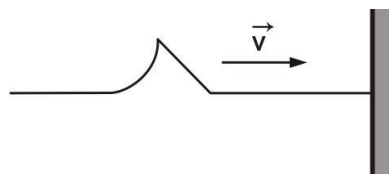
a) os fenômenos da reflexão do pulso na corda mais fina e o da refração do pulso na corda mais grossa, ambos sem inversão de fase.

b) os fenômenos da reflexão do pulso na corda mais fina, com inversão de fase do pulso, e o da refração do pulso na corda mais grossa, sem inversão de fase do pulso refratado.

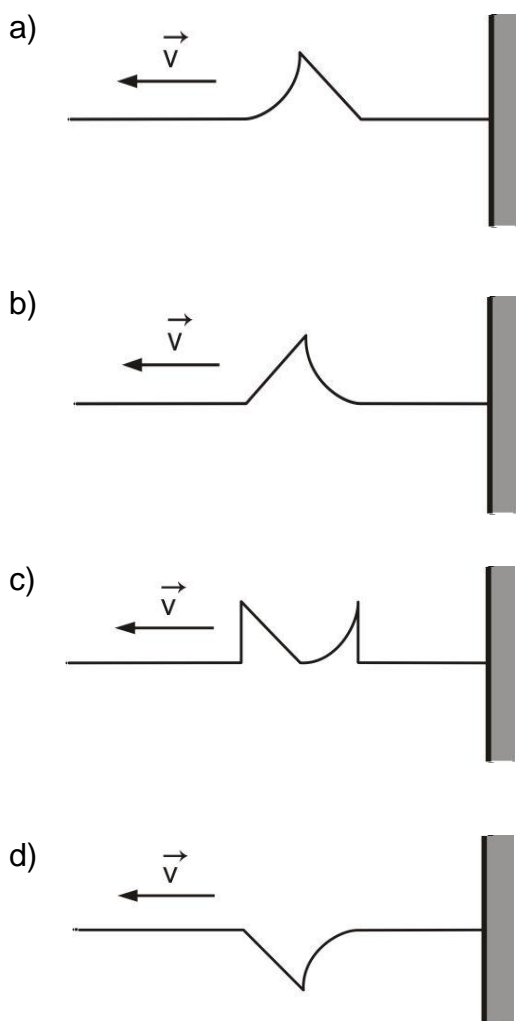
c) os fenômenos da refração do pulso na corda mais fina e o da reflexão do pulso na corda mais grossa, ambos com inversão de fase.

d) os fenômenos da refração do pulso na corda mais fina, com inversão de fase do pulso refratado, e o da reflexão do pulso na corda mais grossa, sem inversão de fase do pulso refletido .

TC11 - (FGV) A figura mostra um pulso que se aproxima de uma parede rígida onde está fixada a corda.



Supondo que a superfície reflita perfeitamente o pulso, deve-se esperar que no retorno, após uma reflexão, o pulso assuma a configuração indicada em:



TC12 - (UEM-PR - adaptada) Três cordas, A, B e C, homogêneas, flexíveis e com densidades lineares μ , 3μ , e 2μ , respectivamente, são conectadas na sequência ABC



Em uma das extremidades livres do conjunto, a corda C é mantida fixa, enquanto na outra extremidade livre, na corda A, um pulso mecânico é repentinamente aplicado. Considerando que o conjunto é mantido reto na horizontal e desprezando a resistência do ar e a ação da gravidade, assinale o que for correto.

- a) Na junção AB, parte do pulso é refratada para B, enquanto outra parte é refletida em A, com inversão de fase.
- b) Na junção BC, parte do pulso é refratada para B, enquanto outra parte é refletida em A, com inversão de fase.
- c) Nas junções AB e BC, o pulso é refratado com inversão de fase.
- d) Na junção AB,, o pulso é refratado.

TC13 - (UCS 2011/1 – adaptada nas alternativas) A velocidade de uma onda na água depende da profundidade da água na região em que ela se encontra: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. A mudança de velocidade das ondas devido à mudança de características no meio de propagação é conhecida como

- a) difração.
- b) reflexão.
- c) refração.
- d) polarização.

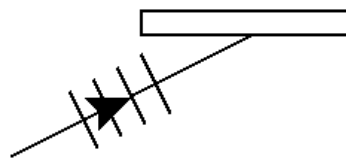
TC 14 - (UFRN) - Paulo está trabalhando no alto de um barranco e pede uma ferramenta a Pedro, que está na parte de baixo (figura).



