



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO  
MATEMÁTICA**

**CARLA VALÉRIA FERREIRA TAVARES**

**ONDAS SONORAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO A PARTIR  
DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS**

**Campina Grande - PB**

**2019**

**CARLA VALÉRIA FERREIRA TAVARES**

**ONDAS SONORAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO A PARTIR  
DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração:** Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano.

**Campina Grande - PB**

**2019**

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

T231o Tavares, Carla Valéria Ferreira.  
Ondas sonoras [manuscrito] : uma experiência de ensino a partir de atividades experimentais investigativas / Carla Valéria Ferreira Tavares. - 2019.  
140 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.  
"Orientação : Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano ,  
Coordenação do Curso de Física - CCT."  
1. Ensino de Física. 2. Atividades experimentais. 3.  
Recursos didáticos. 4. Ondas sonoras. I. Título  
21. ed. CDD 530.7

CARLA VALÉRIA FERREIRA TAVARES

**ONDAS SONORAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO A PARTIR  
DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS**

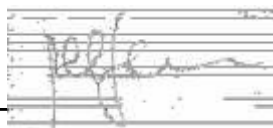
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração:** Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano.

Aprovado em: 26/ 04 /2019.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano – Orientador – UEPB



---

Prof. Dra. Morgana Ligia de Farias Freire – UEPB (Examinadora interna)



---

Prof. Dr. Joseclécio Dutra Dantas – UFCG (Examinador externo)

## DEDICATÓRIA

Ao meu querido irmão, José Wilson Ferreira Tavares, pela pessoa amável que é, e por ser o meu maior motivo de sonhar e de vencer os obstáculos em minha vida, me ensinando a aceitar as diferenças sócias, em especial, os portadores da Síndrome de Down, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Durante estes dois últimos anos, muitas pessoas participaram da minha vida. Algumas já de longas datas, outras mais recentemente. Dentre estas pessoas algumas se tornaram muito especiais, cada uma ao seu modo, seja academicamente ou pessoalmente; e seria difícil não mencioná-las pelo apoio e estímulo, tornando possível a realização desta pesquisa acadêmica:

Ao meu orientador e professor Dr. Marcelo Gomes Germano pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação no esclarecimento de possíveis dúvidas.

A minha orientadora, Professora Dr<sup>a</sup> Morgana Lígia de Farias Freire, o meu maior agradecimento pela disponibilidade, auxílio, cuidados e estímulo ao longo desta caminhada acadêmica nas disciplinas do mestrado profissional.

Ao Professor Dr. Joseclécio Dutra Dantas por todo o apoio e todas as contribuições sugeridas ao longo deste trabalho.

As minhas queridas professora do Ensino Fundamental I, Professora Ms. Luziane Siqueira de Resende e Professora e a Professora Ms. Helena Cristina Marques da Silva Ferreira (*in memoriam*).

A minha mãe, Margarida Ferreira de Arruda Gomes, pela compreensão, e pelos cuidados que sempre me dedicou, em especial por aceitar minha ausência em momentos importantes de nossa família.

Ao meu pai, José Gomes Leite, que me orientou no processo de construção dos experimentos e participou na análise dos questionários aplicados os estudantes.

Aos estudantes do 2º ano A, que foram peças fundamentais para a realização desta dissertação, sendo atenciosos, assíduos e responsáveis nas atividades didáticas.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba por todo apoio e colaboração para que tudo isso acontecesse.

Aos professores que compõem o programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, que contribuíram, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas e amigos professores da DeaD/IFPE Campus Recife-PE, em especial ao Professor Ms. Inácio Gilvandro Ribeiro pela ajuda e incentivo ao longo da pesquisa.

Aos colegas de mestrado pelos momentos de amizade e apoio, e em especial ao amigo Alberto Ferreira de Oliveira pela ajuda, incentivo, companheirismo, conversas e sugestões importantes na construção deste trabalho, ao amigo Ivaldy José Nóbrega Barreto e amiga Rejane Maria da Silva Farias pelos materiais de orientação para a escrita dessa dissertação.

## RESUMO

O Ensino-aprendizagem é um processo que sempre esteve presente, seja de forma direta ou indireta nos relacionamentos entre os humanos. O bom desenvolvimento desta relação dependerá de um bom diálogo e do uso de recursos didáticos por parte do professor. As atividades inovadoras e o uso de experimentos enquanto estratégia de ensino tem sido defendida no ensino da Física há algumas décadas, sobretudo como possibilidade de despertar a curiosidade e o conseqüente interesse do estudante. Nesta pesquisa objetivou-se analisar as possibilidades e limitações das atividades experimentais investigativas na compreensão de fenômenos sonoros, ondas sonoras e propriedades físicas do som. As intervenções foram realizadas numa turma do Ensino Médio na rede pública do Estado da Pernambuco e organizadas de acordo com pressupostos de Vygotsky que toma como base, a ideia de que o ser humano constitui-se enquanto tal, quando se relaciona com os demais e que este desenvolvimento é produzido pelo processo de internalização da interação social. Esta foi uma pesquisa de natureza qualitativa que utilizou diferentes técnicas de coleta de informação e dados: observação participante, entrevista, e questionários. Como produto da referida experiência foi elaborada um material didático que poderá servir de parâmetro para professores e estudantes da educação básica em novas experiências de aprendizagem.

