



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA PRÓ-REITORIA DE PÓS-
GRADUAÇÃO E PESQUISA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

KARLA CRISTINA AVELINO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE ONDAS
SONORAS**

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

KARLA CRISTINA AVELINO

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE ONDAS
SONORAS**

Trabalho de Conclusão da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientadora: Prof^ª. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da Dissertação.

A948s Avelino, Karla Cristina.
Sequência didática investigativa para o ensino de ondas sonoras [manuscrito] / Karla Cristina Avelino. - 2017
104 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde , UFCG - Universidade Federal de Campina Grande."

1. Ondas sonoras. 2. Sequência didática. 3. Atividades experimentais.

21. ed. CDD 530.124

1.

KARLA CRISTINA A VELINO

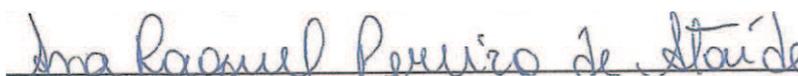
SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE ONDAS SONORAS

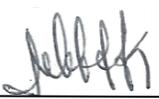
Trabalho de Conclusão da dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

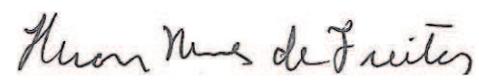
Área de Concentração: Ensino de Física.

Aprovada em: 09/10/2017.

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof.^a. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire (Examinadora Interna)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Heron Neves, de Freitas - Examinador Externo
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me sustentado em todo o tempo, nada deixando faltar, ajudando em tudo.

A minha orientadora, professora Ana Raquel, pela dedicação, apoio e incentivo todo tempo.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEPB que contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos professores Doutores Heron Neves de Freitas e Morgana Lúcia de Farias Freire por aceitarem compor a banca de avaliação da minha dissertação de Mestrado.

A Escola Estadual Carlota Barreira pelo apoio na realização da pesquisa.

Aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui.

A todos meu muito obrigada!!

RESUMO

Nesse trabalho foram desenvolvidas algumas atividades voltadas à experimentação no contexto das Sequências de Ensino por Investigação sendo estas realizadas com uma turma do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada na cidade de Areia-PB. A experimentação é uma importante metodologia de ensino dentro da área das ciências da natureza, pois muitos dos conceitos dessa área podem ser construídos através de atividades experimentais. Nesse contexto nosso trabalho teve como objetivo principal verificar as potencialidades de utilizar as atividades experimentais com uma abordagem investigativa, como estratégia para construção de conceitos de Física, mais especificamente conceitos relacionados às ondas sonoras. A avaliação da proposta foi realizada através da observação e acompanhamento dos estudantes durante as aulas usando situações de problemas experimentais e abordagem investigativa, ocorreu a partir da análise de dois momentos: o primeiro, relativo às observações durante as intervenções e foi construído a partir do material produzido durante a utilização da proposta, onde foi o diário de campo, para facilitar as análises posteriores. O segundo a partir de um questionário avaliativo, com o qual pretendíamos entender qual a opinião dos estudantes acerca da intervenção vivenciada e das atividades e metodologia utilizadas. Dessa maneira, pretendemos fornecer ao professor de Física do Ensino Médio, uma sequência didática que possa promover a utilização de situações problema experimentais em atividades investigativas como elemento facilitador para a construção de conceitos de Física.

Palavras-Chave: Experimentação em ciências. Ondas sonoras. Atividades investigativas.

ABSTRACT

In this work, some activities were developed, aimed at experimentation in the context of the Sequences of Teaching by Investigation, being carried out with a high school class of a state public school located in the city of Areia-PB. Experimentation is an important teaching methodology within the area of the natural sciences, since many of the concepts of this area can be constructed through experimental activities. In this context, our main objective was to verify the potential of using experimental activities with a research approach, as a strategy for the construction of concepts of physics, more specifically concepts related to sound waves. The evaluation of the proposal was made through the observation and monitoring of the students during classes using situations of experimental problems and investigative approach, occurred from the analysis of two moments: the first one, related to the observations during the interventions and was constructed from the material produced during the use of the proposal, where it was the field diary, to facilitate subsequent analyzes. The second one was based on an evaluative questionnaire, with which we wanted to understand the students' opinion about the intervention and the activities and methodology used. In this way, we intend to provide the high school Physics teacher with a didactic sequence that promotes the use of experimental problem situations in investigative activities as a facilitator element for the construction of Physics concepts.

KEYWORDS: Experimentation in Sciences, sound waves, investigative activities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação gráfica de como uma onda se propaga sobre a superfície de um líquido, como a água (ondas estacionárias).....	26
Figura 2 - Representação das direções de propagação e vibração de uma onda transversal....	27
Figura 3 - Representação de uma onda longitudinal.....	27
Figura 4 - Representação de uma onda periódica.....	28
Figura 5 - Corda esticada. Nenhuma força em atuação que provoque oscilação ou vibração..	30
Figura 6 - Representação função senoidal.....	30
Figura 7 - Propagação da onda na corda, representada pela função seno.....	30
Figura 8 - Representação da propagação de uma onda sonora no ar através de um alto-falante (representação clássica da vibração das moléculas de ar).....	32
Figura 9 - Representação da escala de frequência de uma onda (do infra ao ultra-som)	33
Figura 10 - Representação da altura de ondas sonoras diferentes, perceptível pela amplitude, seus vales e cristas.....	34
Figura 11 - Representação da intensidade de duas ondas sonoras, em agudo e grave, em uma corda musical, como a de um violão.....	34
Figura 12 - Representação da intensidade de duas ondas sonoras, referente a instrumentos musicais.....	36
Figura 13 - Frequência das notas musicais, das partituras para piano e/ou teclado	37
Figura 14 - bloco representando a posição de ponto de equilíbrio num sistema bloco-mola...39	
Figura 15 – Sobreposição: Interferência de ondas estacionárias.....	41
Figura 16 - Ondas estacionárias em tubos abertos.....	42
Figura 17 - Ondas estacionárias em tubos fechados.....	43
Figura 18 - Efeito doppler de fonte em movimento e o observador em repouso.....	44
Figura 19 - Representação do uso da onda mecânica, no qual as crianças tentam se comunicar através de um dispositivo mecânico rústico e a outra criança com um dispositivo moderno, que se comunica através de ondas eletromagnética.....	49
Figura 20 - Duas crianças utilizando um dispositivo mecânico que se assemelha ao telefone com fio.....	51
Figura 21 - Representação das ideias dos estudantes através de desenhos.....	53
Figura 22 - Ilustração de como pode ocorrer efeito da ressonância no meio material do ar e em outros objetos, como as taças do garçom.....	54

Figura 23 - Ilustração do uso das cordas vocais e as vibrações que se propagam no ar, de forma bem humorada.....	55
Figura 24 - Apresentação de como se pode transformar instrumentos musicais, como o diapasão, através de utensílios domésticos.....	57
Figura 25 - Ilustração representando a classificação do som, com cenas de dia a dia de crianças, familiares.....	59
Figura 26 - Ilustração que representa as diferentes percepções de frequências sonoras, de pessoas e animais.....	60
Figura 27 - Apresentação de garrafas de mesmo volume, porém, com preenchimentos diferentes e, conseqüentemente, utilizando uma baqueta para perturbar os recipientes, desenvolve sons diferentes (experimento do Xilofone).....	61
Figura A - Representação da onda mecânica, no qual as crianças tentam se comunicar através de um dispositivo mecânico rústico e a outra criança com um dispositivo moderno, que se comunica através de ondas eletromagnética.....	75
Figura B - Esquema da montagem do experimento o qual foi usado dois copos de isopor e um pedaço de linha de pipa (telefone om fio).....	77
Figura C - Duas crianças utilizando um dispositivo mecânico que se assemelha ao telefone com fio.....	78
Figura D - Ilustração de como pode ocorrer efeito da ressonância no meio material do ar e em outros objetos, como as taças do garçom.....	82
Figura E - Ilustração do uso das cordas vocais e as vibrações que se propagam no ar.....	82
Figura F - Apresentação de como se pode transformar instrumentos musicais, como o diapasão, através de utensílios domésticos.....	84
Figura G – Representação de como se propaga ondas baixas e altas, modificando não só a frequência como respectivamente sua amplitude e comprimento.....	88
Figura H - Ilustração representando a classificação do som, com cenas de dia a dia de crianças, familiares.....	88
Figura I - Ilustração que representa as diferentes percepções de frequências sonoras, de pessoas e animais.....	89
Figura J - Apresentação de garrafas de mesmo volume, porém, com preenchimentos diferentes e, conseqüentemente, utilizando uma baqueta para perturbar os recipientes, desenvolve sons diferentes (experimento do Xilofone).....	90

Sumário

1. Introdução	9
2. Referenciais Teóricos	12
2.1. Atividades Experimentais no Ensino de Física.....	12
2.2. Ensino por Investigação e Sequências Didáticas Investigativas.....	17
2.3. Atividades Experimentais Investigativas	21
2.4. Ondas Sonoras	25
3. Percurso Metodológico.....	46
3.1. Elaboração da Sequência Didática	46
3.2. Intervenção e Avaliação da Proposta	47
4. Relato da proposta Vivenciada e Avaliação do Produto Educacional	48
4.1. A Sequência Didática (Produto Educacional) Elaborada.....	48
4.2. Relato da Experiência Vivenciada	48
4.3. Avaliando a Sequência Didática (Produto Educacional).....	63
5. Considerações Finais.....	66
Referências	67
Apêndice A:O produto Educacional (Sequência Didática).....	72
Apêndice B: Slides utilizados na aula expositiva.....	92
Apêndice C: Questionário aplicado aos estudantes.....	104

1. INTRODUÇÃO

As atividades experimentais realizadas no Ensino de Ciências, ainda são abordadas numa perspectiva tradicional, em que a prioridade é a comprovação da teoria, as medições e o tratamento dos dados, e não os conceitos que levam a compreensão dos fenômenos.

Segundo Borges (2002), as abordagens do laboratório tradicional são variadas e tem suas vantagens, tais como o trabalho em pequenos grupos, o caráter informal das aulas, a possibilidade de realizar medidas, fazer observações, testar leis científicas, ilustrar ideias e conceitos aprendidos em sala de aula, descobrir ou formular uma lei sobre um fenômeno específico, dentre outros. No entanto, o autor destaca algumas críticas ao laboratório tradicional, entre as quais podemos enfatizar a dissociação entre a prática e a teoria; a falta de relevância de tais atividades do ponto de vista do estudante, quando tanto o problema como o procedimento já são previamente resolvidos; o excesso de tempo gasto na montagem e execução do experimento, restando pouco tempo para a análise e interpretação dos resultados.

Segundo Borges (2002) que à abordagem experimental quando tem seu direcionamento para a verificação de leis e teorias, o estudante logo percebe que sua 'experiência' deve produzir o resultado previsto pela teoria, ou que alguma regularidade deve ser encontrada, e quando isso não ocorre tão linearmente o estudante acaba frustrando-se e via de regra os objetivos do ensino ficam prejudicados.

Nesse sentido as discussões relativas à utilização de atividades experimentais em salas de aulas são importantes para que os professores possam ter critérios mais determinados, onde possam apresentar alternativas no contexto escolar para a prática de atividades experimentais quanto ao seu significado.

No âmbito escolar, o papel da experimentação no Ensino de Ciências vem sofrendo uma mudança significativa. Onde o mesmo, tem como proposta sugerir o abandono da prática tradicional com o foco na “validação” de conceitos físicos preconcebidos, para uma atividade investigativa mais aberta e capaz de incentivar a curiosidade e o senso crítico do estudante acerca do saber científico (BRASIL, 2000, 2002, 2013).

Borges (2002) afirma que os estudantes não são desafiados a explorar, desenvolver e avaliar as suas próprias ideias, não se apresenta oportunidade de questionamentos acerca da natureza e da investigação científica, pois a experimentação deve ser tratada como uma ferramenta indispensável ao ensino. É essencial que os estudantes encontrem o aparato experimental e despertem o interesse de fazer algo na prática. Nesse sentido, formar um conhecimento científico com o mundo cotidiano dos estudantes, tem sido um dos grandes

desafios do Ensino de Ciências. Entretanto, muitas vezes por falta de clareza por parte dos professores de como e quando utilizarem as atividades experimentais e seus planos de ensino, em alguns casos, a prática experimental tem sido negligenciada.

Saraiva-Neves et al. (2006) ressaltam que o trabalho experimental “deve ser entendido como uma atividade investigativa e cooperativa” (Saraiva-Neves, et al. 2006, p. 399) transmitindo a ideia de que os problemas reais "podem não ter solução ou ter mais do que uma solução" (SARAIVA-NEVES, et al, 2006, p. 387).

Nesse contexto, as atividades investigativas podem favorecer a construção de conceitos, facilitando a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes e a partir deles o professor pode conduzir o processo educacional de forma mais efetiva e que promova um melhor entendimento dos fenômenos físicos a serem estudados e dessa forma, estimular a construção de um entendimento mais crítico e efetivo.

Com o intuito de contribuir para uma melhor utilização das atividades experimentais em sala de aula, propomos como objetivo geral nesse trabalho a elaboração de uma sequência didática com atividades experimentais investigativas, considerando que essas atividades favorecem o processo de ensino e aprendizagem, em particular, no ensino de ondas sonoras, visto que este tema possui grande importância, pois está relacionado diretamente ao cotidiano do estudante e, muitas vezes, acaba não sendo compreendido de forma clara, devido ao nível de abstração e falta de significados de fácil elaboração.

O interesse em elaborar esse trabalho esteve na possibilidade de despertar discussões referentes à utilização de atividades experimentais investigativas em aulas de Física destinadas a estudantes do Ensino Médio. Nossos objetivos específicos são:

i. Elaborar uma sequência didática, utilizando recursos didáticos diferenciados e as atividades experimentais, com uma abordagem que proporcione a investigação visando favorecer a compreensão dos conceitos e a aprendizagem.

ii. Elaborar algumas problematizações (situações-problema) com o uso de tirinhas e atividades experimentais investigativas que permitam aos alunos a compreensão dos conceitos relativos às ondas sonoras.

iii. Analisar e avaliar a viabilidade da utilização da sequência didática através de sua aplicação em sala de aula.

E com isso ampliar os conceitos da Física e ao mesmo tempo buscar a atenção dos estudantes durante as atividades experimentais. Sabe-se que a Física está presente no cotidiano, mas muitos dos estudantes ainda não foram alertados de tal fenômeno e dessa

forma sem ter um significado real para estes estudantes às aulas de Física, cada vez mais, se tornam monótonas e vão passando sem significado e despercebidas à realidade dos mesmos.

Este trabalho de dissertação justifica-se por três pontos fundamentais: O primeiro, pela discussão sobre a contribuição para a elaboração do conhecimento científico através das atividades experimentais no Ensino de Física, que foram apresentadas em uma sequência didática investigativa. O segundo pela avaliação das atividades experimentais através das dificuldades em sala de aula e o terceiro ponto, pelas ideias que foram organizadas para o planejamento das aulas, elas indicarão a forma como o professor precisará conduzir o processo de ensino diante do conteúdo a ser trabalhado e seus objetivos didáticos.

Estrutura de Apresentação do Texto

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos, esse primeiro capítulo apresenta a introdução sobre o tema e o objetivo da nossa proposta. No segundo capítulo foi apresentado o referencial teórico, que trás os referenciais utilizados em quatro temáticas gerais, Atividades Experimentais no Ensino de Física, Ensino por Investigação e Sequências Didáticas Investigativas, Atividades Experimentais Investigativas e Ondas Sonoras.

O percurso metodológico escolhido para a pesquisa foi apresentado no terceiro capítulo, onde são descritas as opções metodológicas adotadas para a realização do nosso trabalho.

No quarto capítulo apresentamos o corpo do trabalho empírico, que está dividido em duas etapas, e se constitui da proposta de intervenção, da análise da intervenção e avaliação da proposta.

Finalizamos com um capítulo, no qual apresentamos algumas considerações pertinentes e alguns possíveis encaminhamentos que podem complementar a investigação.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

“O Ensino de Ciências com atividades experimentais recebeu um grande impulso no início da década de 1960, com o desenvolvimento de alguns projetos de ensino como, por exemplo, os oriundos dos EUA: CHEMS (Chemical Educational Material Study) e o CBA (Chemical Bond Approach Project). No Brasil, esses e outros projetos como o IPS (Introductory Physical Science) e o Nuffield foram traduzidos e utilizados”. (CHEMS 1976, p. VI, apud GALIAZZI, 2001, p. 252).

Com o objetivo de explicar o conceito de atividades experimentais, procuramos o significado no dicionário de Aurélio para caracterizar experimentação, experiência e atividades experimentais. Para ele, a experiência é uma tentativa, ensaio, podemos dizer que é uma habilidade do exercício contínuo (individual). A experimentação é submeter a provas morais, podemos dizer que é criar ocasiões para manusear e tem regras a serem cumpridas no coletivo.

As atividades experimentais podem ser organizadas de diversas maneiras, desde estratégias que focam a simples ilustração ou comprovação das leis e teorias até aquelas que instigam a criatividade dos estudantes e proporcionam condições para pensarem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos científicos.

A importância das atividades experimentais para o Ensino de Física foi também valorizada por Borges (2002):

Por considerar que se trata de um método de aprendizagem que permita a mobilização do aprendiz, no lugar da passividade. Acredita que a riqueza das atividades experimentais consiste em proporcionar aos estudantes o manuseio de coisas e objetos num exercício de simbolização ou representação, para se atingir a conexão dos símbolos. (BORGES, 2002, p. 33).

Durante a realização de atividades experimentais é importante que ocorra uma interação entre o professor e o estudante, fazendo com que os estudantes pensem sobre suas ideias prévias e com isso formulem o saber científico associando-o a sua realidade.

Segundo Borges (2002), mesmo que as ideias manifestadas pelos estudantes não sejam coerentes, e o professor necessite corrigi-las, é essencial que suas iniciativas sejam elogiadas e, assim, cada vez mais estimuladas. É necessário que o professor enfatize também a importância de conhecer tais ideias para poder ajudá-los, ou seja, quando o professor explica

em passo acelerado as intenções de seus questionamentos, os estudantes entendem que não se trata de uma forma de avaliação oral, como repetidamente ocorre no ensino tradicional, ou seja, ficam mais confiantes para falar o que realmente eles sabem ou pensam sobre o assunto.

É comum nos depararmos com afirmações de professores apontando que as atividades experimentais são importantes para o Ensino de Física no Ensino Médio. Essas afirmações giram em torno de objetivos que os professores entendem como próprios das atividades experimentais e de acordo com Hodson (1998) eles são:

1. Estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;
2. Promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
3. Desenvolver habilidades manipulativas;
4. Treinar em resolução de problemas;
5. Adaptar as exigências das escolas;
6. Esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;
7. Verificar fatos e princípios estudados anteriormente;
8. Vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;
9. Motivar e manter o interesse na matéria;
10. Tornar os fenômenos mais reais (HODSON, 1998, p. 630).

Apesar da existência desses objetivos é importante destacar que durante as atividades experimentais os professores devem, antes de qualquer coisa, submeter os estudantes a situações de conflito cognitivo, com o intuito de superar suas perspectivas, e durante a realização do experimento fazer com que eles pensem sobre seus conhecimentos prévios, com isso o professor promoverá um espaço agradável para a construção do conhecimento trabalhado fazendo com que eles compreendam mais facilmente a explicação científica.

Críticas sobre a problemática do Ensino de Física, que reforçam a importância da utilização de atividades experimentais no Ensino de Física, também são apontadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2000), ao sinalizarem que:

O Ensino de Física tem-se realizado, frequentemente, mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos estudantes e professores e também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos (BRASIL, 2000, p. 22).

A importância da experimentação, no sentido de uma aprendizagem que possibilite a interpretação dos fenômenos físicos, bem como, o desenvolvimento de outras habilidades

pelos estudantes, é vista como indispensável nos atuais Parâmetros Curriculares Nacionais. Conforme anuncia os PCNs + do Ensino Médio (BRASIL, 2002):

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. (BRASIL, 2002, p. 111).

As atividades experimentais quando problematizadas visando promover o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, permite que eles pensem sobre o problema e tentem resolvê-lo através da experimentação, discutam e relatem suas ideias, atitudes que poderão contribuir para a metodologia do fenômeno físico estudado.

Domin (1999) argumenta que as atividades de laboratório frequentemente apresentam natureza de “receita de cozinha”, e são planejadas com o propósito de consumir mínimos recursos, tempo, espaço, equipamentos e pessoal. Pouca ênfase é dada o planejamento experimental e interpretação dos resultados.

Deparamo-nos com muitos métodos de laboratório em que os estudantes seguem uma metodologia tipo receita de bolo já pronta e acabada, obtêm as informações, mas não as debatem e nem as compreendem criticamente, e muito menos entendem o porquê do experimento, não apresentam uma clareza do que foi proposto e realizado.

De uma forma ou de outra, o fato é que o uso de atividades experimentais no Ensino de Ciências, e mais especificamente no Ensino de Física, acaba sempre sendo recomendado. Porém, na maioria das vezes, o que se questiona é o papel que elas podem e devem desempenhar no processo de ensino e aprendizagem.

Como afirma Hodson (1998, apud CASSARO, 2012):

Sérias reservas quanto à eficácia da atividade experimental como é usualmente implementado na sala de aula e sugere a necessidade de repensar a sua abordagem, referindo que se pretendemos explorar as suas enormes potencialidades há que se ser claro quanto ao objetivo a atingir, selecionando uma atividade adequada. Afirma, ainda, que muito se teria a ganhar se redefiníssemos a noção de atividade experimental de forma a incluir um leque mais alargado de estratégias de ensino e de aprendizagem, como o uso de simulações em computador, que considera uma técnica poderosa que permite ao estudante envolver-se em aspectos mais criativos da ciência, proporcionando uma compreensão da natureza da prática científica. Se a educação em ciências pretende que o estudante compreenda o mundo físico e perceba e utilize o conhecimento conceitual e processual que os cientistas desenvolveram para auxiliá-los nessa tarefa, então uma parte importante do currículo é a familiarização com esse mundo e o recurso ao laboratório é fundamental. Os estudantes necessitam manipular objetos e organismos de forma a construírem um corpo de experiências pessoais. Se o estudante é encorajado a explorar e testar as suas ideias, então a atividade experimental poderá ter um papel a desempenhar. (HODSON 1988 apud CASSARO, 2012, p. 28).