Além do barranco, não existe, nas proximidades, nenhum outro obstáculo. Do local onde está, Pedro não vê Paulo, mas escuta-o muito bem porque, ao atingirem a quina do barranco, as ondas sonoras sofrem:

- a) refração
- b) reflexão
- c) polarização
- d) difração

TC 15 - A figura representa as cristas de uma onda mecânica propagando-se na superfície da água em direção a uma barreira.



Após a reflexão na barreira, pode-se afirmar que:

- a) a velocidade de propagação, a frequência e o comprimento de onda sofrerão alteração.
- b) o comprimento da onda sofrerá alteração enquanto que a velocidade de propagação e a frequência não mudarão.
- c) a frequência e a velocidade de propagação sofrerão alteração enquanto que o comprimento de onda não mudará.

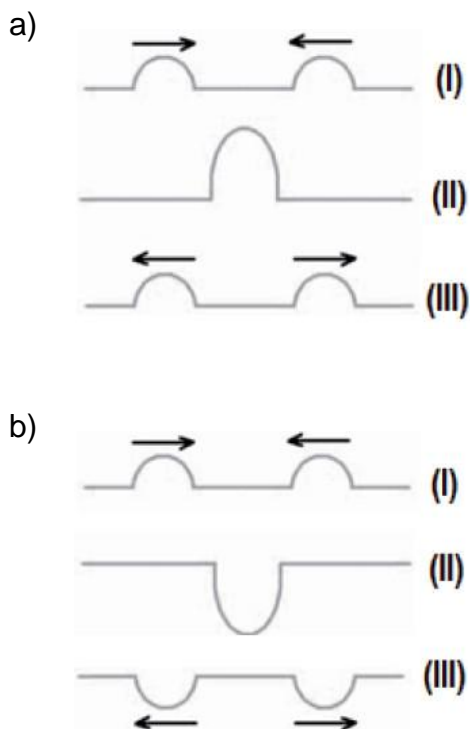
d) tanto a frequência, quanto a velocidade de propagação e o comprimento da onda não sofrerão alterações.

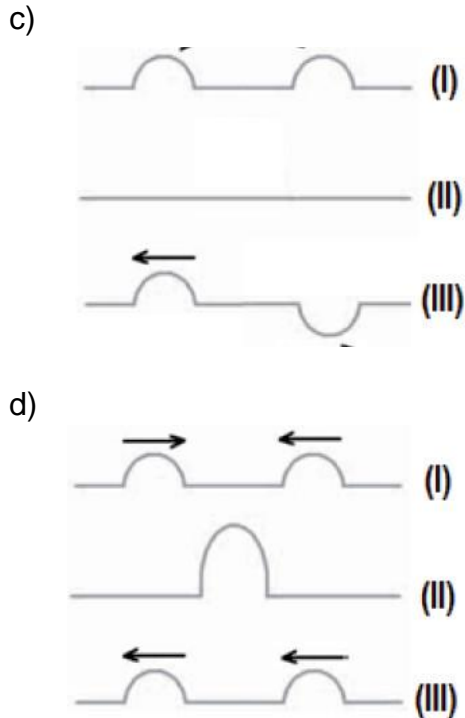
TC16 - Emitindo-se determinadas notas musicais através, por exemplo, de um violino, é possível trincar-se à distância uma fina lâmina de cristal. O fenômeno que melhor se relaciona com o fato é:

- a) refração.
- b) reflexão.
- c) ressonância
- d) difração.

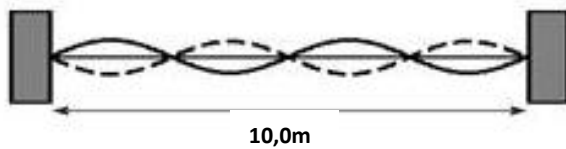
TC17 – (UDESC) Em uma corda, dois pulsos de onda propagam-se em sentidos opostos, conforme mostra a figura.

Assinale a alternativa que representa corretamente a propagação dos pulsos de onda, nos seguintes momentos: antes da interferência (I), durante a interferência (II) e após a interferência (III), respectivamente.