**Palavras-chave:** Ondas sonoras; Atividades Investigativas; Experimentos.



## ABSTRACT

Teaching-learning is a process that has always been present, whether directly or indirectly in relationships between humans. The good development of this relationship will depend on a good dialogue and the use of didactic resources by the teacher. Innovative activities and the use of experiments as a teaching strategy have been defended in the teaching of Physics for some decades, mainly as a possibility to arouse the curiosity and the consequent interest of the student. This research aimed to analyze the possibilities and limitations of investigative experimental activities in the understanding of sound phenomena, sound waves and physical properties of sound. The interventions were carried out in a high school classroom in the public network of the State of Pernambuco and organized according to Vygotsky's assumptions based on the idea that the human being is constituted as such, when it relates to the others and that this development is produced by the process of internalization of social interaction. This was a qualitative research that used different techniques of information and data collection: participant observation, interview, and questionnaires. As a product of this experience, a didactic material was elaborated that could serve as a parameter for teachers and students of basic education in new learning experiences.

**Keywords:** Physics Teaching; Investigative Activities; Vygotsky; Experiments.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Simulação de onda progressiva .....	46
Figura 2: Simulação de um pulso de uma corda presa nas extremidades .....	47
Figura 3: Congo percutido – A ilustração apresenta numa visão lateral, como o congo se deforma, vibrando entre as posições extremas de A e B.....	48
Figura 4: Simulação do movimento de compressão e rarefação em molas .....	49
Figura 5: Espectro Sonoro .....	50
Figura 6: Ondas estacionárias geradas por um dispositivo de demonstração experimental .....	53
Figura 7: Ondas estacionárias em cordas presas nas duas extremidades .....	54
Figura 8: Manipulação dos materiais pelos estudantes .....	72
Figura 9: Descrição do experimento do relato 1 .....	73
Figura 10: Descrição do experimento do segundo relato.....	74
Figura 11: Descrição do experimento do terceiro relato .....	75
Figura 12: Discussão por equipes sobre a propagação do som forte e fraco.....	77
Figura 13: Interpretação do estudante (A), propagação de sons fortes e fracos.....	78
Figura 14: Interpretação do estudante (B), propagação de sons fortes e fracos.....	79
Figura 15: Discussão por equipes sobre a propagação do som a grandes pequenas distâncias.....	80
Figura 16: Discussão por equipes sobre a propagação do som com a mesma velocidade num tubo e no ar livre.....	82
Figura 17: Reprodução do fenômeno num tubo de PVC com o estalo das mãos .....	84
Figura 18: Demonstração do aparato experimental.....	86
Figura 19: Observação dos resultados do aparato experimental.....	86
Figura 20: Visibilidade e eficiência do aparato experimental .....	87
Figura 21: Visibilidade do aparato experimental.....	88
Figura 22: Interação com as atividades propostas .....	90
Figura 23: Interação do grupo na solução do problema.....	92
Figura 24: Harpa de Ar construída e testada pela professora.....	93
Figura 25: Interação com o cálculo do comprimento dos tubos .....	94
Figura 26: Entrega do material das equipes (A) e (B).....	95
Figura 27: Cortes dos tubos em PVC, realizados a partir do cálculo de comprimento e tabela de frequências das notas musicais .....	95
Figura 28: Canos com cortes e pintados para montagem da Harpa de Ar.....	96
Figura 29: Grupos e a montagem da Harpa de Ar.....	96
Figura 30: Estudantes testando o comportamento do som no tubo .....	97
Figura 31: Atividade entregue pelos grupos .....	98
Figura 32: Leitura e interpretação da atividade em grupos.....	98
Figura 33: Atividade relacionada ao experimento pelos grupos.....	99
Figura 34: Relato (1) sobre as atividades aplicadas sobre Ondas Sonoras .....	105
Figura 35: Relato (2) sobre as atividades aplicadas sobre Ondas Sonoras .....	106

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico1: Análise realizada a partir dados fornecidos pelas respostas do problema proposto sobre a distância que o som percorre de um ponto a outro .....	84
Gráfico 2: Dados do problema proposto sobre a propagação do som em ambientes fechados e abertos.....	85
Gráfico 3: Diagnose da prática do experimento em aulas de física .....	103
Gráfico 4: Diagnose sobre material elaborado para a prática experimental ....	104
Gráfico 5: Diagnose sobre o tempo e as discussões na atividade experimental.....	105

## SUMÁRIO

I – INTRODUÇÃO .....	22
II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
2.1 Atividades Experimentais e Ensino de Física .....	28
2.2 A Investigação no Ensino das Ciências .....	32
2.3 Vygotsky e o Desenvolvimento da Aprendizagem .....	36
2.4 Atividades Experimentais Construtivistas e a Teoria de Vygotsky.....	42
2.5 As Ondas Sonoras e a Natureza do Som .....	45
2.6 Ondas Estacionárias e Ressonância .....	52
III - METODOLOGIA.....	56
3.1 – Natureza da Pesquisa.....	56
3.2 – Instrumentos para a coleta de dados .....	58
3.3 – Metodologia de Intervenção .....	60
3.3.1 Primeiro Momento: Apresentação da proposta.....	60
3.3.2 Segundo Momento: Introdução a atividades .....	61
3.3.3 Terceiro Momento: Construção do conhecimento.....	62
3.3.4 Quarto Momento: Atividade experimental demonstrativa – Surgimento das hipóteses.....	64
3.5.5 Quinto Momento: Avaliação das atividades abordadas.....	68
IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	70
4.1 Primeiro momento das atividades investigativas.....	70
4.2 Segundo momento das atividades investigativas .....	72
4.3 Terceiro momento das atividades investigativas .....	77
4.4 Quarto momento das atividades investigativas .....	85
4.5 Quinto momento das atividades investigativas.....	101
V. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	108
REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICES .....	117

## **PALAVRAS INICIAIS**

### **Memórias e reflexões de uma caminhada de fé...**

*Toda a Escritura é inspirada por Deus e útil para o ensino, para a repreensão, para a correção e para a instrução na justiça, para que o homem de Deus seja apto e plenamente preparado para toda boa obra. Timóteo 3:16-17.*

O presente memorial descreve parte de minha história de vida, marcada por sentimentos, recordações e reflexões que, naturalmente conduz a um texto marcado por subjetividades.