Mas esse papel das atividades experimentais só será significativo quando as atividades são envolvidas por uma teoria bem compreendida pelo estudante e logo eles conseguem entender os conceitos estudados.

Numa perspectiva epistemológica, considerando que a ciência avança impulsionada pela vontade de explicar situações problemáticas, Gil-Perez (1993) sugere a abordagem de situações problemáticas abertas, com um nível de dificuldade adequado, que motivem os estudantes e os levem a elaborar um plano que permita obter respostas, sem perder de vista que não se está a trabalhar para aumentar o corpo de conhecimentos de ciências e que os estudantes não são cientistas, mas que se pretende que adquiram conhecimentos conceituais e processuais da ciência.

Apesar das diversas maneiras pelas quais as atividades experimentais são propostas ou usadas nas aulas de Física no Ensino Médio, Araújo e Adib (2003) destacam dois argumentos comuns empregados por educadores e pesquisadores da área de Ensino de Física:

a) Capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem;

b) Tendência em propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência (ARAÚJO e ADIB, 2003, p. 191).

Entretanto, Azevedo et al. (2009), apontam que a maior parte das propostas de atividades experimentais para o Ensino de Física, presentes em nove diferentes periódicos de 1979 a 2008, tem o caráter verificacionista e pouco enfatizam a discussão do fenômeno. Do total de artigos analisados, os autores identificaram que:

Apenas 2% dos artigos catalogados propõem atividades problematizadoras no Ensino de Física, enquanto que apenas 1% propõe reconstruções históricas de experimentos, direcionadas a uma atividade experimental investigativa, consonante a uma visão realista crítica da ciência (AZEVEDO et al. 2009, p. 11)

De acordo com Pinho Alves (2002), o professor deve ter clareza dos objetivos para poder direcionar e escolher a atividade experimental adequada ao contexto e a situação de ensino apresentada e estabelecer categorias de atividades experimentais, os quais podem ser do tipo:

Tabela 1: Categorias de atividades experimentais

Histórica – quando apresentam elementos históricos e humanos que favorecem a discussão sobre os métodos de investigação, as observações intencionadas, as respectivas interpretações, e os conflitos científicos e pessoais dos seus personagens. Esse tipo de atividade mostra as dificuldades e os cuidados necessários para se realizar uma experiência, contribuindo para minimizar a concepção empirista da ciência.

De Compartilhamento – quando acentuam variáveis envolvidas em um fenômeno utilizando uma ótica qualitativa, com eventuais relações de causa e efeito.

Modelizadora – quando sugerem a utilização de um modelo, uma estrutura hipotética, para guiarem a observação experimental acerca de um dado fenômeno físico. Esse processo só terá significado se existir um modelo teórico relacionado ao caráter hipotético e, um modelo empírico resultante de um tratamento de dados e que tem por base o teórico.

Conflitiva – quando que o estudante constrói suas explicações sobre o mundo baseada em suas estruturas mentais. Tais estruturas são concebidas em ambiente extra-escolar mediante sua participação na família e comunidade onde vivem, seus padrões de comportamento e valores. Uma atividade experimental conflitiva tem por objetivo por em cheque as concepções não formais dos estudantes e as concepções formais da ciência. Sua função é produzir a aceitação, por parte do estudante, da concepção científica, pela reestruturação de suas ideias prévias e o possível abandono das mesmas, por entender a inadequação e limitação de suas explicações pessoais.

Crítica – apresentam formatação próxima da atividade experimental conflitiva. Utilizam para estabelecer o entendimento um conceito não formal, estabelecido previamente pelo estudante, que apresenta uma sutil diferença do conceito formal de ciência. Cabe ao professor explicitar, de forma mais clara possível, a diferença entre ambos.

De Comprovação – são aquelas que possuem como objetivo a comprovação de leis físicas, através da verificação de previsões teóricas. Desenvolvem nos estudantes, que se comportam como se fossem cientistas, habilidades e

técnicas relativas ao método experimental. Funcionam como um exercício tradicional, só que mais rico, pois adicionam a manipulação e os procedimentos metodológicos.

De Simulação – estão baseadas na utilização de equipamentos de mídia (computador, vídeo, etc) e dos respectivos softwares. Nesse caso não evidenciamos montagem de instrumentos e objetos concretos.

Fonte: GIL-PÉREZ (1999).

Mesmo com várias pesquisas sobre essa temática, ainda não se tem um consenso a respeito do papel das atividades experimentais no Ensino de Ciências, embora estas ainda sejam apontadas como uma forma de contribuir para uma melhor aprendizagem no Ensino de Ciências (GIL-PÉREZ, 1999).

2.2. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS INVESTIGATIVAS

O ensino por investigação, de acordo com Carvalho (2013), caracteriza-se pela proposição de um problema cuja resolução exija o diálogo e permita a liberdade intelectual dos estudantes, levando-os ao desenvolvimento de interações e práticas discursivas importantes do fazer científico, como: descrições, explicações, argumentações, generalizações, entre outras.

Neste sentido, ao resolverem um problema, os estudantes trazem dúvidas e questionamentos de diferentes áreas do conhecimento ou mesmo dos assuntos estudados com questões que se relacionam com a resolução do problema. Segundo Hodson (1998), quando participam de investigações científicas, os estudantes aprendem mais sobre a ciência e ampliam mais seu conhecimento conceitual. Em outras palavras, todos os estudantes têm direito de aprender estratégias para pensar cientificamente.

No Ensino de Ciências por investigação, os estudantes interagem, exploram e experimentam o mundo natural, mas não são abandonados a própria sorte, nem ficam restritos a uma manipulação ativista e puramente lúdica. Eles são inseridos em processos investigativos, envolvem-se na própria aprendizagem, constroem questões, elaboram hipóteses, analisam evidências, tiram conclusões, comunicam resultados. Nessa perspectiva, a aprendizagem de procedimentos ultrapassa a mera execução de certo tipo de tarefas, tornando-se uma oportunidade para desenvolver novas compreensões, significados e conhecimentos do conteúdo ensinado (MAUÉS e LIMA, 2006).

Pode-se considerar que o objetivo central do Ensino de Ciências para formar o cidadão é preparar o indivíduo para que ele compreenda e faça uso das informações científicas básicas necessárias para sua participação efetiva na sociedade tecnológica em que vive. O Ensino de Ciências precisa ser centrado na inter-relação de dois componentes básicos: a informação científica e o contexto social, pois, para o cidadão participar da sociedade, ele precisa não só compreender a ciências, mas a sociedade em que está inserido (SANTOS e SCHNETZLER, 2003).

O ensino por investigação constitui uma abordagem que tem uma longa história na educação em ciência. Promove o questionamento, o planejamento, processos da investigação científica e conhecimentos científicos, podendo ajudar os estudantes a aprender a fazer ciência e sobre ciência (BYBEE e DEBOER, 1994).

Nesse tema, Munford e Lima (2008) expõem três concepções acerca do Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) que julgam equivocadas, as quais podem ser sintetizadas como segue:

- O ensino por investigação pressupõe o uso de atividades experimentais;
- Todas as atividades investigativas têm de ser abertas, deixando que os estudantes proponham questões, escolham procedimentos e decidam como analisar resultados;
- Todos os conteúdos científicos deveriam ser ensinados por investigação.

Um aspecto relevante a ser considerado ao se utilizar o Ensino de Ciências por Investigação é a necessidade de que os estudantes vejam sentido em estudar Ciências, no entanto para que isso ocorra no ambiente escolar inicialmente necessita-se fazer o uso de atividades investigativas excessivamente simples, o que pode provocar no estudante uma visão distorcida da ciência como um processo fácil e direto, para isso o professor deverá estar atento ao planejamento das atividades a serem propostas.

Nesse sentido as sequências didáticas apresentam-se como um recurso que permite com que o professor planeje as atividades e proponha progressivamente o aumento de dificuldade das mesmas para que o estudante se aproxime da complexidade apresentada ao resolver um problema de investigação, sem, no entanto, se distanciar de um processo de construção do conhecimento no ambiente escolar.

A ideia de construção de sequências didáticas investigativas apresenta um conceito muito vasto, e que necessita de muita explicação. Em nosso trabalho apresentamos a concepção mais geral de uma sequência didática investigativa.

De um modo mais geral, sequências didáticas podem ser consideradas como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos estudantes (ZABALA, 1998). As sequências didáticas também podem ser vistas como “certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática” (PAIS, 2002, p. 102). Deste modo, as sequências didáticas são produzidas para serem aplicadas nas salas de aula pelo professor.

Quando tratamos de uma abordagem investigativa para as sequências didáticas, Carvalho (2013) mostra que:

Nesse contexto teórico é que propomos as sequências de ensino investigativas (SEIS), isto é, sequência de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos estudantes: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discutí-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013. p. 9)

O ponto de partida das sequências é uma situação problematizadora. De modo geral, as sequências didáticas possuem foco em um ou mais conceitos, no nosso caso conceitos relativos às ondas sonoras, que são apresentados de forma clara e explícita durante o decorrer das aulas. Tanto os professores quanto os estudantes têm consciência de quais são os conceitos de que irão aprender ao longo do desenvolvimento da sequência didática. Em vários momentos, são realizadas retomadas, para que os conceitos sejam lembrados e utilizados em diferentes situações podendo levá-los às respostas possíveis.

Segundo Carvalho (2013) as seguintes etapas do raciocínio científico estão presentes nas diferentes atividades propostas nas sequências de ensino investigativas:

- Elaboração e testes de hipóteses, onde o conhecimento prévio é tomado como hipótese de pesquisa na resolução do problema.
- Argumentação.
- Solução do problema, produzindo uma explicação.
- Construção do raciocínio proporcional do tipo “se, então, portanto”, o que envolve a seleção e a relação de variáveis relevantes à solução do problema e à necessidade de uma nova palavra/conceito.

Além disso, a autora destaca que para que haja interações sociais, entre os participantes das sequências de ensino investigativas, o que é fundamental para o processo de construção do conhecimento é necessário considerar os seguintes pontos:

- o estímulo à participação ativa do estudante;
- a importância da relação aluno-aluno;
- o papel do professor como elaborador de questões;
- a criação de um ambiente encorajador;
- o ensino a partir do conhecimento que o estudante traz para a sala de aula;
- o conteúdo (o problema) deve fazer sentido para o estudante;
- a relação entre ciência, tecnologia e sociedade;
- a passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica.

Sabemos que em todas as sequências didáticas os professores podem adequar as atividades às especificidades dos contextos os quais acharem necessários a sua realidade escolar, pois, sabemos que cada escola e cada turma têm suas características, fazendo assim, alterações na sequência para que ela atenda às demandas de cada turma e cada realidade. Portanto, o professor pode fazer alterações como: trazer outros exemplos, incluindo alguns da sua realidade local; mudar a ordem das perguntas; inserir outras perguntas.

Carvalho e Perez (2001) consideram que:

É preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos estudantes para que estes realmente alcancem os objetivos propostos (CARVALHO e PEREZ, 2001, p. 114).

Uma investigação só faz sentido quando especifica algo que se quer conhecer. Segundo Carvalho et al. (2004), uma atividade investigativa não pode se reduzir a uma mera observação ou manipulação de dados – ela deve levar ao estudante a refletir, a discutir, a explicar e a relatar seu trabalho aos colegas.

Distinguimos algumas características consideradas importantes que as atividades de caráter investigativo devem ter, segundo Castro et al. (2008):

1. **Conter** um problema. O problema é, na sua essência, uma pergunta que se faz sobre a natureza. Não há investigação sem problema. Assim, a primeira preocupação do professor consiste em formular um problema que instigue e oriente o trabalho a ser desenvolvido com os estudantes. Além disso, ele precisa ser considerado

problema pelos estudantes, o que implica explorar as ideias que estes têm a respeito do assunto, dialogar com elas, confrontá-las com outras, duvidar delas.

2. **Ser** sempre que possível, generativas, ou seja, devem desencadear debates, discussões, outras atividades experimentais ou não.

3. **Propiciar** o desenvolvimento de argumentos, por meio de coordenação de enunciados teóricos e evidências, bem como considerar a multiplicidade de pontos de vista em disputa ou a serem coordenados.

4. **Motivar** e mobilizar os estudantes, promover o engajamento destes com o tema em investigação. Desafios práticos e resultados inesperados podem auxiliar nessa direção.

5. **Propiciar** a extensão dos resultados encontrados a todos os estudantes da turma (CASTRO et al. 2008, p. 4).

A inserção de um ensino por investigação na sala de aula requer que os professores modifiquem o seu papel transformando a dinâmica das aulas, o que sugere que estes tomem várias decisões, corram riscos e quebrem a sua rotina de forma a encararem as suas dificuldades e dilemas (BYBEE e DEBOER, 1994).

A pesquisa escolar possui características essenciais para se trabalhar atitudes e habilidades específicas. Por meio dela, é possível ensinar os estudantes a definir um problema e buscar informações para a solução deste. É durante esse processo de busca de informação e de conhecimento que cada um deles desenvolve sua própria capacidade de análise, de comparação, de crítica, de avaliação e de síntese (MACHADO, 1989).

Devemos ainda destacar que nas atividades investigativas, é necessária a comunicação das novas informações obtidas pelos estudantes. Essa divulgação dos resultados poderá ser realizada por meio da oralidade ou da escrita.

2.3. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS

No contexto das sequências didáticas investigativas, as atividades que propõem a realização de experimentos investigativos são uma das estratégias indicadas para deixar mais ativa a participação dos estudantes no processo de investigação. Um aspecto relevante que pode ser observado é a necessidade de que as atividades investigativas proporcionem aos estudantes o contato com as novas informações.

Portanto, as atividades experimentais investigativas podem colaborar para o aumento das habilidades cognitivas, desde que sejam planejadas e executadas de forma a contemplar a participação cada vez mais dos estudantes.

Para Pinho Alves (2002), a:

[...] participação ativa do estudante em situação de investigação real, proposta na forma de desafio, o instigará na busca de uma resposta correta, entendendo o correto como exercício de um procedimento que se baseia em uma hipótese teórica para a resolução de um problema científico. A liberdade de testar hipóteses presentes nos exercícios experimentais como tentativas de soluções dos desafios propostos, dá a chance de propor diferentes meios ou caminhos para chegar ao resultado desejado. Diferentes exercícios e diferentes caminhos para a solução oferecerão condições ao estudante no desenvolvimento de táticas e estratégias que possam ser utilizadas em outras situações (PINHO ALVES, 2002, p. 8).

Gil-Perez e Castro (1996) ressaltam que as atividades de investigação devem compreender as seguintes características: apresentar aos estudantes situações problemáticas abertas, em um nível de dificuldade adequado à zona de desenvolvimento potencial dos educandos; favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância das situações-problema apresentadas; emitir hipótese como atividade indispensável à investigação científica; elaborar um planejamento da atividade experimental; contemplar as implicações CTS do estudo realizado; proporcionar momentos para a comunicação do debate das atividades desenvolvidas; potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico.

Tendo em vista que as atividades investigativas são fundamentais em planejamentos que desejam aproximar os estudantes de valores sociais, culturais e históricos, é necessário que professores e pesquisadores da área se dediquem também as questões relativas às interações e resultados que essa abordagem proporciona ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Uma atividade de ensino investigativa deve partir de uma situação problema que possa estimular os estudantes a participar da investigação, levando a busca de informações, a hipóteses sobre o fenômeno em estudo, o teste de tais hipóteses, e a discussão dos resultados para a elaboração de conclusões acerca do problema.

Portanto, se uma aula experimental for organizada de forma a colocar os estudantes diante de uma situação problema, e permanecer direcionada para a resolução deste problema, poderá contribuir para o estudante raciocinar sobre a situação e apresentar argumentos na tentativa de avaliar os dados e expor uma conclusão aceitável.

Para Gil-Perez et al. (2005), o problema existirá, se e somente se, a pessoa que o projeta, identifica que há algo interessante para resolver, mas não dispõe de procedimentos automáticos que lhe permita chegar a solução de maneira mais ou menos imediata, a resolução requer um processo de reflexão ou tomada de decisões sobre a sequência dos passos a seguir, ou seja, para que um problema, seja realmente um problema, não deve ter uma

solução evidente para a pessoa interessada em resolvê-lo, é necessário que se realize uma investigação.

Assim, Azevedo (2004) diz que em uma atividade de natureza investigativa:

...A ação do estudante não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o estudante deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004, p. 21).

De acordo com o PCN+ - Ensino Médio (BRASIL, 2002), para que todo o processo de conhecimento possa fazer sentido para os jovens é imprescindível que ele seja instaurado através de um diálogo entre o conhecimento, os estudantes e os professores. Portanto devem sempre ser incorporadas estratégias que contribuam para esse diálogo. Há indicativos de que, entre os professores de Ciências Naturais, predomina um discurso simplista¹ acerca da experimentação (SILVA e ZANON, 2000).

Assim, temos que lembrar que, no processo de ensino e aprendizagem as palavras: cotidiano e científico devem durante as aulas sempre andar uma em paralelo com a outra, pois o saber científico é o saber mediato, e o saber cotidiano é o saber imediato. Borges (2002) salienta que, em uma atividade de investigação realizada em uma sala de aula, o estudante deve ser colocado frente a uma situação na qual ele seja solicitado a fazer algo mais do que se lembrar de uma fórmula ou de uma solução já utilizada em uma situação semelhante.

Em uma abordagem de ensino com a utilização de atividades investigativas Azevedo (2006), diz que uma atividade de investigação, para que assim possa ser considerada, deve levar o estudante a refletir, discutir, explicar, relatar e não apenas se limitar a favorecer a manipulação de objetos e a observação dos fenômenos. Nesse sentido, a autora deixa bem claro que a aprendizagem de métodos e atitudes será tão fundamental quanto à aprendizagem de conceitos ou do conteúdo.

Segundo Hodson (1998), o trabalho experimental deve estimular o desenvolvimento conceitual, fazendo com que os estudantes explorem, elaborem e supervisionem suas ideias, comparando-as com a ideia científica, pois só assim elas terão papel importante no desenvolvimento cognitivo. Para Carvalho, “a atividade deve estar acompanhada de situações

¹ O discurso simplista sobre a experimentação é caracterizado pela presença de, entre outros aspectos, uma visão de ensino e aprendizagem como transmissão e recepção passiva de conhecimentos e de uma visão empirista indutivista da Ciência (SILVA e ZANON, 2000).

problematizadoras, questionadoras, diálogo, envolvendo, portanto, a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos” (CARVALHO et al.1999, p.42).

As atividades experimentais investigativas, portanto, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação dos estudantes. Podendo, assim, apresentar aos estudantes a oportunidade de pensar sobre a problematização, resolvê-la através da experimentação, relatar e discutir suas ideias, que poderão contribuir para o processo da formulação do conceito estudado.

De acordo com Carvalho et al. (1999), para que a atividade experimental tenha caráter investigativo e possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do estudante não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, a resolução de um problema pela experimentação, deve envolver também reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações características de uma investigação científica.

Um modelo muito utilizado é o problem solving chain (cadeia de resolução de problemas), proposto pela Assessment of Performance Unit – APU (citado em Almeida, 2002) e constituído pelas seguintes fases:

- **Reconhecimento do problema** – esta é uma fase de reflexão, onde os estudantes interpretam e compreendem o problema com que são confrontados. Nesta confrontação, os estudantes exploram as suas próprias ideias.
- **Transformações do problema** – nesta fase, formulam-se hipóteses que possam ser testadas e, posteriormente, desenvolvidas.
- **Planificação e desenho da experimentação** – os estudantes têm que ser capazes, nesta fase, de seleccionar os materiais necessários para a execução experimental, assim como de delinear um procedimento para testarem as suas hipóteses.
- **Execução prática da experimentação** – os estudantes, nesta fase, procedem à execução do procedimento experimental, ao registo dos dados e observações e passam à sua interpretação e registo das conclusões.
- **Avaliação** – esta fase ocorre durante os vários momentos do percurso investigativo

Por outro lado, Azevedo (2004) explora quatro tipos de atividades investigativas. O primeiro, denominado de “Demonstração Investigativa” é o uso, pelo professor, de um experimento para investigar determinado fenómeno com os estudantes. O segundo, denominado “Laboratório Aberto”, também envolve o uso de experimentos. Porém, nesta

atividade os estudantes são responsáveis por todo o processo de planejamento, execução e análise de dados.

A terceira e a quarta atividades enfocadas por Azevedo (2004) são as “Questões Abertas” e “Problemas Abertos”, que se trata de investigações de situações teóricas pelos estudantes. Os dois tipos diferem no fato de que o primeiro trata de questões específicas (em geral ligadas ao cotidiano dos estudantes) ao passo que o segundo lida com questões mais gerais, além de envolver o tratamento matemático da situação-problema.

Segundo Gil Pérez e Vilches (2005), o ensino tradicional de Ciências, e mesmo algumas propostas consideradas inovadoras, em geral se baseiam em transmissão de conhecimentos como produtos acabados, os quais surgem espontaneamente de mentes extraordinárias.

Nesse contexto podemos perceber que as atividades investigativas diferenciam-se daquelas baseadas na transmissão de conhecimento do professor para os estudantes. Logo, o Ensino de Ciências por Investigação se apresenta como alternativa ao ensino tradicional de Ciências.

