



INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE – CAMPUS LAGARTO
CORDENADORIA DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

TAMIRES SANDES DOS SANTOS

ANÁLISE DOS EFEITOS DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
SOBRE ONDAS SONORAS EM RELAÇÃO ÀS CONCEPÇÕES ERRÔNEAS DOS
ALUNOS

LAGARTO

2018

TAMIRES SANDES DOS SANTOS

ANÁLISE DOS EFEITOS DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
SOBRE ONDAS SONORAS EM RELAÇÃO ÀS CONCEPÇÕES ERRÔNEAS DOS
ALUNOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
de Sergipe – campus Lagarto, como pré-requisito para
a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Msc. José Uibson Pereira Moraes

LAGARTO

2018

Santos, Tamires Sandes dos.

S239a Análise dos efeitos de uma sequência de ensino investigativa sobre ondas sonoras em relação às concepções errôneas dos alunos / Tamires Sandes dos Santos. – Lagarto, 2018.

87 f. ; il.

Monografia (Graduação) – Licenciatura em Física. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, 2018.

Orientador: Prof. MSc. José Uibson Pereira Moraes.

1. Didática e método. 2. Física. 3. Ondas. 4. Ensino médio. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS. II. Título.

CDU: 37.02:53(813.7)

TAMIREZ SANDES DOS SANTOS

ANÁLISE DOS EFEITOS DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
SOBRE ONDAS SONORAS EM RELAÇÃO ÀS CONCEPÇÕES ERRÔNEAS DOS
ALUNOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe –
campus Lagarto, como pré-requisito para a obtenção do grau
de Licenciado em Física.

Aprovado em: 28/11/12

BANCA EXAMINADORA

José Uibson Pereira Moraes
Prof. Msc. José Uibson Pereira Moraes
Instituto Federal de Sergipe

Paulo Jorge Ribeiro Montes
Prof. Dr. Paulo Jorge Ribeiro Montes
Instituto Federal de Sergipe

Elton Daniel Oliveira do Nascimento
Prof. Msc. Elton Daniel Oliveira do Nascimento
Rede Sesi Educação

Dedico esse trabalho aos meus pais: Lucia Sandes e Jailton Sales e ao meu marido: Henrique Odilon, que sempre estiveram ao meu lado em grande parte dos momentos, me apoiando e incentivando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades ao longo desses anos.

Aos meus pais e meu marido pelo apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Agradeço ao meu orientador, José Uibson Pereira Moraes, pela paciência, orientação, compreensão e motivação para a elaboração desse trabalho.

Agradeço aos professores Acácio, Alessandra, Ana Júlia, André Luiz, André Neves, Augusto, Daniel Henrique, Elton Daniel, Edleuza, Flaviano, Héstia, José Uibson, Jussineide, Luciano Pacheco, Mauro, Michely, Paulo Jorge e Rafael, pela contribuição na minha formação durante o curso.

Agradeço aos técnicos de laboratório por sempre estarem disponíveis para ajudar.

Agradeço a Isaura Fonseca, pela grande contribuição na minha formação profissional.

Agradeço todos os meus amigos do curso que sempre estiveram presentes em vários momentos da minha jornada no curso.

Agradeço ao professor Christopher Amauri dos Santos Oliveira por disponibilizar a sua aula para a realização dessa pesquisa.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”

(PAULO FREIRE)

RESUMO

O Som é um fenômeno presente no cotidiano das pessoas, porém sua compreensão nem sempre se adequa aos conhecimentos científicos relacionados a este fenômeno. Tem-se que muitas pessoas desenvolvem concepções errôneas sobre o Som, daí surge a importância da superação das concepções através do processo educativo. Busca-se assim, que tais pessoas adquiram os conhecimentos corretos cientificamente, a fim de obterem capacidade de utilizar esse conhecimento de forma eficaz, seja nos cuidados em relação a audição, ou aos níveis sonoros aos quais estão expostos, por exemplo. Ocorre que, na maioria das vezes, o conteúdo de Ondas Sonoras no Ensino Médio é pouco abordado nos currículos escolares ou abordado de forma ineficaz para a aprendizagem dos alunos. Diante disso, o objetivo da pesquisa aqui realizada, foi o de compreender como as atividades investigativas podem auxiliar alunos de uma turma do Ensino Médio, a superar suas concepções errôneas sobre a *Natureza, Propagação e Qualidades do Som*, fazendo o uso da aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) e analisando os ganhos de aprendizagens desses alunos. Esta SEI foi aplicada na turma E (experimental) do segundo ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Professor Abelardo Romero Dantas, localizado no Município de Lagarto-SE. Comparou-se os ganhos de aprendizagem desta turma com a turma A (controle) do mesmo Colégio. Metodologicamente, trata-se de pesquisa de caráter misto (qualitativo e quantitativo) e classificada como quase experimental. Os resultados obtidos nessa pesquisa foram adquiridos devido a aplicação de dois questionários, o pré-teste e o pós-teste. E com eles, foi possível calcular o ganho de aprendizagem dos alunos e o efeito do tratamento nas duas turmas. Foi aferido que a turma A teve um ganho de 0,11, considerado um baixo ganho, e a turma E, atingiu 0,48, que é classificado como médio ganho. Já no efeito, a turma A obteve 0,46, classificada como sendo um efeito pequeno e na turma experimental foi de 1,64, que é considerada muito grande. Devido aos resultados adquiridos nesta pesquisa, percebeu-se que a turma experimental conseguiu superar mais concepções errôneas sobre o conteúdo abordado, pois obteve um maior desempenho em relação a turma controle.

Palavras chaves: Ondas Sonoras. Concepções errôneas. Atividade investigativa.

ABSTRACT

Sound is a phenomenon present in the daily lives of people, but their understanding is not always adequate to the scientific knowledge related to this phenomenon. It has been that, many people develop misconceptions about Sound, hence the importance of overcoming conceptions through the educational process. It seeks, therefore, that such people acquire the correct scientific knowledge in order to be able to use this knowledge effectively, be it in the care of the hearing or the sound levels to which they are exposed, for example. It occurs that, for the most part, the content of Soundwaves in High School is little approached in the school curricula or approached in an inefficient way for the students' learning. Therefore, the objective of the research carried out here was to understand how investigative activities can help students of a high school class, overcome their misconceptions about the Nature, Propagation and Qualities of Sound, making use of the application of a Sequence of Investigative Teaching (SEI) and analyzing the learning gains of these students. This SEI was applied in the E (experimental) class of the second year of the Secondary School of the State College Professor Abelardo Romero Dantas, located in the Municipality of Lagarto-SE. The learning gains of this class were compared to class A (control) of the same College. Methodologically, it is a research of mixed character (qualitative and quantitative) and classified as almost experimental. The results obtained in this research were acquired due to the application of two questionnaires, the pre-test and the post-test. And with them, it was possible to calculate the learning gain of the students and the effect of the treatment in the two classes. It was verified that class A had a gain of 0.11, considered a low gain, and class E, reached 0.48, which is classified as average gain. In the effect, class A obtained 0.46, classified as being a small effect and in the experimental group was 1.64, which is considered to be very large. Due to the results obtained in this research, it was noticed that the experimental group was able to overcome more misconceptions about the content, since it obtained a higher performance in relation to the control group.

Keywords: Sound waves. Misconceptions. Investigative activity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Capa do livro Física: Aula por Aula.....	37
Figura 02 – Representação da propagação do som	38
Figura 03 – Representação da propagação da intensidade do som.....	39
Figura 04 – Dois alunos realizando a demonstração com a Mola Maluca.....	42
Figura 05 – Alunos realizando a experiência	42
Figura 06 – Materiais montados para a realização do experimento.....	44
Figura 07 – Pesquisadora realizando a atividade experimental.....	47
Figura 08 – Aluno realizando a experiência.....	49
Figura 09 – Gráfico sobre a intensidade sonora de alguns sons.....	50
Figura 10 – Gráfico 01- Porcentagem de acertos versus número de questões da turma controle.....	52
Figura 11 – Gráfico 02- Porcentagem de acertos versus número de questões da turma experimental.....	54
Figura 12 – Gráfico 03- Ganho Normalizado versus Percentagem de alunos das turmas A e E.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Faixa de ganhos normalizado.....	33
Tabela 02 – Valores para a interpretação dos tamanhos dos efeitos	34
Tabela 03 – Dados coletados, porcentagem de acertos e ganhos de aprendizagens da turma A.....	56
Tabela 04 – Dados coletados, porcentagem de acertos e ganhos de aprendizagens da turma E.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Exposição dos conteúdos, objetivos e atividades desenvolvidas em cada momento.....	28
Quadro 02 – Conteúdo abordado em cada questão e a fonte onde foi retirado, criado e/ou adaptado.	32

LISTA DE SIGLAS

BSCS – Biological Sciences Curriculum Study

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

ESS – Elementary Science Study

PSSC – Physical Science Study Committe

SCIS – Science Curriculum Study

SE – Sergipe

SEED – Secretaria do Estado da Educação de Sergipe

TDE-LC – Tamanho de Efeito em Linguagem Comum

LISTA DE ABREVIATURAS

AC – Alfabetização Científica

DP_1 – Desvio padrão do grupo 1

DP_2 – Desvio padrão do grupo 2

$DP_{\text{combinado}}$ – Desvio padrão combinado

Eq. – Equação

$G_A_P_A$ – Ganho de aprendizagem por aluno

G_A_P1 – Ganho de aprendizagem na Parte 1

G_A_P2 – Ganho de aprendizagem na Parte 2

G_A_P3 – Ganho de aprendizagem na Parte 3

G_A – Ganho de aprendizagem

gl – Grau de liberdade

M_1 – Média do grupo 1

M_2 – Média do grupo 2

n_1 – Número de pessoas do grupo 1

n_2 – Número de pessoas do grupo 2

NTA – Número total de acerto da turma

NTAP(N) – Número de questões que o aluno acertou

O_1 – Pré-teste

O_2 – Pós-teste

P1 – Parte 1

P2 – Parte 2

P3 – Parte 3

QC – Quantidade de questões

SEI – Sequência de Ensino Investigativa

S_i – Média inicial

S_f – Média final

TQ – Total de questões do questionário

TQ(N) – Total de questões propostas

VI – Variável independente

x_i – Dados recolhidos

$\bar{x}$ – Média de acertos

%P – Percentual de acerto

%AP(N) – Percentual de acerto em cada parte

$\langle g \rangle$ – Ganho médio normalizado

%_A_P1 – Porcentagem de acerto na Parte 1

%_A_P2 – Porcentagem de acerto na Parte 2

%_A_P3 – Porcentagem de acerto na Parte 3

Z – Probabilidade

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Objetivos.....	17
1.1.1. Objetivo Geral.....	17
1.1.2. Objetivos Específicos.....	17
1.1.3. Motivação.....	17
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1. Breve Histórico do Ensino por Investigação.....	19
2.2. Ensino de Física por Investigação.....	20
2.3. Ensino de Ondas Sonoras.....	23
2.4. Possíveis Concepções Errôneas sobre o Som.....	24
2.5. Experimentos no ensino de Física.....	25
2.6. O que dizem as Pesquisas	25
3.METODOLOGIA.....	27
3.1. Características Gerais.....	27
3.2. Sequência de Ensino Investigativa (SEI)	28
3.3. Sujeitos e Campos de Pesquisa.....	29
3.4. Instrumento de Coleta.....	31
3.5. Instrumento de Análise.....	32
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1. Perfil dos Alunos.....	36
4.2. Análises dos Tópicos do livro.....	37
4.3. Concepções Errôneas Segundo o Pré-teste.....	39
4.4. Aplicação da Sequência de Ensino Investigativa.....	39
4.5. Ganho de Aprendizado Normalizado.....	55
4.6. Tamanho do Efeito.....	60
5.CONCLUSÕES.....	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
7. APÊNDICE.....	71

1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, o ensino de Física ainda é considerado tradicional, tendo em vista que as aulas são, em muitas situações, expositivas e matematizadas, onde os conceitos expostos para os alunos não são priorizados, conduzindo o mesmo a adquirir aprendizagem através das repetições de exercícios, que são baseados por algum exemplo resolvido em sala de aula pelo professor. Essa característica metodológica faz com que os alunos continuem passivos e o professor o único detentor e transmissor do saber (BRITO; REGO, 2014a; COSTA; BARROS, 2015). Ocorrendo assim, a desmotivação tanto do professor quanto do aluno, pois esse modelo de metodologia não atinge o objetivo de preparar os alunos para as necessidades da sociedade atualmente (BRITO; REGO, 2014a).

Além desse ensino tradicionalista, existem alguns conteúdos que são expostos para os alunos de forma bastante resumida e com pouco tempo destinado a esses conteúdos, como por exemplo, o ensino de Acústica. Ocorre que, no segundo ano do Ensino Médio, os conteúdos abordados em alguns livros, como por exemplo Filho e Silva (2016), Luz, Álvares e Guimarães (2017) e Bonjorno *et al.* (2016), seguem a ordem: Termodinâmica, Óptica Geométrica e Ondulatória. Porém, esta última é subdividida em partes, sendo que Acústica, geralmente, é o último assunto a ser abordado, ficando em uma situação desfavorável ao ensino. E isso pode dificultar o aluno a associar o conteúdo de Ondas Sonoras com a vivência em seu cotidiano (CORREIA; BOLFE; SAUERWEIN, 2016).

É de suma importância que nos currículos escolares de Física esteja presente o conteúdo do Som, pois ele está no cotidiano de todas as pessoas, e é necessário que o estudante compreenda com maior aprofundamento esse assunto. Obtendo assim, um conhecimento científico e também de forma a ajudá-lo na sociedade em que vive, como por exemplo saber a maneira de evitar e se proteger da poluição sonora e/ou submeter decisões plausíveis para impedir os possíveis danos à saúde (AFONSO; LEITE, 1999).

Como já mencionado, a Física do som é pouco abordada nos currículos escolares, aparecendo na maioria das vezes, simplesmente, como sendo um exemplo de Onda (SILVA; AGUIAR, 2011). Além disso, existem professores que retiram esse conteúdo do currículo, devido ao tempo que dedicam para ensinar os outros assuntos. Isso acontece devido a fatores como: deixar de ensinar por causa da falta de conhecimento metodológico ou conceitual de ondas sonoras, ou até mesmo por falta de qualificação desses professores (AFONSO; LEITE, 1999). Reduz-se assim, a necessidade de entender os fenômenos sonoros, e aumenta-se a dificuldade de compreender as concepções errôneas que são adquiridas no cotidiano, através da intuição. Dentre essas concepções, está a ideia que a propagação do som só acontece no ar e a

percepção de “que a velocidade do som depende da intensidade” (SILVA; AGUIAR, 2011, p. 3).

Torna-se necessário que as concepções dos alunos, em particular, sejam confrontadas com resultados experimentais, por exemplo, a fim de que façam uma análise com o objetivo de saber se o que tinham em mente era algo errôneo ou não. Cabe ao professor, proporcionar a eles um meio adequado (SILVA; AGUIAR, 2011). Meio esse, que pode ser a utilização de experimentos didáticos, pois podem possibilitar aulas com participação ativa dos alunos, criando possivelmente um melhor entendimento do conteúdo, despertando sua curiosidade, entre outros aspectos (MOURA *et al.*, 2017). Porém “são raras as proposições de utilização de experimentos principalmente para o estudo de ondas sonoras, sejam elas de caráter demonstrativo, investigativo ou de verificação” (PIUBELLI *et al.*, 2010, p. 1). Isso acontece devido a existência de alguns problemas que dificultam a realização desta prática metodológica, como a falta de material didático (AFONSO; LEITE, 1998; SAAB; CÁSSARO; BRINATTI, 2005; JARDIM; ERROBIDART; GOBARA, 2008), assim como a “ausência de laboratórios e equipamentos nas escolas, até a inexpressiva quantidade de orientações que podem auxiliar o professor no planejamento de suas aulas” (ERROBIDART *et al.*, 2014, p. 1). Com isso, “o conceito de Ondas é estudado fundamentalmente com ênfase nas demonstrações teóricas de suas equações e leis” (JARDIM; ERROBIDART; GOBARA, 2008, p. 9).

Outro fator relevante, é que existem poucos estudos sobre as dificuldades que os alunos possuem em compreender como o som se propaga e que a sua velocidade é propriedade do meio de propagação. Além disso, também falta criar materiais que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem, a fim de ajudar tais alunos na superação dessas dificuldades (SILVA; AGUIAR, 2011). Sendo assim, os estudantes permanecem criando conhecimentos alternativos (por vezes errôneos) a respeito do Som, e esses conhecimentos não desaparecem facilmente no decorrer do tempo, muito menos com o ensino que muitos deles recebem sobre esse conteúdo. Para que esses conhecimentos errôneos sejam superados, é necessário que o professor desenvolva um planejamento didático que proporcione a alteração das concepções errôneas nos alunos. Permitindo, por exemplo, que o discente em Licenciatura em Física tenha um ensino contextualizado, evitando, que o mesmo ensine a seus futuros alunos conceitos sobre Ondas, influenciado por suas próprias concepções errôneas que não foram superadas em seu Ensino Médio (LEITE; AFONSO, 1999).

Uma possível alternativa para que os alunos percebam erros em seus conhecimentos, é quando o professor faz uso de atividades investigativas, pois nelas o aluno deixa de ser passivo e passa a ser responsável pela construção do seu próprio conhecimento, podendo se tornar um

ser crítico nesse processo, desenvolvendo assim, o entendimento sobre os determinados conceitos e a busca pela conexão entre o conteúdo estudado na sala de aula e o seu cotidiano (BEMFEITO; VIANNA, 2009). O professor que realiza esse tipo de atividade, deixa de ser o único detentor e transmissor do saber, e passa a orientar e auxiliar o aluno a formar o próprio conhecimento (BRITO; REGO, 2014b). Na atividade investigativa o aluno não só deve observar ou manipular o problema sugerido, ele também precisa dialogar, argumentar e descrever, isso fará com que o seu trabalho possua características essenciais do fazer científico (BRITO; REGO, 2013; AZEVEDO, 2004). Esse problema a ser discutido não é aquele de fixação de conteúdo, que geralmente é proposto no final do capítulo dos livros didáticos ou de um exercício de experimentos, ele é algo que requer um tempo para a análise, uma proposta de solução que passa pelo processo de investigação científica (BRITO; REGO, 2014b). Pois, esse tipo de problema proposto pelo professor precisa desenvolver no aluno o interesse em participar da aula, em utilizar seus conhecimentos prévios e em refletir com a turma, para que se possa encontrar a possível solução para o mesmo (AZEVEDO, 2004).

Em virtude do que foi mencionado, apresenta-se nesta pesquisa o seguinte problema: de que maneira as atividades investigativas podem contribuir para que haja a superação das concepções errôneas dos alunos do Ensino Médio acerca da Natureza, Propagação e Qualidades Fisiológicas das Ondas Sonoras? Buscando respostas a questão levantada, será proposta uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), tendo em vista que os alunos possuem concepções errôneas sobre o Som, como por exemplo: acreditam que o som se propaga somente em uma direção, que a propagação pode acontecer no vácuo ou até mesmo que o som só se propaga no ar (SOARES, 2007), possam superar essas concepções através das atividades investigativas desenvolvida na pesquisa.

Têm-se por hipótese inicial que a SEI poderá despertar nos alunos do Ensino Médio, em relação ao conteúdo de Ondas Sonoras, uma curiosidade e participação ativa no decorrer das aulas. E devido ao possível potencial dessa sequência, algumas concepções errôneas da maioria dos discentes poderão ser superadas.

O conteúdo de Ondas Sonoras é muito importante, já que o aluno presencia em seu dia a dia. Porém, na maioria das vezes “devido ao alto nível de abstração e falta de experimentos de fácil elaboração” (MOURA *et al.*, 2017, p. 183), o aluno não consegue compreender com nitidez o assunto. É devido a essa falta de compreensão que as concepções errôneas construídas nas experiências do cotidiano, ainda permanecem em alunos de diferentes níveis de ensino (SILVA; AGUIAR, 2011). Por isso, é bastante relevante desenvolver essa pesquisa utilizando a abordagem investigativa, pois a mesma pode proporcionar que os alunos participem

ativamente no decorrer das aulas, fazendo com que eles superem suas concepções errôneas sobre a natureza do som, sua propagação e suas qualidades fisiológicas.

A aplicação da Sequência de Ensino Investigativa, além de proporcionar que o aluno investigue conteúdos em sala de aula, o ajudando a compreender melhor o conteúdo, proporciona também uma maneira de desenvolver a Alfabetização Científica (AC) de acordo com as atividades utilizadas. Assim “se tratando da AC, o mais importante não é o aluno aprender a decodificar palavras e símbolos, nem decorar fórmulas e conceitos científicos, mas sim aprender a fazer uma leitura crítica e significativa do mundo o qual faz parte” (SANTOS; BRICCIA, 2017, p. 3).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

- Compreender como as atividades investigativas podem auxiliar alunos de uma turma do Ensino Médio, a superar suas concepções errôneas sobre a Natureza, Propagação e Qualidades do Som, fazendo o uso da aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa e analisando os ganhos de aprendizagens dos alunos.

1.1.2. Objetivo Específico

- Conhecer as concepções errôneas dos alunos;
- Verificar possíveis distorções conceituais sobre a natureza e propagação do som nos livros didáticos que o aluno utiliza;
- Pesquisar sobre o uso de sequências de ensino investigativas no ensino de Física;
- Elaborar, aplicar e avaliar uma SEI sobre a natureza, a propagação e as qualidades fisiológicas do som;
- Verificar as contribuições da SEI na superação das concepções errôneas dos alunos;
- Comparar os ganhos de aprendizagem dos alunos que recebeu a sequência mencionada, com alunos que não receberam.