TC18 - Uma corda de 10,0 m de comprimento está fixa em suas extremidades e vibra na configuração estacionária conforme a figura a seguir



Conhecida a frequência de vibração igual a 100 Hz, podemos afirmar que a velocidade da onda na corda é de:

- a) 500 m/s
- b) 1000 m/s
- c) 2500 m/s
- d) 10000 m/s

TC19 - (PUCCAMP- adaptada nas respostas) Um professor lê o seu jornal sentado no banco de uma praça e, atento às ondas sonoras, analisa três eventos:

I – O alarme de um carro dispara quando o proprietário abre a tampa do porta-malas.

II – Uma ambulância se aproxima da praça com a sirene ligada.

III – Um mau motorista, impaciente, após passar pela praça, afasta-se com a buzina permanentemente ligada.

O professor percebe o efeito Doppler apenas:

- a) no evento I, com frequência sonora invariável
- b) nos eventos I e II, com diminuição da frequência
- c) nos eventos I e III, com aumento da frequência
- d) nos eventos II e III, com aumento da frequência em II e diminuição em III

TC20 - (PUC-MG) Analise as afirmações a seguir.

I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.

II. Dois instrumentos iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes (intensidades) diferentes.

III. Um mesmo instrumento é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitidos nas situações I, II e III respectivamente.

- a) Amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) Frequência, comprimento de onda e amplitude.
- c) Timbre, amplitude e frequência.
- d) Amplitude, timbre e frequência.

TC21 -(UEPB - adaptada) Em relação às ondas e aos fenômenos ondulatórios, analise as proposições abaixo, escrevendo V ou F. conforme sejam verdadeiras ou falsas, respectivamente.

() A forma da onda sonora de um violino é diferente da forma da onda de um piano. Por isso, os sons desses instrumentos apresentam timbres diferentes.

() O efeito Doppler. explica a variação da frequência das ondas percebidas por um observador, causado pelo movimento relativo entre este e a fonte geradora das ondas

() Quando dois instrumentos musicais emitem a mesma nota musical, são diferenciados um do outro pela altura do som.

Após a análise feita, assinale a alternativa que corresponde à sequência correta:

- a) VVF
- b) FVV
- c) FFV
- d) VFF

TC22 (UOL – adaptada nas respostas)- Assinale a afirmação verdadeira em relação ao eco:

- a) A velocidade do som no meio não afeta a distância mínima necessária entre uma fonte sonora e um obstáculo para a formação do eco.
- b) O eco surge em decorrência da absorção das ondas sonoras por algum obstáculo.
- c) Toda onda sonora pode sofrer reflexão, no entanto, só ouviremos o seu eco caso o tempo decorrido entre sua emissão e reflexão seja maior que 0,1 s.
- d) Se uma onda sonora for produzida e retornar ao nosso ouvido com um tempo menor que 0,1 s, é possível escutar o seu eco.

7 PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

Neste capítulo são apresentadas as questões utilizadas como pré-teste e pós-teste, onde através delas conseguimos ter uma noção dos conhecimentos prévios, e para uma análise quantitativa da aprendizagem.

1 - (UNESP-SP)

- I. Uma onda transporta partículas do meio pelo qual passa.
- II. As ondas sonoras são perturbações que não podem se propagar no vácuo.
- III. Quando uma onda mecânica periódica se propaga em um meio, as partículas do meio não são transportadas pela onda.
- IV. Uma onda é transversal quando sua direção de propagação é perpendicular à direção de vibração

Das afirmações acima, são verdadeiras:

- a) somente I e II
- b) somente II e III
- c) somente III e IV
- d) somente II, III e IV
- e) todas

2 - (UFMS) Uma onda sonora propaga-se no ar com uma velocidade v e frequência f . Se a frequência da onda for duplicada:

- a) O comprimento da onda duplicará.
- b) O comprimento da onda não se alterará.
- c) O comprimento da onda se reduzirá à metade.
- d) A velocidade da propagação da onda dobrará.
- e) A velocidade de propagação da onda se reduzirá à metade.