Este relato apresenta minha história como pessoa, estudante e docente em permanente formação, num processo contínuo de auto avaliação, lembranças e memórias significativas que me tocaram e me transformaram numa educadora paciente, admiradora e apaixonada pela licenciatura.

Sou Carla Valéria Ferreira Tavares, nasci em 19 de abril de 1983 no município de Carpina no Estado de Pernambuco, a terceira filha de Margarida Ferreira de Arruda Gomes, carinhosamente chamada de —Guidall, maior inspiração da minha caminhada de fé e de conquistas; mulher de fibra e fé inabalável que me conduziu a amar a Deus e a ser responsável por minhas ações. Com a morte de meu pai Manoel Tavares da Silva Sobrinho (*in memoriam*) fui colhida por José Gomes Leite respeitosamente chamado de —Zé GomesII (pai por respeito, carinho, admiração e grande incentivador da minha carreira no magistério, pois, foi responsável por me ensinar as primeiras curiosidades sobre a Ciência). Também sou irmã de Washington Ferreira Tavares (*in memoriam*) e José Wilson Ferreira Tavares (a luz que me guia e que sempre me transforma em um ser melhora cada dia).

Ressalto que meus pais têm formação em segundo grau/técnico, sempre trabalharam na indústria e hoje com suas funções cumpridas no setor, estão aposentados, gozando do merecido descanso. Mesmo trabalhando em tempo integral, meus pais sempre se dedicaram a mim, ajudando nas atividades da escola e em momentos difíceis com a minha saúde frágil durante a minha

infância e adolescência, como também em momentos felizes, em datas comemorativas e reuniões de família.

Relato também que a minha grande paixão é, José Wilson Ferreira Tavares, meu irmão, portador da *Síndrome de Down* é um grande vencedor, diante de uma sociedade que impõe estereótipos, por ainda não aceitar o ser em sua verdadeira essência, como de fato ele, é.

Nesse sentido, lembrar da minha infância me faz viajar no tempo muito especial, com sonhos de um mundo encantador, onde todo dia era bom, e sem cobranças, pois, eu era livre, esperta e feliz. Infância vivida com avô (ó), tios (as), primos (as) na qual pude aproveitar as brincadeiras, músicas e os animais. Não posso esquecer a televisão e dos programas de auditórios e menos ainda as corridas de Fórmula (1), eu simplesmente, amava! Mas, nenhuma lembrança se compara ao ingresso na escola, momento mais esperado por mim.

Relato este momento como algo delicado e desafiador, pois foi a primeira vez que eu deixei a minha casa para conhecer o mundo. Lembro-me de minha mãe arrumando minha bolsa, fazendo a minha lancheira e me vestindo com uma saia rodada, camisa branca e sapatos pretos, e ao mesmo tempo orientando quanto ao meu comportamento, obediência e educação com os colegas. Ela falava: tenha atenção e respeite a sua professora. Eram tantas as recomendações que eu ficava cada vez mais ansiosa.

Finalmente chegou o grande dia e fomos à escola. Não chorei! Não fiquei com medo! Fiquei maravilhada em ver varias professoras recepcionando cada criança, cada mãe e pai ali presente. Enfim, eu estava na escola! Segurei na mão de minha professora, olhei pra trás e acenei para minha mãe dizendo bem baixinho, até mais mainha!

A partir deste momento nunca mais fui à mesma, tive sorte de ter pais que me alfabetizaram antes da minha ida a escola e isso me proporcionou uma subida de série na mesma semana que comecei a estudar; com sete anos já cursava a segunda série do primário. Foi nesse momento que conheci a pessoa mais linda e encantadora da escola, minha professora Helena Cristina

(*in memoriam*) era carinhosa, dedicada e muito ativa, foi responsável por aprimorar minha escrita, leitura e interpretar os primeiros problemas matemáticos. Apresentou as brincadeiras da escola, me fantasiou e a minhas colegas de turma com temas de datas comemorativas, fui por diversas vezes a –noiva de quadrilhal da professora Helena Maria, era um verdadeiro encanto que continuou até a terceira série. Foram dois anos, dos quais aprendi a ser diferente e bem mais autêntica.

Passando mais um ano eu estava na quarta série, agora nas mãos da professora Luziane Resende, professora rígida com as atividades de Estudo Social e Ciências, e um primor em conduzir mentes para grandes descobertas.

Chego às séries finais, mais velha, porém travesso esse momento, ainda mais encantada pela vontade de querer aprender. Nessa fase, já adolescente, tive alguns problemas de saúde, mas nada que me impedisse de ir à escola.

Quando cheguei à oitava série, fui apresentada a disciplina de Física, no início fiquei assustada, mas logo fui gostando e interagindo como o professor. Confesso que ser apresentada a tantas fórmulas me deixou apreensiva, mas, era dedicada e logo me acostumei. Senti falta de aulas com o uso de experimentos, mas a escola que eu estudava era pública e não possuía laboratório e o professor não enfatizava tanto as aulas com experimentos, o mesmo não tinha a formação específica em Física, era matemático e acho que isso atrapalhou o processo de ensino e aprendizagem.