1.2. Motivação

Ao estudar Mecânica II, que é a atual Física B do terceiro período, presente no quarto Projeto Político Pedagógico do Curso (PPC) de Licenciatura em Física IFS/Campus Lagarto, foi notório a minha dificuldade na compreensão do conteúdo de Ondas. Acredito que essa dificuldade surgiu devido não ter estudado esse conteúdo no Ensino Médio Normal (antigo

magistério), pois nesse curso abordava somente a Física do segundo e terceiro ano do Ensino Médio Regular, onde os conteúdos eram resumidos ou até mesmo retirado do currículo, como foi o caso do conteúdo de Ondas. Havia também várias mudanças de professores no decorrer da disciplina de Física.

Quando fui estudar a disciplina Instrumentação para o Ensino de Física II, conheci os tipos de atividades investigativas, e isso me mostrou como uma aula poderia ser atrativa e prática para o aluno. Nesta disciplina, foram desenvolvidas pelos discentes algumas aulas sobre o conteúdo do segundo ano do Ensino Médio. A primeira aula que fiquei responsável em ministrar, foi justamente a que se tratava sobre Introdução à Ondas. Com isso, fiz algumas pesquisas e encontrei o artigo dos autores Marim e Vianna (2013), que tratava de uma explicação base com experimentos de baixo custo utilizando atividades investigativas. Li esse artigo e me baseei nele para dar a aula, foi nesse momento que tive a certeza que as atividades investigativas contribuíam para o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos.

De acordo com a atividade investigativa proposta, foi despertado uma curiosidade em saber como está sendo o ensino de Ondas no Ensino Médio atualmente. Pois, devido a algumas leituras de artigos que falavam sobre o ensino de Ondas, percebi que o conteúdo de Ondas Sonoras ainda é pouco abordado no Ensino Médio (SILVA; AGUIAR, 2011), existem poucas publicações em revistas (JARDIM; ERROBIDART; GOBARA, 2008) e tem pouca utilização de experimentos em aulas (PIUBELLI, *et al.*, 2010; ERROBIDART, *et al.*, 2014). E também que muitos alunos possuem concepções errôneas sobre esse conteúdo (SOARES, 2007; SILVA; AGUIAR, 2011; SILVA, 2011). Por isso, me interessei em fazer a pesquisa sobre o ensino de Ondas Sonoras através das atividades investigativas, pois segundo Afonso e Leite, (1998, p. 1) “os jovens contatam desde cedo, com fenômenos acústicos e utilizam frequentemente instrumentos que se baseiam no som e nas características destes”. E as pessoas precisam saber como se proteger por exemplo do uso excessivo de fones de ouvido com som muito intenso.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Breve Histórico do Ensino por Investigação

No decorrer da segunda metade do século XIX até a atualidade, o ensino de Ciências expôs objetivos distintos, devido, especialmente, as modificações atuais do corpo social em diferentes períodos, levando em consideração as questões políticas, históricas e filosóficas. Uma das tendências do ensino de Ciências que surgiu e teve grande repercussão nos Estados Unidos e na Europa, foi o ensino por investigação, conhecido por *inquiry*, onde foi motivado por John Dewey, que era um pedagogo e filósofo americano. No final do século XIX, apareceu o Movimento Progressista que advogava a importância do ensino centrado na vida, associando a teoria com a prática e envolvendo o aluno na participação ativa do desenvolvimento de sua aprendizagem, em que Dewey foi o pioneiro desses pensamentos (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Dentre alguns passos metodológicos/científicos criados por Dewey, tem-se:

Os passos seriam: apresentação de problema, formação de hipótese, coleta de dados durante o experimento e formulação de conclusão. Os problemas a serem estudados deveriam estar de acordo com o desenvolvimento intelectual, as capacidades cognitivas dos estudantes e com as experiências dos mesmos. (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.71).

Partindo da compreensão dos autores citados, esses passos tinham o propósito de habilitar os discentes a serem seres pensantes, que iriam estudar além do conteúdo que o professor explicava em sala de aula, ou seja, os alunos deveriam se tornar pesquisadores sobre as possíveis respostas dadas durante a aula. Outro fato relevante, é que a “educação científica, na primeira metade do século XX, teve seu objetivo principal voltado aos valores sociais, devido ao crescimento da urbanização, da imigração, problemas relacionados com a saúde pública” (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.71). Por causa desse fato, o ensino por investigação ficou entendido como uma maneira de desenvolver capacidades essenciais para solucionar os problemas sociais. Mas em 1950, os cientistas, professores e os chefes de fábricas, alegavam que o ensino científico tinha perdido o rigor acadêmico, pois estava muito centrado nos educandos, assim, “argumentava-se que o papel primeiro das escolas deveria ser o treinamento de uma inteligência disciplinada e a transmissão da herança cultural” (RODRIGUES; BORGES, 2008, p. 6). Esses autores, salientam ainda que este foi o começo de uma mobilização de reforma que se iniciou nos anos 50 até os anos 70.

Segundo Rodrigues e Borges (2008, p. 6), “no período dos ‘grandes projetos’, as atividades de laboratório ganharam papel central nas reformas curriculares dos Estados Unidos”. Projetos como “BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*), PSSC (*Physical Science Study Committee*), SCIS (*Science Curriculum Study*), o ESS (*Elementary Science*

Study)”, apontavam que o ensino de ciência teria que ser do mesmo jeito que era praticado pelos cientistas. E tinham como objetivo, tornar o docente em um mini cientista com o método de ensino por descoberta, onde no Brasil passou a ter essa configuração a partir do ano de 1967 devido a tradução dos materiais criados nesses projetos norte-americanos.

De acordo com Zômpero e Laburú (2011), na década de 1970, devido aos danos que o meio ambiente sofria, o Ensino de Ciências passou a se preocupar novamente em uma educação que levasse em consideração questões da sociedade ao progresso da Ciência e da Tecnologia. Observa-se que essa abordagem teve iniciativa na Grã-Betânia e durou até a década de 1980 com discussões de pensamentos, chegando nas práticas pedagógicas, onde foram envolvidos os textos, currículos e avaliações. No final de 1980, nos Estados Unidos foi criado o documento *Science For All Americans*, que destacava a importância do ensino de Ciências ter coesão com a natureza da investigação científica. Já no Brasil, as atividades investigativas são abordadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais somente em 1997.

2.2. Ensino de Física por investigação

O ensino por investigação é uma das metodologias que centraliza as atividades no aluno, para que ele possa desenvolver a independência e a eficiência nas escolhas das ações, de analisar e de solucionar problemas (OLIVEIRA, 2015). Problemas estes que contém etapas sequenciadas, proporcionando ao aluno a chance de mencionar e verificar suas hipóteses, refletindo e organizando suas ideias para discutir com outros alunos e com o docente (CARVALHO, 2013).

As atividades utilizadas em um ensino por investigação são denominadas atividades investigativas. Em um curso de Física, as atividades investigativas que estão mais próximas da realidade, ou seja, adjacentes da formação do conhecimento científico e da construção científica desenvolvida pelos cientistas, são as *demonstrações investigativas*, as *questões abertas*, os *problemas abertos* e o *laboratório aberto* (AZEVEDO, 2004). Para uma melhor compreensão, serão explicadas resumidamente essas atividades, começando por *demonstrações investigativas*, que são problemas experimentais propostos pelo professor, onde somente ele irá manusear o aparato experimental, devido por exemplo, ao manuseio de um experimento que contém fogo ou que apresente riscos aos alunos. Porém, antes de iniciar o experimento, é necessário que o docente faça perguntas para a turma, para que ocorra o levantamento de hipóteses. E ao terminar o experimento, o professor deve desenvolver questões para saber se os alunos realmente entenderam o que eles discutiram (CARVALHO, 2013).

Como exemplo, cita-se o artigo de Almeida, Valadares e Junior (2015), que relata análises das atitudes de um professor que desenvolveu demonstrações investigativas em sala de aula sobre o Efeito Joule. Inicialmente o professor informa aos alunos que eles irão entender o funcionamento de um chuveiro elétrico. E para isso, levou um chuveiro aberto e mostrou uma molinha, perguntando em seguida o que seria a mesma e qual era o motivo para ser enrolada. Fala e escreve no quadro a equação da segunda lei de Ohm ($R=\rho L/A$), para relembra-los sobre a resistência. Posteriormente ele expõe para os alunos um circuito composto por um fio níquel-cromo de resistência variável, onde indicou com a mão que continha um fio muito fino de níquel-cromo, um fio fino, um fio um pouco mais grosso e um fio do mesmo, porém percorria um caminho maior. Mostra também que se o fio for esticado não caberia no lugar, por isso que teve que percorrer um caminho maior e que, de acordo com a equação seria o comprimento (L).

Em seguida mostra para a turma uma fonte de 12 V informando que tem um aparelho que reduz a tensão de 110 V para 12 V. Ligou a fonte de energia e colocou as extremidades dos fios com as extremidades do prego, ele avisa que fez isso para a energia percorrer por todo o fio. Ao ligar, pediu que os alunos ficassem observando para informar o que aconteceria. Logo após, ele ligou o primeiro contato e perguntou se os alunos estavam sentindo um cheiro diferente, pois como ele estava perto sente facilmente. Isso fez com que os alunos se aproximassem um pouco mais do experimento. Com isso, o professor faz a relação do comprimento do fio com a resistência e coloca um fio menor, para que os alunos analisem o que poderia acontecer. Para melhor visualização, o professor pede que apague as luzes da sala. Todos percebem que o fio muda de cor.

Devido ao envolvimento da turma com a luminosidade, o professor aproveita para relacionar com a equação, perguntando aos alunos se o L (o comprimento do fio) diminuir o que aconteceria com a resistência (R). Perguntou também sobre qual era o motivo do fio ficar incandescente, se era por que estava passando mais ou menos corrente elétrica (I). Devido à pergunta de um aluno, o professor explicou a relação entre R e L, ele fez a relação utilizando a equação da primeira lei de Ohm ($I=V/R$). Informou também que o Efeito Joule está relacionado com esse experimento, pois foi feito análise com o comprimento do fio, da resistência, além de observar os fenômenos físicos. Frisa-se agora, que a todo momento os alunos interagiam com o professor, através das perguntas feitas por ambos.

As questões abertas, propõem para os discentes problemas relacionados com fatos do cotidiano, sendo que a explicação do conceito já havia sido mencionada nas aulas anteriores. Nessa atividade investigativa, é importante o registro das respostas dos problemas, pois o aluno poderá organizar as suas ideias de acordo com o que foi observado e discutido em sala de aula

(AZEVEDO, 2004). Por exemplo, Borges e Rodrigues (2005), expõe um trabalho metodológico sobre o Som utilizando os problemas abertos. Para iniciar a aplicação ele entregou um texto interdisciplinar e não necessariamente didático, que estabelecia uma relação entre o Som e a Fisiologia do corpo humano, onde destacava os conceitos e a associação matemática. Esse texto tinha a intenção de auxiliar os alunos na resolução das oito questões abertas a seguir, destacando que todas as questões foram discutidas em sala de aula.

1) O que você acha que é um som alto? E um som baixo? Explique. 2) É possível que um som seja tão alto que não possa ser ouvido? Explique sua resposta. 3) Se dois músicos tocarem a mesma sequência de notas, porém um na flauta e outro no violão, você seria capaz de dizer se eles realmente tocaram a mesma sequência de notas? Explique. 4) Consegue dizer de ouvido quando uma música foi tocada no violão ou no piano? Em caso afirmativo explique o que existe em cada instrumento que lhe permite fazer esta distinção. 5) Você consegue reconhecer seus amigos/amigas pela voz? O que existe na voz que permite isso? 6) O que você acha que é o volume de um som? Explique. 7) O que quer dizer afinar um instrumento? 8) O som precisa de um meio material para se propagar. Explique está afirmativa (Ibidem, p. 81-82).

No *problema aberto*, é exposto um problema para uma classe, que pode estar em grupos ou não, para que seja possível desenvolver um debate e encontrar a possível solução conceitual, finalizando com uma solução matematizada. Nessa atividade também é de suma importância que haja o registro completo do procedimento, pois dessa maneira procura-se a adequação do conhecimento no aluno (AZEVEDO, 2004). Tem-se como exemplo, a confecção de um problema aberto proposto por Barros (2013), com o conteúdo Dinâmica, onde foi feito para mostrar aos professores que é possível transformar um problema tradicional em um problema aberto. O problema foi o seguinte:

Um veículo trafega por uma estrada quando, diante de um obstáculo, freia bruscamente. a) Que força deve atuar sobre o veículo para fazê-lo parar?; b) Quanto tempo demorará a parar?; c) Que distância percorrerá até parar? e d) Onde deve começar a frear para não atingir o obstáculo? (Ibidem, p.1).

Já no *laboratório aberto*, busca-se solucionar o problema através do experimento, sendo que a solução poderá ser subdividida em seis etapas: proposta do problema; levantamento de hipóteses; elaboração de plano de trabalho; montagem do arranjo experimental e coleta de dados; análise dos dados; e a conclusão. Sendo que, a proposta do problema deve ser apresentada como uma pergunta que desperte o interesse científico dos estudantes, essa pergunta deve ter como solução o objetivo central do experimento. Segue-se esta etapa, com o levantamento de hipóteses, que ocorre pelos alunos depois da exposição do problema. Em seguida vem a elaboração do plano de trabalho. Nessa fase, será determinado como fazer o experimento, desde a escolha do aparato experimental até a análise dos dados. A próxima fase é a montagem do arranjo experimental, onde os alunos manipulam os materiais para a montagem do experimento. Em seguida, eles iniciam a coleta de dados como o combinado pelo

grupo na elaboração do plano de trabalho e é na análise dos dados que são retiradas informações sobre a solução do problema. Nessa fase pode inserir a elaboração de gráficos, utilização de equação e/ou verificação das hipóteses. Já na conclusão é onde será formalizada a verdadeira solução para o problema inicial proposto (AZEVEDO, 2004).

Como um exemplo do *laboratório aberto*, tem-se a pesquisa de Brito e Rego (2014b), que mostra uma sequência didática sobre Energia Mecânica e a sua Conservação, subdividida em cinco etapas. Na primeira etapa, foi pedido para que os alunos formassem grupos contendo cinco pessoas no máximo, depois foram apresentados os seguintes materiais: “uma bola de gude, uma canaleta de pasta plástica e um copo plástico com uma abertura” (Ibidem, p. 3), com o intuito dos alunos solucionarem o problema que era colocar o copo em movimento sem ter contato físico e sem ter o auxílio da bola de gude.

Na etapa dois, foi desenvolvido a montagem do experimento em todos os grupos, para tentar resolver o problema. A terceira etapa, foi o momento em que os alunos ficaram em círculo devido a orientação do professor, já que nesta etapa todos os grupos iriam expor as possíveis soluções. O professor fazia perguntas para os grupos de alunos sobre a solução que eles tinham encontrado. No término desta etapa, foram entregues para os alunos um questionário, onde o mesmo era composto por uma ilustração do experimento e mais quatro desenhos do experimento montado, porém com situações distintas, sendo que as modificações tanto eram indicadas na figura, quanto na legenda. O questionário foi realizado para estimular as habilidades dos alunos no decorrer da discussão em grupo.

A quarta etapa, foi desenvolvida em dois encontros: no primeiro foi organizado uma aula expositiva sobre Energia Potencial, com a utilização de slides, do quadro e de um vídeo que continha o intuito de expor uma possível solução para o problema. No segundo encontro, foi explicado de maneira semelhante, o conceito de Energia Cinética. Na quinta e última etapa, o professor pediu que os alunos desenvolvessem um texto relatando os três últimos encontros.

Na pesquisa desenvolvida e apresentada neste trabalho, foram abordados dois tipos de atividades investigativas: a *questão aberta* e a *demonstração investigativa*. Com o intuito de promover a participação do estudante na construção de seu próprio conhecimento sobre o conteúdo de Ondas Sonoras, mais especificamente a sua Natureza, Propagação e Qualidades Fisiológicas.

2.3. Ensino de Ondas Sonoras

Existe uma dificuldade em transpor didaticamente o conteúdo de ondas sonoras, pois faltam materiais que auxiliem os professores durante a aula, como por exemplo, alguns livros

didáticos que não abrangem profundamente esse conteúdo e estão fragmentados (GOBARA *et al.*, 2007). Além disso, não existem muitas pesquisas que obtêm como objeto de estudo a transposição didática do conceito de Ondas Sonoras e, devido as poucas publicações existentes pode-se afirmar que esse ainda é um assunto pouco abordado (JARDIM; ERROBIDART; GOBARA, 2008).

Mesmo fazendo parte dos currículos escolares, muitas pessoas ainda possuem concepções errôneas em relação ao Som, sua Propagação e a sua Natureza. E para haver mudanças nestas concepções é necessário utilizar uma metodologia adequada, para o aluno compreender melhor o seu cotidiano e também para não acontecer, por exemplo, de ser um futuro professor que ensina aos alunos a Física relacionada ao Som de acordo com essas concepções (LEITE; AFONSO, 1999).

2.4. Possíveis Concepções Errôneas sobre o Som

Algumas concepções errôneas sobre a Acústica se encontram em alunos de diversos níveis de escolaridade (LEITE; AFONSO, 1999) e com maneiras distintas de pensamentos, como por exemplo, alguns acreditam que “o som é algo material que se desloca de um ponto para o outro”, pois tem em mente que o som é um exemplo de fluido sonoro que preenche o local (SILVA; AGUIAR, 2011, p.1). Já outros alunos acreditam que o som é propagado através das colisões das partículas, “estas chocariam consecutivamente, umas nas outras, até desde a fonte sonora até o ouvido (SOARES, 2007, p. 403).

Sobre a Propagação do Som, consta-se na pesquisa de Soares (2007) que alguns alunos possuem as seguintes concepções errôneas: o som não precisa de um meio material para se propagar; a propagação do som no ar é mais vantajosa; não existe a propagação nos sólidos; existe a propagação somente no sólido do tipo metálico, em especial o ferro, pois o mesmo conduz eletricidade e devido a isso o som também se propaga; se o meio for muito denso o som não se propaga; no vácuo, a propagação do som é instantânea. Sobre essa mesma temática, Silva (2011) informa em sua pesquisa outras concepções, como: a propagação do som acontece em espaços vazios; a transmissão do som ocorre na água devido ao oxigênio existente nela; “o som é transmitido nos sólidos através de pequenos buracos ou aberturas no interior do material” (p. 12); a propagação do som acontece somente em uma direção. Alguns alunos também tem a concepção de que o som só pode se propagar no ar (LEITE; AFONSO, 1999).

Sobre a Velocidade de Propagação as concepções errôneas também persistem, como: “a velocidade de propagação nos sólidos é menor do que nos líquidos e nos líquidos, por sua vez, é menos do que nos gases” (SOARES, 2007, p. 410); quanto maior a densidade dos meios

menor é a sua velocidade de propagação do som; “a velocidade do som no vácuo é maior de que no ar” (Ibidem, p. 408); a velocidade de propagação dos sons com o volume alto é mais rápida do que o de volume baixo; “som de baixa frequência (som grave, abafado) move-se a uma velocidade diferente do som de alta frequência (estridente)” (SILVA, 2011, p.12). Já sobre as Qualidades do Som, os alunos relacionam a intensidade sonora com a altura do som; acreditam que existe dependência da amplitude quando se relaciona com a altura do som; julgam que a intensidade depende da velocidade e da frequência (SOARES, 2007).

2.5. Experimentos no Ensino de Física

As atividades experimentais realizadas tanto em laboratório específico, quanto em sala de aula, podem proporcionar ao aluno um aprendizado científico, que irá possibilitar a compreender a vida cotidiana e a se tornar uma pessoa mais curiosa na sociedade. Esse tipo de atividade é essencial na vida escolar do discente (MORAES; JUNIOR, 2014), “pois é, na prática, motivados por sua curiosidade, que os alunos buscam novas descobertas, questionam sobre diversos assuntos e, o mais importante favorece uma aprendizagem mais significativa” (Ibidem, p. 62). Para que as atividades experimentais permitam que o aluno seja um ser pensante, com atitude e com o conhecimento para fazer interligação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, é necessário verificar como o experimento está sendo trabalhado e conduzido (ANDRADE; MASSABNI, 2011).

Atualmente alguns professores realizam a prática experimental empregando o modelo tradicional, onde para realizar o experimento, deve-se observar e seguir os procedimentos expostos em um guia experimental (ROSA; ROSA, 2012). Este tipo de atividade, pode causar desmotivação para os alunos (LABURÚ, 2006), já que não proporciona que eles exponham e reorganizem seus conhecimentos (ANDRADE; MASSABNI, 2011). De acordo com Séré, Coelho e Nunes (2003, p. 31), “a maneira clássica de utilizar o experimento é aquela em que o aluno não tem que discutir; ele aprende como se servir de um material, de um método; a manipular uma lei fazendo variar os parâmetros e a observar um fenômeno”.

Quando a atividade experimental é desenvolvida com uma abordagem investigativa, o aluno tem espaço para refletir, verificar, propor soluções, entre outros aspectos, pois ele é estimulado a participar da aula, através de elaboração de hipóteses, táticas e da resolução do problema proposto, por exemplo (ANDRADE; MASSABNI, 2011).

2.6. O que dizem as Pesquisas?

A pesquisa realizada por Borges e Rodrigues (2005), relata a utilização de questões abertas em um curso composto por nove alunos que já haviam estudado o primeiro ano ou o segundo ano do Ensino Médio, porém nenhum dos participantes tinham estudado o ensino de Ondas Sonoras. O curso era desenvolvido fora do horário escolar e teve uma duração de seis horas, que foi subdividido em dois dias, com três horas cada, cada encontro foi separado por um intervalo de uma semana, sendo que a turma foi dividida em três grupos.