2.4. ONDAS SONORAS

Iniciaremos apresentando algumas considerações teóricas sobre a significância das ondas e como lidamos com elas em nosso cotidiano, explicando como ocorre a perturbação, tipos de propagação e alguns outros conceitos que serão importantes para a construção da compreensão que pretendemos.

Direcionaremos nossas considerações mais especificamente para o tema de ondas sonoras, por ser o tema escolhido como foco do nosso estudo, objetivamente, do trabalho exposto.

Considerações Básicas

Definimos uma onda como sendo uma perturbação que se propaga transportando energia, sem envolver transporte de matéria. Dizemos que o som é uma onda mecânica, longitudinal, tridimensional e periódica. Definiremos agora algumas características das ondas, destacando dentre elas as que se atribuem as ondas sonoras. Elas podem ser classificadas quanto a sua natureza de vibração, direção de vibração, e grau de liberdade para a propagação (HALLIDAY, RESNICK, 1991).

As ondas no mar movem-se com velocidade perceptível. Mas cada partícula de água meramente oscila em torno de seu ponto de equilíbrio.

As partículas descrevem um movimento circular e a estruturação deste movimento pode ser feita através da combinação de um movimento na direção de movimento da onda com um movimento perpendicular à direção de movimento da onda, como representado na Figura 1.

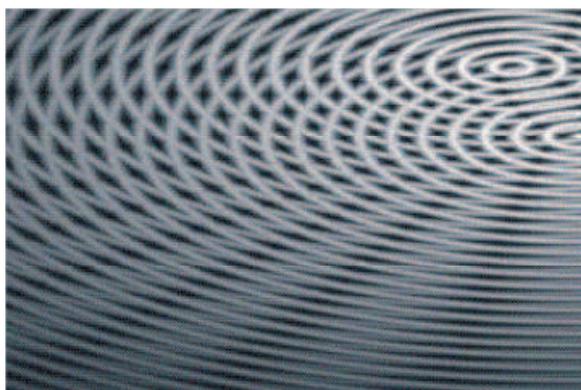


Figura 1 - Representação gráfica de como uma onda se propaga sobre a superfície de um líquido, como a água (ondas estacionárias).

Fonte: Sears, e Zemansky. Física II, 10 edição, 2003.

Classificação das ondas

Um dos mais importantes tipos de onda na natureza são as ondas longitudinais. Um dos motivos para isso é apresentado pelo fato de como o ouvido humano que é capaz de desenvolver a escuta de intensidades baixas de ondas sonoras. Utilizamos as ondas sonoras na fala, no dia a dia para cada som que escutamos como o do campo com seus pássaros e entre outros animais ou como a vida agitada que é a urbana, com buzinas, conversas, risadas, sirenes, e outros mais (SEARS, ZEMANSKY, 2003, p. 236-237).

Por esse motivo, na próxima seção foi apresentado um estudo teórico sobre a significância das ondas e como lidamos com ela em nosso cotidiano, explicando como ocorre a perturbação, seus tipos de propagação e mais conceitos que serão importantes serem abordados.

Natureza de propagação

Quanto à natureza de propagação, as ondas podem ser mecânicas ou eletromagnéticas. As ondas mecânicas são aquelas que necessitam de um meio material para se propagarem.

Um exemplo deste tipo de onda é o som. Já as ondas eletromagnéticas são aquelas que podem se propagar no vácuo, ou seja, na ausência de um meio material. Para estas ondas a perturbação é causada em campos eletromagnéticos. A luz é um bom exemplo deste tipo de onda. A luz do Sol chega até a Terra com velocidade igual a 300.000 km/s no vácuo. Outros exemplos de ondas eletromagnéticas são as micro-ondas, as ondas de rádio, Raios-X e etc.

Direção de propagação

As ondas podem ser classificadas como transversais ou longitudinais em relação à direção de propagação.

Ondas transversais são aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração, esta representação pode ser observada na Figura 2. São exemplos: as ondas numa corda e as ondas eletromagnéticas.

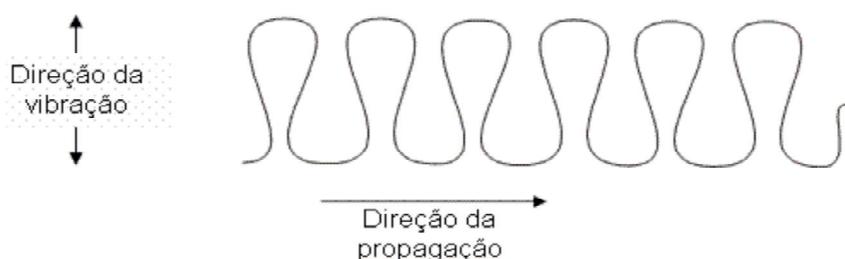


Figura 2 - Representação das direções de propagação e vibração de uma onda transversal.
Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/figuras/clas2.GIF>

Ondas longitudinais são aquelas que se propagam na mesma direção de vibração do meio. Um exemplo de onda longitudinal é uma onda se propagando em uma mola. O movimento da fonte de oscilação se dá na mesma direção de oscilação das partículas que compõem o meio em que a onda está se propagando. Representação que pode ser observada na Figura 3.

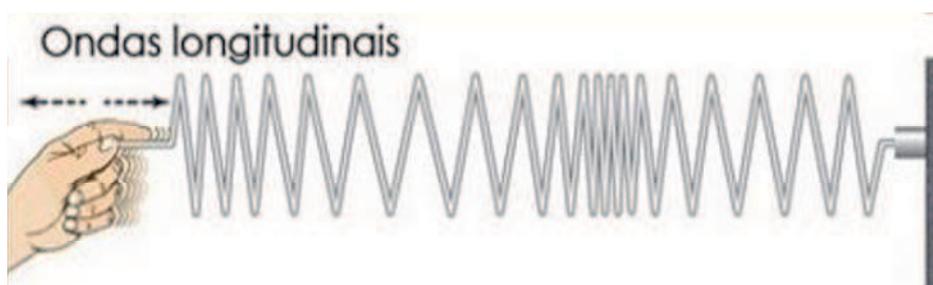


Figura 3 - Representação de uma onda longitudinal.
Fonte: <http://centrodeciencia.esmarriaga.org/wp-content/uploads/2014/03/ondas-longitudinais.jpg>

Ondas periódicas

Ondas periódicas são ondas geradas por uma fonte oscilante que faz as moléculas de uma determinada região vibrarem e se propagarem em intervalos de tempos iguais. Uma onda é gerada por uma perturbação. Esta perturbação pode ser causada por alguém ou por alguma fonte, e propaga-se de um ponto para o outro na forma de pulsos. Uma sucessão de pulsos regulares dá origem a uma onda regular, isso é o que chamamos de onda periódica. É uma sucessão regular de pulsos, ou seja, o formato das ondas individuais se repete em intervalos de tempo iguais.

O som é uma onda que possui esta característica em algumas ocasiões do cotidiano. Ela é um pulso que possui energia e que se propaga no espaço ou através de um meio quer seja líquido, sólido ou gasoso. Na onda a característica mais importante é a sua fase (na maioria das vezes quando se refere a uma onda eletromagnética); é ela que define a sua frequência, direção de propagação bem como a sua velocidade.

Considere uma onda se propagando em uma corda, como representada na Figura 4. Os pontos mais altos são denominados cristas e os pontos mais baixos são chamados de vales. É importante destacar que esses pontos oscilam em instantes e tamanhos idênticos.

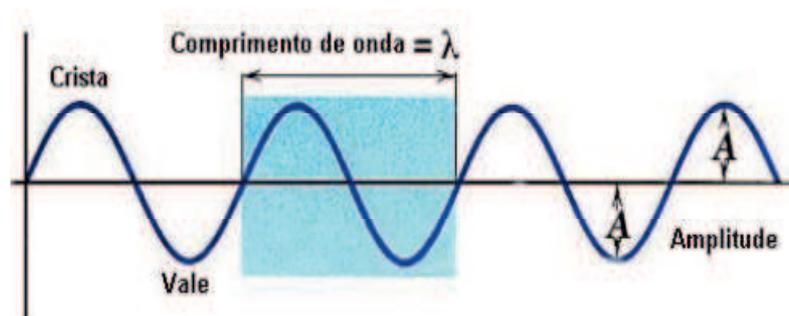


Figura 4 - Representação de uma onda periódica.
Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica8/ondas/periodicas11.jpg>

Características de uma onda periódica

Vários conceitos tais como amplitude e comprimento de onda, podem ser aplicados a quaisquer tipos de ondas, sejam elas mecânicas ou eletromagnéticas, longitudinais ou transversais (HALLIDAY et al., 2008, p. 119-120).

As principais características de uma onda periódica são Amplitude, Período, Frequência e Comprimento de onda, como apresentadas na Figura 4.

- A amplitude (A) da onda é o valor máximo de afastamento em relação ao equilíbrio e está relacionada à energia que a onda transporta. Então, quanto maior a amplitude mais energia a onda estará transportando.
- Período (T) é o tempo necessário, medido em segundos, para que se complete uma oscilação.
- Frequência (f) é o número de oscilações num dado intervalo de tempo, no Sistema Internacional de unidades (SI) a unidade de frequência é o Hertz (HZ).
- Comprimento de onda (λ) é a menor distância entre dois pontos que possuem sempre a mesma direção e sentido de vibração.

O período e a frequência se relacionam como grandezas inversas. A frequência do movimento é o número de comprimentos de onda contidos dentro da distância percorrida pela onda na unidade de tempo, expressa pela Equação 1:

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

De posse destes conceitos é possível definirmos as equação que descrevem uma onda (HALLIDAY e RESNICK, 1991).

Descrição Matemática de uma Onda

Muitas características das ondas periódicas podem ser descritas mediante os conceitos de velocidade da onda, periódico, frequência e comprimento de onda. Contudo, frequentemente necessitamos de uma descrição mais detalhada das posições e das velocidades de partículas individuais do meio em função do tempo durante a propagação da onda. Para esta descrição precisamos do conceito de função matemática de onda, uma função que descreve a posição de qualquer partícula do meio em função do tempo.

Consideremos a representação exposta na Figura 5, onde temos uma corda tensionada, ou seja, totalmente esticada, podemos identificar como sendo o ponto F a fonte emissora de ondas; e o ponto O como sendo a origem.

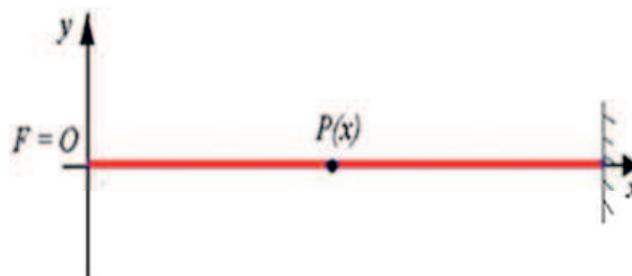


Figura 5 - Corda esticada. Nenhuma força em atuação que provoque oscilação ou vibração.
Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/upload/conteudo/imagens/fonte-emissora-de-ondas-periodica.jpg>

Considerando o tempo igual a zero ($t = 0$). Nesse caso, o ponto F executará um movimento harmônico simples cuja amplitude vale A e a fase inicial θ_0 , ω a velocidade angular ou pulso da onda, t o tempo; de modo que a ordenação y de F variará com o tempo, representado pela Figura 6.

$$X = A \text{ sen} (\omega t + \theta_0) \quad (2)$$

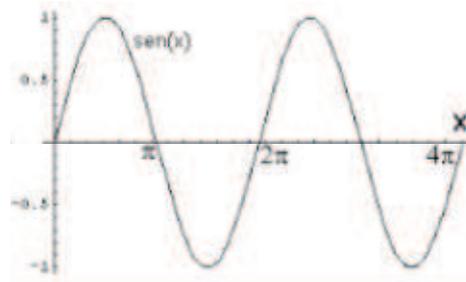


Figura 6 - Representação função senoidal.

Fonte: <http://www.universiaenem.com.br/sistema/faces/pagina/publica/conteudo/texto-html.xhtml?redirect=61999328246008938633521764672>

Caso não ocorra dissipação de energia durante a propagação da onda, podemos dizer que, após certo intervalo de tempo (Δt), o ponto P situado no meio da corda passa a descrever um MHS com o mesmo valor da amplitude A , porém atrasado Δt em relação a F. Como Δt é o intervalo de tempo que a onda levou para atingir P , temos:

$$\Delta t = \frac{x}{v} \quad (3)$$

Na Equação 3, x é a abscissa do ponto P e v é a velocidade com que a onda se propaga na corda. Como indica a Figura 7:

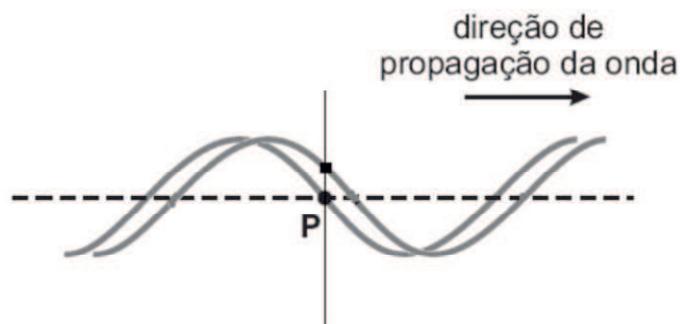


Figura 7 - Propagação da onda na corda, representada pela função seno.
Fonte [http://brasilecola.uol.com.br/upload/conteudo/images/onda\(1\).jpg](http://brasilecola.uol.com.br/upload/conteudo/images/onda(1).jpg)

Assim, o ponto genérico P tem sua ordenada, x , dada em função do tempo é dada pela Equação 4:

$$X = A \text{ sen } [\omega (t - \Delta t) + \theta_o] \quad (4)$$

Lembrando que $\omega = 2\pi f$ e que $\Delta t = x/v$, temos pela relação estabelecida através da Equação 5:

$$X = A \text{ sen } \left[2\pi f \left(t - \frac{x}{v} + \theta_o \right) \right]$$

ou,

$$X = A \text{ sen } \left[2\pi \left(ft - f \frac{x}{v} + \theta_o \right) \right] \quad (5)$$

Substituindo $v = \lambda \cdot f \Rightarrow \frac{f}{v} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_o}$, na Equação 5:

$$X = A \text{ sen } \left[2\pi \left(\frac{1}{T} - \frac{x}{\lambda} + \theta_o \right) \right] \quad (6)$$

Para cada ponto da corda, a abscissa x é fixa e a ordenada x varia em função do tempo, de acordo com essa função representada pela Equação 6.

O som é uma onda que é obtida a partir de uma vibração como, por exemplo, o de um alto falante ao emitir suas ondas frequências, que naturalmente são perceptíveis ao sistema auditivo. Fisicamente, é conhecida como uma onda longitudinal (abordada em uma seção mais anterior), porém, o objetivo é estudá-la através do ar, pois, se sabe que a onda se propaga em fluidos, tanto no ar como em líquidos, e nos sólidos (SEARS, ZEMANSKY, 2003, pág. 252).

O som pode ser caracterizado por uma propagação emitida de uma frente mecânica que se espalha tridimensionalmente pelo espaço, bem como em meios materiais. A sua representação é dada pela Equação 7:

$$y(x, t) = A \text{ sen } (wt - kx) \quad (7)$$

A onda caracterizada pela Equação 7 é representada apenas no eixo x , no qual se propaga positivamente. Os deslocamentos de ondas longitudinais acontecem paralelos à direção de propagação da onda, concluindo-se que x e y também serão paralelos e não perpendiculares, como ocorre na onda transversal (SEARS, ZEMANSKY, 2003, pág. 239-244).

Ao observar isto, podemos ter um entendimento tanto matemático, quanto teórico do que acontece com uma onda sonora. Pensando num melhor entendimento acerca da propagação das ondas sonoras pode-se utilizar a explicação a qual uma fonte que produz som pode ser analisada inicialmente, através da compressão do ar na região próxima, logo em seguida as moléculas de ar dessa região começam a vibrar, transmitindo a perturbação para as moléculas vizinhas, e passando, assim por diante, como observada na Figura 8.

Porém essas moléculas ou partículas não são simplesmente arrastadas, apenas se agitam em sua posição de forma equilibrada. Uma onda sonora se propaga numa sucessão de compressões e rarefações, e em cada material esses movimentos têm uma característica peculiar, como é representada na Figura 8.

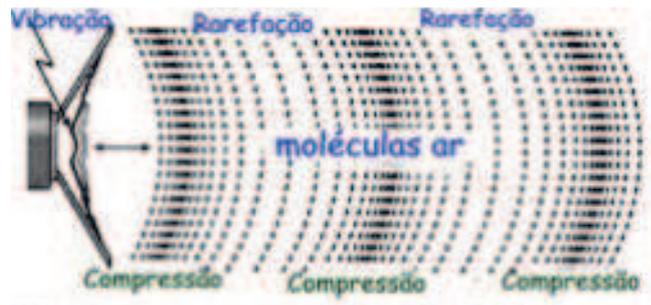


Figura 8 - Representação da propagação de uma onda sonora no ar através de um alto-falante (representação clássica da vibração das moléculas de ar).

Fonte: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99Explor_Eletrizacao/Imagens/Ondas%20sonoras%203.jpg

As ondas sonoras são consideradas periódicas, ou seja, se repetem em intervalos de tempos iguais. Logo sua relação com a velocidade e seu comprimento pode ser representado pela Equação 8:

$$v = \lambda \cdot f \quad (8)$$

É observado, em muitos momentos do estudo ondulatório que a velocidade pode ser determinada pelas propriedades mecânicas do meio em que o movimento está ocorrendo. Sendo assim, a velocidade irá ser proporcional à frequência e inversamente proporcional ao comprimento de onda da onda descrita, de modo que haja uma constância nesse movimento e as frequências possam se propagar com uma mesma velocidade (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 239-244).

A frequência audível humana

A frequência é perceptível por cada ser vivo de uma forma diferente. Sendo assim, as pessoas escutam o som dentro de um nível limite possível. Alguns animais como o cachorro e o morcego tem um limite maior que o das pessoas, escutando sons mais altos e/ou potentes.

A audição humana considerada normal consegue captar frequências de onda sonoras que variam entre aproximadamente 20 Hz e 20000 Hz, como é mostrado na Figura 9. São denominadas ondas de infra-som, as ondas que tem frequência menor que 20 Hz, e ultra-som as que possuem frequência acima de 20000 Hz.

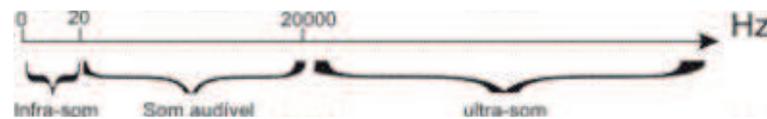


Figura 9 - Representação da escala de frequência de uma onda (do infra ao ultra-som)

Fonte: https://lh3.googleusercontent.com/ohx4nmZiawViS4Bm5E8AIA2N7BivGT-0HgLwWsO_3np-nTUbqJ2vsEqPVL3NRLls3Sgu_Q=s170.

A velocidade do som na água é aproximadamente igual a 1450 m/s e no ar, a 20°C é 343m/s. A propagação do som em meios gasosos depende fortemente da temperatura do gás, é possível inclusive demonstrar experimentalmente que a velocidade do som em gases é dada pela Equação 9.

$$v = \sqrt{k \cdot T} \quad (9)$$

Como exemplo, podemos tomar a velocidade de propagação do som no ar à temperatura de 15 °C (288 K), que tem valor 343 m/s.

O som é caracterizado por três qualidades que dependem da sensação que temos quando o ouvimos, são elas: altura, intensidade e o timbre. Vejamos um pouco mais sobre cada uma delas:

- **Altura:** é uma propriedade relacionada com a frequência e que nos permite classificar o som como agudo ou grave. Quanto maior a frequência, mais agudo (alto) é o som; e quanto menor for à frequência, mais grave (baixo) é o som, podemos perceber este fato através da representação exposta na Figura 10.

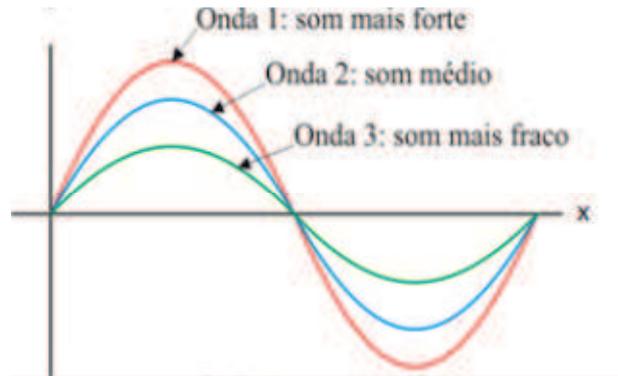


Figura 10 - Representação da altura de ondas sonoras diferentes, perceptível pela amplitude, seus vales e cristas.
Fonte: <http://www.alfaconnection.pro.br/images/OND020210a.gif>

- **Intensidade:** relaciona-se com a energia transportada pela onda sonora e é o que nos permite classificar o som como forte ou fraco. A intensidade também depende da amplitude da onda. Um som com maior amplitude é um som forte, enquanto um som com amplitude pequena é um som fraco. Podemos compreender melhor essas relações através do gráfico exposto na Figura 11.

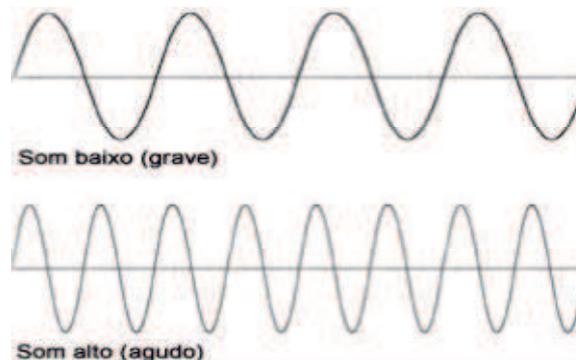


Figura 11 - Representação da intensidade de duas ondas sonoras, em agudo e grave, em uma corda musical, como a de um violão.