Enfim, chego ao Ensino Médio. Nossa! Eram várias disciplinas, mais professores e o tempo parecia correr! Fui para o Ensino Médio Técnico, por opção minha e orientação dos meus pais. Passei quatro anos no Ensino Médio Técnico em Contabilidade, durante essa etapa fui vendo disciplinas específicas do curso e me distanciando de outras, a exemplo da Física que outrora havia me encantado. Quatro anos de curso e chegou à conclusão do Ensino Médio, não fiquei muito satisfeita, pois não quis atuar na área de mercado. Foi quando decidi prestar meu primeiro concurso público, e para minha surpresa fui aprovada para o Corpo de Praças da Marinha do Brasil, na turma de Técnicos em Contabilidade.

Fiquei muito feliz, foi algo que contagiou a mim e a meus pais, era um misto de alegria, ansiedade e medo. Alegre porque foi meu primeiro concurso, ansiosa por que era algo novo e porque iria para longe da minha família. Mas, tudo só acontece com a vontade de Deus e acabei não indo adiante, fiquei com meus pais.

Retomei aos estudos e comecei a maratona de vestibulares, foram três tentativas, até que na terceira eu entrei em dois cursos de licenciaturas distintos em universidades públicas no ano de 2009.1, Matemática na UPE e Física na UFRPE. Optei por Física e comecei minha vida acadêmica com o mesmo sentimento de quando fui pra escola pela primeira vez.

Vida acadêmica foi uma surpresa! Cursando o primeiro período de Física, ainda nos primeiros passos, encontro com o meu ex-professor de Química do Ensino Médio, Professor Ms. Manoel Terêncio dos Santos, coordenador do polo UAB e o mesmo me convida a participar do vestibular 2009.1 da UAEADTec/UFRPE no município de Carpina, fiquei animada, pois, havia a disciplina de Física. Fiquei interessada e eu fiz! Bastante concorrido, mas passei. Tranquei o curso de Física na modalidade presencial e reiniciei na modalidade a Distância. Simplesmente, fantástico! Tudo era diferente, mas ao mesmo tempo igual, era diferente por ser um curso semipresencial, conduzido por uma plataforma virtual, mas igual ao presencial, por ser um curso completo de Física.

Vida acadêmica e a superação dos obstáculos! Sempre com objetivo de ser aplicada nos estudos e obter meus próprios méritos, fui além do que eu mesma esperava. Por se tratar de curso com uma modalidade ainda nova no Brasil, a Educação à Distância ainda era vista com olhos tortos e com certo receio. Pois bem! Sempre gostei de quebrar barreiras e mostrar que enquanto sociedade somos diferentes, mas em aprendizado, somos iguais. Sob orientação da Professora Dra. em Ensino de Física, Ana Paula T. Bruno Silva na disciplina de Iniciação Científica, pude desenvolver minhas atividades acadêmicas e fui a primeira aluna do curso de Física na modalidade a Distância da UFRPE a apresentar trabalhos acadêmicos no XXIX, XXXI, e XXXII Encontro de Físicos do Norte/Nordeste em 2010, 2011 e 2013, como



também a participar de eventos de Ensino, Pesquisa e Extensão nos congressos como Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência SBPC em 2011, 2012 e 2013 na Jornada Estudantil de Pesquisa e Extensão JEPEX da UFRPE na modalidade de comunicação pôster e oral, em 2011 e 2012. Tudo isso aconteceu, porque o curso me proporcionou base sólida, e eu pude mostrar aos demais acadêmicos que, a educação a distancia era apenas um detalhe e o que realmente importava era a dedicação ao curso.

E para surpresa de todos, até mesmo da coordenação geral do curso de Física e da reitoria da UFRPE, em exatos três anos de curso, fui aprovada em primeiro lugar no concurso para professor de Física da rede Estadual da Paraíba em 22 de dezembro de 2012. Com o calendário das disciplinas diferenciado, pude concluir o curso de Física, coleei grau e assumi a minha tão desejada carreira efetiva no magistério em 26 de fevereiro de 2013.

Vida profissional e acadêmica, continuada/permanente! Com um ano de magistério na rede Estadual da Paraíba, numa escola com carga horária em tempo integral pude mostrar o meu trabalho. Inovei, incentivei, busquei e descobri grandes talentos. Eu vivia o meu sonho, eu somei e multipliquei o carinho que recebi de meus alunos e ganhei grandes seguidores. Ensinei e ensino aos meus alunos, que não importa de onde venham, ou pra aonde vão, sempre sonhe e conquiste, e acima de tudo com fé.

Mas, eu não parei, e queria continuar os estudos acadêmicos, foi quando fui selecionada para a turma de práticas pedagógicas de pós-graduação da UEPB cursei e me tornei especialista em práticas interdisciplinares. Continuei minha caminhada, fazendo o que de melhor sei fazer, ensinar! Mas, como um propósito em minha vida profissional um convite inesperado me tirou da sala de aula e eu fui conduzida a gerenciar 36 escolas da 12ª Regional de Ensino de Itabaiana durante o ano 2015.

Tornar-me gerente regional e ajudar a conduzir a educação do Estado da Paraíba foi uma experiência incrível, pois, aprendi ensinei, aprendi de novo, superei metas, alcancei objetivos e o principal, respeitei e fui respeitada. Mas, queria mais e fui atrás, queria ser mestre e consegui. Em maio de 2016 entre para o mestrado Profissional em Física pelo programa de Pós-Graduação em

Ensino de Ciências e Matemática da UEPB, o processo seletivo não foi fácil, passei por três etapas, concorri com profissionais muitos bons e preparados, fiz o meu melhor e passei em segundo lugar na seleção. Muito estudo, vários desafios, mas tudo com muita fé, com minha mãe, meu pai e meu irmão segurados em minha mão, na certeza de que muito foi feito, mas, que muito ainda falta ser concluído.