Para verificar o desempenho dos grupos, foram aplicados para cada aluno, dois questionários idênticos que continham oito questões abertas. Sendo que o primeiro (pré-teste) foi aplicado antes e o segundo (pós-teste) depois da “unidade de ensino”. Com isso, os autores afirmaram que o grupo 2 obteve um melhor desempenho no pós-teste em relação ao pré-teste, já o grupo 1, também obteve um melhor desempenho, porém foi considerado como “ganhos moderados”. Em relação ao grupo 3, eles consideraram que não houve melhora no desempenho, ou seja, os resultados dos dois questionários apresentavam basicamente as mesmas respostas, exceto dois alunos que adquiriram um melhor desempenho no pré-teste em relação ao pós-teste (BORGES; RODRIGUES, 2005).

O artigo realizado por Brito e Rego (2014b), já mencionado nesta pesquisa do tópico 2.2., traz que dos 21 relatórios entregues, apenas 4 foram selecionados para a avaliação, pois estavam com uma boa escrita e com boa compreensão. Foi percebido nos textos entregues, que os experimentos realizados pelos alunos e o experimento demonstrado pelo professor foram significativos para os alunos. Os autores ainda afirmam que:

“houve a promoção de certas habilidades relacionadas ao trabalho científico durante a produção do relatório final tais como descrever, desenhar esquemas de experimentos e analisar, apresentando-se algumas com um nível maior de incidência do que outras” (BRITO; REGO, 2014a, p. 1150).

3. METODOLOGIA

3.1. Características Gerais

A pesquisa aqui desenvolvida é de caráter misto, ou seja, apresenta as abordagens quantitativas e qualitativas, possuindo uma forma de coleta de dados com descrições numéricas e textuais em um mesmo estudo, de forma a potencializar a compreensão do problema da pesquisa. Foi desenvolvida com estratégia procedimental sequencial, iniciando o processo investigativo de forma qualitativa, dando-se prosseguimento com o uso de uma abordagem quantitativa (CRESWELL, 2007). No ensino de Física encontra-se essa característica mista no processo de pesquisa, como é o caso de Costa *et al.* (2012).

No que diz respeito a abordagem qualitativa, é feita a interpretação das ações dos participantes envolvidos na pesquisa e, para que haja uma melhor observação da situação, é necessário que o pesquisador esteja incluso no ambiente da pesquisa (MOREIRA, 2011). Durante a coleta de dados é importante que os participantes estejam ativos no decorrer do estudo, pois essa coleta pode ser feita por meio da observação aberta, ou até mesmo por uma entrevista. Esses dados coletados podem envolver textos e imagens, que serão interpretados pelo pesquisador (CRESWELL, 2007). São vários exemplos de pesquisas qualitativas no ensino de Física (BORGES; RODRIGUES, 2005; NASCIMENTO; GOBARA, 2009; ERROBIDART *et al.*, 2014). A pesquisa qualitativa pode ser desenvolvida de diversas maneiras, como por exemplo a etnográfica, a documental e o estudo de caso (GODOY, 1995). A parte qualitativa dessa pesquisa, será na forma de estudo de caso com o delineamento exploratório.

O estudo de caso é um tipo de pesquisa que estuda a pessoa, o grupo ou até mesmo um fenômeno. E a metodologia utilizada nesse tipo de pesquisa pode englobar tanto o método quantitativo como o qualitativo (MOREIRA, 2011). Existem várias qualidades que auxiliam a moldar a metodologia desse tipo de pesquisa, como “a natureza da investigação em estudo de caso, o seu carácter holístico, o contexto e sua relação com o estudo, a possibilidade de poder fazer generalizações, a importância de uma teoria prévia e o seu carácter interpretativo constante” (MEIRINHOS; OSÓRIO, 2010, p. 52). O estudo de caso é muito útil em pesquisas tanto exploratórias quanto descritivas, mas pode ser importante também para suprir informações pertencentes a causa de alguns fenômenos. Destaca-se que a pesquisa exploratória permite uma maior aproximação com o problema, com o intuito de deixá-lo mais compreensível para que se possa criar hipóteses, aperfeiçoar a compreensão ou até mesmo suspeitar de novas descobertas. Já a pesquisa descritiva, visa descrever a particularidade de um povo ou acontecimento, contendo como uma de suas características importantes o uso da estratégia na

coleta de dados, pois possui padrões já estabelecidos, como o questionário e a observação (GIL, 2002).

Em relação a abordagem quantitativa, as informações registradas durante a coleta dos dados são convertidas em dados numéricos (MOREIRA, 2011). Esse método abrange vários delineamentos de pesquisa, porém, nesse estudo foi abordado o delineamento quase experimental, em que é possível manipular variáveis, além de ser comum usar alguns grupos para poder ter o controle das mesmas. Grupos estes que podem ser divididos em um grupo experimental, onde será aplicado a variável independente (VI), e um grupo controle, onde a VI não será desenvolvida. O esquema abaixo mostra o delineamento quase experimental, expõe situações de pré-teste e pós-teste tanto para o grupo experimental, como para o grupo controle. Onde O_1 significa o pré-teste, I é a aplicação da variável independente e O_2 é o pós-teste.

Grupo experimental	$O_1 \Rightarrow I \Rightarrow O_2$
Grupo de controle	$O_1 \quad O_2$

Quando o pesquisador altera a VI ele pode verificar e determinar quais foram os resultados que a alteração gerou em uma variável chamada variável dependente (VD) (BAPTISTA; CAMPOS, 2013).

3.2. Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

A Sequência de Ensino Investigativa possui três momentos e, em cada um foi desenvolvido a *questão aberta* ou a *demonstração investigativa*. Todos os momentos foram iniciados com um problema simples, cujo o objetivo foi o de estimular o aluno a pensar e discutir sobre o mesmo com os colegas, construindo suas hipóteses, através por exemplo de conhecimentos prévios (AZEVEDO, 2004). Logo em seguida, teve a atividade experimental, que fez com que o discente se familiarizasse e encontrasse as possíveis soluções do problema, que foram discutidas em sala de aula por meio da contextualização. Para finalizar cada momento, os alunos registraram, através de uma atividade a solução do problema. No Quadro 01, está exposta a SEI aplicada.

Quadro 01: Exposição dos conteúdos, objetivos e atividades desenvolvidas em cada momento.

Momentos/ Atividades Investigativas	Conteúdos	Objetivos	Atividades Desenvolvidas

1º/ Questão Aberta <u>Problema Central:</u> O som precisa de meios materiais para se propagar? Quais seriam esses meios e como é a velocidade de propagação neles?	O som; Natureza do som; Produção do som; A propagação do som; Propagação em meios materiais diferentes; Velocidade de propagação.	Saber o conceito de som, infrassom, ultrassom e a produção do som. Entender que o som necessita de um meio material para se propagar e que esse meio (sólido, líquido ou gasoso) altera a sua velocidade de propagação.	Discussão e construção de hipóteses; Atividades experimentais; Conteúdo exposto com slide; Atividade para registro.
2º/ Demonstração Investigativa <u>Problema Central:</u> É possível que o som se propague com a inexistência de um meio material, ou seja, no vácuo?	Ausência de propagação no vácuo;	Compreender que o som não se propaga no vácuo.	Discussão e construção de hipóteses; Atividade experimental; Exposição do conteúdo em slide; Atividade para registro.
3º/ Questão Aberta <u>Problema Central:</u> Você concorda com a seguinte frase: “Abaixe esse som! Não sei como você consegue ouvir	Intensidade; Nível de intensidade; Altura do som; Timbre.	Diferenciar as qualidades fisiológicas do som: altura, timbre e intensidade.	Discussão e construção de hipóteses; Atividade experimental; Citações de exemplos sobre a saúde humana relacionado com a intensidade do som; Atividade para o registro.

essa música nessa altura!?” ¹ .			
--	--	--	--

3.3. Sujeitos e Campos de Pesquisa

Os sujeitos desta pesquisa, foram alunos de duas turmas do segundo ano do Ensino Médio que estudam a disciplina Física no Colégio Estadual Professor Abelardo Romero Dantas do município de Lagarto-SE, no turno da manhã. Todos os alunos responderam um questionário perfil (Apêndice I), que teve como objetivo caracterizar tais sujeitos. As duas turmas foram subdivididas em dois grupos, em que uma era o grupo controle, onde não foi realizada a aplicação do tratamento proposto, mas foi explicado o conteúdo sobre a Natureza do Som, a Propagação das Ondas Sonoras e suas Qualidades Fisiológicas da forma como ocorre tradicionalmente no colégio. A outra turma foi o grupo experimental, onde foi aplicada a Sequência de Ensino Investigativa, apresentada na seção anterior.

A instituição de ensino onde foi aplicada a pesquisa, foi construída em um terreno cedido pelo prefeito José Vieira Filho, no ano de 1979. Onde em 13 de fevereiro de 1980 iniciou o seu funcionamento dirigido pelo Programa de Expansão e Melhoria de Ensino (PREMEN), conveniado entre o Ministério da Educação e Cultura (MEC) e a Secretaria Estadual de Educação e Cultura (SEEC). Tal programa foi criado para atender o público de 5ª à 8ª série do 1º grau e à cursos técnicos-profissionalizantes, como: Curso de Habilitação Básica em Agropecuária, Eletricidade e Saúde (SANTOS, 2000, p.14).

Devido à pouca demanda no mercado de trabalho relacionado aos cursos profissionalizantes, os mesmos foram acabando aos poucos, até que a instituição de ensino deixou de ser uma escola profissionalizante, para se transformar em uma escola direcionada a formação de alunos cientificamente. Naquela época, devido a abertura política e questionamentos ao regime ditatorial instalado desde 1964, foi desenvolvido “climas de fortes esperanças políticas e de uma profunda consciência de cidadania, que nasceu o “Polivalente”, que recebera o nome de um dos maiores vultos culturais: o poeta Abelardo Romero Dantas” (SANTOS, 2000, p.14).

Em 2010, o colégio foi cedido para a Universidade Federal de Sergipe, que reformou a instituição construindo 24 salas de aula. O empréstimo ocorreu para que a UFS funcionasse por um tempo com o campus de Saúde do município de Lagarto. No período do empréstimo, a cede do Polivalente foi transferida para o Colégio Particular Cenecista Laudelino Freire. Onde

¹(GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017, p. 163)

no final do ano de 2015 a UFS devolveu a instituição e o Polivalente retornou a sua cede original (PORTAL UFS, 2015).

Atualmente, a equipe diretiva da escola é composta 6 pessoas, onde Jammille Garcia da Silva Oliveira é a diretora. O colégio possui também 84 funcionários, sendo que 63 destes, são professores. A instituição atende 276 alunos no Ensino Médio Centro Experimental (somente a 1ª série) e 881 alunos no Ensino Médio Convencional (1ª, 2ª e 3ª series), totalizando 1.157 matriculados no Ensino Médio Regular, onde esses alunos são distribuídos em 24 salas de aulas, preenchidas nos três turnos (SEED, 2018). Aparentemente a estrutura das salas de aulas são razoavelmente boas, pois é composta por carteiras, cadeiras e um birô em boas condições, contém quadro negro e branco, onde ambos estão rasurados, todas as salas possui uma boa ventilação e uma iluminação adequada já que as janelas das salas são de vidros e nas salas também possuem lâmpadas.

3.4. Instrumento de Coleta

O instrumento de coleta foi uma aplicação de um pré-teste (Apêndice II), que tinha por objetivo avaliar os conhecimentos dos alunos, além de verificar as concepções errôneas deles sobre Ondas Sonoras, e um pós-teste (Apêndice III) igual ao pré-teste, para analisar se houve ganho de aprendizagem e superação dessas concepções, depois do tratamento. Essas aplicações foram realizadas nas duas turmas.

Para a construção do instrumento de coleta, foi realizada pesquisas de questões que pudessem compor o questionário, onde o mesmo, deveria ter questões que identificassem as concepções errôneas dos alunos em relação a Natureza do Som, sua Propagação e suas Qualidades, devido a isso tiveram questões que foram adaptadas e/ou criadas. A primeira pesquisa foi desenvolvida em livros didáticos, porém não foi o suficiente, sendo necessário fazer uma busca pela internet, onde foi encontrado algumas questões em blogs, Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), listas de exercícios e em dissertação.

Depois de listadas as questões, foram selecionadas 16 delas e subdivididas em tópicos como mostra a Quadro 02, que é apresentado na ordem do pré-teste. Esses tópicos foram subdivididos de acordo com as concepções errôneas citadas nas pesquisas de Silva e Aguiar (2011), Soares (2007), Silva (2011) e Afonso e Leite (1998).

Quadro 02: Conteúdo abordado em cada questão e a fonte onde foi retirado, criado e/ou adaptado.

Conteúdos abordados	Questão	Fonte
Definição e produção do som (P1)	1	LUZ; ALVARES; GUIMARÃES, 2017, p. 219 SILVA, 2011, p. 12
	2	ROSÁRIO, 2012, p. 1
Propagação do som (P2)	3	BARNIOL; ZAVALA, 2016, p. 3
	4	SILVA, 2011, p. 69
	5	MEDEIROS, 2007, p. 9
	6	SOUZA, <i>et al.</i> 2001, p. 1
	7	SILVA, 2011, p. 67
	11	MEDEIROS, 2007, p. 9
	12	MEDEIROS, 2007, p. 9
	16	ENEM, 2014, p. 26
Qualidades do som (P3)	8	NUNES, 2017, p. 1
	9	TORRES, <i>et al.</i> , 2016. p. 280.
	10	GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017, p. 376
	13	MEDEIROS, 2007, p. 9
	14	MEDEIROS, 2007, p. 9
	15	JOSÉ, s.d. p. 3

3.5. Instrumento de Análise

Para analisar o pré-teste foi necessário a realização de alguns cálculos. O primeiro realizado foi o percentual de acerto de cada aluno envolvendo todas as questões. E para realizar o cálculo foi utilizado a equação 01:

$$\% P = \frac{QC}{TQ} \cdot 100 \quad \text{Eq. 01}$$

Onde %P significa o percentual de acerto, QC é a quantidade de questões que o aluno acertou e TQ é o total de questões do questionário.

Um cálculo similar ao mencionado anteriormente, foi realizado, porém foi calculado para cada aluno o percentual de acerto em cada parte do questionário, ou seja, foi calculado o percentual de acerto em P1 (Definição e produção do som), P2 (Propagação do som) e P3 (Qualidades do som). A equação 02, informa como foi realizado esse cálculo.

$$\%AP(N) = \frac{NTAP(N)}{TQ(N)} \cdot 100 \quad \text{Eq. 02}$$

Sendo que % AP (N) é a porcentagem de acertos em cada parte, onde N representa a numeração da parte, logo o NTAP (N) significa o número de questões que o aluno acertou na parte específica, e o TQ(N) é o total de questões propostas para a resolução.

O próximo cálculo (equação 03) realizado foi em relação ao percentual global de acerto das duas turmas. Com o objetivo de verificar o desenvolvimento de ambas as turmas, já que uma foi a turma controle e a outra foi a experimental.

$$\%PT = \frac{NTA}{TQ(N) \cdot N} \cdot 100 \quad \text{Eq. 03}$$

Onde %PT significa a porcentagem total de acerto da turma, NTA é o número total de acerto da turma (soma dos acertos de todos os alunos), N é o número de alunos da turma e TQ(N) é a quantidade total de questões que foram propostas para a turma responder.

Foi calculado também a porcentagem por partes (P1, P2, P3) de cada turma. Utilizando a equação 2 modificada (no denominador), frisando que neste cálculo o NTAP (N) significa o número de questões que a turma acertou na parte (somando todos os acertos de todos os alunos), e o TQ(N)·N é o total de questões propostas para a turma multiplicado pelo número de alunos da turma.

É importante ressaltar que esses cálculos anteriores também foram realizados no pós-teste. Pois, foi necessário quantificar as possíveis mudanças (superações) das concepções errôneas dos alunos sobre a temática abordada, com o intuito de aplicar os resultados de ambos testes na equação do ganho normalizado do aprendizado, onde é computado através da relação entre os percentuais de questões exatas pelo pré-teste e dos acertos do pós-teste (SANTOS, SASAKI, 2015). Que para Hake (1998), essa relação se encontra na equação 04:

$$< g > = \frac{(\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle)}{(100 - \% \langle S_i \rangle)} \quad \text{Eq. 04}$$

Onde o $< g >$ significa o ganho médio normalizado, o S_i é a média inicial e S_f é a média final. Que no caso desta pesquisa, a média inicial será a porcentagem de acerto no pré-teste e a média final será a porcentagem de acerto do pós-teste.

Segundo Hake (1998), o resultado do ganho normalizado está subdividido em três categorias de aprendizado, como é exposto na Tabela 01.

Tabela 01: Faixa de ganhos normalizado.

Ganho	Baixo	Médio	Alto
Faixa	$g < 0,3$	$0,3 \leq g < 0,7$	$g \geq 0,7$

Além dos ganhos de aprendizagem, também teve nesta pesquisa o cálculo sobre tamanho do efeito (TDE) fundamentado nas médias e nos desvios-padrão. Essa verificação foi realizada com o *d de Cohen* que “é uma medida comum do TDE para testes com grupos independentes” (SANTO; DANIEL, 2015, p.7). Através do *d de Cohen* foi possível analisar melhor o efeito do tratamento proposto entre a turma experimental e a turma controle, utilizando a equação 05 (SANTO; DANIEL, 2015).

$$d = \frac{M_1 - M_2}{DP_{\text{combinado}}} \quad \text{Eq. 05}$$

Onde M_1 significa média do grupo 1 (turma experimental), M_2 é a média do grupo 2 (Turma controle) e DP é o desvio padrão de cada grupo. Sendo que $DP_{\text{combinado}}$ pode ser calculado com a equação 06 (SANTO; DANIEL, 2015).

$$DP_{\text{combinado}} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)DP_1^2 + (n_2 - 1)DP_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad \text{Eq. 06}$$

Sendo que n_1 é o número de pessoas do grupo 1 e n_2 é o número de pessoas do grupo 2. Onde o desvio padrão DP é calculado segundo a equação 07.

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \text{Eq. 07}$$

O x_i é interpretado como os dados recolhidos, que nesse caso representa o acerto de cada aluno e o $\bar{x}$ é a média de acerto de todos os alunos (MARTINS, 2013).

A literatura fornece uma classificação para os possíveis resultados dos cálculos do *d*, favorecendo sua interpretação. E esses valores estão expostos na Tabela 02.

Tabela 02: Valores para a interpretação dos tamanhos dos efeitos (SANTO; DANIEL, 2015, p. 9).

Insignificante	Pequeno	Médio	Grande	Muito grande
< 0,19	0,20 — 0,49	0,50 — 0,79	0,80 — 1,29	> 1,30

Devido as amostras (turma experimental e turma controle) serem pequenas e possuírem quantidades distintas, é aconselhável complementar com outro tipo de estimativa, o *g de Hedges* (equação 08), de forma a complementar a interpretação sobre o efeito do tratamento proposto, já que “os desvios-padrão de cada grupo devem ser ponderados segundo a dimensão da amostra” (SANTO; DANIEL, 2015, p. 8).

$$g_{\text{Hedges}} = \frac{M_1 - M_2}{DP_{\text{combinado}}} \left(1 - \frac{3}{4gl - 1} \right) \quad \text{Eq. 08}$$

Onde o gl significa o grau de liberdade e $\left(1 - \frac{3}{4gl-1}\right)$ é o fator correção (SANTO; DANIEL, 2015).

Depois de realizado os cálculos tanto do d de Cohen quanto o do g de Hedges, foi verificado também o TDE-LC (tamanho do efeito em linguagem comum), que “corresponde à probabilidade de um valor Z ser maior do que o valor que corresponde a uma diferença de zero entre os grupos numa distribuição normal” (SANTO; DANIEL, 2015, p. 9). Em outras palavras, o TDE-LC representa a probabilidade de um integrante retirado aleatoriamente da turma experimental possuir uma nota (pontuação) acima do integrante também retirado aleatoriamente do grupo controle. Para calcular o valor de Z, foi utilizado a equação 10.

$$Z = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{\frac{DP_1^2 + DP_2^2}{2}}} \quad \text{Eq. 09}$$

Como já explicado nas equações anteriores, o M_1 é a média do grupo 1, M_2 é a média do grupo 2, DP_1 é o desvio padrão do grupo 1 e DP_2 é o desvio padrão do grupo 2.

Foi verificado tanto no grupo experimental quanto no grupo controle, se houve evolução no aprendizado do conteúdo e se os alunos superaram as concepções errôneas sobre o assunto abordado. E foi analisado também, qual grupo que possivelmente superou mais concepções errôneas, ou seja, teve um melhor desempenho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Perfil dos Alunos

Para descrever como são os alunos, foi aplicado um questionário perfil (Apêndice I). Nesse questionário, os alunos colocaram o nome completo, a idade, o sexo, se possuíam algum tipo de deficiência, o local onde mora, o meio de transporte utilizado para ir ao colégio, a quantidade de vezes que cursou o segundo ano do Ensino Médio, se tem filhos, com quem mora, se trabalha com remuneração, a pretensão do que fazer ao finalizar o ensino médio e a principal fonte de informação que utiliza.

Participaram da pesquisa 51 alunos, que compõem a turma A com 21 alunos e turma E com 30. Esses alunos estudam no segundo ano do Ensino médio do Colégio Estadual Professor Abelardo Romero Dantas na cidade de Lagarto-SE. A turma A, possui 15 discentes do sexo feminino e 6 do sexo masculino, onde a faixa etária fica entre 15 e 18 anos. Nenhum aluno possui algum tipo de deficiência, como visual, auditiva, intelectual ou motora/física. Foi possível analisar que 11 alunos residem na cidade de Lagarto e os outros 10 em povoados da própria cidade. Constatou-se que 10 alunos dependem do ônibus escolar para chegarem até o colégio, 4 chegam andando, 2 se locomovem de suas moradias utilizando o carro e 4 utilizam a motocicleta. Dos 21 alunos da turma A, apenas um está cursando o segundo ano pela segunda vez.