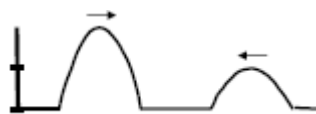
3 - (UEL-PR) Há algum tempo um repórter de televisão noticiou uma marcha em algum lugar do Brasil. Em dado momento, citou que os integrantes pararam de marchar quando estavam passando sobre uma ponte, com medo de que pudesse cair. Na ocasião, o repórter atribuiu tal receio a “crendices populares”. Com base nos conceitos de Física, é correto afirmar que os integrantes da marcha agiram corretamente, pois a ponte poderia cair devido ao fenômeno da(o):

- a) reverberação
- b) interferência
- c) efeito Doppler
- d) ressonância
- e) batimento

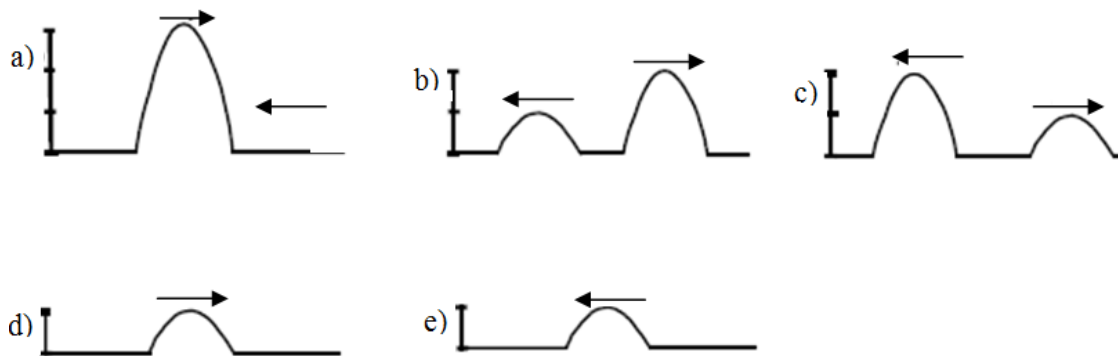
4 - (UECE) A mesma nota musical, quando emitida por uma flauta, é diferente quando emitida por um piano. O fato de o aluno do Curso de Música distinguir, perfeitamente, a nota emitida por um dos dois instrumentos é devido:

- a) a frequências diferentes.
- b) a alturas diferentes.
- c) a timbres diferentes.
- d) a intensidades diferentes.
- e) a timbres iguais.

5 - (UFRGS) A figura abaixo representa dois pulsos produzidos nas extremidades opostas de uma corda.

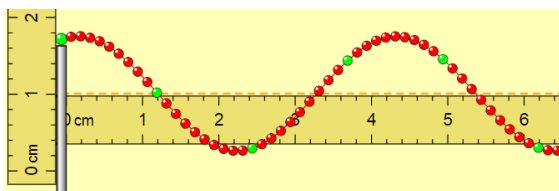


Assinale a alternativa que melhor representa a situação da corda após o encontro dos dois pulsos:

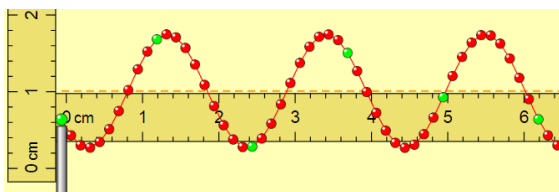


6 - As figuras a seguir representam cinco ondas se propagando em cordas idênticas. Em qual delas o **comprimento de onda** é maior?

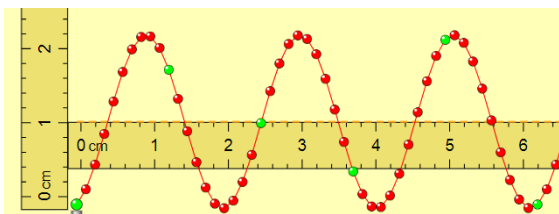
a)



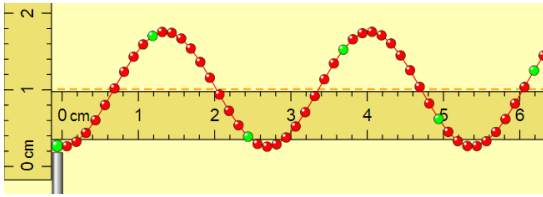
b)



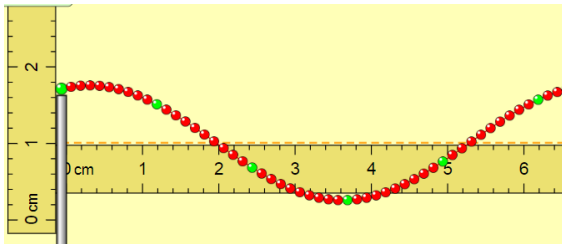
c)



d)



e)



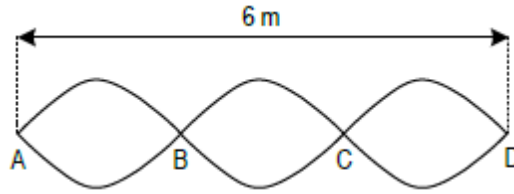
7 - (AFA) Considere um sistema formado por duas cordas diferentes, com densidades μ_1 e μ_2 tal que $\mu_1 > \mu_2$, em que se propagam dois pulsos idênticos, conforme mostra a figura abaixo.