Hoje estou atuando da Diretoria de Educação à Distância do Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de Pernambuco, na função de professora formadora do curso de especialização em Ensino de Ciências, projeto pioneiro desenvolvido pela CAPES e UFSCAR.

Com esses pensamentos de reflexões e essa retrospectiva, busco melhorar, aprender e ensinar meus alunos e colegas de profissão que somos capazes de sonhar; e melhor do que sonhar é ter coragem para persegui-los e poder realizá-los.

## I – INTRODUÇÃO

No contexto que marca o início do século XXI, novas e diferentes competências vêm sendo exigidas de professores e estudantes e cada dia fica mais difícil acompanhar os apelos e atrativos tecnológicos impostos pelo mercado. Devido a este e outros fatores, o cenário aponta para a quase impossibilidade de se manter no mercado profissional da educação insistindo no antigo estilo tradicional de ensino. Ao longo dos anos este modelo vem se mostrando defasado da realidade e apresentando resultados insatisfatórios em relação à aprendizagem.

Com uma adaptação aos novos contextos, a escola vêm se transformando por sua eficácia na qualidade de ensino e sua capacidade de preparar o estudante para ingressar no mercado de trabalho. Neste novo contexto, é necessária a criação de condições concretas para a realização de aulas diferenciadas e inovadoras, que provoquem mudanças e melhorias efetivas na qualidade do ensino de ciências.

De acordo com Delizoicov (2002) para que a aprendizagem dos conhecimentos científicos em sala de aula se transforme em um desafio prazeroso e significativo para o professor e para o conjunto dos estudantes, é necessário transformá-la em um projeto coletivo, em que a busca do novo, com suas potencialidades e seus riscos, seja uma oportunidade para o exercício de aprendizagens, relações sociais e valores éticos.

Conforme as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Brasil (1999), o Ensino Médio precisa ser orientado para a universalização da Educação Básica, garantindo um ensino e aprendizagem nos conceitos científico e tecnológico como condição de cidadania e não como prerrogativa de especialistas. O documento ainda sugere que a aprendizagem não se restrinja a interação individual dos estudantes com o material instrucional nem à exposição exclusiva ao discurso professoral, mas que se desenvolva em contextos de participação ativa dos sujeitos numa prática de elaboração cultural que transcenda os limites disciplinares.

Para ensinar ciências levando em consideração tais pressupostos, faz-se necessário encarar a ciência e a descrição dos fenômenos naturais de uma maneira diferente. Não é suficiente ensinar ciências apenas como um produto, mas também e, fundamentalmente, como um processo. Neste último caso, estamos nos referindo ao que os PCNs chamam de competências, isto é, aquelas qualidades fundamentais que estão imbuídas no pensamento científico e que têm a ver com o aspecto metodológico da ciência. Como os cientistas produzem o conhecimento? Que evidências permitem a sustentação de uma teoria científica? Como podemos avaliar a veracidade de alguma formulação?

Nesta pesquisa estamos assumindo como hipótese que as atividades experimentais podem ser uma importante aliada no ensino das ciências como processo. Assim as atividades serão centradas numa maior participação dos estudantes, que assumem relevância maior quando comparadas com atividades mais tradicionais e com ênfase maior no discurso do professor.

Nesse debate, o laboratório tradicional e os experimentos de cátedra e de cunho demonstrativo perderam força, sendo questionados por vários pesquisadores, a exemplo de: Lima (2012), Furman (2009), Carvalho et al. (2009), Gaspar e Monteiro (2005), Borges (2002) e Alves Filho (2000), dentre outros. Em linhas gerais, os autores reconhecem a importância das atividades experimentais como desencadeadoras de motivação e impulsionadoras da aprendizagem de conteúdos para níveis mais significativos, desde que, utilizadas em contextos didáticos investigativos e construtivistas.

A própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, Art.1º) assegura que, se a intenção é que os estudantes se apropriem do conhecimento científico, então, se faz necessário que desenvolvam uma autonomia no pensar e no agir e, neste sentido,

[...] é importante conceber a relação de ensino e aprendizagem como uma relação entre sujeitos, em que cada um, a seu modo e com determinado papel, está envolvido na construção de uma compreensão dos fenômenos naturais e suas transformações. Na formação de atitudes e valores humanos. Dizer que o estudante é sujeito de sua aprendizagem significa afirmar que depende dele a ação de atribuir um novo significado a acontecimentos através da mudança de sua visão de mundo, isto é, de construir explicações através do conhecimento científico (LDB, BRASIL, 1997, p. 27-28).

Nesta perspectiva é fundamental que o professor assuma um novo papel dentro do contexto de ensino e aprendizagem, abandonando o papel de transmissor de informações e assumindo a tarefa de planejamento, mediação, orientação e coordenação de processos de ensino e aprendizagem. Neste novo cenário bastante ampliado de possibilidades, seja no contexto da sala de aula ou no espaço de um laboratório didático, as atividades, experimentais tem figurado como reconhecida aliada nos processo de ensino e aprendizagem das ciências.

No caso particular do ensino de Física a situação não é muito diferente e os aspectos empíricos também são considerados fundamentais a uma compreensão mais completa dos fenômenos físicos e os livros didáticos vêm se aperfeiçoando no sentido de oferecer sugestões de atividades experimentais complementares aos exercícios.

As atividades experimentais investigativas possibilitam uma maior compreensão da ciência como processo, potencializando o desenvolvimento de atitudes científicas na explicação de fenômenos naturais?

No sentido de responder essa questão, colocamos os seguintes objetivos de pesquisa, a partir de intervenções didáticas em aulas de Física no Ensino Médio:

### **Geral**

Analisar as possibilidades e limitações de atividades experimentais investigativas na compreensão de fenômenos sonoros, ondas sonoras e propriedades físicas do som.