Nenhum dos alunos da turma A possuem filhos, 19 moram com os pais e apenas 2 moram com familiares. Dos 21 alunos, 18 não trabalham e 3 trabalham recebendo um valor abaixo de um salário mínimo. Foi perguntado também o que os alunos pretendiam fazer ao finalizar o Ensino Médio, a maioria (16 alunos) pretende trabalhar e continuar estudando, logo 3 alunos desejam somente trabalhar e 2 alunos tem a intensão de somente estudar.

Já na turma E, contém 17 alunos do sexo feminino e 23 do sexo masculino, onde possuem um intervalo de idades entre 15 e 17 anos. Nessa turma nenhum aluno afirmou possuir algum tipo de deficiência. Em relação ao local de moradia dos alunos, 26 moram na cidade onde o colégio se encontra e, 4 que moram em povoados. Alguns discentes (8 alunos) tanto da cidade quanto do povoado, dependem do transporte escolar, 12 vão para o colégio andando, 5 alunos utilizam a motocicleta, 4 utilizam o carro e 1 utiliza o transporte de empresa, onde paga o valor da passagem. Todos os alunos estão cursando pela primeira vez o segundo ano, não têm filhos, e que 24 moram com os pais e 6 com familiares. Em relação se eles exercem algum trabalho remunerado, tem-se que 24 alunos não trabalham e apenas 6 alunos trabalham recebendo abaixo de um salário mínimo. Já em relação ao que eles pretendiam fazer ao finalizarem o curso, 25 querem trabalhar e estudar, 1 somente trabalhar, 1 continuar estudando

e 3 alunos não sabem ainda o que decidir. A maior fonte de informações que os alunos utilizam é a internet (29), sendo que apenas 1 aluno utiliza o jornal falado (rádio).

4.2. Análise dos Tópicos do Livro

Os dois primeiros tópicos (*Ondas Sonoras; Características do Som*) do capítulo de Acústica do livro Física: Aula por Aula de Filho e Silva (2016), foram analisados, devido ser o livro didático adotado no colégio onde foi desenvolvido esse trabalho, e por serem os tópicos explanados na Sequência de Ensino Investigativa. A Figura 01, apresenta a foto retirada da capa do livro didático analisado.



Figura 01: Capa do livro Física: Aula por Aula.

O conteúdo Acústica se encontra no último capítulo do livro, o 17. Como frisado na introdução desse trabalho, a abordagem desse conteúdo poderá ser prejudicada devido a quantidade de assuntos estudados nos capítulos anteriores, podendo ser trabalhado em sala de aula de maneira muito rápida. O livro tem um capítulo exclusivo sobre Acústica. Onde no tópico 1 (Ondas Sonoras), já se inicia sem apresentar uma abordagem histórica que é de suma importância, devido a “criação de condições para a aprendizagem de ciências, particularmente da Física, como processo de produção cultural do conhecimento, valorizando a história e a filosofia das ciências” (BRASIL, 2008 *apud* JÚNIOR; CARVALHO, 2011, p.143). Ainda no primeiro tópico, o livro dá exemplos simples, que facilita a compreensão do aluno sobre o som com o seu dia a dia, como por exemplo no momento que ele cita que os “indivíduos com boa audição podem, por meio dela, identificar vozes conhecidas, tipos de objetos que caem no chão, canto de pássaros, instrumentos musicais, ruídos de carros, enfim, captar inúmeras informações

do ambiente à sua volta” (FILHO; SILVA, 2016, p. 257). Traz ainda como o som é identificado pelo ouvido humano, explicando brevemente a importância da orelha na captação do som.

No tópico 1, o livro informa que as ondas sonoras são longitudinais, mas não explica que o som se propaga tridimensionalmente. Expondo um exemplo com uma figura (Figura 02), onde informa que ao vibrar a lâmina, a mesma irá criar no ar ondas comprimidas e expandidas propagando-se pelo ar, ainda em seguida expõe que “a energia de vibração da lâmina é transferida para as moléculas do ar, que se movimentam ao longo das linhas de propagação da onda, fato que caracteriza a propagação das ondas sonoras como longitudinais” (FILHO; SILVA, 2016, p. 257).

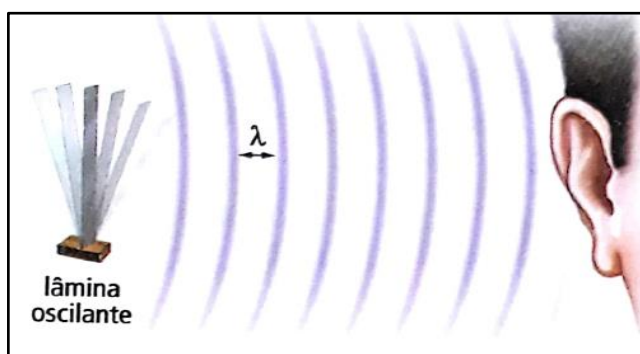


Figura 02: Representação da propagação do som segundo o livro analisado (FILHO; SILVA, 2016, p. 257).

No mesmo tópico explica sobre os intervalos audíveis de sons tanto para os seres humanos, quanto para alguns animais, classificando-os como infrassons, audíveis e ultrassons. Dando uma rápida ênfase na importância dessa classificação para a tecnologia. Nesse tópico 1, tem o sub tópico intitulado *Velocidade do Som*, onde informa sobre a diferença da velocidade do som entre os meios sólidos, líquidos e gasosos, e a sua influência de acordo com a temperatura. Traz ainda, um pequeno texto explicando sobre os aviões supersônicos e sua história.

Já no tópico 2 (*Características do Som*), destacam-se as qualidades fisiológicas do som: altura, intensidade e timbre. Onde para cada um, foi desenvolvido um sub tópico, sendo que o primeiro foi sobre a *Altura*, onde o livro explica resumidamente o conceito e ainda cita o exemplo da voz masculina e da voz feminina, como grave e aguda respectivamente. E para a melhor compreensão do aluno, ele utiliza duas analogias quando expõe duas figuras, onde a primeira é uma onda transversal com uma maior frequência (“som agudo”) e a segunda mostra uma onda também transversal, porém com uma frequência menor (“som grave”) (Ibidem. p. 260).

No segundo sub tópico, a qualidade do som trabalhada foi a *Intensidade*, que o livro explica o conceito de forma resumida e cita o exemplo dos fogos de artifício e a distância da

pessoa em relação a explosão dos fogos. Nesse momento ele insere uma equação para calcular a possível intensidade e expõe também uma figura (Figura 03) para auxiliar na compreensão do aluno em relação a “propagação da intensidade sonora”, mas novamente fica subentendido que a “propagação da onda sonora” não é tridimensional (FILHO; SILVA, 2016).

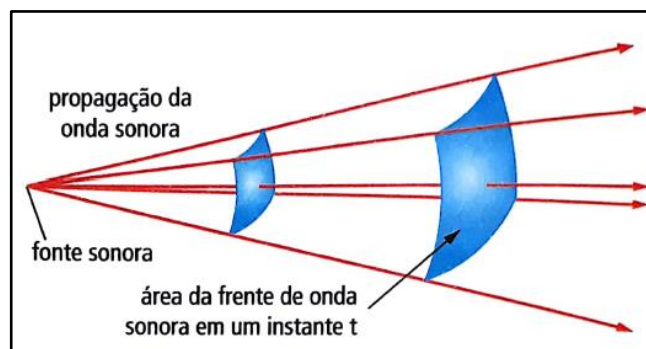


Figura 03: Representação da propagação da intensidade do som segundo o livro analisado (Ibidem, p. 260).

O livro se preocupa em diferenciar a intensidade sonora e o nível sonoro. Explica também sobre o limiar da dor e o limiar da audição e, exibe uma equação que pode calcular o possível nível sonoro e expõe uma figura que mostra o nível sonoro em decibéis de alguns sons, porém não a cita no texto. Nesse sub tópico o livro não se preocupa em contextualizar o assunto explicando para o aluno que existe um aparelho, o decibelímetro, que mede o nível sonoro emitido por uma fonte. Não explica também que a depender do nível sonoro, o ser humano pode prejudicar a audição. No terceiro e último sub tópico (*Timbre*), conceitua-se de forma resumida e contém um exemplo simples para o discente compreender o conceito, que foi: “a mesma nota musical, emitida por um cavaquinho e um piano, é facilmente identificada pela orelha por causa da diferença de timbre” (Ibidem. p.260).

4.3. Concepções Errôneas Segundo o Pré-teste

De acordo com os resultados do pré-teste aplicado nas turmas A e E, pode-se afirmar que ambas as turmas possuem concepções errôneas sobre o Som. A maioria dos alunos acreditavam que: o som só poderia se propagar apenas através do ar; a velocidade de propagação do som está inteiramente ligada a intensidade sonora e, que devido a isso, o som se propagava com maior velocidade nos gases de que nos sólidos e líquidos; o timbre era igual a altura; a altura e a intensidade sonora são as mesmas coisas; para produzir um som não é necessário das vibrações dos corpos; e que uma onda sonora transporta matéria. Uma pequena parte dos alunos ainda acreditavam que o som poderia se propagar no vácuo. Observa-se que algumas dessas concepções errôneas identificadas em ambas as turmas, também foram encontradas em algumas

pesquisas que se tratava do ensino de Ondas Sonoras (SOARES, 2007; LEITE; AFONSO, 1999; SILVA, 2007).

4.4. Aplicação da Sequência de Ensino Investigativa

A Sequência de Ensino Investigativa possuiu três momentos, que serão descritos a seguir. E foi ministrada pela professora pesquisadora (autora deste trabalho). Observa-se inicialmente que devido a quantidade de alunos existente na turma não foi possível em alguns diálogos identificar os mesmos.

1º Momento (Duração de 2 horas e 30 minutos): Esse momento teve dois objetivos, em que no primeiro buscou-se fazer com que os alunos refletissem e discutissem sobre o conceito de infrassom, som, ultrassom e a produção do som. O segundo objetivo foi que o aluno entendesse que som necessita de um meio material para se propagar e que esse meio (sólido, líquido ou gasoso) altera sua velocidade de propagação. Nessa etapa foi abordada a atividade investigativa do tipo *Questão Aberta*.

Para iniciar a aula foram feitas algumas perguntas para os alunos, como: (a) *O que é o som?* (b) *Como ele é produzido?* (c) *Todos os sons são audíveis?* (d) *O som se propaga?* O intuito de realizar essas perguntas foi fazer com que os alunos refletissem e até discutissem com os colegas e com a professora (pesquisadora) sobre coisas simples que eles convivem em seu dia a dia. Na pergunta (a) houve várias respostas como por exemplo:

- *O barulho.*
- *Uma onda sonora.*
- *Uma perturbação que se propaga por algum meio.*
- *O som é tudo aquilo que a gente consegue ouvir.*

A última resposta citada, foi a que mais explicou corretamente a pergunta e, devido a isso a professora fez com que os alunos ficassem atentos a essa resposta, perguntando se todos concordavam. Como nenhum aluno demonstrou dúvida, foi seguido em diante para a pergunta (b), que deixou os alunos mais pensativos, e informaram as seguintes respostas:

- *É produzido por ondas sonoras.*
- *Todo som é produzido pelas vibrações.*

Nesse momento a pesquisadora realizou a seguinte pergunta: *toda vibração produz som?* Eles respondem:

- *Isso mesmo.*

Para que os alunos repensassem sobre a resposta dada. A pesquisadora utiliza um lenço e começa a agitar lentamente e pergunta para os alunos se eles conseguiam ouvir algo. E novamente eles respondem:

— *Não dá para ouvir professora.*

Depois da resposta, ela agita o lenço com mais velocidade, fazendo com que alguns alunos que estavam próximos conseguissem escutar. E novamente repetiu a pergunta: *Toda vibração produz som?* Nesse momento eles afirmam que não, e além disso o aluno W' fala:

— *Não. Acho que tem a ver com a pergunta que a gente já respondeu. Pois todo som é aquilo que se pode escutar.*

A pesquisadora concorda com a resposta e complementa afirmando que a vibração só é considerada como o som, se o ouvido conseguir captar.

Na pergunta (c), todos os alunos responderam que não, exceto o aluno C', que informa que existe outros tipos de som e ainda cita nome de alguns animais que ouvem além do ser humano, como o cachorro e o gato.

Já na pergunta (d), maioria dos alunos responderam:

— *Sim. Pelo ar.*

Nesse instante a minoria da turma afirmava que o som se propagava por outros meios materiais, como a madeira, por exemplo. Mas, nesse momento, a pesquisadora deu prioridade para a maneira que uma onda sonora se propaga, devido que esse tópico de propagação do som em diferentes meios seria abordado a seguir. E refez a pergunta: *Como o som se propaga?* Alguns alunos afirmaram:

— *Longitudinalmente.*

Já que os alunos mencionaram a maneira que a onda sonora se propaga, a pesquisadora selecionou dois alunos que estavam dispersos na aula para demonstrar, com a utilização da “Mola Maluca”, como era a propagação longitudinal. Esses dois discentes, sentiram dificuldade durante a demonstração, e devido a isso, a pesquisadora lembrou como são as ondas transversais utilizando o mesmo material (Mola Maluca) e, logo em seguida com algumas dicas dos colegas, eles conseguiram demonstrar. A Figura 04, expõe os dois alunos fazendo a demonstração.



Figura 04: Dois alunos realizando a demonstração com a Mola Maluca.

Depois desse diálogo inicial, foi proposto para os alunos o seguinte problema: (e) *O que acontece quando você, delicadamente, segura um balão com as pontas dos dedos e começa a falar com a boca bem perto dele* (CIÊNSAÇÃO, s.d.)? Até então os alunos afirmaram que nada acontecia. Mas para que eles conseguissem visualizar e até mesmo sentir, foi entregue uma unidade de bexiga para cada aluno e, pedido que eles enchessem a bexiga através do sopro. A Figura 05, mostra os alunos fazendo a experiência, de diferentes maneiras.



Figura 05: Alunos realizando a experiência para solucionar a pergunta.

Depois de algumas discussões, os alunos começaram a informar:

- *A bola vibra.*
- *Ela recebe a energia da voz e como o dedo está tocando ela, a gente sente a bexiga vibrando.*
- *Mas por que ela vibra?* Perguntou a pesquisadora.
- *Porque ela recebeu a força da onda.*
- *Por causa da vibração da voz.*

A professora concorda, em parte, com o que os alunos afirmaram, mas deixa claro que o motivo da vibração ocorrer é, quando a voz passa pela bexiga a diferença de pressão faz a película de borracha vibrar.

Depois dessas discussões, a professora explicou sobre a *Natureza do Som* e com a utilização de um *gif* no slide sobre a propagação do som emitido por um alto-falante, foi demonstrado como o som possivelmente se propaga. No decorrer da explicação foram abordados assuntos sobre: rarefação e compressão. Onde a todo momento a professora dialogava com os alunos e os perguntavam se eles estavam compreendendo e, devido a isso era dado prosseguimento da aula explicando sobre a *Produção do Som*. Onde alguns alunos lembraram da pergunta (b) e concluíram afirmando, que:

— *Todo som é produzido pelas vibrações.*

Em seguida, foi explicado o que era fonte sonora com uma imagem de um homem falando em um megafone e de um receptor sonoro, que era outro homem, porém ele só estava escutando o que o primeiro falava. Nesse momento foi abordado através de uma breve explicação sobre como o ser humano consegue ouvir, o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno.

Logo em seguida foi mostrado para os alunos a faixa de frequência sonoras audíveis, onde novamente eles lembram da pergunta (c) discutida no início da aula, o que facilitou durante a explicação. Os alunos ficaram curiosos e começaram a fazer perguntas, como:

— *Qual a frequência que o cachorro consegue ouvir?*

— *E o gato?*

Como essas perguntas eram mais informações e não teria como desenvolver questionamentos para os alunos chegarem em uma resposta concreta, a professora resolveu informar a resposta de imediato.

— *O cachorro consegue ouvir na frequência de 15 hertz (Hz), até de 55.000 Hz. Já o gato é de 60 Hz até 65000 Hz (GUMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017).*

— *Já o morcego, emite ondas sonoras na faixa do ultrassom, para que essas ondas se reflitam e ele saiba onde se localizam os obstáculos (GUMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017).*

Depois do diálogo sobre a faixa sonora audível, foi realizado uma nova pergunta pela professora: (f) *O som precisa de um meio material para se propagar?* A maioria da turma informou que sim, o som precisa do meio material para se propagar. Porém, a fim de complementar e esclarecer mais a afirmação dos alunos, foi desenvolvido um experimento (Apêndice IV). No entanto, antes de iniciar, foram realizadas as seguintes perguntas: (g) *O que ocorre com o som quando o relógio despertar embaixo da água?* (h) *O que acontece com o*

som quando o relógio despertar embaixo da terra? Depois do diálogo com os colegas e com a professora sobre as possíveis respostas, foi pedido que eles registrassem suas respostas em uma folha de papel e colocassem o nome completo ao lado da resposta, foi feito isso devido a quantidade de alunos presentes na aula e para melhor identificação dos mesmos. Tiveram várias hipóteses, mas se resumem nas seguintes:

Aluno J':

(g) Vai emitir som, mais vai ser um som mais baixo.

(h) Vai haver uma vibração na areia e acho que não vai dar para escutar.

Aluno P':

(g) A água vai vibrar. O som vai se propagar pelas moléculas da água.

(h) A mesma coisa, porém, não conseguimos enxergar o movimento, nem ouvir. Pois, diferente da água, na terra as moléculas estão mais unidas.

Aluno X':

(g) O som vai se propagar com menos intensidade.

(h) O som se propagará com ainda menos intensidade que a água.

Aluno Y':

(g) O som ficará baixo, quase imperceptível.

(h) Não dará para escutar nada.

Com essas respostas, é possível perceber que mesmos os alunos afirmando que o som precisa de um meio material para se propagar, alguns ainda possuem dúvidas sobre qual é esse meio. Foi possível verificar também, que alguns possuem concepções errôneas, como confundir altura com intensidade, velocidade de propagação com intensidade sonora e que o som não se propaga em sólido.



Figura 06: Foto dos materiais montados para a realização do experimento.

Em seguida foi realizado o experimento, colocando-se em uma mesa dois recipientes transparentes, um contendo água e no outro, areia. Ao lado havia um relógio dentro de um saco plástico transparente, como mostra a Figura 06. Inicialmente foram chamados três alunos para observar o som no decorrer da experimentação. Foi colocado o alarme do relógio para tocar no ar (1º), logo depois foi colocado o mesmo relógio dentro do recipiente com água (2º) e em seguida dentro do recipiente com areia (3º). Depois os alunos informaram o que ouviram e como ouviram:

— *Dá para escutar sim, mas é mais baixo.*

— *É mais baixo porque a velocidade do som é menor do que no ar.*

Diante dessa segunda resposta, a pesquisadora pede a atenção dos alunos para não misturarem conceitos sobre o som, pois a velocidade de propagação não tem relação com a sua intensidade e informou que depois da realização do experimento seria tratado esse assunto. Ainda sobre essa segunda resposta, pôde-se perceber que os alunos possuem a concepção errônea de que o som se propaga com maior velocidade no ar. Já sobre a primeira resposta ela não comentou nada, pois tal conteúdo seria abordado nas qualidades do som (terceiro momento). Logo em seguida o aluno fez a seguinte pergunta relacionado a 2º etapa do experimento:

— *Então porque o som ficou baixo?*

A pesquisadora respondeu que a redução da intensidade aconteceu porque o som vai perdendo energia, já que o relógio está dentro de um saco plástico que contém ar, e que em seguida o som sai do saco e se propaga entre a areia e o ar que contém entre os espaços dos grãos, para depois se propagar para o ar fora do recipiente e chegar até nossos ouvidos.

Ouve uma discussão entre os alunos e a professora sobre a explicação da intensidade do som na água. Com isso todos os alunos presentes concordaram que seria uma situação similar ao que acontecia na areia, pois o relógio se encontrava dentro do saco plástico que continha ar e depois o som se propagava pela água até chegar no ar fora do recipiente.

Depois do experimento, a professora explicou os diferentes tipos de meios que som se propaga e suas possíveis *velocidades de propagação*, frisando ainda sobre a importância da temperatura do meio relacionada com a velocidade. Para finalizar o momento 1, foi entregue uma atividade que abordava os conteúdos estudados na aula, essa atividade se encontra no Apêndice (V), que continha questões sobre o experimento de propagação do som, a saber: (3) *O som precisa de algum meio material para se propagar? Caso afirmativo, qual seria esse meio?* (4) *Na segunda parte do experimento do relógio, foi possível ouvir o despertador tocando? Como foi a intensidade do som comparando com o despertador tocando no ar (por*

que isso ocorreu)? O som se propagou por onde? (5) Na terceira parte do experimento do relógio, foi possível ouvir o despertador tocando? Como foi a intensidade do som comparando com o despertador tocando no ar (por que isso ocorreu)? O som se propagou por onde? Foi possível destacar que os alunos:

Aluno J':

- (3) Sim, pelo material sólido, líquido e gasoso.*
- (4) Ele se propaga melhor no sólido, quando foi colocado na água a intensidade dele foi baixa, porque lá só as pessoas que estavam perto escutaram.*
- (5) A intensidade foi baixa, também só escutaram as que estavam perto.*

Aluno P':

- (3) Sim. Pelas moléculas.*
- (4) Sim, o som foi mais fraco, pois tinha que passar pelo ar contido no saco plástico para aí sim passar pelas moléculas da água.*
- (5) Não foi mais forte que no ar, porém foi mais forte que a água, pois é sólido.*

Aluno Y':

- (3) Sim, líquido, sólido, gasoso.*
- (4) Sim, foi possível. Mais baixo quase que não escuta.*
- (5) Sim, mais fraco, porque ele está "submerso", pela areia.*

Aluno X':

- (3) Sim, o som pode se propagar por diversos meios materiais, porém a velocidade e a intensidade do som mudam de acordo com esses meios, por exemplo, o som se propaga com mais facilidade na água do que no ar.*
- (4) Sim, porém com menos intensidade. O som se propagou pelo ar e água.*
- (5) Sim, com mais intensidade que na água, porém com menor que no ar, ocorreu por causa da vibração das partículas de areia.*

A maioria das respostas mostra que os alunos compreenderam o que foi proposto para a aula, mas foi possível perceber também que eles tiveram dificuldade em interpretar as perguntas, já que não responderam todas que se encontravam na mesma questão.