A opção que melhor representa a configuração resultante no sistema após os pulsos passarem pela junção das cordas é:

- a)
- b)
- c)
- d)

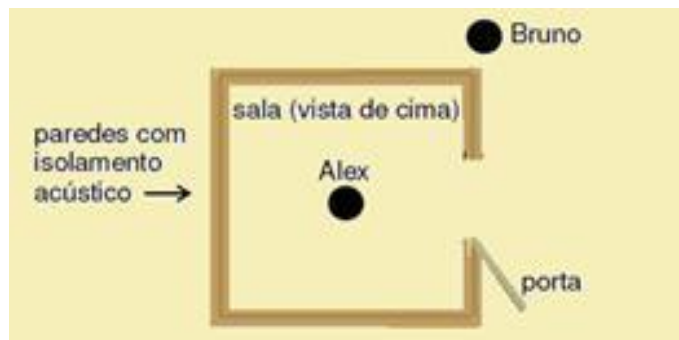
8 – (UFRGS) A figura mostra uma onda estacionária em uma corda. Os pontos A,B,C e D são nodos e a distância entre os nodos A e D é de 6m. A velocidade de propagação das ondas que resultam na onda estacionária, nesta corda, é de 10m/s.



A frequência da onda estacionária vale, em hertz:

- a) 10
- b) 5
- c) 2,5
- d) 1,66
- e) 1,25

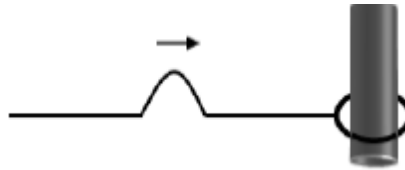
9 - (UFAL- adaptada nas respostas) Alex encontra-se dentro de uma sala, cujas paredes laterais e superior possuem isolamento acústico. A porta da sala para o exterior está aberta. Alex chama Bruno, que está fora da sala (ver figura).



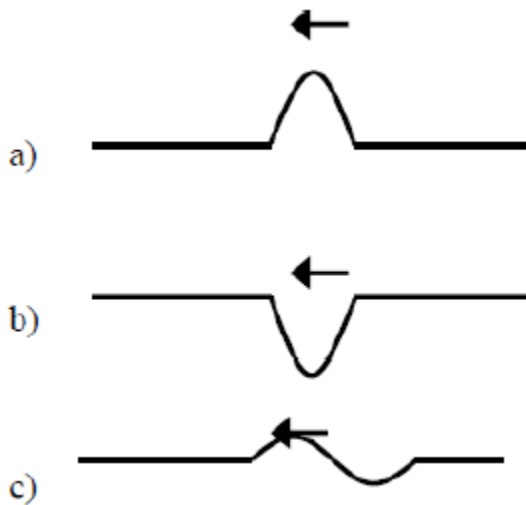
Pode-se afirmar que Bruno escuta Alex porque, ao passar pela porta, a onda sonora emitida por este sofre:

- a) polarização.
- b) interferência.
- c) reflexão.
- d) refração.
- e) difração.

10 - Um pulso de onda se propaga em uma corda com a extremidade livre como na figura abaixo.



Escolha entre as opções abaixo aquela que representa corretamente o pulso após ser refletido



d) o pulso é totalmente absorvido

e) nesse caso não tem como ocorrer o fenômeno da reflexão

11 – Cite exemplos de ondas mecânicas.