### **Específicos**

1. Elaborar questões/problemas que possam ser solucionadas a partir de atividades experimentais investigativas;
2. A partir de fenômenos sonoros, discutir o modelo de ondas mecânicas em cordas e tubos;

3. Apresentar o uso de investigações que envolvam situações problema reais, discutir a importância das atividades experimentais no ensino de Física;
4. Analisar as discussões e os questionamentos apresentados pelos estudantes no decorrer das atividades, identificando, sobretudo, habilidades e competências que revelem atitudes científicas no comportamento dos estudantes;
5. Produzir e sugerir, a partir dos resultados da experiência um material didático, (produto educativo) que possa auxiliar os professores em sua prática docente.

Embora seja reconhecida como parte fundamental ao ensino de ciências, a adoção de atividades experimentais ainda apresenta dificuldades por parte da maioria dos professores (GASPAR, 2014). Em grande parte das escolas públicas essa escassez se dá, tanto em sala de aula, como em laboratórios e quando acontece é de forma esporádica, assistemática e sem uma metodologia bem definida. Ainda que alguns livros didáticos proponham algumas sugestões de atividades, quase sempre aparecem como uma espécie de ilustração dispensável que geralmente não é desenvolvida como parte integrante do entendimento dos conceitos.

Esta pesquisa pretende contribuir com essa discussão, avaliando uma experiência de ensino desenvolvida a partir da utilização de atividades presentes nos próprios livros didáticos adotados pelas escolas.

Considerando comuns as desinformações ocorridas na hora de trabalhar atividades experimentais, tanto no que se refere aos procedimentos metodológicos como aos processos de avaliação, este trabalho torna-se relevante, na medida em que, a partir de uma experiência concreta na sala de aula, se propõe a experienciar uma nova metodologia e avaliar suas potencialidades e limitações.

Outro aspecto relacionado a não realização de atividades experimentais, se dá devido ao curto tempo para completar todo o cronograma previsto durante o ano letivo, por este motivo, as atividades experimentais,

apesar de essenciais são as primeiras a serem cortadas do planejamento pedagógico anual. Segundo Gaspar (2014) um grande fator que contribui para essa problemática é a deficiência estrutural das escolas brasileiras, isso inclui material e equipamentos, local adequado para realizar as atividades a falta de tempo no preparo e a insuficiência de carga horária na disciplina de Física.

Neste trabalho, também foram consideradas essas questões e discussão de alternativas que possam vir a suprir um método tradicional de ensino, que apresenta aulas teórico-expositivas e um simples acompanhamento da resolução de exercícios, ou seja, contribui para uma capacidade de preparar o estudante para uma construção ativa do conhecimento.

Nesse sentido, a pesquisa contribui com uma estratégia construtiva no sentido de apresentar aos docentes sequencias de experimentos relacionados com a temática ondas sonoras, na promoção de que os mesmos resolvam os problemas propostos, adquirindo autoconfiança, nas etapas de construção de seu próprio conhecimento. Diante do exposto nesse texto, apresentamos nosso trabalho contendo cinco capítulos nos quais cada um deles foi brevemente tratado aqui.

No Capítulo 1, discutimos as abordagens das atividades a partir de intervenções didáticas, em aulas de Física no Ensino Médio, analisando as possibilidades e limitações de atividades experimentais investigativas na busca da compreensão de fenômenos sonoros, com um foco no desenvolvimento das competências relacionadas principalmente à investigação e compreensão do problema apresentado. Ainda apresentamos um breve comentário sobre a importância das atividades experimentais no Ensino da Física.

No Capítulo 2, foi apresentada a fundamentação teórica, quanto à intervenção didática utilizada em sua estrutura, que toma como base atividades experimentais investigativas na possibilidade de uma maior compreensão da ciência como processo na potencialização com o desenvolvimento de atitudes científicas na explicação de fenômenos naturais que permitem analisar as práticas educacionais, fundamentada em um posicionamento da utilização da teoria de Vygotskyna representação de intervenções experimentais, por processos internos na interação com outras pessoas, através de atividades

investigativas sobre a gênese e relações entre os conceitos cotidianos e científicos, durante as etapas de aprendizagem.

No Capítulo 3, foi feita uma análise teórica das temáticas abordadas ao longo da execução dessa proposta de pesquisa, na qual apresentamos o percurso de aplicação das atividades com uma abordagem qualitativa de caráter exploratório, ou seja, os instrumentos de análise e a descrição dos procedimentos relacionados às fases de aplicação da proposta didática.

Em seguida, no Capítulo 4, chamado de resultados e discussões, foi realizado um discurso de todo o processo de trabalho realizado ao longo de nossa proposta didática por meio de instrumentos de análise de questionários aplicados durante o percurso de intervenção e o uso de experimentos que demonstrem o estudo em fenômenos sonoros, discutindo o modelo de ondas mecânicas em cordas e tubos.

No capítulo 5, foi o espaço para as considerações finais, baseadas na aplicação das atividades experimentais, numa intervenção didática a partir de uma sequência investigativa, organizada de acordo com as investigações que envolveram as situações problema reais, que discutiu a importância das atividades realizadas.



## II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Atividades Experimentais e Ensino de Física

Trabalhar atividades experimentais no ensino de Ciências, em particular de Física, é de fundamental importância para a construção da aprendizagem dos conceitos científicos, não existe profissional professor ou pesquisador que discorde desse fato. Entretanto, essa prática não é vivenciada por parte da maioria dos professores, tanto em sala de aula, quanto em laboratórios e, às vezes são utilizadas, adotam-se metodologias improvisadas, com presenças esporádicas e assistemáticas dentro do currículo (CARVALHO, 2013).