Logo nas questões: (1) *O que acontece quando você segura delicadamente um balão com as pontas dos dedos e começa a falar com a boca bem perto dele? De acordo com o que você entendeu explique o motivo.* (2) *Como as ondas sonoras se propagam? (Caso prefira, pode desenhar).* Os alunos demonstraram que haviam compreendido, como por exemplo o aluno C', mas uma minoria ainda permanecia confusa, como por exemplo o aluno L. veja a seguir as respostas desses dois alunos.

Aluno C':

- (1) *O som se propaga com o formato de uma esfera, logo quando a onda incide no balão que é a separação do meio com o ambiente, vibra-o.*
- (2) *Se propaga como uma esfera por um meio material.*
- (3) *Sim. Qualquer meio material, exemplo o ar, terra, água, etc.*

Aluno L':

- (1) *Vibra, pois a onda, uma pressão se propaga dentro do balão.*
- (2) *Se propaga por meio de uma esfera (bem material).*
- (3) *Sim, o som se propaga por todo tipo de um meio material, sólido, líquido e gasoso.*

2º Momento (Duração de 30 minutos): O objetivo desse momento foi o aluno compreender que o som não se propaga no vácuo. O tipo de atividade investigativa abordada foi a *Demonstração Investigativa*, pois é o professor que manuseia o experimento.

Este momento foi iniciado com a seguinte pergunta: *É possível que o som se propague com a inexistência de um meio material, ou seja, no vácuo?* Para a construção das hipóteses, foi permitido o diálogo entre os alunos, que após isso, a maioria deles informaram que não, pois o vácuo é um local que não tem meio material para o som se propagar. O aluno C', ainda complementou falando que as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo. Mesmo assim, foi pedido que cada aluno registrasse em uma folha de papel a possível resposta. O intuito de se fazer isso, foi saber se realmente todos os alunos concordavam com a resposta dada pela maioria. Depois de verificado a resposta escrita de todos os alunos, pôde-se perceber que realmente haviam compreendido a resposta correta.

Para mostrar aos alunos algo que complementassem a afirmação deles, foi desenvolvido em sala um experimento, cujo o procedimento metodológico para a montagem se encontra no Apêndice VI. Com o aparato experimental montado, a professora inicia o experimento, como mostra a Figura 07.



Figura 07: Foto da pesquisadora realizando a atividade experimental.

Devido a quantidade de alunos na aula, a professora pediu que todos ficassem atentos durante o experimento e também chamou três discentes para observar o que acontecia com o som durante o bombeamento da bomba à vácuo. Depois de finalizar o experimento, a professora perguntou para a turma o que havia acontecido. Logo os alunos responderam:

— *O som baixou mais.*

— *Dá para ouvir bem baixinho.*

Ao perceber que os alunos notaram que o som havia reduzido a intensidade, ela perguntou: *Qual foi o motivo disso ter acontecido?* Os alunos responderam:

— *Dentro da vasilha deve ter ficado ar.*

— *Se tem ar, tem matéria.*

A pesquisadora concordou com as respostas e completou, informando que a pouca quantidade de ar que restou no recipiente é o suficiente para as ondas sonoras de propagarem. E ainda informou que nem “as melhores bombas de vácuo encontradas em laboratórios escolares não são capazes de produzir pressões inferiores a 10^{-3} atm” (SILVA, 2001, p. 15), ou seja, na prática o vácuo “perfeito” não existe.

3º Momento (Duração de 1 hora e 20 minutos): O objetivo desse momento foi fazer com que os alunos diferenciem as *Qualidades Fisiológicas do Som: intensidade, altura e timbre*. E, ainda, que percebam por meios de exemplos do cotidiano a importância de ouvir música no nível de intensidade adequado. A atividade investigativa abordada nesse momento foi do tipo *Questão Aberta*.

Dando continuidade à aula, os conteúdos a serem trabalhados foram as *Qualidades do Som*, onde a professora explicou a diferença entre *intensidade* e *velocidade de propagação* do som, citando alguns exemplos para os alunos, como: *em uma festa quando você está próximo da fonte sonora você ouve o som bem forte e, quando você se afasta da fonte sonora o som vai ficando cada vez mais fraco, gostaria de saber se a velocidade de propagação muda em ambas situações?* A turma ficou dividida na resposta, pois enquanto uma parte falava que a velocidade de propagação é diferente porque a intensidade do som foi alterada, a outra parte da turma afirmava que a velocidade de propagação era a mesma, já que o meio que o som se propagava era o mesmo. Os alunos discutiram e a segunda parte da turma conseguiu convencer a primeira parte que a resposta deles estavam equivocadas.

Em seguida, a professora fez para os alunos a seguinte pergunta: *Vocês concordam com a seguinte frase. Abaixei esse som! Não sei como você consegue ouvir essa música nessa altura!?* Os alunos discutiram entre si e chegaram em algumas hipóteses, em que a professora pediu que eles registrem em uma página explicando a possível resposta. Depois foram divididos

em dois grupos, um que afirmava que não, pois a altura está relacionada com a frequência da onda e não a sua intensidade. O outro afirmava que sim, pois quando o som muito alto a pessoa não consegue ouvir a letra da música direito. Depois dessas duas hipóteses, a professora iniciou a explicação sobre as qualidades fisiológicas do som, onde o primeiro tópico abordado foi *altura*, sendo exposto o conteúdo através de slides e utilizando analogias, como demonstrando um som grave ou agudo através de ondas transversais. Essa analogia foi mencionada para que os alunos conseguissem obter uma melhor compreensão.

Ao finalizar a explicação sobre a *altura* do som, foi pedido que dois alunos da turma auxiliassem a professora no teste da experiência *Visualizando a sua Voz* (Apêndice VII), porém esses alunos deveriam ter ou a voz grave ou a voz aguda. Depois ela pediu que os alunos observassem o que acontecia com a imagem formada com o laser, quando os dois falavam na “boca” da lata. Observe a Figura 08, pois mostra um dos alunos participando do experimento.



Figura 08: Foto do aluno realizando a experiência.

Quando finalizado o experimento, os alunos afirmaram compreender a relação com o experimento e a altura do som, mas foi possível perceber que alguns alunos estavam sem entender devido que, estava confundindo o conceito de amplitude com frequência. Nesse momento a professora explicou a diferença dessas características das ondas.

O próximo tópico abordado foi sobre a *intensidade*, porém antes de iniciar o aluno pergunta:

— *A velocidade e a intensidade não são as mesmas coisas não?*

Outro aluno resolve responder:

— *Não. Lembre que a intensidade a gente relaciona com a amplitude e, a velocidade está relacionada com o meio e com a temperatura.*

A professora concordou com a resposta do aluno e dá seguimento na aula, detalhando o tópico sobre a intensidade sonora. No momento que ela inicia a explicação sobre o nível

sonoro e informa que a unidade de medida é em decibel (dB), os alunos começam a falar que já haviam escutado sobre isso em algum lugar. Nessa etapa a professora explica sobre o limiar da audição humana e o sobre o limiar da dor, onde em seguida mostra para os alunos um a Figura 09, que apresenta através de escalas de cores algumas intensidades sonoras de alguns sons.

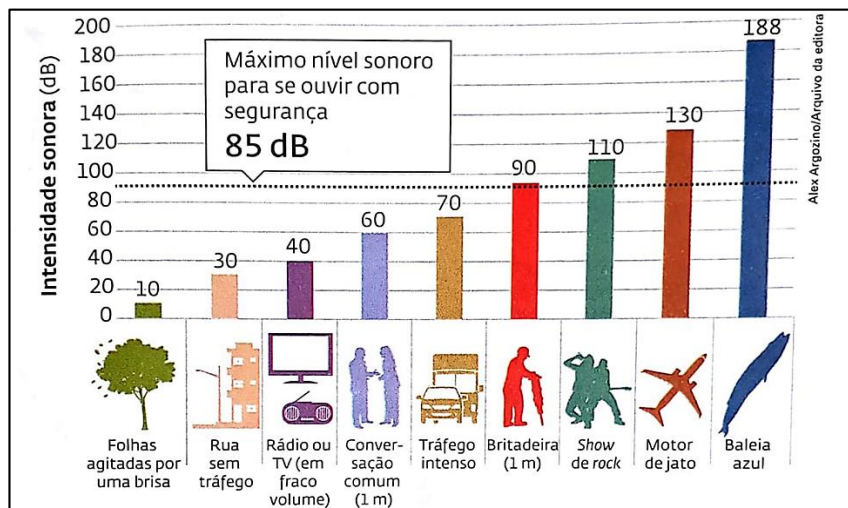


Figura 09: Gráfico que apresenta a intensidade sonora de alguns sons (LUZ, ÁLVARES; GUIMARÃES, 2017, p. 223).

Nesse momento os alunos ficam admirados com a intensidade sonora emitido pela baleia azul. E em seguida um aluno comentou:

— Professora, eu costumo ficar várias horas no dia ouvindo sons muito fortes, porque eu trabalho montando “caixa” de som.

A pesquisadora informa para esse aluno, que ele pode estar colocando em risco a sua saúde auditiva, pois se passar muito tempo nessa situação, pode prejudica sua a audição gravemente.

— Entendi, mas não tem como não ficar.

Um aluno sugere:

—Então porque você não usa aqueles protetores de orelha?

O outro responde:

—Por que se eu usar, não vou saber se o som está bom.

A professora alerta o aluno dando exemplos de limites de exposição de sons muito fortes. O aluno ainda fala:

— “Eita”, eu passo a tarde toda ouvindo.

— Teve um dia que fui medir o nível sonoro com um decibelímetro e ele nem mediu. Acho que estava tão alto que o aparelho não conseguiu medir.

A professora informa que se ele continuar nessa exposição, possivelmente irá começar a ouvir alguns ruídos, que são sinais de alerta para problemas futuros.

— *Ruído eu já escuto a muito tempo, principalmente no final de semana, que passo o dia todo lá.*

— *Mas vou ver o que fazer então, porque se eu ficar com problema na audição eu não vou poder ficar mais lá*

Em seguida a professora faz as seguintes perguntas para os alunos: *Quem gosta de ouvir música utilizando o fone de ouvido com um volume intenso?* A maioria dos alunos informam que usam. Devido a isso, a pesquisadora falou:

— *Não é só o colega de vocês que trabalha montando “caixa de som” não, que pode ter problemas futuros na audição. Saibam que o fone de ouvido é uma das principais causas do problema de audição e que os zumbidos escutados por algumas pessoas pode ser indícios de perda auditiva (G1, 2010).*

Ela explicou que os danos causados na audição podem ser irreversíveis e pediu que os alunos tivessem cuidado. Logo em seguida ela comenta que baixou o aplicativo Decibelímetro no celular e resolveu medir quantos decibéis estavam na sala, que foi de aproximadamente 62 dB.

Para finalizar a aula, a professora explica sobre o timbre do som e os alunos começam a citar exemplos, como:

— *Se tocar com um violão e com uma guitarra a mesma nota musical, a gente consegue diferenciar qual o instrumento tocado por causa do timbre.*

— *Isso mesmo!* Afirma a professora.

De acordo com os diálogos desse momento, ainda foi possível perceber que alguns dos alunos permanecem confundindo altura com intensidade. E depois que os alunos citaram mais exemplos sobre o timbre, ela entrega uma atividade para eles registrarem o que foi trabalhado na aula. Essa atividade (Apêndice VIII) envolvia o momento 2 e 3, pois foram dadas no mesmo dia. Ao analisar os registros dos alunos, pode-se perceber que a aula conseguiu atingir o objetivo.

4.5. Questionários (pré-teste e pós-teste)

Com os dados coletados na aplicação dos questionários (pré-teste e pós-teste), foi possível verificar tanto na turma controle (turma A), quanto na turma experimental (turma E), a possibilidade de algumas mudanças nas concepções errôneas dos alunos sobre a *Produção do Som, Propagação do Som e Qualidade do Som*. Inicialmente será explanado os resultados dos

questionários (pré-teste e pós-teste) da turma controle, através do Gráfico 01. Logo em seguida, será mostrado os resultados da turma experimental (Gráfico 02). Sendo que, esses dois gráficos apresentam uma comparação em porcentagem entre os acertos obtidos no pré-teste e no pós-teste, de determinada turma.

É importante ressaltar que as aulas da turma A, foram ministradas pelo professor da turma, onde abordou o conteúdo utilizando o livro didático *Física: Aula por Aula* de Filho e Silva (2016), livro esse que os alunos usam no Colégio. E também escreveu no quadro branco um resumo de cada parte a ser abordada (*Ondas Sonoras: Velocidade do Som, Características do som: Altura, Intensidade e Timbre*), sendo que no término de cada tópico o professor resolvia e pedia que os alunos resolvessem algumas questões do livro. Já em relação as aulas da turma E, estas foram ministradas pela professora pesquisadora (autora deste trabalho), que utilizou a Sequência de Ensino Investigativa descrita no tópico 4.3.

Observa-se ainda, que tanto no gráfico 01 da Figura 10 quanto no gráfico 02 da Figura 11, ambos possuem no eixo X a indicação de dois números de questões, isso ocorreu devido que os dois questionários (pré-teste e pós-teste) possuem as mesmas questões, mas as ordens das questões do pós-teste foram alteradas e por causa disso, o gráfico apresenta a numeração de duas questões (a primeira numeração representa a ordem da questão do pré-teste e a segunda do pós-teste).

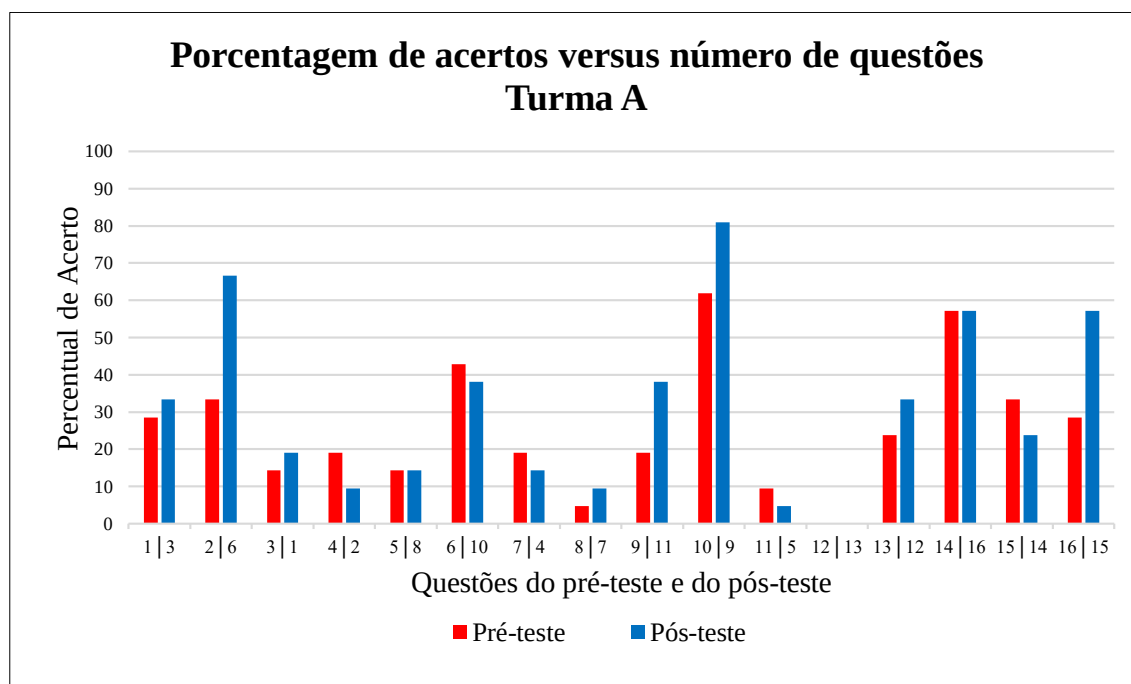


Figura 10: Gráfico 01 - Porcentagem de acertos versus número de questões da turma controle.

De acordo com o Gráfico 01, pôde-se notar que nas questões (1 | 3), (2 | 6), (3 | 1), (8 | 7), (9 | 11), (10 | 9), (13 | 12) e (16 | 15) foram obtidos um maior acerto no pós-teste, ou seja, possivelmente alguns alunos conseguiram superar uma pequena parte das suas concepções errôneas, como: a propagação do som só ocorre no ar; a produção do som não necessita de vibração; a Onda Sonora transporta matéria; a igualdade entre o conceito de altura e intensidade sonora; e sobre a velocidade de propagação do som no ar que é mais veloz que em outros meios. Em duas questões {(5 | 8) e (14 | 16)} a porcentagem de acertos foi a mesma. Diante disso, inere-se que mesmo depois do professor ter ministrado o conteúdo em sala de aula, não houve alterações nas concepções errôneas desses alunos em relação a *Velocidade de Propagação do Som* em diferentes meios materiais e *Intensidade Sonora*. Constatou-se também que nas questões (4 | 2), (6 | 10), (7 | 4), (11 | 5) e (15 | 14), foram obtidos mais acertos no pré-teste do que no pós-teste, isso pode ter acontecido devido a vários fatores, como por exemplo: a ausência do aluno nas aulas; a metodologia utilizada pelo professor; ou ainda, por causa do horário que a aula inicia, que era no primeiro da manhã e, devido a dependência de alguns alunos ao transporte escolar, as vezes chegavam bastante atrasados, perdendo assim, conteúdos. As questões citadas, abordavam sobre a *velocidade de propagação do som e as qualidades fisiológicas do som*. Que devido a essa regressão nos acertos, esses alunos possivelmente ficaram confusos depois da aplicação do tratamento, não superando suas concepções errôneas.

Percebeu-se também, que as questões consideradas mais difíceis foram a (12 | 13), já que nenhum aluno acertou, a (8 | 7) e a (11 | 5), que obtiveram um baixo nível percentual de acerto (4,76% | 9,52%) e (9,52% | 4,76%), respectivamente. A questão (12 | 13) perguntava sobre a dependência da velocidade do som no ar e, citava como possíveis respostas a *frequência*, a *intensidade*, o *timbre* e a *temperatura*, como maioria dos alunos tinham a concepção de que a *velocidade* está interligada com a *intensidade*, não conseguiram chegar na resposta correta que era a *temperatura*. Já a questão (8 | 7), informava que a voz feminina era mais aguda que a masculina, e perguntava qual a principal característica que diferenciava isso. Como os alunos possuíam a concepção de que a *altura do som* estava relacionada com o volume, eles descartavam a resposta correta que era altura. Já em relação a questão (11 | 5), que abordava sobre a compressão e rarefação das *Ondas Sonoras* durante a sua propagação pelo meio material e, pedia que os alunos considerassem uma afirmação como correta sobre o *meio de propagação do som*, porém os alunos tinham a ideia de que o som se propagam somente no ar, e acabaram marcando a alternativa que afirmava isso, sendo que a resposta correta tratava da rapidez que as *ondas sonoras* tinham ao se propagarem em diferentes materiais.

A questão considerada mais fácil foi a (10 | 9), já que as porcentagens de acerto foram de 61,90% e 80,95% (pré e pós-teste). Essa questão abordava sobre o *timbre do som*. Nota-se também que a questão com maior diferença em termos de acertos do pré-teste para o pós-teste foi a (2 | 6), que obteve uma diferença de 33,44%. Acredita-se que os alunos tiveram mais facilidade em acertar essa questão (após a instrução), pois a mesma, associava a emissão de sons em mesma nota musical de dois instrumentos e, pedia que os alunos marcassem a alternativa que permitisse distinguir esses instrumentos (flauta e piano), sendo que na questão tinha como opções de resposta a *intensidade*, *potência*, a *diferença de velocidade* e o *timbre*, onde os alunos possuíam a concepção de que o timbre diferenciava esses instrumentos.

No Gráfico 02, que mostra o resultado do pré-teste e pós-teste da turma E (experimental), foi possível identificar que todas as questões obtiveram um valor superior no pós-teste em relação ao pré-teste.