12 - (FGV) Verifica-se que, ao sofrer refração, um trem de ondas mecânicas apresenta um novo perfil de oscilação, em que a distância entre duas cristas consecutivas de suas ondas tornou-se maior. Comparativamente ao que possuía o trem de ondas antes da refração, a frequência se _____, a velocidade de propagação se _____ e a amplitude se manteve, já que o novo meio é _____refringente.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

a) alterou ... alterou ... menos

- b) alterou ... manteve ... mais
- c) manteve ... alterou ... mais
- d) manteve ... alterou ... menos
- e) manteve ... manteve ... mais

13 - (Fac. Cultura Inglesa - SP) A cuíca é um instrumento musical, semelhante a um tambor, com uma haste de madeira presa no centro de uma membrana de couro, pelo lado interno. Friccionando a haste com um pedaço de tecido molhado e pressionando a parte externa da cuíca com o dedo, produz-se uma onda sonora de ronco característico. Quando essa onda sonora propaga-se,

- a) sua velocidade diminui.
- b) sua amplitude aumenta.
- c) há transporte de matéria.
- d) aumenta a sua frequência.
- e) há propagação de energia.

8 QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As questões utilizadas para averiguar a aplicação da sequência didática estão listas a seguir.

1 - Como você pode perceber, estudamos o conteúdo referente a Ondas Mecânicas com uma metodologia diferente. Comparando-a com as metodologias anteriores, como você avalia:

Muito melhor Melhor Indiferente Pior

Se quiseres argumente:

2 – Com relação às Tarefas de Leitura, você achou:

Difíceis de entender Razoáveis de entender Fáceis de entender

Se quiseres argumente:

3 – O tempo para leitura das TL e para responder as questões foi:

Suficiente Insuficiente

Se quiseres argumente:

4 – Ao final das Tarefas de Leitura havia questões para serem respondidas. Com relação a essas questões, o nível de dificuldade foi.

Fácil Adequado Difícil

Se quiseres argumente:

5 – As respostas das questões contidas na TL eram utilizadas pelo professor para averiguar onde estavam as suas principais dúvidas e montar uma aula com o foco nessas dúvidas. Você acha que isso lhe ajudou a aprender?

Em todas as aulas Em algumas aulas Não fez diferença

Prefiro o método tradicional

Se quiseres argumente:

6 - As tarefas de leitura, a aula preparada visando as necessidades dos estudantes e a discussão realizada em aula, fizeram parte de uma metodologia chamada *Just-in-Time-Teaching*. Comparando com as aulas tradicionais, você considera o *Just-in-Time Teaching*:

Muito melhor Melhor Indiferente Pior

Se quiseres argumente:

7 – Com relação à apresentação dos testes conceituais e a votação durante a aula. O que achou desta proposta?

Bom Razoável Ruim

Se quiseres argumente:

8 – Quando a votação não atingia no mínimo 70% de acertos, vocês eram reunidos em pequenos grupos. Você acha que aprende melhor quando interage com os colegas?

Na maioria das vezes As vezes Indiferente

Prefiro a explicação do professor

Se quiseres argumente:

9 – Para a realização das votações utilizamos os cartões que eram lidos pela câmera do celular do professor através do aplicativo *Plickers*. O que você achou desse método de votação?

Bom Razoável Ruim

Se quiseres argumente:

10 – Você acha que aprendeu o conteúdo sobre Ondas Mecânicas durante a aplicação da sequência didática?

Aprendi muito bem Aprendi bem Aprendi pouco

Aprenderia mais na maneira tradicional

Fiquei com dúvidas em alguns assuntos sobre ondas mecânicas

Se quiseres argumente:

11 – O que você acha que poderia ser melhorado (tarefas de leitura, testes conceituais, tempo de discussão com os colegas, ou outro item) para uma futura aplicação de uma sequência didática com as mesmas metodologias?

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Trad. Eva Nick. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980

ALMEIDA, F. J. **Ética? O mapa dos mapas**. In Okada, A. L. (Org). Cartografia cognitiva: mapas do conhecimento para pesquisa aprendizagem e formação docente. Cuiabá: KCM, 2008. Cap. 21, p.352-362

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: p. 362-384, ago. 2013.

LASRY, N; Mazur, E; WATKINS, J. Peer Instruction: from Harvard to the two-year college. **American Journal of Physics**, College Park, v. 76, n. 11, p. 1066-1069, Nov. 2008.

MOREIRA, M. A., **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo. (2009, 2016).

MOREIRA M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda (E.P.U.), 1999.

NOVAK, Gregor. M.; PATTERSON, Evelyn T.; GAVRIN, Andrew D.; CHRISTIAN, Wolfgang. **Just-in-time-teaching: blending active learning with web technology**. Addison-Wesley, NY, 1999.

UNESCO. **Ensino de Ciências: o futuro em risco**. Série Debates VI. Brasília: UNESCO, 2005

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.