Muitos professores de Física se mostram preocupados e insatisfeitos com a situação de trabalhar poucas atividades experimentais, porém esta insatisfação não se concretiza em ações que possam reverter o quadro em favor da presença de atividades investigativas nas salas de aulas de Ciências. No que refere a esse conformismo por parte dos profissionais, Gaspar (2014, p. 7), aponta que, —existe um despreparo de alguns professores para realizar atividades experimentais, pois, trata-se de uma decorrência na formação profissional, que teria sido deficiente nesse aspecto. De acordo com Gaspar (2014),

É muito comum que professores passem todo o ano letivo, quando não todo o curso, sem apresentar ou propor nenhuma atividade experimental a seus alunos, em discurso o professor diz que o tempo é curto para complementar o programa previsto e quase sempre as atividades experimentais são cortadas do planejamento (GASPAR, 2014, p.8).

O professor é uma das figuras chave no desenvolvimento das atividades experimentais, pois, é ele que vai introduzir pontos eficazes de trabalho com procedimentos adequados as necessidades dos estudantes, o mesmo deve incorporar atitudes que o diferencie da prática tradicional de ensino.

Em comentários sobre a eficácia do ensino de Ciências, Carvalho (2009) acrescenta que,

O ensino somente se realiza e merece ser este nome se for eficaz, se fizer o aluno de fato aprender. O trabalho do professor deve ser direcionado totalmente para a aprendizagem dos alunos, pois não existe um trabalho de ensino se os alunos não aprendem. (CARVALHO, 2009. p. 16).

É de responsabilidade do professor, incorporar uma consciência que sua ação durante o processo de ensino é crucial para que o estudante venha a adquirir um desempenho satisfatório em sua aprendizagem. Faz-se necessário que o mesmo busque independente das dificuldades estruturais ou do despreparo, se capacitar, se planejar, criando assim, um percurso metodológico útil para uma atividade experimental, que pode ir desde a viabilidade do experimento, a escolha da atividade mais adequada, a seleção do conteúdo a ser apresentado e a compatibilização desse conteúdo com o tipo de atividade.

Kelly e Takao (2003) consideram que as práticas relacionadas à natureza da ciência são formas específicas da comunidade científica propor, avaliar e legitimar afirmações teóricas a partir de padrões estruturados praticados por essa comunidade.

O procedimento científico não se resume a fazer experiências, usar equipamentos de laboratório e realizar descobertas. Essa visão do procedimento científico é incompleta e enganosa e pode sugerir que a linguagem seja necessária apenas para os relatos dos cientistas e não para conhecimento que resulte em novas idéias. Para se potencializar a compreensão e utilização da linguagem científica na aprendizagem esta deve ser explorada ativamente em atividades práticas didáticas (CARVALHO, 2009).

A aprendizagem no ensino de Física por meio das atividades experimentais deve ser garantida de maneira a evitar que a relação teoria – prática seja transformada numa dicotomia. Segundo Carvalho (2013) as experiências despertam em geral um grande interesse nos estudantes, além de propiciar uma situação de investigação. Quando planejadas levando em conta estes fatores, elas constituem momentos particularmente ricos durante o momento da aprendizagem.

Nesse sentido, o ensino de Física ainda na perspectiva de Carvalho, (2009, p.12-13) se potencializa no processo de aprendizagem e que o ensino e aprendizagem precisam ser entendidos como uma unidade, dois lados de uma mesma moeda, duas faces de uma mesma aula.

Ensinar Física a partir de aulas demonstrativas com a utilização de trabalhos práticos auxilia no processo de ensino-aprendizagem de conceitos científicos, ocasiona um relacionamento com o desenvolvimento de uma série de habilidades tanto com os professores quanto nos estudantes. Em contribuição com o uso de experimentos em aulas práticas Oliveira (2012) coloca que, —entre as possíveis contribuições do trabalho experimental, está a capacidade de trabalhar em grupo, rompendo o comum trabalho isolado dos alunos e contribuindo para a socialização deles e o desenvolvimento da iniciativa pessoal e a tomada de decisão, sendo necessário para isso garantir a liberdade de expressão, rompendo a inatividade física e intelectual dos alunos.

Para Hodson (1994) em pesquisa com trabalhos em laboratórios no ensino de Física é inegável o gosto dos estudantes em executar atividades práticas, apresentando disposição e entusiasmo, mas provavelmente, o que os atrai é a oportunidade de uma aprendizagem ativa, e com a liberdade de organizar o seu trabalho.

Seguindo as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCN) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM), sugere o uso de experimentos didáticos em aulas de Ciências da Natureza como uma estratégia de abordar temas que contextualizem com o âmbito escolar e do cotidiano de os sujeitos inseridos no processo de ensino e aprendizagem. As diretrizes enfatizam que as atividades experimentais não devem ser exclusivamente realizadas em laboratórios, com roteiros seguidos nos mínimos detalhes e sim, partir de um problema ou questão a ser respondida (PCNs, 2000, p.15-16).

Sendo assim, ensinar os conteúdos de Física atrelados a construção do conhecimento, por meio de aulas experimentais é, estar alfabetizando o estudante cientificamente, para que este consiga relacionar os conhecimentos adquiridos à sua vivência.

A construção do conhecimento sobre os conteúdos de Física devem apresentar um conjunto de competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos sujeitos, através de práticas pedagógicas que interajam a partir da compreensão de fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano imediato do estudante.

Sobre o ensino de Física, os PCN argumentam que:

[A Física é um conhecimento...] Incorporada à cultura e integrada como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 2000, p.22).