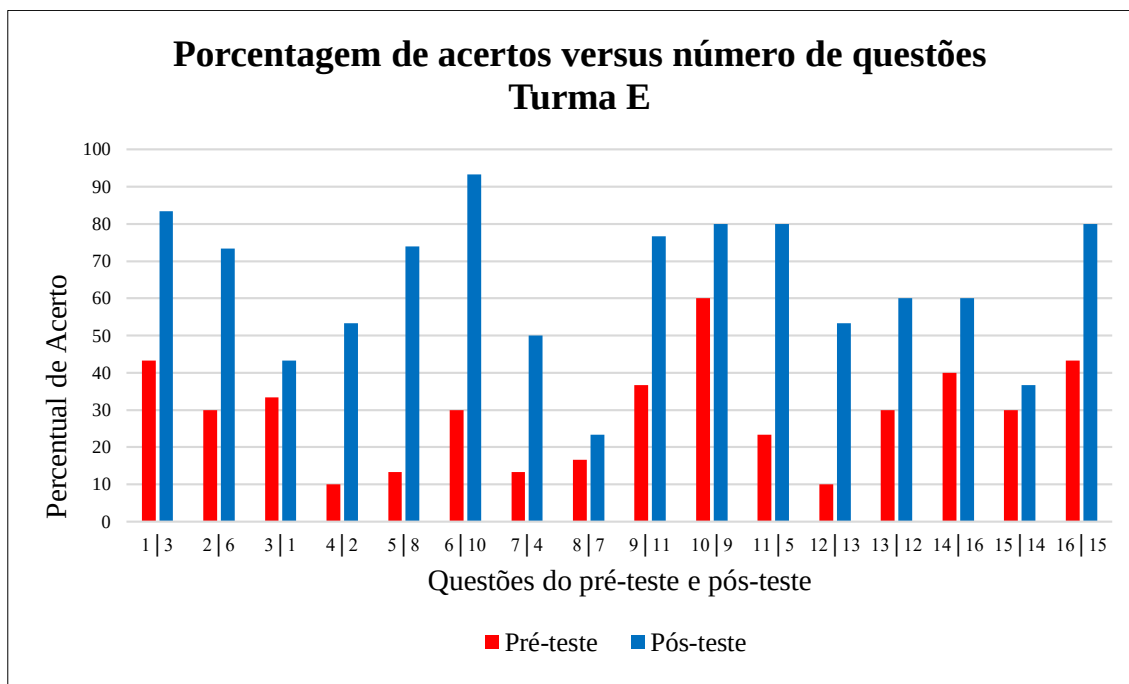


Figura 11: Gráfico 02: Porcentagem de acertos versus número de questões da turma experimental.

Pôde-se notar que, a questão do pós-teste que teve o maior destaque em diferença percentual com o pré-teste foi a (6 | 10), que obteve aproximadamente 63,33% a mais. Essa questão abordou a impossibilidade da *propagação do som* no vácuo. Acredita-se que o motivo desse desempenho foi devido ao experimento desenvolvido pela pesquisadora em sala de aula. As questões que possuíram a menor diferença percentual entre os questionários foram as (15 | 14) e (8 | 7), que obtiveram respectivamente 6,67% e 6,66%, essas questões envolviam as *qualidades fisiológicas* do som e, que devido ao baixo índice de acertos, foi considerado como

as questões mais difíceis do questionário. Pressupõe-se que a dificuldade em entender por exemplo a *Altura Sonora*, foi por causa do conceito de frequência, pois mesmo depois da pesquisadora fazer a analogia com a onda transversal, alguns alunos não conseguiam identificar a diferença entre a frequência e a amplitude da onda, isso pode ter acontecido por causa da má compreensão do conteúdo introdutório de Ondas.

Acredita-se que (15 | 14) foi considerada difícil, pois exigia que o aluno soubesse distinguir as três qualidades fisiológicas estudadas (*a altura, a intensidade e o timbre*). Na questão (8 | 7), as dificuldades foram idênticas ao que foi comentado em relação a turma E. Já a questão que os alunos tiveram maior facilidade em responder foi a (10 | 9) que se tratava da abordagem de uma das qualidades do som, o *timbre*.

Comparando os gráficos 01 e 02, pode-se afirmar que a turma experimental obteve um melhor desempenho no pós-teste em relação a turma controle. E utilizando a equação 03, foi possível calcular a porcentagem total de acerto em cada turma, verificou-se que na turma A obteve 31% de acertos e na turma E 44%. Isso certifica-se novamente que a aprendizagem adquirida pela turma E foi maior que o da turma A, um dos motivos para esse desempenho pode ter sido a utilização de atividades experimentais na turma E, pois segundo Moura *et al.* (2017, p. 183), esse tipo de atividade contém vários “aspectos fundamentais” para a aprendizagem, sendo alguns deles “a capacidade de estimular a participação dos alunos, despertar sua curiosidade e propiciar a construção de um ambiente motivador e agradável”, favorecendo assim, uma melhor compreensão do conteúdo abordado.

4.5. Ganho de Aprendizado Normalizado

Os resultados sobre os ganhos de aprendizagens dos alunos da turma A, serão mostrados na Tabela 03, além do desempenho em porcentagem de cada aluno nas partes que o questionário foi subdividido (Parte 1(P1): produção do som; Parte 2 (P2): propagação do som e Parte 3 (P3): qualidades do som), onde na tabela é identificado por %_A_P1, %_A_P2 e %_A_P3. Para calcular essas porcentagens foi necessário utilizar a equação 02. Em seguida, estão expostos na Tabela 03, os ganhos de aprendizagem por aluno (G_A_P_A), o ganho de aprendizagem com todos os alunos em cada parte do questionário (G_A_P1, G_A_P2 e G_A_P3) e o ganho de aprendizagem total da turma (G_A). Tais valores foram obtidos a partir da equação 04.

Tabela 03: Dados coletados, porcentagem de acertos e ganhos de aprendizagens da turma A.

Turma A	A_P1		A_P2		A_P3		T_AC		%_A_P1		%_A_P2		%_A_P3		%_T_AC		G_A_P_A	G_A_P1	G_A_P2	G_A_P3	G_A
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós					
Aluno A	0	2	2	0	1	4	3	6	0	100	25,00	0,00	16,67	66,67	18,75	37,50	0,23	0,28	0,01	0,11	0,11
Aluno B	0	1	1	3	2	3	3	6	0	50	12,50	37,50	33,33	50,00	18,75	37,50	0,23				
Aluno C	0	2	0	2	3	4	3	8	0	100	0,00	25,00	50,00	66,67	18,75	50,00	0,38				
Aluno D	0	0	2	1	2	2	4	3	0	0	25,00	12,50	33,33	33,33	25,00	18,75	-0,08				
Aluno E	0	1	1	0	1	1	2	2	0	50	12,50	0,00	16,67	16,67	12,50	12,50	0,00				
Aluno F	1	1	1	1	2	2	4	4	50	50	12,50	12,50	33,33	33,33	25,00	25,00	0,00				
Aluno G	1	2	2	1	3	4	6	7	50	100	25,00	12,50	50,00	66,67	37,50	43,75	0,10				
Aluno H	2	2	2	3	1	2	5	7	100	100	25,00	37,50	16,67	33,33	31,25	43,75	0,18				
Aluno I	0	0	1	2	2	2	3	4	0	0	12,50	25,00	33,33	33,33	18,75	25,00	0,08				
Aluno J	0	1	2	1	3	2	5	4	0	50	25,00	12,50	50,00	33,33	31,25	25,00	-0,09				
Aluno K	1	1	0	2	2	3	3	6	50	50	0,00	25,00	33,33	50,00	18,75	37,50	0,23				
Aluno L	2	2	3	4	5	5	10	11	100	100	37,50	50,00	83,33	83,33	62,50	68,75	0,17				
Aluno M	0	2	3	0	2	1	5	3	0	100	37,50	0,00	33,33	16,67	31,25	18,75	-0,18				
Aluno N	1	1	2	2	4	3	7	6	50	50	25,00	25,00	66,67	50,00	43,75	37,50	-0,11				
Aluno O	1	0	1	1	1	1	3	2	50	0	12,50	12,50	16,67	16,67	18,75	12,50	-0,08				
Aluno P	1	0	2	1	2	3	5	4	50	0	25,00	12,50	33,33	50,00	31,25	25,00	-0,09				
Aluno Q	0	1	2	1	3	2	5	4	0	50	25,00	12,50	50,00	33,33	31,25	25,00	-0,09				
Aluno R	1	1	1	2	0	1	2	4	50	50	12,50	25,00	0,00	16,67	12,50	25,00	0,14				
Aluno S	0	1	1	2	2	2	3	5	0	50	12,50	25,00	33,33	33,33	18,75	31,25	0,15				
Aluno T	1	0	0	1	1	1	2	2	50	0	0,00	12,50	16,67	16,67	12,50	12,50	0,00				
Aluno U	1	0	2	3	0	3	3	6	50	0	25,00	37,50	0,00	50,00	18,75	37,50	0,23				

Considerando a diferença percentual de acertos entre o resultado do pré-teste e do pós-teste, afirma-se que na Parte 1 dos questionários, 3 alunos (A, C e M) obtiveram 100% a mais de acerto no pós-teste, 6 alunos (B, E, G, J, Q, S) conseguiram maior pontuação no pós-teste, 8 alunos permaneceram com a mesma pontuação (D, F, H, I, K, L, N e R) e 4 regrediram (O, P, T e U). Na Parte 2 dos questionários, o quantitativo de alunos que obtiveram maior pontuação no pós-teste foi de 10 (B, C, H, I, K, L, R, S, T e U), 3 alunos permaneceram com a mesma porcentagem (F, N e P), 8 alunos regrediram (A, D, E, G, J, M, P e Q). Já na Parte 3 dos questionários, 10 alunos (A, B, C, G, H, K, N, P, R e U) obtiveram maior percentual de acerto no pós-teste, 8 alunos (D, E, F, I, L, O, S e T) permaneceram com a mesma porcentagem, e 3 alunos (J, M e Q) regrediram. A permanência e a queda do desempenho em ambas partes dos testes, pode ter ocorrido devido aos seguintes motivos: a ausência ou atraso dos alunos nas aulas, a indisposição dos alunos que trabalham, o horário da aula, já que a mesma inicia as 07 horas e 20 minutos, ou até mesmo pela a metodologia que o professor utiliza.

De acordo com os dados da Tabela 03 e analisando a Tabela 01, pode-se notar que apenas o Aluno C conseguiu um ganho de aprendizagem médio. Observa-se que esse aluno interagiu mais nas aulas de que os outros alunos, algo que pode estar associado ao seu melhor desempenho perante os outros. Nota-se que os demais alunos ficaram na primeira faixa do ganho, o baixo. Fato que pode ter sido influenciado devido a vários fatores, a saber: da ausência dos alunos nas aulas; o atraso do transporte escolar; a distância da casa do aluno que vai andando até o colégio; dos alunos que trabalham; da metodologia utilizada pelo professor, que pode ter deixado os alunos confusos. Ou também, como Brito e Rego (2014a, p. 12014-6) informam em sua pesquisa, que “tal motivo pode ter sido devido a uma má interpretação da proposta do questionário ou uma leitura rápida do mesmo”.

Esses resultados foram unificados, para que fosse possível calcular o ganho normalizado da turma em geral, sendo assim foi obtido na Parte 1 o valor de 0,28, na Parte 2 de 0,01 e na Parte 3 de 0,11, ou seja, a turma encontra-se na faixa do baixo ganho de aprendizagem em ambas as partes. Comparado com as outras partes, a P1, foi onde os alunos compreenderam melhor, já na P2, praticamente, não obteve-se ganho. Em relação ao ganho de aprendizagem total, este também foi baixo (0,11). Sendo assim, é possível afirmar que essa turma não obteve a superação de grande parte de suas concepções errôneas.

O mesmo processo para explicar os ganhos de aprendizagens dos alunos da turma A, foi realizado para a turma E (Tabela 04).

Tabela 04: Dados coletados, porcentagem de acertos e ganhos de aprendizagens da turma E.

Turma E	A_P1		A_P2		A_P3		T_AC		%_A_P1		%_A_P2		%_A_P3		%_T_AC		G_A_P_A	G_A_P1	G_A_P2	G_A_P3	G_A
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós					
Aluno A'	0	2	2	5	2	1	4	8	0	100	25,00	62,50	33,33	16,67	25,00	50,00	0,33	0,68	0,54	0,31	0,48
Aluno B'	1	2	0	1	3	4	4	7	50	100	0,00	12,50	50,00	66,67	25,00	43,75	0,25				
Aluno C'	2	2	4	6	6	6	12	14	100	100	50,00	75,00	100,00	100,00	75,00	87,50	0,50				
Aluno D'	0	1	2	7	1	5	3	13	0	50	25,00	87,50	16,67	83,33	18,75	81,25	0,77				
Aluno E'	1	1	2	6	0	4	3	11	50	50	25,00	75,00	0,00	66,67	18,75	68,75	0,62				
Aluno F'	1	1	1	5	1	2	3	8	50	50	12,50	62,50	16,67	33,33	18,75	50,00	0,38				
Aluno G'	0	2	2	7	3	4	5	13	0	100	25,00	87,50	50,00	66,67	31,25	81,25	0,73				
Aluno H'	2	1	3	6	3	3	8	10	100	50	37,50	75,00	50,00	50,00	50,00	62,50	0,25				
Aluno I'	1	2	0	7	2	4	3	13	50	100	0,00	87,50	33,33	66,67	18,75	81,25	0,77				
Aluno J'	1	2	2	4	0	3	3	9	50	100	25,00	50,00	0,00	50,00	18,75	56,25	0,46				
Aluno K'	0	2	1	6	0	5	1	13	0	100	12,50	75,00	0,00	83,33	6,25	81,25	0,80				
Aluno L'	1	2	0	2	1	2	2	6	50	100	0,00	25,00	16,67	33,33	12,50	37,50	0,29				
Aluno M'	1	2	5	7	4	4	10	13	50	100	62,50	87,50	66,67	66,67	62,50	81,25	0,50				
Aluno N'	1	2	2	5	1	4	4	11	50	100	25,00	62,50	16,67	66,67	25,00	68,75	0,58				
Aluno O'	2	1	2	8	1	1	5	10	100	50	25,00	100,00	16,67	16,67	31,25	62,50	0,45				
Aluno P'	1	1	2	8	0	2	3	11	50	50	25,00	100,00	0,00	33,33	18,75	68,75	0,62				
Aluno Q'	0	2	2	7	1	5	3	14	0	100	25,00	87,50	16,67	83,33	18,75	87,50	0,85				
Aluno R'	1	1	2	7	1	4	4	12	50	50	25,00	87,50	16,67	66,67	25,00	75,00	0,67				
Aluno S'	0	2	2	7	1	3	3	12	0	100	25,00	87,50	16,67	50,00	18,75	75,00	0,69				
Aluno T'	0	1	2	4	3	3	5	8	0	50	25,00	50,00	50,00	50,00	31,25	50,00	0,27				
Aluno U'	0	1	3	4	2	3	5	8	0	50	37,50	50,00	33,33	50,00	31,25	50,00	0,27				
Aluno V'	0	2	3	5	1	4	4	11	0	100	37,50	62,50	16,67	66,67	25,00	68,75	0,58				
Aluno W'	1	2	2	8	2	6	5	16	50	100	25,00	100,00	33,33	100,00	31,25	100,00	1,00				
Aluno X'	0	2	2	5	3	4	5	11	0	100	25,00	62,50	50,00	66,67	31,25	68,75	0,55				
Aluno Y'	1	0	1	4	3	1	5	5	50	0	12,50	50,00	50,00	16,67	31,25	31,25	0,00				
Aluno Z'	0	1	1	4	4	4	5	9	0	50	12,50	50,00	66,67	66,67	31,25	56,25	0,36				
Aluno A''	0	1	1	3	3	1	4	5	0	50	12,50	37,50	50,00	16,67	25,00	31,25	0,08				
Aluno B''	1	2	2	2	3	2	6	6	50	100	25,00	25,00	50,00	33,33	37,50	37,5	0,00				
Aluno C''	1	2	1	1	3	4	5	7	50	100	12,50	12,50	50,00	66,67	31,25	43,75	0,18				
Aluno D''	2	2	1	8	5	3	8	13	100	100	12,50	100	83,33	50,00	50,00	81,25	0,63				

De acordo com os dados demonstrados anteriormente na Tabela 04 nota-se que na Parte 1 dos questionários, 7 alunos (A', Q', G', S', V', X' e K') obtiveram 100% a mais de acerto no pós-teste, 14 alunos (B', D', I', J', L', M', N', T', W', U', Z', A'', B'' e C'') atingiram a mais acertos no pós-teste, 6 alunos (C', E', F', P', R', e D'') permaneceram com a mesma porcentagem e 3 alunos (H', O' e Y') regrediram. Na Parte 2, 28 alunos (A', B', C', D', E', F', G', H', I', J', K', L', M', N', O', P', Q', R', S', T', U', V', W', X', Y', Z', A'' e D'') pontuaram mais no pós-teste e 2 alunos (B'' e C'') permaneceram com a mesma porcentagem. Logo, na Parte 3, 19 alunos (B', D', E', F', G', I', J', K', L', N', P', Q', R', S', U', V', W', X' e C'') tiveram mais acerto no pós-teste, 6 alunos (C', H', M', O', T' e Z') permaneceram com a mesma porcentagem e 5 alunos (A', Y', A'', B'' e D'') regrediram. Os motivos para essas permanências ou queda de desempenho de porcentagens nos questionários, são os mesmos da turma A.

Diante dos resultados expostos da turma experimental, foi possível perceber que mesmo com a aplicação do tratamento, 9 alunos obtiveram um baixo ganho na aprendizagem. Em contrapartida, o médio ganho de aprendizagem foi obtido por 15 alunos e o alto ganho foi conquistado por 6 alunos. Foi calculado também em ambas partes do questionário o ganho de aprendizagem da turma E e, o resultado obtido foi que a turma adquiriu um médio ganho de aprendizagem, com 0,68 na Parte 1, 0,54 na Parte 2 e 0,31 na Parte 3. Mesmo todas as partes sendo classificadas como ganho médio, foi notado que a P1 obteve o maior ganho e a P3 o ganho menor. O ganho de aprendizagem total da turma também ficou nessa faixa com 0,48. Sendo assim, é possível afirmar que essa turma obteve a superação de grande parte de suas concepções errôneas.

Comparando a turma A com a E, foi notado que os alunos da turma E atingiram um melhor desempenho na aprendizagem sobre o conteúdo *Ondas Sonoras*. Pois somente um aluno da turma controle conseguiu adquirir um médio ganho de aprendizagem e também nessa turma tiveram alunos até com resultados negativos que se classificaram como um baixo ganho. Já na turma experimental, metade dos alunos obtiveram um médio ganho e tiveram até alunos com alto ganho de aprendizagem, com destaque do aluno W' que conseguiu obter o ganho máximo de aprendizagem 1,0.

Para uma melhor visualização dos ganhos de aprendizagens da turma A e turma E, foi plotado o Gráfico 03, que relaciona a porcentagem de alunos com os seus devidos ganhos aprendizagem normalizados.

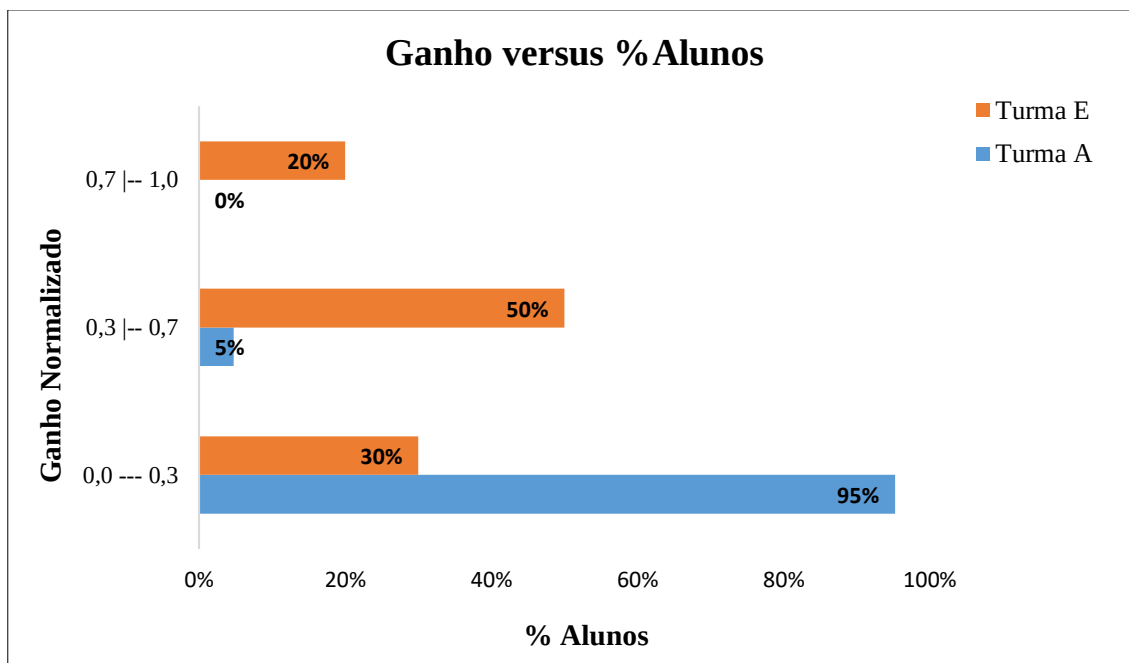


Figura 12: Gráfico 03 - Ganho Normalizado versus Percentagem de alunos das turmas A e E.

De acordo com o gráfico 03 da Figura 12, tem-se 95% dos alunos da turma tiveram um ganho baixo, onde na turma E foram somente 30%. Já no médio ganho a turma controle atingiu 5% dos alunos e a na turma experimental, 50%. No alto ganho, a turma A não obteve nenhum aluno, mas a turma E teve 20% de seus alunos com esse ganho. Mais uma vez esses dados demonstram um melhor desempenho na turma experimental em comparação com a turma controle. Mas mesmo com a aplicação do tratamento, é possível verificar que ainda existem alunos da turma E localizados na primeira faixa, o baixo ganho (30%).