Fonte: <http://blog.lojadosomautomotivo.com.br/wp-content/uploads/ondas-sonoras-som-automotivo.png>

A intensidade pode ser classificada como física, quando falamos da medida numérica da energia transportada por unidade de tempo e por unidade de área, e também pode ser fisiológica, se diz respeito à relação entre a intensidade de um determinado som com o som mais fraco que pode ser ouvido.

Sons de pequena intensidade produzem pequenos aumentos de pressão, e sons de grande intensidade produzem grandes aumentos de pressão sobre o tímpano do ouvinte. As diferentes pressões sobre o tímpano é que permitem ao ouvinte comparar sons fortes e sons fracos. Para o cálculo da intensidade sonora temos que:

A intensidade do som é a qualidade que nos permite caracterizar se um som é forte ou fraco e depende da energia que a onda sonora transfere.

A intensidade sonora (I) é definida fisicamente como a potência sonora recebida por unidade de área de uma superfície, ou seja, representada pela Equação 10.

$$I = \frac{P}{A} \quad (10)$$

Como a potência pode ser definida pela relação de energia por unidade de tempo pela Equação 11.

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad (11)$$

Então, também podemos expressar a intensidade pela equação 12.

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} \quad (12)$$

As unidades mais usadas para a intensidade são J/m^2 (Joule por metro quadrado) e W/m^2 (watt metro quadrado).

É chamada mínima intensidade física, ou limiar de audibilidade, o menor valor da intensidade sonora ainda audível, $I_0 = 10^{-12} W/m^2$. É chamada máxima intensidade física, ou limiar de dor, o maior valor da intensidade sonora suportável pelo ouvido, ou seja, $I_{max} = 1 W/m^2$.

Para uma frequência de 1000 Hz, o ouvido humano pode detectar sons com uma intensidade que varia, aproximadamente, de $10^{-12} w/m^2$ (limiar da audição) a $1 w/m^2$ (limiar da dor). Em virtude do tamanho deste intervalo, para expressar a intensidade de um som utiliza-se o nível de intensidade sonora, dado em decibel (dB), definido pela Equação 13.

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (13)$$

Onde I é a intensidade do som e I_0 é o nível de referência tomado como limiar da audição.

O som começa a prejudicar nossa audição a partir de 120 dB. Podemos apresentar, por exemplo, o som de um jardim tranquilo por 20 decibéis, o som dos ponteiros de um relógio por 25 dB, de um bebê chorando 25 dB, em sala de aula barulhenta é próximo a 75 dB ou um show de Rock, que gira em torno de 115 dB.

- **Timbre:** é a característica que permite ao ouvido distinguir sons de altura e intensidade iguais produzidos por instrumentos diferentes. Por exemplo: ao se tocar a nota dó em uma clarineta e

em um piano, mesmo que se toque da mesma altura e mesma intensidade, eles produzirão sons diferentes, podemos perceber essa diferença através da representação exposta na Figura 12.

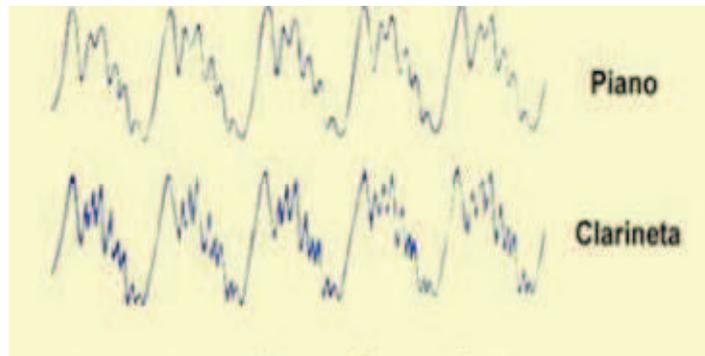


Figura 12 - Representação da intensidade de duas ondas sonoras, referente a instrumentos musicais.
Fonte: <https://n.i.uol.com.br/licaodecasa/ensmedio/fisica/bisq1.jpg>

Intervalo Acústico

A audição humana é capaz de diferenciar algumas características do som como a sua altura, intervalo e timbre.

A altura do som depende apenas de sua frequência, sendo definida como a diferenciação entre grave e agudo. Um tom de maior frequência é agudo e um de menor é grave. O timbre é conhecido como a qualidade do som. É devido a ele que se percebe através de mesma frequência sons de diferentes instrumentos.

Outro fator importante que deve ser analisado são os intervalos musicais entre dois sons que são dados pelo quociente entre suas frequências, como expresso pela Equação 14.

$$i = \frac{f_1}{f_2} \quad (14)$$

Como o intervalo é um quociente entre duas medidas de mesma unidade, este é adimensional. Na música é dada uma nomenclatura para cada intervalo como podemos observar na Tabela 2.

Tabela 2: Representação do intervalo acústico e a razão de frequência.

Intervalo Acústico	Razão de frequência
Uníssono	1:1
Oitava	2:1
Quinta	3:2
Quarta	4:3
Terça maior	5:4
Terça menor	6:5
Sexta maior	5:3
Sexta menor	8:5
Tom maior (M)	9:8
Tom menor (m)	10:9
Semitom (s)	16:15

Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/intervalo.php>

As notas musicais de mesmo nome são separadas por um intervalo de uma oitava (2:1), representadas através da escala exposta na Figura 13.

		<i>Frequência em Hz</i>									
<i>Nota musical</i>	<i>-</i>	<i>1° Oitava</i>	<i>2° Oitava</i>	<i>3° Oitava</i>	<i>4° Oitava</i>	<i>5° Oitava</i>	<i>6° Oitava</i>	<i>7° Oitava</i>	<i>8° Oitava</i>	<i>9° Oitava</i>	<i>-</i>
Dó		33	66	132	264	528	1056	2112	4224	8448	16896
Dó #		34,947	69,894	139,79	279,6	559,15	1118,3	2236,6	4473,2	8946,4	17893
Ré		37,026	74,052	148,1	296,2	592,42	1184,8	2369,7	4739,3	9478,7	18957
Ré #		39,237	78,474	156,95	313,9	627,79	1255,6	2511,2	5022,3	10045	20089
Mi	20,79	41,58	83,16	166,32	332,6	665,28	1330,6	2661,1	5322,2	10644	
Fá	22,03	44,055	88,11	176,22	352,4	704,88	1409,8	2819,5	5639	11278	
Fá #	23,33	46,662	93,324	186,65	373,3	746,59	1493,2	2986,4	5972,7	11945	
Sol	24,72	49,434	98,868	197,74	395,5	790,94	1581,9	3163,8	6327,6	12655	
Sol #	26,19	52,371	104,74	209,48	419	837,94	1675,9	3351,7	6703,5	13407	
Lá	27,75	55,506	111,01	222,02	444	888,1	1776,2	3552,4	7104,8	14210	
Lá #	29,4	58,806	117,61	235,22	470,4	940,9	1881,8	3763,6	7527,2	15054	
Si	31,15	62,304	124,61	249,22	498,4	996,86	1993,7	3987,5	7974,9	15950	
Dó	33	66	132	264	528	1056	2112	4224	8448	16896	

Figura 13 - Frequência das notas musicais, das partituras para piano e/ou teclado.

Fonte: <https://professormarcelomusico.wordpress.com/>

A velocidade do som

As ondas se caracterizam por ser um transporte de energia, associado a uma oscilação da matéria. A energia se propaga através da interação de elementos de volume adjacentes. Como cada material se caracteriza por um arranjo específico da matéria, a interação entre os elementos de volume adjacentes se dá de um modo peculiar para cada material que consideremos. Por isso a onda sonora se propaga com uma velocidade diferente para cada meio. Em particular, a sua velocidade do som no ar é de $V_{\text{som}} = 343 \text{ m/s}$ (HALLIDAY e RESNICK, 1991).

A velocidade do som em qualquer meio é dada por pela Equação 15.

$$v = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} \quad (15)$$

Onde: β é uma grandeza chamada de elasticidade volumar, que determina as características das substâncias ao serem comprimidas, e ρ é a densidade do fluido. Definida pela Equação 16.

$$B = - \frac{\Delta p}{\Delta V/V} \quad (16)$$

Propagação de ondas sonoras

À medida que uma onda sonora avança num tubo, cada volume elementar do fluido oscila em torno de sua posição de equilíbrio. Os deslocamentos se realizam para direita e para esquerda sobre a direção x , na qual a onda se propaga. De modo geral, uma onda progressiva $s(x,t)$ que se propaga no sentido positivo do eixo x , tem a forma seguinte expressa na Equação 17.

$$S(x, t) = f(x - vt) \quad (17)$$

Movimento Harmônico Simples

Um objeto ao ser posto para vibrar e, se o mesmo estiver em um local o qual as moléculas possam entrar neste estado de propagação resultando em um som, podemos nomear de um movimento harmônico simples (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 36-42). Harmonia é o que se observa quando se vê uma orquestra se apresentando. Esse nome, harmônico, significa que um determinado corpo pode executar um movimento periódico e o mesmo

sempre possuirá uma posição de equilíbrio estável (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 36-42).

O violão, ao ser dedilhado, depois de certo momento o qual o seu tocador não mexerá mais em suas cordas, voltará ao ponto de equilíbrio, assim como um piano (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág.36-42). O momento que se perturba esse equilíbrio, provocamos a sonoridade de cada instrumento. Eles estão acoplados a cordas ou tubos que propagam aos nossos ouvidos sinfonias de diferentes formatos, timbres (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 36-42).

Os tipos mais simples de Movimento Harmônico Simples podem ser observados quando a força restauradora F é diretamente proporcional ao deslocamento x , posição em que se encontra o equilíbrio (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 36-42). Isso deverá acontecer se a mola do sistema for dita como ideal, ou seja, acontecer de acordo com a Lei de Hooke ($F = -kx$), como pode ser observada na Figura 14.

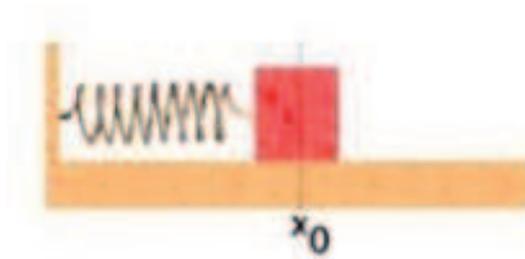


Figura 14 - bloco representando a posição de ponto de equilíbrio num sistema bloco-mola.
Fonte: <https://pt.scribd.com/doc/172112370/Movimento-Harmonico-Simples>

Em relação à Lei de Hooke, apresentada logo acima, pode-se entender como k a sua constante em N/m, F como a força em Newtons e x o deslocamento do sistema bloco-mola (Figura 14). O sinal negativo da equação representa o que se chama de força restauradora exercida por uma mola ideal, também podendo representar que a aceleração possui sentido contrário ao movimento, não necessariamente sendo uma aceleração constante (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 36-42).

Quando essa força for diretamente proporcional ao deslocamento da definida posição de equilíbrio, representada por x_0 na Figura 14, e visto na equação da Lei de Hooke ($F = -kx$), a oscilação ocorrida no sistema é chamado MHS (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 36-42).

É necessário entender que o nome harmônico simples carrega consigo também movimentos periódicos. Porém nem todos os movimentos harmônicos serão periódicos, pois, a força restauradora depende do deslocamento do sistema (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 36-42).

Interferência

A interferência ocorre quando um grupo de duas ou mais ondas entram em sobreposição em uma região no espaço (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 279), como por exemplo, uma onda estacionária (que será visto posteriormente), onde duas ondas se propagam em sentidos opostos e se superpõem formando uma onda que tem nós e ventres que não se movem.

Os altos falantes com amplificadores provocam ondas sonoras que causam interferência, ondas sonoras com mesma frequência (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 279). Os efeitos da interferência são usados para impedir ou fazer o controle com ruídos quando existem fontes sonoras muito intensas próximas (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 280).

Ondas Estacionárias

No estudo das ondas existem características importantes a serem citadas como o estudo de transporte de energia sem a matéria que se diz deformações que se propagam e podem passar por uma determinada região ao mesmo tempo (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 265-269).

Quando se observa ondas que se propagam em uma mesma região, vindo em direções contrárias só que com mesma amplitude, comprimento e frequências, configuram-se o que se chama de uma interferência, ou seja, uma onda estacionária (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 265-269). Por padronização não se constitui como a evidente representação de uma onda, em termos, porém de uma partícula que apresenta um padrão de interferência (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pag. 265-269).

O termo interferência, no caso, representa o resultado de duas ou mais ondas que passam num mesmo local ao mesmo tempo. Numa onda desse tipo é perceptível a sua oscilação de cima para baixo em forma de MHS (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 265-269). O movimento ondulatório se apresenta quando duas ondas, por exemplo, se combinam e não se observa mais duas ondas vindas de sentidos opostos, como pode ser observado no dedilhar de um violão.

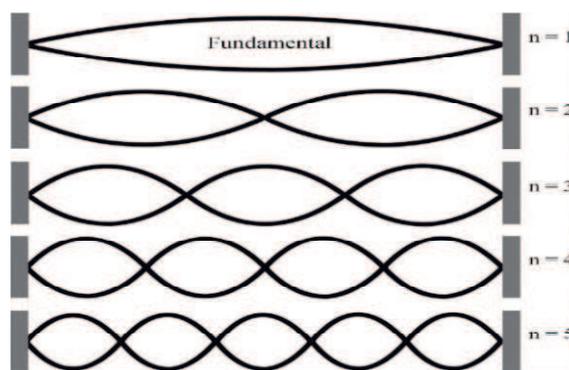


Figura 15 – Sobreposição: Interferência de ondas estacionárias.

Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172015000200017

Observando a Figura 15, que nas cordas a amplitude e a configuração da onda se desenvolvem com a mesma velocidade da onda. As ondas parecem estar subdivididas em diversos segmentos como representado. A configuração da corda aparece inalterada em todas as sobreposições da Figura 15 e as suas amplitudes aparentam flutuarem, existindo alguns pontos que não se movem, esses pontos são os nós. Entre os nós encontram-se os ventres, onde essa amplitude é máxima.

Percebe-se que em todas as ondas representadas por cada corda da Figura 15, aparentam não se mover, apesar de estarem oscilando. Para esse fenômeno nomeia-se de onda estacionária (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 265-269). As ondas incidente e refletida são explicadas através do princípio da superposição de ondas.

Tubos sonoros

Estuda-se a vibração de molas e cordas para a explicação de ondas. No entanto, as partículas de ar que se encontram dentro de recipientes, ou fechados ou abertos, podem transportar energia vibrando suas partículas.

Essas vibrações produzem frequências sonoras que são observadas em tubos como instrumentos musicais, como o violão, piano e, são conhecidos como tubos sonoros. Dentro dos mesmos são produzidas vibrações que se estendem pelo instrumento e, produzem sons de formas concisas e apropriadas a partir de seu manuseio.

Esses tubos são classificados como abertos e fechados. Os tubos abertos possuem as duas extremidades abertas e, os tubos fechados que são os que têm uma única extremidade aberta (flauta, clarinete).

Tubos abertos

Considerando um tubo sonoro de comprimento L , cujas ondas se propagam a uma velocidade v . Os abertos apresentam diferentes comprimentos de onda, como observado na Figura 16.

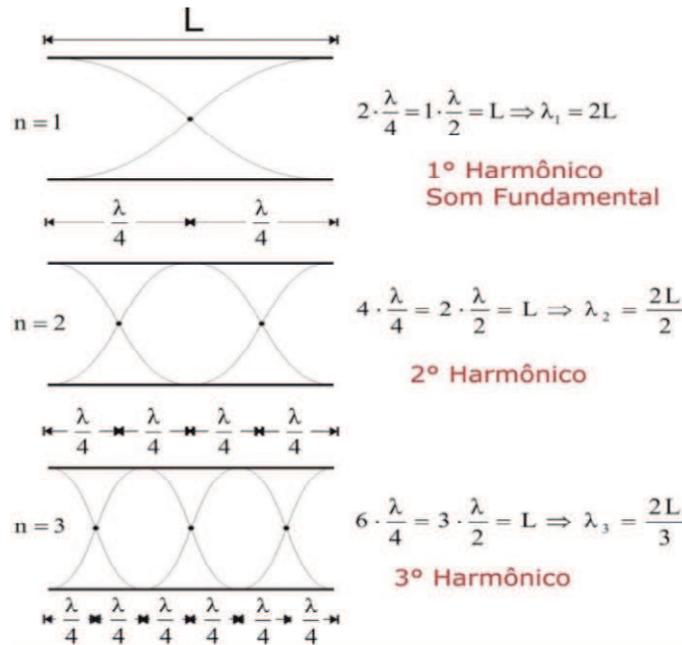


Figura 16 - Ondas estacionárias em tubos abertos.

Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/figuras/tubo1.jpg>.

As maneiras de vibrar podem, partindo destes exemplos, ser generalizadas por:

$$n \cdot \frac{\lambda n}{2} = l \Rightarrow \lambda n = \frac{2l}{n} \quad \text{onde } n = 1, 2, 3, \dots$$

E as frequências dos harmônicos são dadas pela relação:

$$fn = \frac{v}{\lambda v} = \frac{v}{\frac{2l}{n}} \Rightarrow fn = n \cdot \frac{v}{2l}$$

$$\Rightarrow fn = n \cdot f_1 \quad \text{onde } n = 1, 2, 3, \dots \quad (19)$$

Como n não tem restrições, no tubo aberto, obtêm-se frequências naturais de todos os harmônicos.

Tubos fechados

Considerando um tubo sonoro de comprimento L , cujas ondas se propagam a uma velocidade v . As possíveis configurações de ondas estacionárias podem ser observadas na Figura 17:

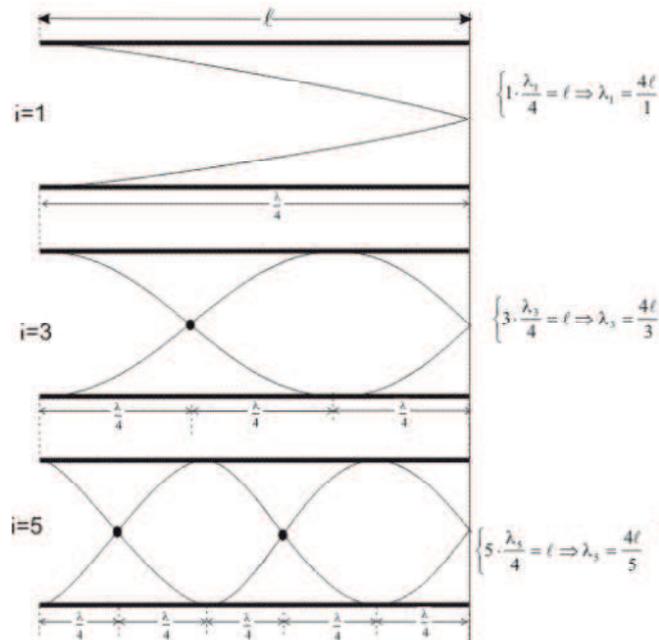


Figura 17 - Ondas estacionárias em tubos fechados.

Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatória/Acústica/figuras/tubo1.jpg>.

As maneiras de vibrar podem, partindo destes exemplos, ser generalizadas através da Equação 20.

$$i \cdot \frac{\lambda_i}{4} = L \Rightarrow \lambda_i = \frac{4L}{i} \quad (\text{onde } i = 1, 3, 5, \dots) \quad (20)$$

E a frequência dos harmônicos é dada pela Equação 21.

$$f_i = \frac{v}{\lambda_i} = \frac{v}{4L/i} \Rightarrow f_i = i \cdot \frac{v}{4L} \Rightarrow f_i = i \cdot f_1 \quad (\text{onde } i = 1, 3, 5, \dots) \quad (21)$$

Em um tubo fechado, obtêm-se apenas frequências naturais dos harmônicos ímpares. Onde f_1 representa a frequência para o primeiro harmônico.

O Efeito Doppler

Quando se observa, por exemplo, uma ambulância com a sirene ligada, ao se aproximar e ao se afastar percebe-se uma diferença em sua sonoridade, que associamos ao que chamamos de frequência. Esse tipo de fenômeno foi descrito por um austríaco, Christian Doppler, que nomeou o mesmo de Efeito Doppler (SEARS e ZEMANSKY, 2003, pág. 299).

Este fenômeno ocorre um movimento relativo entre a fonte sonora e um observador, onde suas frequências de sons são diferentes, tanto a que chega ao observador quanto a que sai da fonte.

Para isso, fazem-se relações entre a fonte sonora e o observador. A primeira que podemos apresentar é quando o observador O se move com velocidade v_o se aproximando de uma fonte S, como é representado na Figura 18. A fonte deve emitir uma onda sonora de frequência f_s e comprimento de onda $\lambda = v/f_s$. Conseqüentemente, as ondas sonoras que se aproximam do observador tem uma relação descrita como $(v + v_o)$. De maneira que as ondas que chegam ao observador e podem ser descritas como indica a Equação 22 e 23.

$$f_o = \frac{v+v_o}{\lambda} = \frac{v+v_o}{v/f_s} \quad (22)$$

Ou,

$$f_o = \left(\frac{v+v_o}{v}\right) f_s = \left(1 + \frac{v_o}{v}\right) f_s \quad (23)$$

Onde o termo f_o representa a frequência percebida pelo observador (chamada frequência aparente) e f_s é a frequência emitida pela fonte (chamada frequência real).

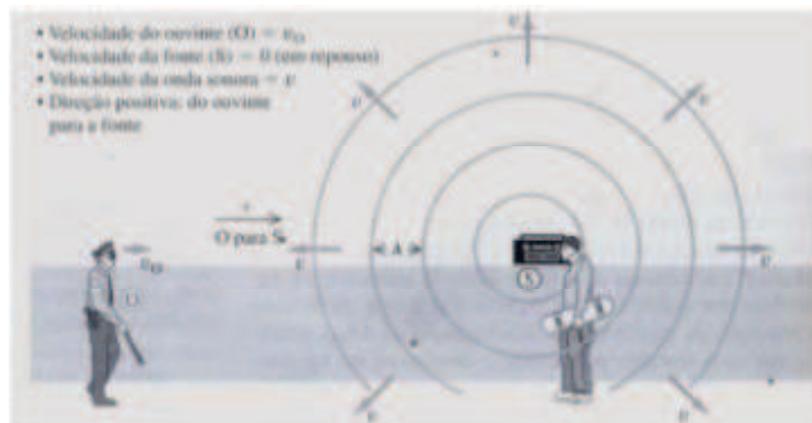


Figura 18 - Efeito doppler de fonte em movimento e o observador em repouso.
Fonte: Física II, Halliday – Ed.5

Já para a fonte em movimento e o observador se movendo, a velocidade da onda seria v ; a mesma não se modifica quando a fonte se move. No entanto, o seu comprimento de onda é v/f_s . Neste caso, o tempo para emissão de um ciclo é dada por $T = 1/f_s$. Durante este momento a onda se desloca $vT = v/f_s$ e a fonte se moveu com $v_s T = v_s/f_s$. Podemos

expressar o comprimento de onda na frente de uma fonte que se move como indica a Equação 24.

$$\lambda = \frac{v}{f_s} - \frac{v_s}{f_s} = \frac{v-v_s}{f_s} \quad (24)$$

E para o comprimento de onda atrás de uma fonte que se move é expresso na Equação 25.

$$\lambda = \frac{v+v_s}{f_s} \quad (25)$$

Devido ao movimento da fonte, as ondas são comprimidas na frente e esticadas atrás da mesma. Sendo assim, se substituirmos as Equações 25 e 24 na Equação 22, encontramos a seguinte relação indicada pela Equação 26:

$$f_o = \frac{v \pm v_o}{v \pm v_s} f_s \quad (\text{Efeito Doppler, fonte e o observador em movimento}) \quad (26)$$

Se houver aproximação, a frequência aparente da onda recebida pelo observador fica maior que a frequência emitida. No caso de afastamento, a frequência aparente diminui.

3. PERCURSO METODOLÓGICO

Nesse capítulo, descreveremos a metodologia utilizada, a qual teve como objetivo principal verificar as potencialidades de utilizar atividades experimentais com uma abordagem investigativa, como estratégia para construção de conceitos de Física, mais especificamente conceitos relacionados às ondas sonoras.

Com o intuito de atender ao objetivo, escolhemos trilhar dentro da chamada “pesquisa qualitativa”, tal como é caracterizada por vários autores (LÜDKE e ANDRÉ, 1986; TRIVIÑOS, 1987). Pelas especificidades de nossos objetivos, entendemos o estudo de caso e o relato de experiência como procedimentos metodológicos que melhor atendem as nossas necessidades, e para tanto usamos técnicas de pesquisas diferenciadas, as quais são expostas na descrição de cada uma das etapas desenvolvidas.

A apresentação do capítulo foi feita em duas seções, cada uma delas abordando o percurso metodológico seguido nas respectivas etapas da pesquisa.

3.1. ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Tomando como base os estudos teóricos realizados para este trabalho, iniciamos a elaboração da proposta a ser utilizada na intervenção, a qual se aporta nos seguintes pontos:

- Escolha da turma a participar da intervenção e dos integrantes da pesquisa: A turma escolhida foi constituída por 25 (vinte e cinco) estudantes do 2º ano do Ensino Médio, modalidade regular, de uma escola pública estadual da cidade de Areia-PB.
- Escolha do tema a ser abordado: A escolha do tema ondas sonoras se deu, em primeiro momento, por ser um conteúdo que apresenta um grande número de conceitos físicos envolvidos, bem como um grande número de situações vivenciadas pelos estudantes no cotidiano. Além disso, pela importância que o conteúdo assume dentro do currículo de Física para a turma objeto do estudo, 2º ano do Ensino Médio.
- Definição das situações problema experimentais utilizadas: As situações problema experimentais foram escolhidas pensando em apresentar mais uma possibilidade de trabalhar a abordagem investigativa e problematizadora, utilizando-se da experimentação como uma possibilidade a ser apresentada ao professor, de forma que mesmo aquele que não tem a oportunidade de elaborar atividades experimentais para utilizar em suas aulas, com pequenas adaptações nas situações problema apresentadas, atreladas a uma abordagem investigativa, consiga trabalhar a proposta de forma eficaz.

- Estruturação da proposta de intervenção: A proposta foi elaborada no formato de sequência didática (Apêndice A), tendo um tema central e situações problema experimentais que têm o papel de servir de base para uma investigação que possa conduzir a uma construção dos conceitos envolvidos na situação.

3.2. INTERVENÇÃO E AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

A intervenção foi desenvolvida em uma escola da rede estadual de ensino situada na cidade de Areia - PB, composta por 25 (vinte e cinco) estudantes do 2º ano do Ensino Médio, na modalidade regular, durante os meses de maio e junho de 2017.

A proposta de intervenção foi desenvolvida em 13 (treze) aulas de 45 minutos cada, totalizando um tempo total de aproximadamente 10 (dez) horas.

Para a avaliação da proposta foi realizada através da observação e acompanhamento dos estudantes durante as aulas com as situações problema experimentais e abordagem investigativa (aplicação da proposta).

A turma participante foi observada durante toda a intervenção, e o envolvimento dos estudantes, que foram divididos em 5 grupos de 5 estudantes cada um, nos passos da investigação e na resolução dos problemas serviram de parâmetros para a análise referente à compreensão dos conceitos trabalhados.

Os dados para essa análise foram obtidos a partir de dois momentos: o primeiro, relativo às observações durante as intervenções e foi construído a partir do material produzido durante a utilização da proposta, onde foi utilizado um diário de campo, para facilitar as análises posteriores. O segundo a partir de um questionário avaliativo (Apêndice C), com o qual pretendíamos entender qual a opinião dos estudantes acerca da intervenção vivenciada, ou seja, das atividades e metodologia utilizadas.

4. RELATO DA PROPOSTA VIVENCIADA E AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo, apresentamos o relato da experiência vivenciada em sala de aula quando da utilização da sequência didática (Produto Educacional) elaborada, bem como a avaliação desta sequência pelos envolvidos no processo, os estudantes.

As frases dos alunos neste trabalho foram transcritas na íntegra a partir das atividades trabalhadas e do questionário aplicado no último encontro.

4.1. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA (PRODUTO EDUCACIONAL) ELABORADA

A sequência didática, produto educacional, elaborada teve como finalidade avaliar a utilização de situações problema com uma abordagem investigativa em atividades experimentais como elemento facilitador para a construção de conceitos de Física. O tema escolhido para a realização da sequência didática trata de conceitos relacionados ao estudo das ondas sonoras, por ser um tema de grande importância para os estudos posteriores no contexto da Física. Portanto, elaboramos uma intervenção que foi realizada em uma turma de 2º ano do Ensino Médio regular, no ano de 2017, composta por 25 (vinte e cinco) estudantes, os quais todos participaram da intervenção.

A professora pesquisadora ministra a disciplina de Física para a referida turma, e, dessa forma, a proposta foi elaborada para acontecer em treze aulas, de quarenta e cinco minutos, somando aproximadamente dez horas, acontecendo dentro das aulas regulares da turma.

Devemos destacar o fato de que a sequência didática foi elaborada para alcançar os objetivos descritos em cada atividade, no entanto essa pode ser modificada e adaptada para outras situações que apresentem propósitos diferentes, bem como os problemas, passos de investigação e as discussões podem apresentar modificações diante de cada realidade escolar. A sequência didática que constituem o produto educacional encontram-se no apêndice A.

4.2. RELATO DA EXPERIÊNCIA VIVENCIADA

Para descrição do relato da experiência vivenciada foi dividido de acordo com as intervenções realizadas.

Intervenção I

Inicialmente, começamos fazendo uma introdução do tema destacando a importância da comunicação para uma vida em sociedade, destacando as características gerais das ondas mecânicas e das ondas eletromagnéticas.

Depois pedimos aos estudantes que observassem a seguinte tirinha representada pela Figura 19.



Figura 19 - Representação do uso da onda mecânica, no qual as crianças tentam se comunicar através de um dispositivo mecânico rústico e a outra criança com um dispositivo moderno, que se comunica através de ondas eletromagnética.

Fonte: vidadesuporte.com.br

E em seguida realizamos a seguinte indagação: **Explique como ocorre o funcionamento do telefone com fio usado como brinquedo na infância por muitas crianças através dos fenômenos físicos?** Nesse momento, os estudantes foram unânimes em afirmar que o som é uma onda mecânica, que por sua vez, é uma onda sonora, apresentando justificativas diferentes.

“A onda mecânica é transmitida pelo fio e logo é uma onda sonora, porque onda mecânica precisa de um meio material para se propagar, no caso, é o fio” (Grupo 1).

“A voz passa pelo fio sendo assim, uma onda sonora que é uma mecânica” (Grupo 2).

“As ondas são captadas pelo fio produzindo as ondas sonoras que são ondas mecânicas” (Grupo 3).

Com o objetivo de consolidar os conhecimentos e direcionando a discussão para as ondas sonoras e a compreensão do som, diante dessas respostas, perguntamos: **Algumas pessoas se perguntam como é que uma pessoa fala e a outra escuta? Como a fala de uma pessoa é conduzida até a outra?** Nesse momento, tínhamos a intenção de observar as

argumentações e levantar hipóteses para consolidar as suas respostas e direcionar para o entendimento que o som é uma onda mecânica.

Nessa questão, os estudantes afirmaram que o som é uma onda mecânica e que a mesma necessita de um meio para que se propague.

“o ar expirado que faz as cordas vogais vibrarem formando assim a onda sonora que vai até a outra pessoa, então a voz é ouvida e lembrando que a onda sonora é uma onda mecânica” (Grupo 1).

“Ondas mecânicas que se propagam no ar” (Grupo 3).

“São ondas mecânicas que precisam de um meio material para se propagar, no caso o ar para que a outra pessoa escute” (Grupo 5).

A partir dessa discussão foi possível construir o conceito de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.

Depois desse momento, em que já construímos os conceitos de onda mecânica, no intuito de compreender as características desses tipos de onda, propomos o seguinte questionamento direto: **O que você compreende que seja uma onda mecânica?** Pudemos perceber que, todos os grupos de forma intuitiva disseram que:

“onda mecânica precisa de um meio material para se propagar” (Grupos 1,2,3,4,5).

Em seguida, indagamos **O telefone com fio e o smartphone tem o mesmo princípio de funcionamento?** Esse questionamento os estudantes afirmaram que o telefone com fio usa ondas mecânicas para funcionar e os meios de comunicação, seja rádio, TV ou celular, usam as ondas eletromagnéticas.

“O telefone com fio o que acontece é que o fio transporta a onda, ou seja, é uma onda mecânica e o smartfone é uma onda eletromagnética não precisa de um meio para se propagar e são usados amplamente na telecomunicação” (Grupo 1).

“Não tem o mesmo princípio de funcionamento com fio é mecânica e sem fio é eletromagnética” (Grupo 4).

“Com fio é mecânica precisa de um meio material para se propagar e sem fio não precisa com é o caso, por exemplo, rádio, TV” (Grupo 5).

Depois de formalizadas as ideias principais nos momentos anteriores, realizamos em seguida uma atividade experimental simples e de fácil construção, o telefone com fio, com este pequeno brinquedo podemos compreender o fenômeno de transmissão do som através de corpos sólidos.

Para a atividade de construção o material foi entregue sendo, copos plásticos descartáveis (pelo menos 2) linha de pipa ou com resistência parecida (2 m a 5 m) e palitos de dente a cada grupo e confeccionaram o brinquedo.

Em seguida, indagamos: **Depois de ter confeccionado o aparato, telefone com fio, será que o som vai chegar até seu amigo que vai esta do outro lado?** Novamente, os estudantes, em geral, responderam que sim. Nesse momento, foi possível manter uma discussão no intuito de construir o conceito que som se propaga através de ondas sonoras e essas pequenas ondas vão se propagar pelo fio.

“Sim, porque as ondas se propagam pela linha” (Grupo 1).

“Sim, porque o som passa pela linha” (Grupo 2).

“Sim, porque o fio transporta a onda” (Grupo 3).

Formalizadas as ideias principais, depois pedimos aos estudantes que observassem a seguinte tirinha que esta representada pela Figura 20.

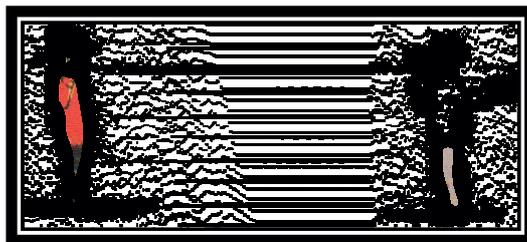


Figura 20 - Duas crianças utilizando um dispositivo mecânico que se assemelha ao telefone com fio.
Fonte: www.prof2000.pt

Em seguida, indagamos: **Do jeito que está mostrando a linha na figura o som vai conseguir chegar até seu amigo?** As respostas foram unânimes afirmando que sim, o que nos levou a discutir e concretizar a ideia que o som da voz é transformado em vibrações que depois é novamente transformado em som, fazendo com que a pessoa que esteja do outro lado ouça o que foi dito por você.

“Sim, mas a linha tem que esta esticada, se a linha não estiver esticada a ligação fica caindo” (Grupo 1).

“Sim, só escutamos porque a linha esta bem esticada” (Grupo 3).

“Sim, a voz passa pelo fio porque a linha esta esticada” (Grupo 5).

Diante dos questionamentos feitos, *os estudantes do Grupo 1*, foram capazes de perceber que podiam fazer modificações no experimento para que novas estratégias fossem criadas, logo eles entenderam que podiam manusear o experimento e fazer uma ligação cruzada usando o telefone com fio da outra equipe. Diante das discussões nos permitiram construir a ideia e explicar que a onda sonora vibra o copo que, por sua vez, vibra a linha.

Ato contínuo, diante de uma nova situação, questionamos: **Se você segurar na linha com o dedo, o som vai chegar até o outro lado?** Os estudantes afirmaram que não seria possível. A linha propaga o som através da vibração de suas moléculas, levando a onda para o outro copo que funcionará como uma espécie de alto-falante.

“Não porque o dedo esta impedindo que a onda se propague” (Grupo 1)

“Pega não” (Grupo 4).

“Não vai chegar” (Grupo 5).

Intervenção II

A segunda intervenção começou através de uma discussão a respeito do som que os estudantes escutam todos os dias. A natureza é encantadoramente cheia de sons e logo em seguida foi feito alguns questionamentos introdutórios. **Por que conseguimos ouvir sons distantes? Como eles chegam até nós?**

Com o intuito de realizarmos a avaliação da aprendizagem, pedimos que os estudantes colocassem suas ideias detalhadamente em um cartaz, então, cada estudante em seus grupos, deram suas respostas individuais e conseguimos chegar a um conceito mais adequado e formulamos respostas grupais, e essas respostas foram expostas no cartaz através de desenhos e o debate foi promovido na sala de aula.

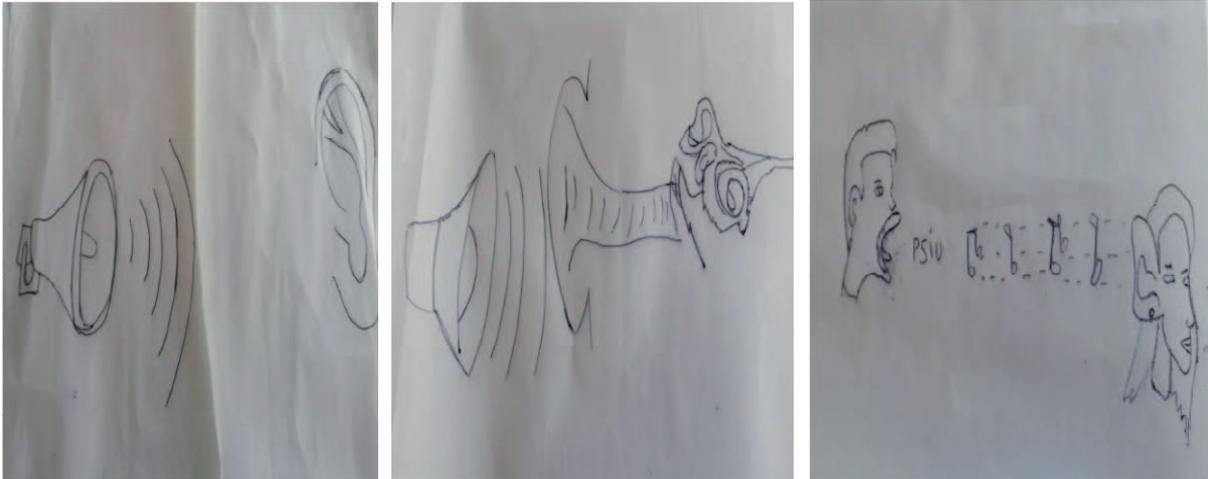


Figura 21 - Representação das ideias dos estudantes através de desenhos.

Nas aulas anteriores, o conceito de onda sonora, que é uma onda mecânica, já havia sido formalizado, o que nos permitiu partir dessa construção dar continuidade a nossa discussão.

Pedimos para os estudantes fazerem um silêncio absoluto para ouvir o som do ambiente que a escola se encontra. Por que estamos ouvindo esses sons? Os estudantes, por unanimidade, responderam que o som como onda mecânica é necessário um meio material para que ele se propague.

“O som se expande em varias direções ao mesmo tempo e usa o ar para chegar até nossos ouvidos” (Grupo 1).

“Você pode ouvir sons distantes por conta do ar” (Grupo 2).

“Pode ouvir por conta do vento que é o movimento do ar” (Grupo 3).

Diante disso, indagamos: **Como o som chegou a esta sala?** Foi possível perceber que os estudantes, embora identifiquem o som, eles ficaram confusos na hora de formar as ideias e explicar o fenômeno da reflexão das ondas.

“Porque os nossos ouvidos captam determinada frequência e ocorre interação do vento que movimento no ar” (Grupo 1).

“Porque os nossos ouvidos captam determinada frequência e ocorre a interação do vento que produz movimento do ar” (Grupo 2).

“O som é dispensado através do ar e chega até nossos ouvidos” (Grupo 3).

Diante das discussões, decidimos citar como exemplo, a própria estrutura da sala de aula, e juntos chegamos ao conceito que as paredes rígidas refletem o som e isso permite que quando se está falando não é preciso gritar tanto como se estivesse em um ambiente aberto e o fenômeno da reflexão das ondas ajuda o som a chegar aos nossos ouvidos.

Depois de formalizados os conceitos, pedimos aos estudantes que observassem a Figura 22 representada pela seguinte tirinha.



Figura 22 - Ilustração de como pode ocorrer efeito da ressonância no meio material do ar e em outros objetos, como as taças do garçom.
Fonte: www.monica.com.br

Depois de apresentada a tirinha, questionamos aos estudantes: **Como mostra a tirinha Mônica está gritando muito com o Cebolinha. Com o grito a Mônica conseguiu quebrar o quê? Porque isso aconteceu? Quais os conceitos físicos que existem?** Nesse momento, os estudantes disseram que o que iria quebrar seria as taças. Com as seguintes justificativas:

“As taças iram quebrar porque Mônica ao gritou provocou um certo timbre que era o mesmo que o vidro tinha, provocando assim a sua quebra” (Grupo 1).

“Ela conseguiu quebrar as taças de vidro, porque as ondas sonoras de sua voz fez com que as taças vibrassem, assim, não suportou seu timbre e estouraram” (Grupo 3).

“Conseguiu quebrar as taças, através das vibrações causadas pelas ondas sonoras” (Grupo 5).

A partir dessas respostas, foi possível também aproximar a discussão no sentido de estabelecer a compreensão que quando uma onda periódica atinge um determinado corpo com uma frequência igual à frequência de vibração desse corpo, ocorre o fenômeno da ressonância.

Diante das discussões pedimos aos estudantes que observassem a seguinte tirinha, ilustrada pela Figura 23.



Figura 23 - Ilustração do uso das cordas vocais e as vibrações que se propagam no ar, de forma bem humorada.
Fonte: www.monica.com.br

Depois de apresentada a tirinha, o seguinte questionamento foi apresentado: **Como mostra a tirinha Magali esta cantando. Quem é a fonte receptora e a fonte emissora?** Os estudantes, por unanimidade, responderam que a fonte receptora são seus amigos e a fonte emissora é Magali. Porém a resposta do *Grupo 1* chamou a atenção, representada na seguinte fala:

“Quando alguém fala o som é transmitido pela oscilação das cordas vocais e quando escutamos alguém falar é porque tem algo está vibrando e faz o som que escutamos” (Grupo 1).

Nesse momento, conduzindo para a formalização dos conceitos e de modo intuitivo os estudantes responderam que a fonte emissora é quem esta falando e a fonte receptora é quem esta escutando, porém direcionando os estudantes com esses questionamentos, conseguimos fazer com que eles entendessem que 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.

Diante disso, tivemos a oportunidade de indagar: **Quem tem a voz mais grossa os homens ou as mulheres?** De maneira geral, os estudantes responderam que os homens tem a voz mais grossa. Com as seguintes justificativas:

“Os homens, porque as cordas vocais dos homens são maiores e se movimentam mais do que as das mulheres” (Grupo 1).

“A voz mais grossa é a dos homens, mas depende em alguns casos” (Grupo 4).

“A voz da mulher é fina a do homem que é grossa” (Grupo 5).