4.5. Tamanho do Efeito

Pôde-se avaliar e comparar o quão um determinado tratamento é eficiente antes e após uma intervenção e, também em comparação com outro tratamento, através do tamanho do efeito. Neste trabalho, como já mencionado na Metodologia, utilizou-se *d de Cohen* (equação 05) e do *g de Hedges* (equação 08), buscando-se assim, compreender melhor em que medida a Sequência de Ensino Investigativa foi eficiente na aprendizagem dos alunos (e também na superação de suas concepções errôneas) na turma E e comparando-se com a turma que não teve esse tratamento (turma A). O *d de Cohen* é calculado para grupos independentes, onde o resultado obtido contém uma classificação que está exposto na Tabela 02, e como as turmas apresentam pouca quantidade de alunos, foi necessário calcular também o *g de Hedges* que

serve como um fator de correção. Acredita-se a esta análise do tamanho do efeito, o TDE-LC (já explicado na Metodologia).

Depois de realizado os devidos cálculos, foi obtido um valor para o *d de Cohen* de 1,98 e para o *g de Hedges* de 1,94, para a turma E, que de acordo com a Tabela 02, significa que o tratamento proposto, teve um efeito muito grande. A turma experimental teve uma média de pontuação mais alta ($M = 10,23$; $DP = 2,94$) em relação ao grupo controle ($M = 4,95$; $DP = 2,22$). Ao analisar o valor do TDE-LC entre as duas turmas, obteve-se um valor de 91,9%. Isso indica que a probabilidade de um sujeito selecionado ao acaso da turma experimental ter pontuação superior a um sujeito da turma controle é de 91,9 %. Demonstrando assim, mais uma vez, o quão melhor foi o desempenho dos alunos da turma em que a Sequência de Ensino Investigativa foi aplicada.

Foi verificado também a eficiência da Sequência de Ensino Investigativa aplicada na própria turma E. constatou que os alunos tiveram uma média de pontuação mais alta depois da intervenção ($M = 10,23$; $DP = 2,94$) do que antes da intervenção ($M = 4,66$; $DP = 2,29$). A magnitude da diferença foi muito grande (*d de Cohen* = 1,64). O TDE-LC indica que a probabilidade de um sujeito selecionado ao acaso da pós-intervenção ter pontuação superior à pré-intervenção é de 94,9%.

Após a verificação do tratamento aplicado na turma A, pode-se afirmar que a turma também teve um efeito positivo em relação a aprendizagem dos alunos, porém pequena, segundo a Tabela 02. A turma teve uma pontuação mais alta depois da intervenção ($M = 4,95$; $DP = 2,22$) do que antes da intervenção ($M = 4,09$; $DP = 1,92$). A magnitude da diferença foi pequena (*d de Cohen* = 0,46). O TDE-LC indica que a probabilidade de um sujeito selecionado ao acaso da pós-intervenção ter pontuação superior à pré-intervenção é de 67,6%.

Comparando os resultados obtidos nessas verificações, pode-se certificar tanto na turma controle quanto na turma experimental houve um ganho na aprendizagem dos alunos e devido a isso eles superaram algumas das concepções errôneas sobre Ondas Sonoras. Porém o tratamento da turma experimental obteve, significativamente, maior efeito que o tratamento aplicado na turma controle.

5. CONCLUSÕES

De acordo com tudo que foi mostrado nos resultados e discussões desta pesquisa, cujo objetivo foi entender como os alunos poderiam superar as suas concepções errôneas sobre a *Natureza, a Propagação e as Qualidades do Som*, fazendo uso de uma Sequência de Ensino Investigativa em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, analisando os ganhos de aprendizagens dos alunos em relação aos conteúdos abordados. Foi possível verificar que, houve uma contribuição para a superação das concepções errôneas dos alunos.

Tem-se, assim, que a hipótese dessa pesquisa foi considerada correta, já que os alunos conseguiram superar algumas concepções errôneas a respeito do conteúdo abordado. Credita-se a isso, o fato que os alunos da turma experimental, se mostraram mais participativos nas aulas, o que os ajudou na melhor compreensão sobre o conteúdo. Isso aconteceu devido a utilização das atividades investigativas, que fez com que o aluno participasse ativamente das aulas através de perguntas e/ou respostas, deixando-o de ser passivo, para um aluno crítico/participativo (BEMFEITO; VIANNA, 2009). Concluiu-se assim, que o objetivo proposto a essa pesquisa foi atingido.

O desenvolvimento dessa pesquisa proporcionou fazer uma análise sobre os ganhos de aprendizagem dos alunos e a eficiência do tratamento das turmas E (turma experimental) e A (turma controle), sendo que na primeira, foi aplicado uma Sequência de Ensino Investigativa que abordou o conteúdo sobre a *Natureza, Propagação e Qualidades Fisiológicas do Som*. Já em relação a segunda, foi abordado o mesmo conteúdo, mas não com o mesmo tratamento. Buscou-se verificar qual dos tratamentos auxiliou melhor o aluno a superar algumas concepções errôneas acerca do conteúdo estudado.

Utilizando dois questionários (o pré-teste e o pós-teste), foi possível verificar as concepções errôneas existente nos alunos nas duas turmas, antes e depois do tratamento. E diante dos resultados, tendo-se em vista os ganhos de aprendizagem quanto a eficiência de cada tratamento, pode-se afirmar que ambas as turmas conseguiram superar algumas concepções errôneas, mas a turma E obteve um melhor desempenho, já que adquiriu um ganho de aprendizagem de 0,48, que é considerado um médio ganho. Já turma controle, adquiriu 0,11, que se classifica como um baixo ganho. Além desses ganhos, foi encontrado como resultado da eficiência da turma E o d de Cohen de 1,64, que significa que o tratamento aplicado nesta turma teve um efeito muito grande, já na turma A, o valor adquirido foi de 0,47, que se classificou como um efeito pequeno. De outra forma, pode-se interpretar estes resultados através do tamanho do efeito TDE-LC, onde verificou-se um valor de 91,9%. Isso significa a probabilidade

de retirar aleatoriamente um aluno da turma experimental e este obteve uma pontuação superior ao aluno da turma controle, foi de 91,9%.

Outras considerações, dizem respeito aos tópicos Ondas Sonoras e Característica do Som, do capítulo de Acústica do livro adotado no colégio que foi desenvolvido essa pesquisa. Foi possível verificar que não existia nenhuma distorção conceitual, porém o livro não abordava a explicação da tridimensionalidade na propagação da Onda Sonora. Fato esse, que pode fazer o aluno acreditar que o Som só se propaga, por exemplo em formato de um cone, pois no livro possui uma imagem que apresenta a propagação da intensidade em formato limitado.

Destaca-se ainda que existiram algumas dificuldades no desenvolvimento dessa pesquisa, como o tempo proposto para desenvolver a Sequência de Ensino Investigativa na turma E, e o pequeno intervalo entre o término da sequência e a aplicação do pós-teste. Sendo assim, tem-se em pesquisas futuras a sugestão de aplicar novamente o pós-teste depois de alguns meses, para verificar se os alunos possuem em mente o que foi estudado, ou seja, se as concepções deles foram realmente superadas. E que em uma possível replicação desta SEI, sejam desenvolvidas algumas melhorias na Parte 3, que aborda sobre as Qualidades Fisiológicas do Som, já que obteve um ganho médio no limiar do baixo. E outra sugestão, é que sejam desenvolvidas e aplicadas mais pesquisas utilizando as atividades investigativas, não somente com o tema aqui abordado, mas também com outros conteúdos, pois através dos resultados dessa pesquisa, foi possível perceber a evolução da aprendizagem dos alunos que receberam esse tipo de tratamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, A. S.; LEITE, L. O som e a audição uma área que faz “vibrar” os professores? **Revista Gazeta de Física**, v. 22, n. 4, p. 10-16, 1999.

ALMEIDA, T. D. Q.; VALADARES, J. M.; JUNIOR, O. A. Uso de demonstrações investigativas em sala de aula de física para promover o engajamento dos estudantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 10, Águas de Lindoia, 2015, **Anais**. São Paulo: ENPEC, 2015, p. 1-8.

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

AZEVEDO, M.C.P.S. 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**. São Paulo: Thomson, 2004. Cap. 2, p. 19-33.

BAPTISTA, M. N.; CAMPOS, D. C. **Metodologias de Pesquisa em Ciências: Análises Quantitativas e Qualitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

BARNIOL, P.; ZAVALA, G. Mechanical waves conceptual survey: Its modification and conversion to a standard multiple-choice test. **Physical Review Physics Education Research**, v. 12, n.1, 2016, p. 010107. 1-12.

BARROS, M. Problemas abertos em Física. Acervo educarede. 21 de maio de 2013. Disponível em: < <http://www.aberta.org.br/educarede/2013/05/21/problemas-abertos-em-fisica/>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

BEMFEITO, A. P.; VIANNA, D. M. Investigações sobre ondas de rádio no ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO ENSINO DE FÍSICA, 18, Vitória, 2009, **Anais**. Vitória: SNEF, 2009. p. 1-10.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A. O ensino de Física do som baseado em investigações. **Revista Ensaio**, v. 7, n. 2, p. 61- 84, 2005.

BRITO, B. S. L. G.; REGO, S. C. R. A utilização de um laboratório investigativo para trabalhar o conceito de energia no ensino médio. **Latin American Journal of Science Education**. v. 1, s/n, p. 12014/1-12014/9, 2014a.

BRITO, B. S. L. G.; REGO, S. C. R. Atividades Investigativas no Ensino de Física: avaliação do desenvolvimento de habilidades. In: Encontro Nacional de Prática de Ensino – ENDIPE, 17, Fortaleza- CE, 2014b. **Anais**. Fortaleza: EdUECE, Didática e Prática de Ensino na relação com a Escola, Livro 1, p. 01141-01152.

BONJORNO, J. R. *et al.* Física: Termologia · Óptica · Ondulatória. 3. Ed. Vol. 2. São Paulo: FTD, 2016.

CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap. 1, p. 1-20.

CIÊNSAÇÃO. Sinta a sua voz. s.d. Disponível em: <
https://ciensacao.org/experimento_mao_na_massa/e5095pb_feelVoice.html>. Acesso em: 10 out. 2018.

CORREIA, D.; BOLDE, M. A.; SAUERWEIN, I. P. S. O estudo das ondas sonoras por meio de uma atividade didática envolvendo leitura de um texto de divulgação científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 33, n. 2, p. 556-578, 2016.

COSTA, J. F. *et al.* O Celular e o Ensino de Ondas na Escola: Uma Proposta Preliminar, In: CONGRESSO INTERNACIONAL TIC E EDUCAÇÃO, 2, Lisboa, 2012, **Anais**. Lisboa: ticEDUCA, s.d. p. 3420-3437.

COSTA, L. G.; BARROS, M. A. O Ensino de Física no Brasil: problemas e desafios. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 12, Paraná, 2015. **Anais**. Paraná: EDUCERE, s. d. p. 10980-10989.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2ª edição, Porto Alegre: Artmed, 2007.

ENEM 2014 –Exame Nacional do Ensino Médio. **INEP -Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Ministério da Educação. Disponível em: <<https://www.aprovaconcursos.com.br/questoes-de-concurso/prova/inep-2014-enem-exame-nacional-do-ensino-medio-prova-branca-primeiro-dia-3a-aplicacao>>. Acesso: 10 set. 2018.

ERROBIDART, H. A. *et al.* Ouvido mecânico: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1507-1 - 1507-6, 2014.

ERROBIDART, N.; JARDIM, M. I. A.; GOBARA, S. T. Modelos mentais e representações utilizadas por estudantes do ensino médio para explicar ondas, **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 440-457. 2013.

FARDILHA, A. [Experiências com o som](https://pequenoscientistassanjoanenses.wordpress.com/2015/06/14/experiencias-com-o-som/). 2015. Disponível em: <<https://pequenoscientistassanjoanenses.wordpress.com/2015/06/14/experiencias-com-o-som/>>. Acesso em: 06 out. 2018.

FILHO, B. B.; SILVA, C. X. Acústica. In: _____. **Física aula por aula**. 3ª ed. Vol. 2. São Paulo: FTD, 2016. Cap. 17, p. 257-260.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 176p.

GOBARA, S. T. *et al.* O Conceito de ondas na visão dos estudantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Anais**. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa Tipos Fundamentais, **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n.3, p. 20-29, 1995.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física: física térmica, ondas, óptica**. 2ª ed. Vol. 2. São Paulo: Ática, 2017.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.

JARDIM, M. I. A.; ERROBIDART, N. C. G.; GOBARA, S. T. Levantamento dos trabalhos em ensino de física que investigaram ondas sonoras. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11, 2008, Curitiba, **Anais eletrônicos...** Curitiba: EPEF, 2008.

JÚNIOR, F. N. M.; CARVALHO, W. L. P. O Ensino de Acústica nos Livros Didáticos de Física Recomendados pelo PNLEM: análise das ligações entre a física e o mundo do som e da música. **HOLOS**, v. 3, n. 1, p. 137-154, 2011.

JUNIOR, J. S. S. Exercícios sobre intensidade, altura e timbre. s.d. Disponível em: <<https://exercicios.mundoeducacao.bol.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-intensidade-altura-timbre.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.

LEITE, L.; AFONSO, A. S. Natureza e propagação do som: Concepções de alunos dos ensinos básicos, secundários e superior. In: LOSADA, C. M.; BARROS, S. G. **As Didáticas das Ciências: Tendências Atuais**. Coruña: Universidade Coruña, 1999. p. 345-358.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. C. **Física: contextos e aplicações**. 2ª ed. Vol. 2. São Paulo: Scipione, 2017.

MARIM, M.; VIANNA, D. Propostas de Atividades Investigativas Abordando Conceitos Básicos de Física Ondulatória. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO ENSINO DE FÍSICA, 20, 2013, São Paulo, **Anais**. São Paulo: NEF, 2013, p. 1-8.

MARTINS, M. E. G. Desvio padrão amostral. **Revista de Ciência Elementar**. v. 1, n. 1, p. 1, 2013.

MEDEIROS, O. Ondulatória e acústica - Pss 2 e Priss 2. **Física Pai d'égua**, V. 09, p. 1-12, 2007.

MEIRINHOS, M.; OSÓRIO, O. O estudo de caso como estratégia de investigação em educação, **EDUSER: revista de educação**, Vol. 2, n.2, p. 49-65, 2010

MENEZES, L. C. O aprendizado do trabalho em grupo. 2009. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/605/o-aprendizado-do-trabalho-em-grupo>>. Acesso em 01 set. 2018.

MORAES, J. U, P.; JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no ensino de Física com foco na aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 4(3), p. 61-67, 2014.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa**. 1ª edição. São Paulo: Livraria de Física, 2011.

MOURA, M. A.; *et al.* Visualize a sua voz: uma proposta para o ensino de ondas sonoras. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**. v.8, n.1, p.182-200, 2017.

NASCIMENTO, C. S.; GOBARA, S. T. A Contextualização do Ensino de Ondas Sonoras Por Meio Corpo Humano. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, Florianópolis, 2009, **Anais**. Florianópolis: ENPEC, 2009, p. 1-11.

NUNES, D. Lista de Física. 2017. Disponível em: < www.colegiointerativa.com.br/.../LISTA%20DE%20F-SICA%20I%209,%20ANO>. Acesso em: 03 out. 2018.

OLIVEIRA, K. S. de. O ensino por investigação: construindo possibilidades na formação continuada do professor de ciências a partir da ação- reflexão. Natal, 2015. 199p. **Dissertação de Mestrado- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática- Universidade Federal do Rio Grande do Norte.**

PIUBELLI, S. L. *et al.* Simulador de propagação de ondas mecânicas em meios sólidos para o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n.1, p. 1501-1–1501-6, 2010.

PORTAL UFS. Cerimônia de devolução do Polivalente para o governo do Estado. 2015. Disponível em:< <http://www.ufs.br/conteudo/17663-cerim-nia-de-devolu--o-do-poli>>. Acesso em: 22 set. 2018.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O Ensino de Ciências por Investigação: reconstrução histórica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11, Curitiba, 2008. **Anais**. Curitiba: EPEF, 2008. p. 1-12.

ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. Aulas experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização do roteiro para aulas de Física. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 4-7,2012.

ROSÁRIO, C. A. L. Produção do Som. Disponível em: < <http://www.yduka.com/sumarios-e-lico-es-8/item/producao-do-som>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

SAAB, S. C.; CÁSSARO, F. A. M.; BRINATTI, A. M. Laboratório caseiro: tubo de ensaio adaptado como tubo de Kundt para medir a velocidade no ar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 112-120, 2005.

SANTOS, C. M. História e Estórias de Lagarto. Folha de Lagarto, Lagarto, 15 mar. 2000. p. 14.

SANTOS, R. A.; BRICCIA, V. Sequência de Ensino Investigativa e a promoção as Alfabetização Científica no Ensino de Ciências para o contexto do Sul da Bahia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11, Florianópolis, 2017, **Anais**. Florianópolis: ENPEC, 2017. p. 1-9.

SANTO, H. A. E.; DANIEL, F. Calculating and reporting effect sizes on scientific papers: p < 0.05 limitations in the analysis of mean differences of two groups. **Portuguese Journal of Behavioral and Social Research**, v. 1, n. 1, p. 3–16, 2015.

SANTOS, R. J.; SASAKI, D. C. G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1- 9, 2015.

Secretaria de Estado da Educação (SEED). DRE02 / Lagarto / Colégio Estadual Prof. Abelardo Romero Dantas. 2018. Disponível em: <<https://www.seed.se.gov.br/redeestadual/Escola.asp?chkAno=2018&cdestrutura=813&cdEscola=3307&mapa=M>>. Acesso em: 01 out. 2018.

SÉRÉ, M-G.; COELHO, S. M.; NUNES, D. A. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

SILVA, S. T. Propagação do Som: conceitos e experimentos. Rio de Janeiro, 2011, 86p. **Dissertação** de Mestrado- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física- Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, S. T. Propagação do Som: conceitos e experimentos. Rio de Janeiro, 2011, 86p. **Dissertação** de Mestrado- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física- Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, S. T.; AGUIAR, C. E. Propagação do som: conceito e experimentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO ENSINO DE FÍSICA, 19, Manaus, 2011. **Anais**. Manaus: SNEF, 2011. p. 1-11.

SOARES, M. T. M. Aprendizagem da Acústica no Ensino Básico: uma pesquisa epistemológica e psicologicamente fundamentada. Lisboa, 2007. 672p. **Tese** de Doutorado- Universidade Aberta.

SOUZA, E. G.; CAVALCANTE, H. M.; DIAS, P. C. C.; SAMPAIO, R. A.; MENDES, R. A.; PRADA, T. S. Exercício sobre ondas. Disponível em: <Ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatória/exercicios.htm>. Acesso em: 20 ago. 2018.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, P. C. M. **Física: Ciência e Tecnologia**. 4. Ed. Vol. 2. São Paulo: Moderna, 2016.

G1. Uso em excesso de fone de ouvido com som alto causa danos à saúde. Itapetininga, 2010. Disponível no site: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/itapetininga-regiao/tem-noticias-2edicao/videos/v/uso-em-excesso-do-fone-de-ouvido-com-som-alto-causa-danos-a-saude/3256703/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

ZÔMPERO, A. F; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 03, p. 67-80, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE I—Questionário Perfil



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA
SERGIPE- CAMPUS LAGARTO

QUESTIONÁRIO PERFIL

Eu, _____, concordo de livre vontade em responder o questionário abaixo e autorizo a aluna do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Sergipe (IFS), Tamires Sandes dos Santos (matrícula 201318640092), a divulgar/publicar os dados obtidos na pesquisa (**Análise dos efeitos de uma Sequência de Ensino Investigativa sobre ondas sonoras em relação às concepções errôneas dos alunos, tendo em vista os ganhos de aprendizagem**), resguardando o sigilo de minha identidade.

Nome Completo	
Idade	
Sexo	() Feminino () Masculino
Você apresenta algum tipo de deficiência?	() Visual () Auditiva () Motora/física () Intelectual () Não apresento nenhum tipo de deficiência. () Outra. Qual: _____.
Onde você mora?	() Cidade de Lagarto () Povoado de Lagarto () Outro. Qual: _____.
Como você vai para o Colégio?	() Ônibus escolar () Andando () Carro () Motocicleta (moto) () Outro. Qual: _____.
Essa é a primeira vez que cursa o segundo (2º) ano?	() Sim () Não. Quantas vezes? _____.
Você tem filhos?	() Não tenho. () 1 filho () 2 filhos () 3 ou mais filhos
Com quem você mora?	() Com os pais () Com o cônjuge () 2 filhos () Com amigos () Com familiares () Com amigos () Sozinho
Você trabalha? Caso afirmativo, qual seu rendimento mensal?	() Não () Abaixo de 1 salário mínimo () Até 1 salário mínimo () de 1 a 2 salários mínimos
O que você pretende fazer logo após se formar?	() Trabalhar () Continuar estudando () Trabalhar e continuar estudando () Não tenho a menor ideia
Qual sua principal fonte de informação de acontecimentos atuais?	() Jornal escrito () Telejornal () Jornal falado (rádio) () Revista () Internet

APÊNDICE II—Pré-teste

**QUESTIONÁRIO SOBRE ONDAS SONORAS (PRÉ-TESTE)****Instruções:**

Este questionário possui 16 questões objetivas, com 4 opções de respostas, onde deverá ser marcado somente um (X) em uma alternativa.

Aluno (a): _____.

Questões

1. Sobre o som, pode-se afirmar que:

- a) Se refere às ondas longitudinais que se propagam somente no ar.
- b) Se refere a ondas transversais e não precisam de um meio material para se propagar.
- c) Se refere às ondas longitudinais que se propaga em um meio material.
- d) É algo material como um objeto que se move de um lado para o outro.