A partir disso, foi possível direcionar as discussões no sentido de consolidar as ideias. Dentre as explicações expostas os estudantes responderam que a voz mais grossa é a do homem e a da mulher é mais fina. Foi possível também aproximar as discussões no sentido de estabelecer a formalização dos conceitos de frequência do som, quanto maior for à frequência de uma onda sonora mais aguda será o som, e assim, discutimos esses conceitos, os homens, geralmente, têm voz mais grave, ou seja, voz mais “grossa”. As mulheres, por sua vez, apresentam voz mais aguda, ou seja, mais fina e delicada.

Nesse momento, o *Grupo 4* respondeu: *“Professora então o som agudo é o som mais forte e o som grave é o mais fraco”*. A partir dessa resposta, percebemos que, embora usemos nomes diferentes, os estudantes conseguem compreender.

Logo após para consolidar a ideia o *Grupo 1* respondeu : *“Professora, sendo assim diante de tudo que foi dito chegamos a conclusão que a voz do homem tem menor frequência de vibração do que a voz da mulher”*.

Depois de formalizadas as ideias principais, com o intuito de proporcionar aos estudantes a vivência de dois importantes passos na construção do conhecimento através da investigação foram realizadas a resolução de duas atividades com problemas experimentais.

Nesse momento a primeira atividade experimental foi estabelecida através de um experimento simples e de fácil construção que chamamos de diapasão que é um instrumento utilizado para afinar instrumentos musicais, é um bom instrumento sonoro, como podemos ver na Figura 24. Colocado a vibrar por um golpe, suas hastes emitem determinada nota musical. O material foi entregue a cada grupo, os quais confeccionaram o diapasão.



Figura 24 - Apresentação de como se pode transformar instrumentos musicais, como o diapásão, através de utensílios domésticos.

Fonte: <http://elaine-prado.blogspot.com.br/>

Questionamos em seguida: **Quando o diapásão não vibra é possível ouvir o som?**

Os estudantes, por unanimidade, responderam que não, porém conduzindo todas as falas e levando os estudantes aos questionamentos, conseguimos chegar até a formalização dos conceitos e com isso os estudantes entenderam que não há transmissão do som porque um determinado corpo não está vibrando.

Para consolidar a ideia exemplificamos com outra situação: **Como o som do diapásão chega aos nossos ouvidos?** Foi possível perceber que, embora identifiquem que o diapásão a partir do toque é criado uma vibração não compreendem o conceito de uma forma geral, as ideias ainda estão soltas.

“A colher no experimento possui um tipo de vibração, onde a onda se propaga pelo fio até chegar ao ouvido” (Grupo 1).

“É propagado por meio de ondas sonoras” (Grupo 2).

“Por causa da vibração da linha causada pela batida das colheres” (Grupo 3).

“Através da linha que transmite a vibração sonora” (Grupo 4).

No caso, podemos entender que os estudantes pensam de maneira que a linha ao ser tocada vai vibrar e o som é uma onda sonora, a partir desse momento foi possível aproximar as discussões no sentido de estabelecer a formalização para os conceitos, portanto chegando a compreensão que a partir do toque na colher é criada uma vibração. Essa vibração faz com que as moléculas de ar ao seu redor também vibrem, criando regiões cuja pressão passa a

variar de acordo com essa vibração, que é o que chamamos de ondas sonoras, essas ondas sonoras se propagam por um meio material até chegar ao nosso ouvido.

Tendo já discutido e consolidado a ideia da primeira atividade experimental. Em seguida foi proposta a segunda atividade experimental, que consiste em fazer um isolamento acústico em pequena escala. Para isso, foi necessário uma fonte sonora pequena. Cada equipe confeccionou seu experimento em casa e trouxeram para mostrar as outras equipes na sala de aula e disseram passo a passo como foi feito.

Em seguida foi realizada a apresentação dos experimentos confeccionados pelos grupos que consiste em um isolamento acústico. Tivemos êxito com as apresentações, pois dos 5 grupos que apresentaram, só 1 não funcionou. Todos os grupos tiveram o máximo de empenho para a realização da atividade experimental e ressaltando todos usaram um telefone celular com música antiga. Tivemos as seguintes falas dos grupos nas apresentações:

“Ligamos o celular e vamos colocar dentro da caixa de sapato...Utilizamos uma caixa de sapato como se fossem as paredes da sala, forrando dentro com caixa de ovos para abafar por conta do seu formato e utilizamos espumas para impedir a passagem do ar com as vibrações da música, impedindo assim que o som saísse para o meio externo, a medida que a onda bate ela volta não tem como se propagar e esse tipo de experimento são utilizados em estúdios em teto... quando uma pessoa estiver realizando uma festa para não incomodar os vizinhos é só colocar bastante caixas de ovos para o som não sai...” (Grupo 1).

“Trouxemos um conjunto de potes de alumínio contendo 5 unidades de tamanho crescente que se encaixam um dentro do outro. Iremos fazer o seguinte vamos pegar todos os potes e encaixar um dentro do outro, antes de encaixamos iremos colocar TNT (tipo de tecido) em volta de cada pote toda vez que fomos encaixar. Agora iremos começar a fechar o primeiro pote com o celular tocando dentro, depois o segundo até fechar o últimos.... e vamos notamos que a medida que vai fechando o som vai diminuindo até que no último pote o som desaparece e ninguém escuta mais... isso acontece porque o isolamento acústico é a não passagem de som de um ambiente para o outro... Isso pode acontecer através do uso de materiais que faça com que tampe o bloqueio, tipo chapa metálica...” (Grupo 2).

“Utilizamos um pote de vidro e colocamos o celular tocando música dentro, iremos fechar... Podemos perceber que ainda escutamos um pouco a música, porque o vidro comum tem aproximadamente 29 dB, enquanto o vidro acústico chega a ter 35 dB.... O vidro quando utilizado corretamente funciona como barreira e torna o ambiente mais agradável, sem

ruídos... Mas nem todos os vidros servem para o isolamento acústico, por isso, precisamos buscar alternativa, como resinas e gases com propriedades acústica...” (Grupo 5).

Tendo já discutido e consolidado a ideia de isolamento acústico, questionamos: **Depois de feitas as experiências baseado na propagação das ondas sonoras, qual seria o isolamento ideal?** Foi possível compreender que, os estudantes, perceberam que os principais pontos tratados nessa área são o isolamento contra o ruído e o controle do som no interior do ambiente. O isolamento sonoro consiste em impedir, ou pelo menos reduzir, a propagação de sons entre dois ambientes distintos.

Por fim, questionamos: **Por que não pode ser deixada nenhuma fresta no ambiente?** Nessa situação, observando a atitude dos estudantes, foi possível perceber que eles compreenderam que é importante não deixar nenhum tipo de fresta entre os ambientes, porque, o som tem a capacidade de passar por qualquer espaço que seja deixado aberto e com isso deixaria de existir o isolamento.

Em relação aos dois últimos questionamentos, concluímos que o problema foi resolvido de maneira satisfatória, pois as respostas dadas permitiram identificar a construção correta de ideias relacionadas ao isolamento acústico.

Intervenção III

A terceira intervenção começou apresentando a turma dois instrumentos musicais conhecidos por eles: um violão e uma flauta, onde foram explorados os diferentes sons que eles produzem e as seguintes características físicas: Timbre, altura e volume (intensidade).

Após esse momento de interação e de termos formulados os conceitos, pedimos aos estudantes que observassem a seguinte tirinha, como podemos observar na Figura 25.



Figura 25 - Ilustração representando a classificação do som, com cenas de dia a dia de crianças, familiares.
Fonte: www.monica.com.br

Depois de apresentada a tirinha, iniciamos os questionamentos: **Observando a tirinha podemos ver que Cebolinha esta emitindo um som com seu tambor e irritando seu pai, como podemos classificar os sons?** Os estudantes foram capazes de respondê-la, mas, percebemos que existe ainda certa confusão sobre os conceitos.

“O tambor reproduz um som grave através de uma onda sonora” (Grupo 1) .

“O som é uma onda sonora propagada pelo ar e suas características são de som grave e agudo, irritando pela altura do instrumento usado na tirinha” (Grupo 3).

“O som é grave, médio, agudo. Sendo ondas sonoras” (Grupo 5).

Diante das discussões podemos aproximar as discussões no sentido de estabelecer a formalização dos conceitos aplicados nas discussões para que os estudantes compreendam a repetição do movimento da membrana para frente e para trás, logo foi possível direcionar as discussões no sentido de construir o entendimento que provocará uma sucessão de regiões de ar com densidades e pressões altas e baixas intercaladas (alta, baixa, alta, baixa, etc) que se propagarão para a direita. Esta é a onda sonora.

Logo após, pedimos que os estudantes observassem a seguinte figura, como podemos ver na Figura 26.

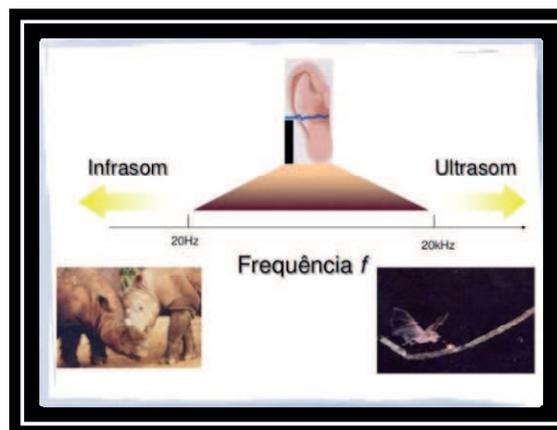


Figura 26 - Ilustração que representa as diferentes percepções de frequências sonoras, de pessoas e animais.

Fonte: <https://image.slidesharecdn.com/focoaula9-120824153013-phpapp01/95/focoaula9-24-728.jpg?cb=1345822493>

Depois de apresentada a figura, questionamos em seguida: **Nosso sistema auditivo consegue ouvir todos os sons emitidos? Por quê?** Os estudantes apresentaram respostas divergentes apontando que não e outros que sim.

“Não, pois nossos ouvidos são adaptados a ouvir até uma determinada frequência, a mais aguda não conseguimos escutar. Entretanto, existem diferentes animais que conseguem ouvir frequências maiores ou menores que o nosso sistema auditivo” (Grupo 1).

“Sim, porque o ouvido do se humano é mais atento do que os dos demais animais. Dessa forma podemos ouvir sons muito distantes da localidade em que estamos.” (Grupo 4).

“Depende, porque há vários tipos de som produzido” (Grupo 5).

Diante das respostas, direcionando nossa discussão no sentido de consolidar as relações já discutidas anteriormente para a formalização do conhecimento que nossos ouvidos não percebem frequências sonoras abaixo dos 16 hertz nem acima dos 20000 hertz. Também não são capazes de captar sons pouco intensos, nem muito intensos, acima de 120 decibéis. Nesse caso, a sensação é de dor e não mais sonora.

A atividade experimental proposta para esse momento é estabelecida através de um experimento simples e de fácil construção, como podemos observar na Figura 27. Construir um xilofone, o qual é composto por sete garrafas de vidro cheias de quantidades variadas de água, o que dará um som diferente a cada uma delas.

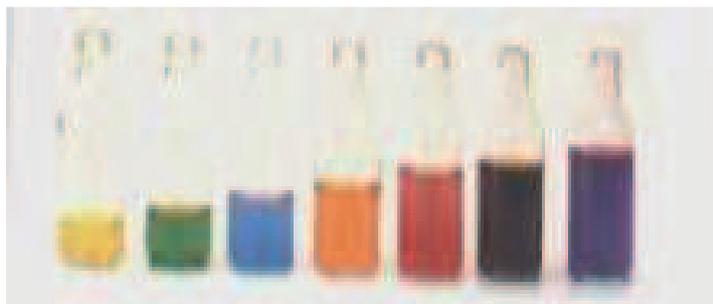


Figura 27 - Apresentação de garrafas de mesmo volume, porém, com preenchimentos diferentes e, conseqüentemente, utilizando uma baqueta para perturbar os recipientes, desenvolve sons diferentes (experimento do Xilofone).

Fonte: <http://elaine-prado.blogspot.com.br/>

A partir da atividade experimental, podemos fazer o seguinte questionamento: **Que tipo de som é produzido quando sopramos a boca da garrafa?** Os estudantes foram capazes de respondê-la dizendo que a garrafa com pouca água o som é grave e a garrafa com mais água o som é agudo.

“O som vai sair controverso, ou seja, onde tiver pouca água o som sairá mais grave e onde estiver mais água o som sairá mais agudo” (Grupo 1).

“A quantidade de água influência muito no som que vai sair. O som grave e vai diminuindo até formar o som agudo” (Grupo 2).

“Quanto mais água mais alto é o som e quanto menos água mais baixo é o som” (Grupo 3).

No entanto, para podermos construir as ideias pretendidas indagamos: **Que tipo de som é produzido se usarmos as mesmas garrafas como um xilofone, golpeando-as com um objeto duro?** Diante das respostas, entendemos que os estudantes compreenderam os conceitos, pois o som produzido foi o contrário de quando foi soprado (questão anterior).

“Se golpearmos com um objeto duro, onde tem menos água sairá agudo e onde tem mais sairá grave. Isso acontece porque a garrafa que tem menos água a onda tem mais espaço para se espalhar do que a que tem mais água” (Grupo 1).

“Tocando as garrafas produzem sons diferentes por conta da quantidade de água, tocando da garrafa que tem menos água para que tem mais sairá um som agudo e o outro som grave” (Grupo 4).

“Quando golpear a garrafa com mais água grave e a com menos água sairá agudo” Grupo 5).

Diante das respostas ao questionamento, foi possível perceber que os estudantes compreenderam que quando golpeou nas garrafas com a colher, a superfície da água treme. A esse tremer chamamos vibração. E mais adiante conseguimos chegar os conceitos que essa vibração depende da quantidade de ar e porque a quantidade de ar em cada garrafa é diferente, temos vibrações diferentes e sons diferentes e ainda discutirmos sobre o som mais alto é o som agudo e o som mais baixo corresponde ao som grave.

E quanto às observações realizadas, podemos perceber que os estudantes foram bastante atentos e muito participativos quando questionados.

E por fim, foi estruturado o conhecimento construído através da exposição do conteúdo formal referente aos conceitos trabalhados ao longo das atividades, nesse momento, utilizamos o recurso do data-show para tornar mais interativa a exposição, os slides utilizados nesse momento se encontram no (Apêndice B).

4.3. AVALIANDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA (PRODUTO EDUCACIONAL)

A avaliação da sequência didática por meio dos estudantes foi realizada em um momento imediatamente posterior a sequência de intervenções, através do questionário (Apêndice C).

No término da sequência didática foi entregue a cada estudante um questionário contendo cinco questões referentes à metodologia utilizada nas aulas sobre o tema de ondas sonoras. Foi solicitado que cada estudante respondesse, porém não precisava se identificar.

Após as questões serem respondidas foram analisadas e as respostas colocadas em uma tabela. As questões foram apresentadas aos estudantes através de alternativas de múltipla escolha, no entanto cada uma delas pedia uma justificativa a resposta dada. As respostas dos estudantes, respondidas através de múltipla escolha, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Respostas das opiniões, efetuadas pelos estudantes no final da sequência didática.

QUESTÕES	
1.	Você gostou dos experimentos? (25) sim (0) não (0) mais ou menos, Por quê?
2.	Foi mais fácil entender o assunto estudado com os experimentos? (24) sim (0) não (1) mais ou menos, Por quê?
3.	Você consegue relacionar os experimentos com o seu dia a dia? (23) sim (0) não (2) mais ou menos, Por quê?
4.	Você conseguiu confeccionar os experimentos com facilidade? (20) sim (0) não (5) mais ou menos, Por quê?
5.	O que você achou desse formato de aulas? (25) Facilitou a aprendizagem (0) dificultou a aprendizagem (0) foi indiferente, Por quê?

Fonte: Elaborada pela autora.

Todas as questões os estudantes deveriam dissertar. Observando as respostas contidas no questionário, a questão 1 e 5, por unanimidade os estudantes afirmaram que gostaram dos experimentos e do formato das aulas e dentre as mais diversas justificativas apresentadas, citaremos três:

Estudante 1: “Porque aprendi coisas que não sabia e foi uma aula diferente. O formato da aula facilitou muito a aprendizagem, pois praticamos”.

Estudante 2: “Porque ajudou no aprendizado e foi uma aula bem participativa. O formato da aula facilitou a aprendizagem pelo método de experimentos, além do aluno aprender cada conteúdo pela definição de cada experimento, facilitou bastante no manuseio”.

Estudante 5: “Porque ajudou os alunos a participarem e aprender mais sobre o assunto. O formato da aula facilitou a aprendizagem, pois podemos aprender nos divertindo de uma forma nova e prática”.

Quanto à questão 2: **Foi mais fácil entender o assunto estudado com os experimentos?**

É possível notar que grande parte dos estudantes afirmou terem melhorado a compreensão dos conceitos apresentados com os experimentos e dentre as mais diversas justificativas apresentadas, citaremos três:

Estudante 11: “Porque fez as aulas ficarem prazerosas e com uma fácil compreensão dos assuntos”.

Estudante 15: “Porque ajudou a ter mais conhecimento de uma maneira divertida”.

Estudante 20: “Porque facilitou o aprofundamento do nosso conhecimento, em especial o meu, possibilitando um meio de conhecimento mais vantajoso e específico”.

Quanto à questão 3: **Você consegue relacionar os experimentos com o seu dia a dia?**

Grande parte dos estudantes afirmou que conseguem relacionar os experimentos com seu cotidiano e dentre as mais diversas justificativas apresentadas, citaremos três:

Estudante 12: “O nosso dia a dia é repleto de sons e só vim perceber mais detalhadamente depois dos experimentos”.

Estudante 14: “consegui, pois cada experimento confeccionado faz parte do meu dia a dia e nunca tinha percebido, só depois das aulas foi que me dei conta”.

Estudante 17: “sim, irei citar um o xilofone confeccionado com garrafas que imita os tipos de sons graves e agudos”.

Quanto à questão 4: **Você conseguiu confeccionar os experimentos com facilidade?**

É possível perceber que 5 responderam mais ou menos e o restante deram respostas positivas, dentre as mais diversas justificativas apresentadas, citaremos três:

Estudante 19: “Consegui confeccionar, pois é fácil de montar e os materiais são bem acessíveis e podemos fazer em casa”.

Estudante 21: “Consegui com muita facilidade confeccionar e tive uma compreensão mais amplificada confeccionando os mesmos”.

Estudante 25: “Consegui mais ou menos confeccionar, porque não sou muito bom com manuseio de materiais”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse trabalho procuramos verificar as potencialidades de utilização das atividades experimentais com uma abordagem investigativa, como estratégia para construção de conceitos de Física, mais especificamente conceitos relacionados às ondas sonoras. Propomos a construção das atividades experimentais com materiais de fácil acesso lembrando sempre da realidade de cada escola.

Notamos grande participação dos estudantes durante as problematizações e discussões, devido o interesse e o envolvimento dos estudantes nas atividades. Dessa forma a execução das atividades experimentais com a abordagem investigativa auxiliou na aprendizagem dos conteúdos de ondas sonoras propostos. A partir da análise feita nos questionários e nos registros realizados em sala de aula, podemos perceber a partir das falas dos estudantes, de que esse tipo de atividade facilitou a compreensão do conteúdo trabalhado.

O estudo aqui realizado nos permite alguns encaminhamentos, que podem complementar a investigação e atuação. Dentre eles podemos apontar a utilização da estratégia a partir de outros recursos, como por exemplo, a utilização de simulações computacionais e atividades lúdicas, entre outros. Outro ponto a ser destacado é que o estudo pode ser ampliado, levando essa abordagem para outros níveis de ensino, bem como para outros conteúdos.

No entanto, devemos ressaltar que qualquer que seja a abordagem utilizada para a elaboração de uma proposta que utilize atividades experimentais como facilitadora para a construção de conceitos, esta deve contar com uma metodologia que permita ao estudante a participação ativa, a construção de hipóteses de resolução e questionamentos, que permitam a ele, construir seu conhecimento.

Por fim, almejamos que os professores usem a sequência didática e possam construir nas suas salas de aulas novas estratégias para que os estudantes tenham uma participação efetiva, bem como a construção ativa dos conceitos da Física.

Referências

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p.176-194, Jun. 2003.

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: **problematizando as atividades em sala de aula**. In: _____. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org). São Paulo. Thomson, 2006.

_____. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, A. M. P. (Org). **Ensino de Ciências – Unindo a pesquisa e a prática**. Thomson, 2004.

_____, Hernani Luiz; MONTEIRO JÚNIOR, Francisco Nairon; SANTOS, Thiago Pereira; CARLOS, Jairo Gonçalves; TANCREDO, Bruno Nogueira. **O uso do experimento no ensino da Física: tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil**. In.: Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Parte III. Brasília: MEC, 2000.

_____. Orientações Educacionais Complementares aos **Parâmetros Curriculares Nacionais** – Ensino Médio. Brasília: MEC, 2002.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC, 2013.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BYBEE, R.W.E DEBOER, G.E. (1994). capítulo 4 - ensino por investigação. **Manual de Pesquisa Ensino de Ciências**.

CARVALHO, A. M. P. ; Santos, E. I. ; Azevedo M. C. P. S.; date M. P. S.; Fujii, S. R. S.; Nascimento, V. B. **Termodinâmica: Um ensino por investigação**. 1. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação, 1999.

_____, A. M. P. D. C.; PEREZ, D. G. O saber e o saber fazer dos professores. In: PIONEIRA (Ed.). **Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média**. São Paulo, SP: Amélia Domingues de Castro, Anna Maria Pessoa de Carvalho, 2001.

_____, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.1

_____, A. M. P., et al. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Editora Thompson, 2004.

CASTRO, M. E. C.; MARTINS, C. M. C.; MUNFORD, D. **Ensino de Ciências por investigação** – ENCI: módulo / Belo Horizonte – UFMG, 2008.

CASSARO, RENATO **Atividades Experimentais no Ensino de Física**, 2012 p. 28.

DOMIN, D. S. A Review of Laboratory Instruction Styles. **Journal of Chemical Education**. 76 (4), abril, p. 543-7, 1999.

GALIAZZI, M. C., **Objetivos para as atividades experimentais no Ensino Médio**. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.249-263, 2001

GIL PÉREZ, Daniel; et al. 'Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo.' In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis/BRA, UFSC, v.09 n.01, p.07-19, 1992.

GIL PÉREZ, D. (1993). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, 11 (2): p. 197-212.

GIL PEREZ, D. VALDES CASTRO, P. La orientación de las practices de laboratorio como invetigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las ciencias**, 14 (2), 1996.

GIL PÉREZ, D. Tiene sentido seguir distinguido entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz e papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999.

GIL-PEREZ D.; CACHAPUZ, A.; CARVALHO, A. M. P. DE; PRAIA, J.; Vilches, A. **Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

HALLYDAY, D., RESNICK, R. **Fundamentos de Física** v.2. Rio de Janeiro: LTC, 1991.

HODSON, D. **Ensino e Aprendizagem da Ciência: Rumo a uma abordagem personalizada**. Buckingham: Open University Press Buckingham: Imprensa da Universidade Aberta 1998.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, L. R. S. **Politecnia, escola unitária e trabalho**. São Paulo: Cortez, 1989.

MAUÉS E. R. C.; LIMA, M. E. C. C. **Ciências: atividades investigativas nas séries iniciais**. Presença Pedagógica, 2006. v. 72.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**, v. 1, 2008.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PINHO ALVES, José. Atividade experimental: uma alternativa na concepção construtivista. **In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2002, Águas de Lindóia. VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2002.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, P. R. **Educação em Química: Compromisso com a Cidadania**, 3 ed. Ijuí: Unijuí, 2003.

SANTOS, E .I. dos.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. “ **Atividades Experimentais de Baixo Custo como Estratégia de Construção da Autonomia de Professores de Física: Uma Experiência em formação Continuada**”. IX Encontro Nacional de Pesquisa em ensino de Física. Jaboticatubas, MG, out. 2004.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C. MOREIRA, M. A. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula: um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3, 2006.

SEARS, ZEMANSKY, Física, **Termodinâmica e Ondas** v.2. 12ªed., Pearson, 2003.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R.P.; ARAGÃO, R. M. R. **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000. p.120-153.

TRIVINÕS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação: o positivismo, a fenomenologia, o Marxismo**. São Paulo: Atlas, 1987.

ZABALA, Antoni., **A prática educativa: como ensinar**. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

APÊNDICE A – O PRODUTO EDUCACIONAL (SEQUÊNCIA DIDÁTICA)

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA
PARA O ENSINO DE ONDAS SONORAS**

Karla Cristina Avelino

Orientadora: Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

Apresentação

Prezado Professor (a),

A proposta, aqui apresentada, pretende fornecer ao professor de Física do Ensino Médio, uma sequência didática que promova a utilização de situações problema experimental em atividades investigativas como elemento facilitador para a construção de conceitos de Física. O tema escolhido para a realização das atividades trata de conceitos relacionados ao estudo das ondas, por ser um tema de grande importância para os estudos posteriores no contexto da Física.

A professora pesquisadora ministra a disciplina de Física para a referida turma, e, dessa forma, a proposta foi elaborada para acontecer em treze aulas, de quarenta e cinco minutos, somando aproximadamente dez horas, acontecendo dentro das aulas regulares da turma.

Devemos destacar o fato de que a sequência didática foi elaborada para alcançar os objetivos descritos em cada atividade, no entanto essa pode ser modificada e adaptada para outras situações que apresentem propósitos diferentes, bem como os problemas, passos de investigação e as discussões poderão apresentar modificações diante de cada realidade escolar.

ATIVIDADE 1

TEMA: Tópicos de ondulatória

NÚMERO DE AULAS: 3 aulas (concretizadas em 2 dias)

OBJETIVOS:

- Compreender a propagação da onda sonora;
- Compreender a onda mecânica;
- Entender conceito de onda;
- Realizar experimentos demonstrativos investigativos.

CONTEÚDOS: Tópicos de ondulatória

- Noções gerais de onda mecânica;
- Noções gerais de onda mecânica longitudinal;
- Noções gerais de onda sonora;
- Noções gerais de onda eletromagnética.

PÚBLICO ALVO:

- Turma de 2º ano da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Carlota Barreira situada na Cidade de Areia - PB.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:

Começaremos a abordagem dividindo os estudantes em 5 grupos com 5 integrantes cada grupo. Partindo de situações problema e perguntas-chaves fundamentais e evoluindo para conceitos mais abstratos, buscando sempre conduzir os estudantes à investigação, e dessa forma assim, em cada grupo, os estudantes auxiliando-se se sintam mais estimulados e capazes a investigar e resolver as situações problema propostas.

No início da aula o professor faz uma introdução do tema destacando a importância da comunicação para uma vida em sociedade, destacando as características gerais das ondas mecânicas e das ondas eletromagnéticas, apresentada na Figura A e utilizando a tirinha para o

momento de identificação de conhecimentos prévios, os quais servirão de base para as etapas investigativas e explicativas posteriores.

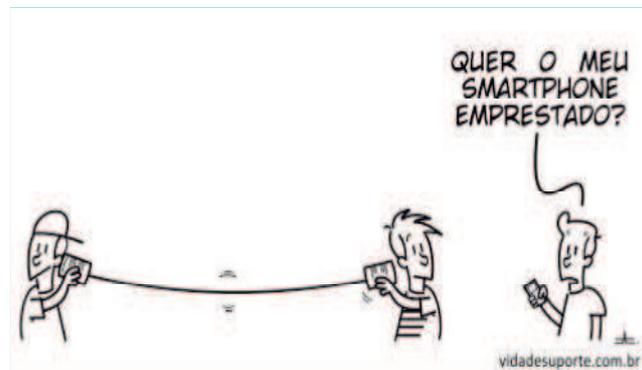


Figura A - Representação da onda mecânica, no qual as crianças tentam se comunicar através de um dispositivo mecânico rústico e a outra criança com um dispositivo moderno, que se comunica através de ondas eletromagnética.

Fonte: vidadesuporte.com.br

Com o intuito de compreender a situação problema proposta na tirinha iniciamos com o questionamento:

1. Como apresenta a tirinha duas crianças estão se comunicando através de um telefone com fio usado por muitas crianças na infância. Explique como ocorre o funcionamento deste brinquedo através dos fenômenos físicos?

Esperamos que, depois de terem sido construídos conceitos de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas serão possíveis à construção do entendimento de que o som é uma onda sonora, que por sua vez, é uma onda mecânica, destacando que os passos dessa construção devem partir sempre dos questionamentos e respostas provenientes dos grupos.

Com o objetivo de consolidar os conhecimentos direcionando a discussão para as ondas sonoras e a compreensão do som, utilizamos a seguinte situação problema:

2. O principal método de comunicação utilizado pelas as pessoas é a comunicação oral. A todo segundo ouvimos sons, tais como: conversas entre pessoas, músicas, ruídos, gritos, entre outros. A emissão da voz é um fenômeno que comporta grandes variações. Além das consideráveis diferenças de uma pessoa para a outra, a voz se apresenta em um mesmo indivíduo de diferentes formas (HUCHE E ALLALI, 1999). Entretanto, algumas pessoas se perguntam como é que uma pessoa fala e a outra escuta? Como a fala de uma pessoa é conduzida até a outra?

Nesse momento esperamos que os grupos levantem hipóteses e tentem através da argumentação consolidar as suas respostas, esperamos que esse momento seja rico na discussão e que esta se direcione para o entendimento que o som é uma onda mecânica e que a mesma necessita de um meio para que se propague.

No intuito de compreender as características desses tipos de onda, ondas mecânicas, propomos o seguinte questionamento direto:

3. O que você compreende que seja uma onda mecânica?

Esperamos, ao fazer esse questionamento que os estudantes sejam capazes de compreender que Onda é uma perturbação que se propaga em um meio material. Logo que começar a discussão acerca do conceito de onda, acreditamos que os estudantes possam ir mais além, a partir desse questionamento, compreender que as ondas geralmente são categorizadas em dois tipos principais, as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas.

Na tentativa de ampliar a compreensão e relacionar com a tecnologia utilizada no cotidiano, propomos o questionamento:

4. O telefone com fio e o smartphone (celular) tem o mesmo princípio de funcionamento?

Almejamos que os estudantes conforme já houve muitos questionamentos, que compreendam que o telefone com fio usa ondas mecânicas para funcionar e aprofundando mais que eles cheguem a afirmações, tais como, os meios de comunicação, seja rádio, TV ou celular, usam as ondas de natureza eletromagnéticas. Esperamos que os estudantes entendam que as ondas eletromagnéticas sofrem menos atenuação que ondas mecânicas e são largamente usadas na telecomunicação.

Após a sistematização do conhecimento produzido nos momentos anteriores proporemos a atividade experimental.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA 1

A atividade experimental proposta é estabelecida através de um experimento simples e de fácil construção. Com este pequeno brinquedo, pode-se compreender o fenômeno de

transmissão do som através de corpos sólidos. O material será oferecido a cada grupo e será solicitado que estes confeccionem o brinquedo.

MATERIAIS UTILIZADOS:

- Copos de isopor descartáveis (pelo menos 2);
- Linha de pipa ou com resistência parecida (2 m a 5 m);
- Palitos de dente.

O esquema da experiência é apresentado através da Figura B.

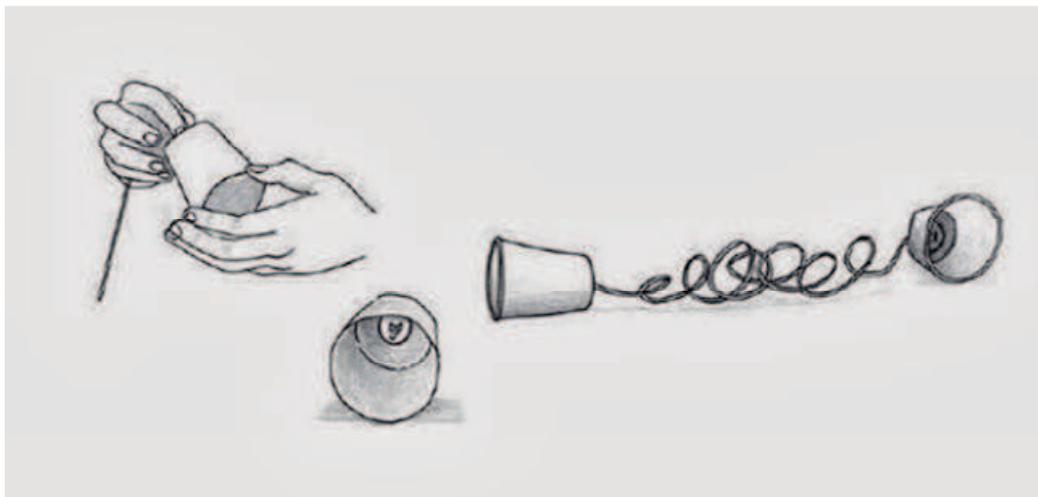


Figura B - Esquema da montagem do experimento o qual foi usado dois copos de isopor e um pedaço de linha de pipa (telefone om fio).

Fonte: www.novaescolaclub.com

Nesse experimento há uma necessidade do fio estar bem esticado, pois a partir disso que se conseguem as vibrações e a pessoa pode escutar o que se fala do outro lado da corda, ou seja, no outro copo.

Com os copos plásticos, a linha e a agulha, deve-se fazer um pequeno furo na parte inferior de cada copo, o suficiente para passar a linha. Amarre-se um pedaço de palito de dente na linha para que ela fique presa no copo e não se solte. Enquanto um fala direcionado a um dos copos, o outro posiciona o copo no ouvido.

É importante lembrar que esse experimento pode ser ajustado de acordo com a realidade dos estudantes e os objetivos a serem alcançados.

Após o brinquedo confeccionado pede-se aos integrantes dos grupos que utilizassem o aparato, como é representado na Figura C.

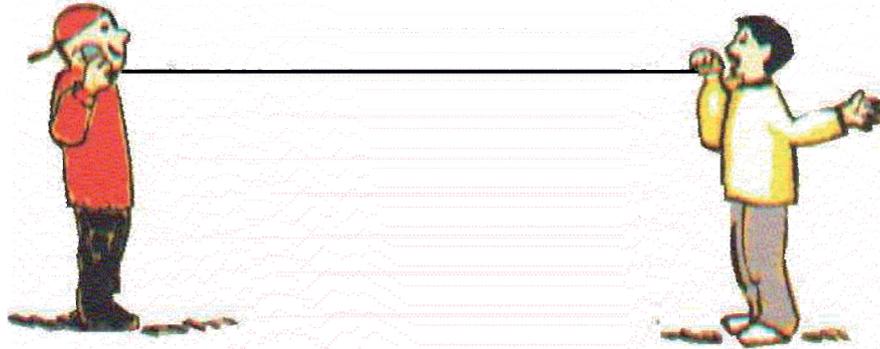


Figura C - Duas crianças utilizando um dispositivo mecânico que se assemelha ao telefone com fio.
Fonte: www.prof2000.pt

E iniciamos os questionamentos com o intuito de provocar os grupos a pensarem sobre o que estão vivenciando.

1. Depois de ter confeccionado o experimento será que o som vai chegar até seu amigo que vai estar do outro lado?

Esperamos com esse questionamento, que os estudantes tenham sido capazes de entender que, o som vai chegar sim. Com a finalidade que as respostas cheguem até o conceito que o som se propaga através de ondas e essas ondas vão “correr” pelo fio.

2. Do jeito que está à linha na Figura C o som vai conseguir chegar até seu amigo?

Almejamos que depois desse questionamento os estudantes já tenham compreendido e sejam capazes de responder que a propagação do som acontece quando o fio está totalmente esticado, o que pode ser visto na Figura C, isso acontece porque o som da voz é transformado em vibrações que depois é novamente transformado em som, fazendo com que a pessoa que esteja do outro lado ouça o que foi dito por você.

3. Se você segurar na linha com o dedo, o som vai chegar até o outro lado?

Acreditamos que rapidamente, eles iram perceber que não dará certo! Pressupomos que eles já tenham os conceitos formados e entendidos e logo perceberam que as ondas vão ser barradas.

Esperamos que ao final da discussão os estudantes consigam explicar que a onda sonora vibra o copo que, por sua vez, vibra a linha. A linha propaga o som através da vibração de suas moléculas, levando a onda para o outro copo que funcionará como uma espécie de alto-falante.

Diante das perguntas-chave e os conceitos já terem sido construídos, almejamos que os estudantes agora sejam capazes de questionar e encontrar possíveis modificações no experimento para que novas estratégias sejam criadas com os conceitos já estabelecidos anteriormente.

ATIVIDADE 2

TEMA: Acústica

NÚMERO DE AULAS: 5 aulas (concretizadas em 2 dias)

OBJETIVOS:

- Entender na prática a física do isolamento acústico.
- Compreender a propagação da onda sonora.
- Adquirir noções de nível sonoro.

CONTEÚDOS: Acústica

- Noções gerais de propagação;
- Noções gerais de atenuação da onda sonora.

PÚBLICO ALVO:

- Turma de 2º ano da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Carlota Barreira situada na Cidade de Areia.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

Iniciaremos a aula através de uma discussão a respeito do som que os estudantes escutam todos os dias e logo em seguida será feito alguns questionamentos introdutórios, almejando uma interação com todos os estudantes na sala de aula. Os questionamentos tem enfoque para a propagação do som, ou seja, por que conseguimos ouvir sons distantes? Como eles chegam até nós?

Após esse momento inicial e com os estudantes divididos em grupos, sugeriremos que eles exponham suas ideias detalhadamente, então, cada um em seus grupos, apresentando suas respostas individuais até conseguirem chegar a um conceito mais adequado e formular respostas grupais, e essas respostas devem ser expostas através de um cartaz, logo em seguida com a orientação do professor, os grupos apresentarão os cartazes e um debate será promovido na sala de aula, para que esse momento ocorra efetivamente o professor precisará conduzir as respostas à construção dos conceitos almejados na atividade. Entretanto o professor deverá estar preparado para as possíveis respostas que irão surgir por parte dos estudantes, pois estes podem chegar ou não às respostas corretas e logo o professor deverá

conduzir os estudantes para que juntos possam chegar à formulação correta dos conceitos. Esse momento inicial servirá como o levantamento de hipóteses no caminho da investigação.

Após esse momento inicial o professor fará alguns questionamentos visando um aprofundamento no entendimento do som, esses questionamentos têm como objetivo consolidar a discussão para isso o professor utilizará os seguintes questionamentos que são apresentados a seguir.

1. Pedir para os estudantes fazerem um silêncio absoluto para ouvir o som do ambiente que a escola se encontra. Por que estamos ouvindo esses sons?

Nesse momento, almejamos que os estudantes já tenham compreendido a natureza do som como onda mecânica e que é necessário um meio material para ele se propagar. A partir de uma perturbação do meio, a onda sonora busca expandir-se em todas as direções e usa o ar para chegar até nossos ouvidos. Para deixar mais claro o processo de propagação das ondas, o professor precisará falar do comportamento delas na água, onde podemos enxergá-las. Uma pedrinha jogada em um lago ou uma piscina provoca ondas que se propagam em todas as direções, contornam barreiras e chegam a quase todos os pontos. E conseqüentemente, juntamente com os estudantes e possíveis questionamentos cheguem à conclusão que esse fenômeno explica como o som externo consegue chegar até os ouvidos de todos que estão na sala.

2. Como o som chegou a esta sala?

Almejamos que com todos os questionamentos levados e explicados anteriormente, possamos chegar à explicação que o fenômeno da reflexão das ondas ajuda o som a chegar aos nossos ouvidos. Podemos levantar também o questionamento, Como exemplo, citar a própria estrutura da sala de aula. As paredes rígidas refletem o som e isso permite que quando se está falando não é preciso gritar tanto como se estivesse em um ambiente aberto. Diante desses questionamentos, esperamos que os conceitos sejam bem compreendidos pelos estudantes.

3. Como apresenta a tirinha da Figura D, Mônica está gritando muito com o Cebolinha. Com o grito a Mônica conseguiu quebrar o quê? Porque isso aconteceu? Quais os conceitos físicos que existem?



Figura D - Ilustração de como pode ocorrer efeito da ressonância no meio material do ar e em outros objetos, como as taças do garçom.
Fonte: www.monica.com.br

Esperamos com esse questionamento que os estudantes possam chegar à compreensão que quando uma onda periódica atinge um determinado corpo com uma frequência igual à frequência de vibração desse corpo, ocorre o fenômeno da ressonância. Nesse caso, se registra a transferência de energia de um sistema oscilante para outro, de tal forma que o corpo ou o sistema físico passa a vibrar com amplitudes cada vez maiores. Se o limite de elasticidade do corpo for ultrapassado devido a esse aumento de amplitude das vibrações, isso provoca o rompimento de suas moléculas.

4. Na tirinha da Figura E, Magali está cantando. Quem é a fonte receptora e a fonte emissora?



Figura E - Ilustração do uso das cordas vocais e as vibrações que se propagam no ar.
Fonte: www.monica.com.br

De modo intuitivo os estudantes responderão que a fonte emissora é quem está falando e a fonte receptora é quem está escutando, porém devemos conduzir todos os questionamentos para chegar até os conceitos esperados e que os estudantes entendam que 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.

5. Quem tem a voz mais grossa os homens ou as mulheres?

Ao se fazer esse questionamento os estudantes de imediato, responderá que a voz mais grossa é a do homem e a da mulher é mais fina. Porém, precisamos fazer uma formulação com os questionamentos e respostas de todos e chegar até o conceito de que frequência do som, quanto maior for à frequência de uma onda sonora mais aguda será o som. Diante desse conceito discutiremos de uma melhor forma esses conceitos, os homens, geralmente, têm voz mais grave, ou seja, voz mais “grossa”. As mulheres, por sua vez, apresentam voz mais aguda, ou seja, mais fina. Dessa forma, podemos concluir que a voz masculina tem menor frequência de vibração que a voz feminina.

Com o intuito de proporcionar ao estudante a vivência de dois importantes passos na construção do conhecimento através da investigação proporemos a resolução de duas atividades com problemas experimentais.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA A

A atividade experimental proposta é estabelecida através de um experimento simples e de fácil construção.

MATERIAIS UTILIZADOS:

- 2 colheres;
- 1 cordão;

O esquema da experiência é apresentado através da Figura F:



Figura F - Apresentação de como se pode transformar instrumentos musicais, como o diapásão, através de utensílios domésticos.

Fonte: <http://elaine-prado.blogspot.com.br/>

Procedimento:

- 1 - Amarrar uma das colheres ao meio do fio.
- 2 - Passar as extremidades do cordão por trás das orelhas, segurando-as e tapando os ouvidos com as pontas dos dedos. Deve, em seguida, inclinar-se para frente para que a colher suspensa possa oscilar livremente.
- 3 - Pedir a outro colega para dar uma pequena pancada na colher suspensa com a outra colher.
- 4 - Escutar com atenção o som produzido pelo choque das colheres e que foi ouvido através do fio. Registrar as observações e construir uma explicação inicial.

Após as etapas anteriores, da atividade experimental, serem realizadas pelos grupos, os registros e explicações de cada grupo serão expostas e será estabelecida uma discussão. O professor conduzirá a discussão tendo como objetivo final a resposta para dois questionamentos a seguir.

1. Quando o diapásão não vibra é possível ouvir o som?

De modo intuitivo os estudantes responderão que não, porém devemos conduzir todos os questionamentos para chegar até os conceitos esperados e com isso os estudantes entendam que não há transmissão do som porque um determinado corpo não está vibrando.