2. Marque a alternativa FALSA que fala sobre a produção do som.

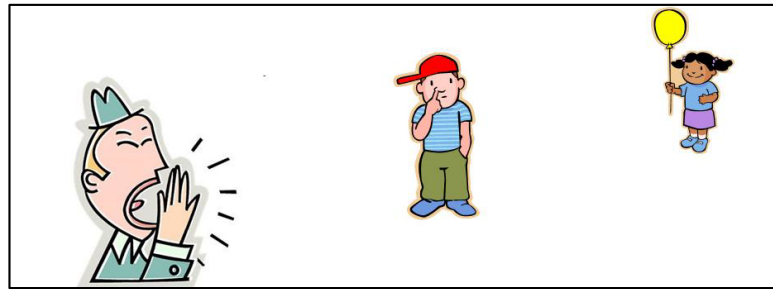
- a) O som é produzido pela vibração ou oscilação dos corpos.
- b) Quando o ser humano fala, o som é emitido devido a vibração das cordas vocais.
- c) Para se produzir um som é necessário que o ambiente contenha ar.
- d) Quando um elástico esticado é puxado e largado rapidamente, este vibra e emite um som.

3. Uma partícula de poeira fica na frente de um alto-falante silencioso (veja a figura abaixo). O alto-falante é ligado e reproduz um tom alto em um tom constante. Como a partícula de poeira se moverá?

- a) Ele ficará na mesma posição.
- b) Ele se moverá para a frente e para trás em torno da mesma posição.
- c) Irá subir e descer em torno da mesma posição.
- d) Vai se afastar do auto-falante.



4. Uma pessoa dá um grito, que pode ser ouvido por um menino e uma menina. O menino está próximo da pessoa que grita, e a menina está mais distante. Das afirmativas abaixo, qual lhe parece a mais correta?



- a) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá velocidade maior do que quando passou pelo menino.
- b) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá velocidade menor do que quando passou pelo menino.
- c) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá a mesma velocidade que passou pelo menino.
- d) Quando o som do grito passar pelo menino, ele não terá velocidade para chegar até a menina.

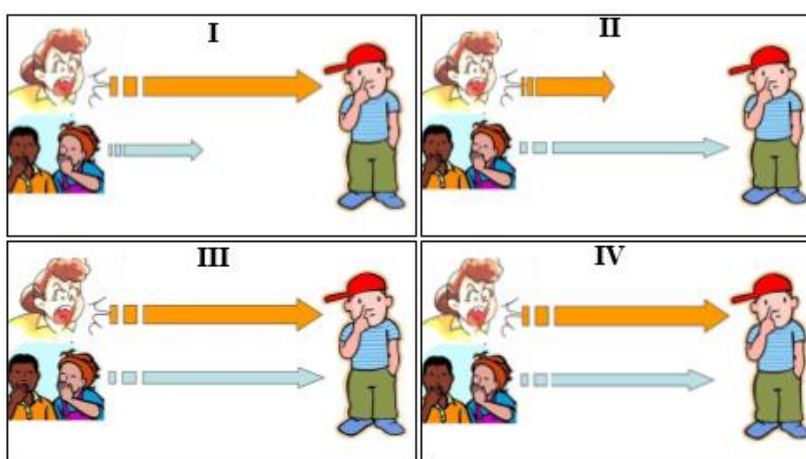
5. (UFPA) Em geral, com relação à propagação de uma onda sonora, afirmamos corretamente que sua velocidade é:

- a) menor nos líquidos que nos gases e sólidos
- b) maior nos gases que nos sólidos e líquidos
- c) maior nos líquidos que nos gases e sólidos
- d) maior nos sólidos que nos líquidos e gases

6. (UFV-MG) Em alguns filmes de ficção científica a explosão de uma nave espacial é ouvida em outra nave, mesmo estando ambas no vácuo do espaço sideral. Em relação a este fato é correto afirmar que:

- a) Isto não ocorre na realidade, pois não é possível a propagação do som no vácuo.
- b) Isto ocorre na realidade, pois, sendo a nave tripulada, possui seu interior preenchido por gases.
- c) Isto ocorre na realidade, pois as condições de propagação do som no espaço sideral são diferentes daquelas daqui da Terra.
- d) Isto ocorre na realidade e o som será ouvido inclusive com maior nitidez, por não haver meio material no espaço sideral.

7. (Adaptado) Um som forte e um som fraco (um grito e um cochicho) são produzidos no mesmo instante, à mesma distância do garoto. Se ele escuta os dois sons, qual das alternativas você considera a correta? Analise as imagens e marque a alternativa que considerar correta.



- a) O som forte chega ao garoto antes do som fraco (ilustração na figura I).
- b) O som forte chega ao garoto depois do som fraco (ilustração na figura II).
- c) Os sons forte e fraco chegam ao mesmo tempo (ilustração na figura III).
- d) O som fraco chega pouco tempo depois do som forte (ilustração na figura IV).

8. Geralmente a voz feminina é mais aguda que a voz masculina. A principal característica que diferencia as vozes feminina e masculina é:

- a) a velocidade de propagação da voz.
- b) o timbre.
- c) a altura, que está relacionada a frequência.
- d) a intensidade, que está relacionada com a amplitude.

9. (Adaptado) A mãe pede ao filho: “Zezinho, diminua o volume do som da TV; está muito alto ...”. Marque a alternativa que substituiu os termos grifados pelos corretos, segundo a terminologia física.

- a) “Zezinho, diminua a altura do som da TV; está muito forte ...”.
- b) “Zezinho, diminua a intensidade do som da TV; está muito forte ...”.
- c) “Zezinho, diminua o timbre do som da TV; está muito intenso ...”.
- d) “Zezinho, diminua a intensidade do som da TV; está muito intenso ...”.

10. (Enem-adaptado) Ao ouvir uma flauta e um piano a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro. Essa diferença se deve principalmente ao (à):

- a) Intensidade sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.
- b) Potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.
- c) Diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical.
- d) Timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.

11. (Fatec-SP) Ondas sonoras são compressões e rarefações do meio material através do qual se propagam. Podemos dizer que:

- a) o som pode propagar-se através do vácuo.
- b) o som não pode propagar-se através de um sólido.
- c) o som somente se propaga através do ar.
- d) as ondas sonoras transmitem-se mais rapidamente através de líquidos e sólidos do que através do ar.

12. (UFPA) A velocidade do som no ar depende:

- a) da frequência do som.
- b) da intensidade do som.
- c) do timbre do som no ar.
- d) da temperatura do ar.

13. (UFRS) Quais as características das ondas sonoras que determinam, respectivamente, as sensações de altura e intensidade do som?

- a) Frequência e amplitude.
- b) Frequência e comprimento de onda.

- c) Comprimento de onda e frequência.
- d) Amplitude e comprimento de onda.

14. (ITA-SP) O que permite decidir se uma dada nota musical provém de um violino ou de um trombone é:

- a) a diferença entre as alturas dos sons.
- b) a diferença entre os timbres dos sons.
- c) a diferença entre as intensidades dos sons.
- d) a diferença entre as fases das vibrações.

15. (UFPA/2000-adaptado) Durante a viagem de carro para Aracajú, Maria, para descontraí, ligou o rádio do carro para ouvir uma música executada em piano. O som, entretanto, estava um pouco agudo. As qualidades fisiológicas do som observadas por Maria, que lhe permitiram ouvir a música, identificar o instrumento e verificar que o som estava agudo são, respectivamente,

- a) altura, intensidade e timbre.
- b) intensidade, timbre e altura.
- c) timbre, intensidade e altura.
- d) intensidade, altura e timbre.

16. (ENEM 2014- adaptado) Durante a formação de uma tempestade, são observadas várias descargas elétricas, os raios, que podem ocorrer das nuvens para o solo (descarga descendente), do solo para as nuvens (descarga ascendente) ou entre uma nuvem e outra. Normalmente, observa-se primeiro um clarão no céu (relâmpago) e somente alguns segundos depois ouve-se o barulho (trovão) causado pela descarga elétrica. O trovão ocorre devido ao aquecimento do ar pela descarga elétrica que sofre uma expansão e se propaga em forma de onda sonora.

O fenômeno de ouvir o trovão certo tempo após a descarga elétrica ter ocorrido deve-se

- a) à velocidade de propagação do som ser diminuída por conta do aquecimento do ar.
- b) à propagação da luz ocorrer através do ar e a propagação do som ocorrer através do solo.
- c) à velocidade de propagação da luz ser maior do que a velocidade de propagação do som no ar.
- d) ao relâmpago ser gerado pelo movimento de cargas elétricas, enquanto o som é gerado a partir da expansão do ar.

APÊNDICE III—Pós-teste



QUESTIONÁRIO SOBRE ONDAS SONORAS (PÓS-TESTE)

Instruções:

Este questionário possui 16 questões objetivas, com 4 opções de respostas, onde deverá ser marcado somente um (X) em uma alternativa.

Aluno (a): _____.

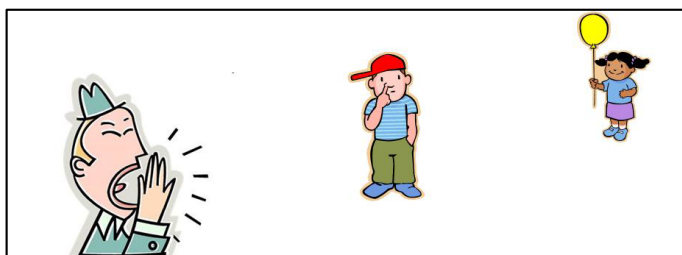
Questões

1. Uma partícula de poeira fica na frente de um alto-falante silencioso (veja a figura abaixo). O alto-falante é ligado e reproduz um tom alto em um tom constante. Como a partícula de poeira se moverá?

- a) Ele ficará na mesma posição.
- c) Irá subir e descer em torno da mesma posição.
- c) Vai se afastar do auto-falante.
- d) Ele se moverá para a frente e para trás em torno da mesma posição.



2. Uma pessoa dá um grito, que pode ser ouvido por um menino e uma menina. O menino está próximo da pessoa que grita, e a menina está mais distante. Das afirmativas abaixo, qual lhe parece a mais correta?

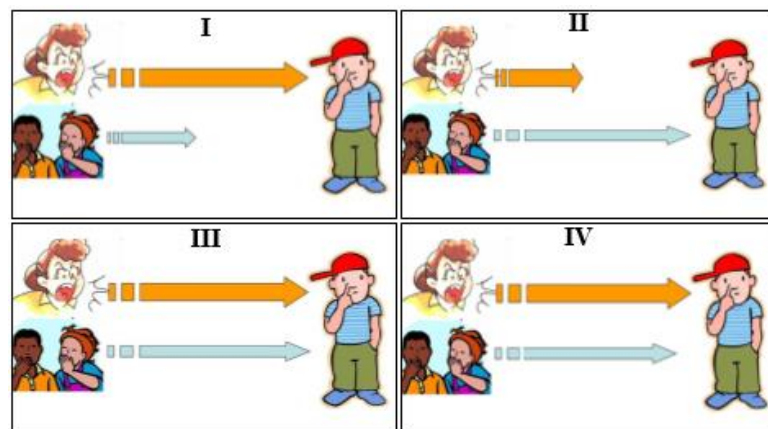


- a) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá a mesma velocidade que passou pelo menino.
- b) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá velocidade maior do que quando passou pelo menino.
- c) Quando o som do grito passar pela menina, ele terá velocidade menor do que quando passou pelo menino.
- d) Quando o som do grito passar pelo menino, ele não terá velocidade para chegar até a menina.

3. Sobre o som, pode-se afirmar que:

- a) Se refere às ondas longitudinais que se propagam somente no ar.
- b) Se refere às ondas longitudinais que se propaga em um meio material.
- c) Se refere a ondas transversais e não precisam de um meio material para se propagar.
- d) É algo material como um objeto que se move de um lado para o outro.

4. (Adaptado) Um som forte e um som fraco (um grito e um cochicho) são produzidos no mesmo instante, à mesma distância do garoto. Se ele escuta os dois sons, qual das alternativas você considera a correta? Analise as imagens e marque a alternativa que considerar correta.



- a) O som forte chega ao garoto antes do som fraco (ilustração na figura I).
- b) O som forte chega ao garoto depois do som fraco (ilustração na figura II).
- c) Os sons forte e fraco chegam ao mesmo tempo (ilustração na figura III).
- d) O som fraco chega pouco tempo depois do som forte (ilustração na figura IV).

5. (Fatec-SP) Ondas sonoras são compressões e rarefações do meio material através do qual se propagam. Podemos dizer que:

- a) o som pode propagar-se através do vácuo.

b) as ondas sonoras transmitem-se mais rapidamente através de líquidos e sólidos do que através do ar.

c) o som não pode propagar-se através de um sólido.

d) o som somente se propaga através do ar.

6. Marque a alternativa FALSA que fala sobre a produção do som.

a) O som é produzido pela vibração ou oscilação dos corpos.

b) Para se produzir um som é necessário que o ambiente contenha ar.

c) Quando o ser humano fala, o som é emitido devido a vibração das cordas vocais.

d) Quando um elástico esticado é puxado e largado rapidamente, este vibra e emite um som.

7. Geralmente a voz feminina é mais aguda que a voz masculina. A principal característica que diferencia as vozes feminina e masculina é:

a) a velocidade de propagação da voz.

b) a altura, que está relacionada a frequência.

c) o timbre.

d) a intensidade, que está relacionada com a amplitude.

8. (UFPA) Em geral, com relação à propagação de uma onda sonora, afirmamos corretamente que sua velocidade é:

a) menor nos líquidos que nos gases e sólidos

b) maior nos sólidos que nos líquidos e gases

c) maior nos gases que nos sólidos e líquidos

d) maior nos líquidos que nos gases e sólidos

9. (Enem-adaptado) Ao ouvir uma flauta e um piano a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro. Essa diferença se deve principalmente ao (à):

a) Intensidade sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.

b) Potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos musicais.

c) Timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.

d) Diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical.

10. (UFV-MG) Em alguns filmes de ficção científica a explosão de uma nave espacial é ouvida em outra nave, mesmo estando ambas no vácuo do espaço sideral. Em relação a este fato é correto afirmar que:

- a) Isto ocorre na realidade, pois, sendo a nave tripulada, possui seu interior preenchido por gases.
- b) Isto ocorre na realidade, pois as condições de propagação do som no espaço sideral são diferentes daquelas daqui da Terra.
- c) Isto não ocorre na realidade, pois não é possível a propagação do som no vácuo.
- d) Isto ocorre na realidade e o som será ouvido inclusive com maior nitidez, por não haver meio material no espaço sideral.

11. (Adaptado) A mãe pede ao filho: “Zezinho, diminua o volume do som da TV; está muito alto ...”. Marque a alternativa que substituiu os termos grifados pelos corretos, segundo a terminologia física.

- a) “Zezinho, diminua a intensidade do som da TV; está muito forte ...”.
- b) “Zezinho, diminua a altura do som da TV; está muito forte ...”.
- c) “Zezinho, diminua o timbre do som da TV; está muito intenso ...”.
- d) “Zezinho, diminua a intensidade do som da TV; está muito intenso ...”.

12. (UFRS) Quais as características das ondas sonoras que determinam, respectivamente, as sensações de altura e intensidade do som?

- a) Amplitude e comprimento de onda.
- b) Frequência e amplitude.
- c) Frequência e comprimento de onda.
- d) Comprimento de onda e frequência.

13. (UFPA) A velocidade do som no ar depende:

- a) da frequência do som.
- b) da temperatura do ar.
- c) da intensidade do som.
- d) do timbre do som no ar.

14. (UFPA/2000-adaptado) Durante a viagem de carro para Aracajú, Maria, para descontraí, ligou o rádio do carro para ouvir uma música executada em piano. O som, entretanto, estava um pouco agudo. As qualidades fisiológicas do som observadas por Maria, que lhe permitiram ouvir a música, identificar o instrumento e verificar que o som estava agudo são, respectivamente,

- a)** intensidade, timbre e altura.
- b)** altura, intensidade e timbre.
- c)** timbre, intensidade e altura.
- d)** intensidade, altura e timbre.

15. (ENEM 2014-adaptado) Durante a formação de uma tempestade, são observadas várias descargas elétricas, os raios, que podem ocorrer das nuvens para o solo (descarga descendente), do solo para as nuvens (descarga ascendente) ou entre uma nuvem e outra. Normalmente, observa-se primeiro um clarão no céu (relâmpago) e somente alguns segundos depois ouve-se o barulho (trovão) causado pela descarga elétrica. O trovão ocorre devido ao aquecimento do ar pela descarga elétrica que sofre uma expansão e se propaga em forma de onda sonora.

O fenômeno de ouvir o trovão certo tempo após a descarga elétrica ter ocorrido deve-se

- a)** à velocidade de propagação da luz ser maior do que a velocidade de propagação do som no ar.
- b)** à velocidade de propagação do som ser diminuída por conta do aquecimento do ar.
- c)** à propagação da luz ocorrer através do ar e a propagação do som ocorrer através do solo.
- d)** ao relâmpago ser gerado pelo movimento de cargas elétricas, enquanto o som é gerado a partir da expansão do ar.

16. (ITA-SP) O que permite decidir se uma dada nota musical provém de um violino ou de um trombone é:

- a)** a diferença entre as alturas dos sons.
- b)** a diferença entre as intensidades dos sons.
- c)** a diferença entre as fases das vibrações.
- d)** a diferença entre os timbres dos sons.

APÊNDICE IV — Experimento

A Propagação do Som em Diferentes Materiais (FARDILHA, 2015)

Materiais utilizados

- Saco de plástico transparente;
- Despertador que caiba tanto no saco plástico quanto nos recipientes;
- 2 recipientes transparentes;
- 2 litros de água;
- 3 quilogramas de areia.

Procedimento para a montagem:

- Coloque o despertador dentro do saco plástico, logo em seguida deve-se fecha-lo, para que evite a entrada de água;
- Coloque água dentro de um dos recipientes;
- Coloque areia dentro do outro recipiente.

Procedimento experimental:

Inicialmente deve-se ligar o alarme do despertador, sem inserir na água ou na areia. Em seguida coloca-se o despertador programado e protegido com o saco, dentro do recipiente com água. Depois repete-se o passo anterior, porém na areia.

APÊNDICE V — Momento do Registro

- 1) O que acontece quando você segura delicadamente um balão com as pontas dos dedos e começa a falar com a boca bem perto dele? De acordo com o que você entendeu explique o motivo.

- 2) Como as ondas sonoras se propagam? (Caso prefira, pode desenhar).

- 3) O som precisa de algum meio material para se propagar? Caso afirmativo, qual seria esse meio?

- 4) Na segunda parte do experimento do relógio, foi possível ouvir o despertador tocando? Como foi a intensidade do som comparando com o despertador tocando no ar, e por que isso ocorreu? O som se propagou por onde?

- 5) Na terceira parte do experimento do relógio, foi possível ouvir o despertador tocando? Como foi a intensidade do som comparando com o despertador tocando no ar, e por que isso ocorreu? O som se propagou por onde?

APÊNDICE VI — Experimento
A “Inexistência” da Propagação do Som no Vácuo

Materiais utilizado:

- 1 recipiente de vidro com tampa plástica;
- Uma bomba de vácuo manual com entrada de ar em formato de bico;
- O bico de uma seringa de 60 mililitro;
- Cola de silicone;
- Fita veda rosca;
- Algodão para “forrar” o fundo do recipiente;
- Cano flexível de silicone de aproximadamente 1 milímetro de diâmetro;
- Ferro de solda;
- Aparelho de som.

Procedimento para a montagem:

- Faça um pequeno buraco circular (aproximadamente 1 centímetro de diâmetro) na tampa plástica utilizando o ferro de solda;
- Encaixe o bico da seringa no buraco feito;
- Passe cola de silicone ao redor do bico encaixado e passe veda rosca na “boca” do recipiente de vidro, para maior vedação;
- Coloque dentro do recipiente o algodão e a “caixa” de som ligada;
- Feche o recipiente de vidro;
- Conecte bico que está fixado na tampa plástica ao cano flexível que deve estar conectado ao bico da bomba.

Procedimento experimental:

Com o recipiente fechado, vedado e com aparelho de som ligado tocando uma música, pode-se iniciar a bombear a bomba a vácuo até que o som reduza a sua intensidade.

APÊNDICE VII — Experimento
Visualizando Sua Voz (MOURA *et al*, 2017, p. 8)

Material utilizado:

- Lata de metal com 75 milímetro de diâmetro e 80 mm de comprimento;
- Elásticos de borracha;
- Cano de 30 cm;
- Balão de festa;
- Caneta *laser*;
- Fita adesiva;
- Espelho plano de dimensões 1 cm x 1 cm

Procedimentos para a montagem:

- Retire as tampas da lata;
- Corte o balão para que possa retirar somente o bico;
- Cubra “uma das extremidades da lata”;
- Envolve a fita adesiva entre a borracha e a lata para que a bexiga fique fixa na mesma;
- Coloque “um pedaço do espelho no centro da membrana do balão”;
- Coloque a lata em uma das extremidades do cano, fixando com a fita adesiva.
- Fixe na outra extremidade do cano a caneta laser com o auxílio da fita adesiva;
- Ajuste a caneta laser para “que fique direcionado para o centro do espelho”

Procedimento experimental

Inicia-se o experimento falando na “boca” da lata e apontando para o reflexo do laser. Depois observe a formação de diferentes imagens.

APÊNDICE VIII—Momento do Registro

1º) É possível que o som se propague com a inexistência de um meio material, ou seja, no vácuo? Explique com suas palavras a sua resposta.

2º) Como o experimento sobre a propagação do som no “vácuo” foi desenvolvido? O que foi possível perceber no experimento?

3º) Você concorda com essa frase: **Abaixe esse som! Não sei como você consegue ouvir essa música nessa altura!?** Explique o motivo de sua resposta.

4º) Como foi desenvolvido o experimento “visualize a sua voz”? O que foi possível perceber fisicamente?