2. Como o som do diapásão chega aos nossos ouvidos?

Nesse momento pretendemos que os estudantes compreendam que o diapasão ao ser tocado para ser colocado em vibração a repetição do movimento para frente e para trás, faz com o que o ar que se encontra a sua volta comece a vibrar fazendo com que as moléculas do ar vibrem que logo se propagarão. Esta é a onda sonora.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA B

A atividade experimental 2 será proposta no segundo dia, uma vez que a previsão da atividade geral é para ser realizada em 5 aulas em dois dias diferentes.

Esse momento será iniciado retomando os conceitos estudados na aula anterior. Em seguida proporemos a atividade experimental, que consiste em fazer um isolamento acústico em pequena escala. O método de aferição do som será a percepção do professor e dos estudantes em sala de aula.

Para isso será necessária uma fonte sonora pequena. Pode ser um despertador ou um celular que tenha toque dos telefones à moda antiga (aqueles com som de sinetas bem estridentes). Cada equipe irá confeccionar seu experimento em casa e irá trazer para apresentar as outras equipes, apresentando passo a passo como foi feito.

Serão separado os estudantes em 5 grupos de 5 pessoas, a função de cada equipe será construir a melhor forma de isolamento acústico a partir da criatividade dos mesmos envolvidos, os quais deverão ser apresentados na aula seguinte, que ocorrerá na semana posterior.

Para facilitar a construção o professor orientará os grupos e dará dicas para que os estudantes consigam cumprir o solicitado.

Na aula seguinte, será realizada a apresentação dos experimentos confeccionados pelos grupos e a partir dessas apresentações será instalada a discussão mediante alguns questionamentos.

1. Depois de feitas as experiências baseado na propagação das ondas sonoras, qual seria o isolamento ideal?

Para ser considerado ideal para a permanência de pessoas, um ambiente deve apresentar certos níveis de conforto. Os principais pontos tratados nessa área são o isolamento contra o ruído e o controle do som no interior do ambiente. O isolamento sonoro (ou

atenuação sonora) consiste em impedir, ou pelo menos reduzir, a propagação de sons entre dois ambientes distintos.

2. Por que não pode ser deixada nenhuma fresta no ambiente?

Nesse questionamento esperamos um envolvimento maior, partindo do pressuposto que os estudantes já tenham compreendido o conceito de isolamento acústico e juntos chegaremos ao consenso que é importante não deixar nenhum tipo de fresta entre os ambientes, porque os líquidos, o som tem a capacidade de passar por qualquer espaço que seja deixado aberto e com isso deixaria de existir o isolamento.

O professor finalizará a discussão sistematizando no quadro, através de uma sumarização as explicações expostas pelos grupos.

ATIVIDADE 3

TEMA: Propriedades do som

NÚMERO DE AULAS: 5 aulas (concretizadas em 2 dias)

OBJETIVO:

- Ampliar e consolidar conceitos relacionados às propriedades do som.

CONTEÚDOS: Noções gerais das propriedades do som.

PÚBLICO ALVO:

- Turma de 2º ano da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Carlota Barreira situada na Cidade de Areia.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

Iniciaremos apresentando a turma dois instrumentos musicais conhecidos por eles: um violão e uma flauta com o intuito de que sejam explorados os diferentes sons que eles produzem, esse momento será favorecido pela interação entre os estudantes e o foco é que eles fiquem atentos às variações produzidas por quem toca o instrumento.

Serão exploradas, nos instrumentos escolhidos, as seguintes características físicas:

- a) **Timbre** – Pediremos para os estudantes da sala tocarem uma mesma nota no violão e, depois, na flauta. Esperamos que os estudantes notem que, embora seja a mesma nota, os timbres são diferentes. É isso que caracteriza o instrumento: a fonte sonora.
- b) **Altura** - Está ligada à frequência do som (grave, médio, agudo). Esperamos nesse momento que os estudantes percebam que no violão, isso pode ser evidenciado tocando a corda mais fina e, depois, a mais grossa. Chamando a atenção dos estudantes para as diferentes frequências (sons graves e agudos) como é apresentado na Figura G:

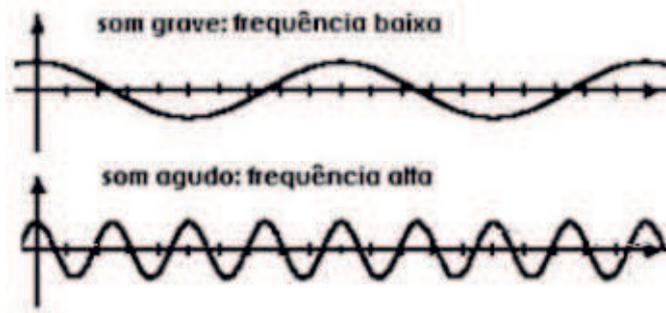


Figura G - Representação de como se propaga ondas baixas e altas, modificando não só a frequência como respectivamente sua amplitude e comprimento de onda.

Fonte: ineslacerda.wordpress.com

c) **Volume (intensidade)** – Dessa vez será apresentado aos estudantes um rádio e variar o volume no botão a mesma nota menos intensa (fraca) e, a seguir, de novo, mais intensa (alta), ou seja, usando mais força ou energia ao tocar, sem mudar, contudo, a nota ou a corda. Almejamos que os estudantes estejam bem afiados na construção de conceitos e logo falem o que caracteriza as ondas de maior intensidade.

O segundo momento, começará com os seguintes questionamentos:

1. Observando a tirinha da Figura H podemos ver que Cebolinha está emitindo um som com seu tambor e irritando seu pai, como podemos classificar os sons?



Figura H - Ilustração representando a classificação do som, com cenas de dia a dia de crianças, familiares.

Fonte: www.monica.com.br

Nesse momento pretendemos que os estudantes compreendam a repetição do movimento da membrana para cima e para baixo provocará uma sucessão de regiões de ar com densidades e pressões altas e baixas intercaladas (alta, baixa, alta, baixa etc.) que se propagarão para a direita. Esta é a onda sonora.

2. Observando a tirinha abaixo das Figuras I. Nosso sistema auditivo consegue ouvir todos os sons emitidos? Por quê?

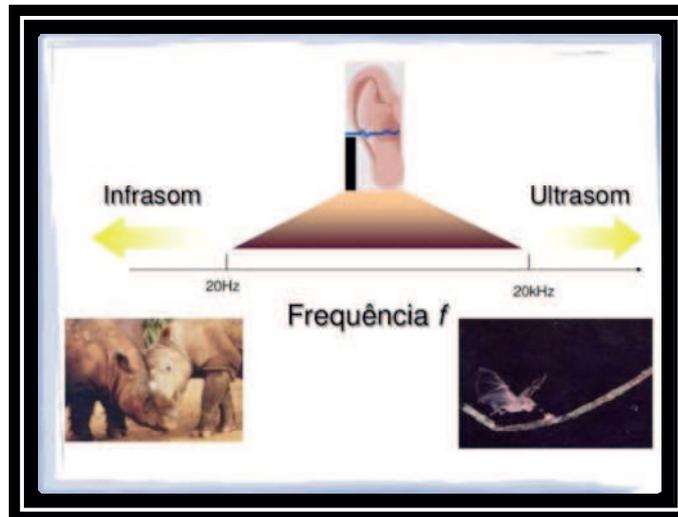


Figura I - Ilustração que representa as diferentes percepções de frequências sonoras, de pessoas e animais.

Fonte: <https://image.slidesharecdn.com/focoaula9-120824153013-phpapp01/95/focoaula9-24-728.jpg?cb=1345822493>

Esses questionamentos têm como objetivo que os estudantes sejam capazes de dizer que nossos ouvidos não percebem frequências sonoras abaixo dos 16 Hertz nem acima dos 20000 Hertz. Também não são capazes de captar sons pouco intensos, inferiores a zero decibel, nem muito intensos, acima de 120 decibéis. Nesse caso, a sensação é de dor e não mais sonora.

No terceiro momento será proposta uma atividade experimental.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA 3

A atividade experimental proposta é estabelecida através de um experimento simples e de fácil construção. Construir um xilofone.

MATERIAIS UTILIZADOS:

- 8 garrafas.
- Corante
- Água

O esquema da experiência é apresentado através da figura J:



Figura J - Apresentação de garrafas de mesmo volume, porém, com preenchimentos diferentes e, conseqüentemente, utilizando uma baqueta para perturbar os recipientes, desenvolve sons diferentes (experimento do Xilofone).

Fonte: <http://elaine-prado.blogspot.com.br/>

Procedimento:

- 1- Colocar 8 garrafas em fila e adicionar água a alturas diferentes, de modo que a altura do ar dentro das garrafas tenha os valores representados na figura.
- 2- Pode misturar um pouco de corante em cada garrafa para que o xilofone fique mais colorido.
- 3- Agora é só tocar.

Após a construção do aparato iniciaremos a discussão através dos questionamentos.

1. Que tipo de som é produzido quando sopramos a boca da garrafa?

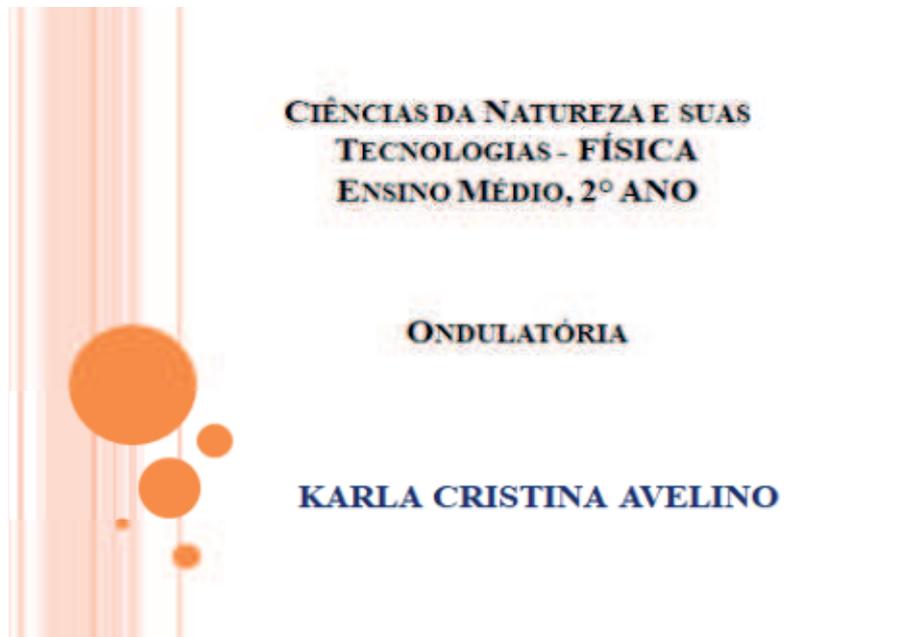
Obtemos sons que serão tão mais agudos quanto maior for à quantidade de água, já que se trata de um tubo sonoro.

2. Que tipo de som é produzido se usarmos as mesmas garrafas como um xilofone, golpeando-as com um objeto duro?

Esperamos que os estudantes respondam que os sons serão mais graves quanto maior for a quantidade de água. Quando sopramos a boca da garrafa, colocamos o ar do seu interior em oscilação e as frequências de ressonâncias serão menores para volumes maiores de ar. No entanto, quando golpeamos a garrafa, colocamos o vidro e a água do seu interior em oscilação, e nesse caso, as frequências de ressonância serão menores quanto maior for o volume de água em oscilação.

Ao término desse momento estruturaremos o conhecimento construído através da exposição do conteúdo formal referente aos conceitos trabalhados ao longo das atividades,

nesse momento, utilizaremos o recurso do Datashow para tornar mais interativa à exposição, os slides utilizados se encontram no Apêndice B.

APÊNDICE B: SLIDES UTILIZADOS NA AULA EXPOSITIVA

FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

Como Uma Onda - [Lulu Santos](#)

*Nada do que foi será
De novo do jeito que já foi um dia
Tudo passa
Tudo sempre passará*

*A vida vem em ondas
Como um mar
Num indo e vindo infinito*

*Tudo que se vê não é
Igual ao que a gente
Viu há um segundo
Tudo muda o tempo todo
No mundo*

*Não adianta fugir
Nem mentir
Pra si mesmo agora
Há tanta vida lá fora
Aqui dentro sempre
Como uma onda no mar
Como uma onda no mar
Como uma onda no mar*



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

Até aí, o que significa a palavra onda ?

Na nossa vida, a palavra onda pode assumir diferentes significados como:

- 1) pessoa cheia de graça;
- 2) pessoa que acompanha a moda (fala, roupas, peças) do momento;
- 3) as ondas do rádio, da tevê e outras;
- 4) tumulto;
- 5) diversão, praia.

E para você, o que são ondas ?



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

Segundo o Aurélio, onda é

Porção de água do mar,
lago ou rio que se eleva;
Grande quantidade ou afluxo de líquido;
Grande porção, abundância;
Agitação intensa, tumulto;
Ondulação.



FÍSICA, 2 ANO
ONDULATÓRIA

Mas, para a Física, o que é onda?

Uma perturbação que se propaga em um meio.



FÍSICA, 2 ANO
ONDULATÓRIA

- Onda - toda perturbação (**pulso**) que se propaga em um meio.
- Transporta energia, não havendo transporte de matéria



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

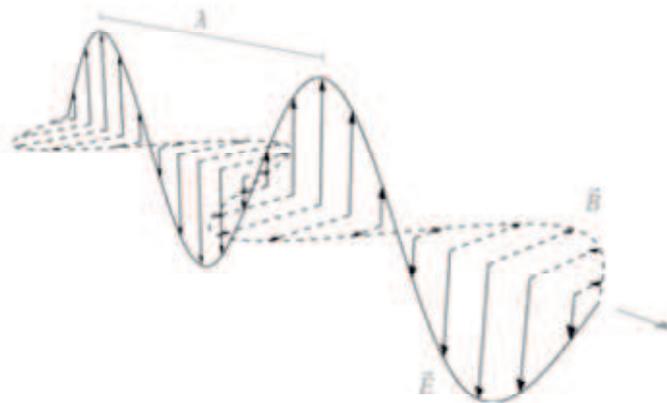
Classificação da onda quanto à natureza

1- Mecânica – só ocorre sua propagação na matéria



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

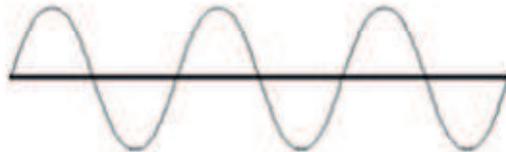
2- Ondas eletromagnéticas – sua propagação ocorre no vácuo e em certos meios materiais.



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

Classificação da onda quanto à direção de vibração

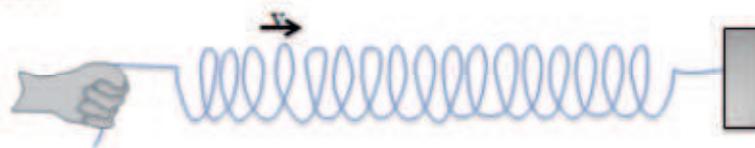
1- Transversal - a direção do movimento de vibração é perpendicular à de propagação



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

Classificação da onda quanto à direção de vibração

2- Longitudinal - a direção do movimento vibratório coincide com o da propagação



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

Classificação da onda quanto ao sentido de propagação

1- Ondas unidimensionais – propagam-se numa só direção



Exemplo: Onda em cordas.



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

2 - Ondas bidimensionais – propagam-se em duas dimensões

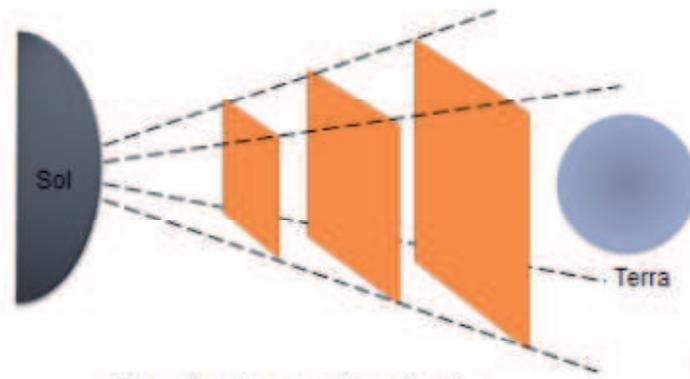


Exemplo: Onda em uma superfície de líquidos.



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

3 - Ondas tridimensionais – propagam-se em três dimensões, como as ondas sonoras e luminosas.



Exemplo: Luz emitida pelo sol.

FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

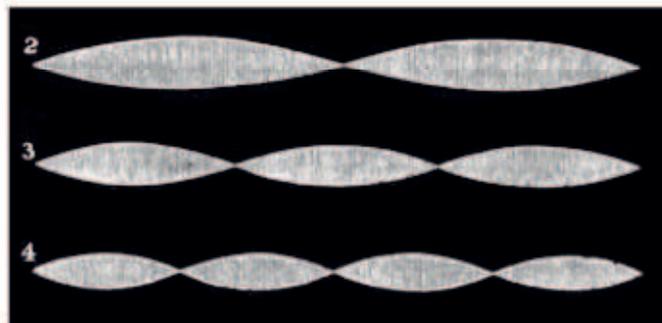
O QUE É SOM?

São ondas mecânicas que se propagam em meios materiais.



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

Ondas podem ser longitudinais.
Portanto, as ondas sonoras são
Longitudinais.



FÍSICA, 2 ANO
ONDULATÓRIA

FREQUÊNCIA AUDÍVEL



VELOCIDADE DO SOM NO AR

343 m/s a 20 °C

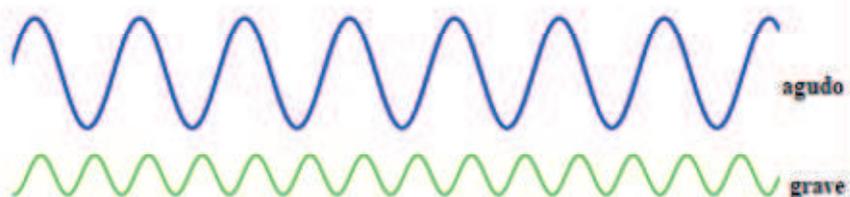
330 m/s a 0 °C



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

ALTURA: diferencia sons graves (baixo) de sons agudos (alto).

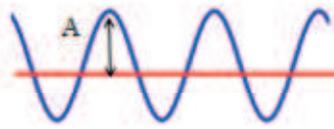
Está relacionado à frequência da onda.



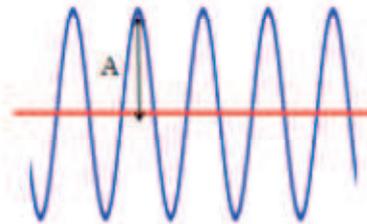
FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

INTENSIDADE (VOLUME): diferencia sons fortes de sons fracos.

Está relacionado à amplitude da onda.



Fraco



Forte



FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA

TIMBRE: diferencia sons de mesma altura, mesma intensidade tocados em instrumentos diferentes.

Está relacionado à forma da onda



Som Musical Simples



Ruído, rock n' roll, etc



TUBOS SONOROS

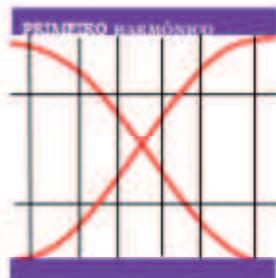
Tubo Sonoro Aberto

As duas extremidade são abertas

Tubo Sonoro Fechado

Uma extremidade é fechada e a outra aberta

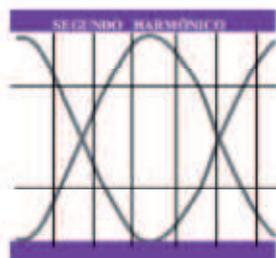
TUBOS ABERTOS



$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

$$l = \frac{1 \cdot \lambda_1}{2} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{2 \cdot l}{1}$$

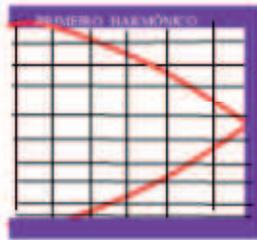
$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \Rightarrow f_1 = \frac{1 \cdot v}{2 \cdot l}$$



$$l = \frac{2 \cdot \lambda_2}{2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{2 \cdot l}{2}$$

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} \Rightarrow f_2 = \frac{2 \cdot v}{2 \cdot l}$$

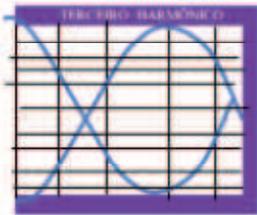
FÍSICA, 2º ANO
ONDULATÓRIA



$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

$$l = \frac{1 \cdot \lambda_1}{4} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{4 \cdot l}{1}$$

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} \Rightarrow f_1 = \frac{1 \cdot v}{4 \cdot l}$$



$$l = \frac{3 \cdot \lambda_3}{4} \Rightarrow \lambda_3 = \frac{4 \cdot l}{3}$$

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} \Rightarrow f_3 = \frac{3 \cdot v}{4 \cdot l}$$

APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES**Universidade Estadual da Paraíba - UEPB****Centro de Ciências e Tecnologia - CCT****Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática****Questionário para os alunos:****1.** Você gostou dos experimentos? sim não mais ou menos, Porque?

2. Foi fácil entender o assunto estudado com os experimentos? sim não mais ou menos, Porque?

3. Você consegue relacionar os experimentos com o seu dia a dia? sim não mais ou menos, Porque?

4. Você conseguiu confeccionar os experimentos com facilidade? sim não mais ou menos, Porque?

5. O que você achou desse formato de aulas? Facilitou a aprendizagem dificultou a aprendizagem foi indiferente, Porque?