Diante de algumas as contribuições citadas para dos conceitos científicos no ensino de Física, quanto à percepção da Física na construção de competências e habilidades, na qual possibilita o desenvolvendo do pensamento crítico e os sentidos de responsabilidade durante a formação de uma cultura científica efetiva do indivíduo optou-se trabalhar a inserção de atividades experimentais durante as aulas de Física no Ensino Médio, com aplicações dos conceitos fundamentais sobre o som e o modelo de ondas sonoras.

Para Vigotski apud Gaspar (2014, p. 27) —as atividades experimentais convencionais, proporcionam as condições essenciais para inteiração social do indivíduo, promovendo explicações ou ilustrações aos princípios ou modelos científicos. Com base no discurso foram estabelecidos quatro critérios orientadores para atividades experimentais, são eles: a) *Estar ao alcance da zona de desenvolvimento imediato do estudante, ou seja, uma explicação adequada sobre o conteúdo abordado.* b) *Garantir um parceiro mais capaz nas atividades, esse critério é essencial, pois a parceiro mais capacitado orienta a atividade em dupla.* c) *Garantir o compartilhamento das perguntas propostas e das respostas pretendidas, ou seja, uma interação com atividade proposta.* d) *Garantir o compartilhamento da linguagem utilizada, nesse sentido o participante deve compreender gráficos, esquemas, e símbolos.*

## 2.2 A Investigação no Ensino das Ciências

A educação consiste no processo de transformação do sujeito, em que leva o estudante à reflexão sobre seu ambiente, fazendo com que ele se torne um cidadão crítico que possa transformar mudar e intervir nesse ambiente. Para que a educação se efetive, é necessário que o estudante incorpore os conhecimentos adquiridos, os quais se tornarão parte da sua vida e serão transferidos para a prática (EVANGELISTA; CHAVES, 2010).

Na abordagem pós-moderna, a concepção mecanicista precisa ser ultrapassada, ou seja, não se pode conhecer os elementos separadamente, mas sim nas relações que estabelecem entre si e com os outros, ou seja, o conteúdo científico que o educador desenvolve só pode ser entendido se estabelecer relações com o cotidiano do estudante (ANDRE; et al., 2012).

Denominada por Libâneo (2001) a didática é uma teoria do ensino que investiga os fundamentos, as condições e as formas de realização do ensino. Segundo o autor:

A ela cabe converter objetivos sócio-políticos e pedagógicos em objetivos de ensino, selecionar conteúdos e métodos em função desses objetivos, estabelecer os vínculos entre ensino e aprendizagem, tendo em vista o desenvolvimento das capacidades dos alunos. (LIBÂNEO, 2001, p.25).

O trabalho docente consiste na atuação do professor no ato educativo como um suporte da instituição escolar como um todo, medindo os processos pelos quais o aluno apropria ou se re-apropria, elevando seu senso, melhorando seu desenvolvimento e superando as dificuldades. A função do ensino experimental está relacionada com a consciência da necessidade de adoção, pelo professor, de uma postura diferenciada sobre como ensinar e aprender ciências (SANTOS, 2014).

A experimentação ocupou um papel essencial na consolidação das ciências naturais a partir do século XVII, na medida em que as leis formuladas deveriam passar pelo crivo das situações empíricas propostas, dentro de uma lógica sequencial de formulação de hipóteses e verificação de consistência. Ocorreu naquele período uma ruptura com as práticas de investigação

vigentes, que consideravam ainda uma estreita relação da Natureza e do Homem com o Divino, e que estavam fortemente impregnadas pelo senso comum (GIORDAN, 1999; DUARTE, 2016).

A experimentação ocupou e ainda ocupa um lugar privilegiado na proposição de uma metodologia científica, que se pautava pela racionalização de procedimentos, tendo assimilado formas de pensamento características, como a indução e a dedução. Assim, estabelecido um problema, o cientista ocupa-se em efetuar alguns experimentos que o levem a fazer observações cuidadosas, coletar dados, registrá-los e divulgá-los entre outros membros de sua comunidade, numa tentativa de refinar as explicações para os fenômenos subjacentes ao problema em estudo. O acúmulo de observações e dados, ambos derivados do estágio de experimentação, permite a formulação de enunciados mais genéricos que podem adquirir a força de leis ou teorias, dependendo do grau de abrangência do problema em estudo e do número de experimentos concordantes. Este processo de formular enunciados gerais à custa de observações e coleta de dados sobre o particular, contextualizado no experimento, é conhecido como indução (GIORDAN, 1999).

O ensino de Física, em qualquer modalidade ou nível, requer de forma contínua uma relação entre a teoria e a prática, com o objetivo de buscar-se uma interação entre a o conhecimento científico que se aborda em sala de aula e o senso comum pré estabelecido pelo próprio estudante (SANTOS, 2014). Contextualizar a Física não é promover uma ligação artificial entre o conhecimento e o cotidiano do estudante. Não é citar exemplos como ilustração ao final de algum conteúdo, mas que contextualizar é propor —situações problemáticas reais e buscar o conhecimento necessário para entendê-las e procurar solucioná-las. (BRASIL, 1997).

A Física é uma ciência que faz parte do programa curricular desde ensino fundamental – anos finais chegando ao ensino médio. A aprendizagem de física deve possibilitar aos alunos a compreensão das transformações que ocorrem no mundo de forma abrangente e integrada, para que os estes possam julgar, com fundamentos, as informações adquiridas na mídia, na escola, com pessoas, etc. A partir daí o estudante tomará sua decisão e dessa

forma, interagirá com o mundo enquanto indivíduo e cidadão (BRASIL, 1999).

A metodologia utilizada no ensino de Física, na maioria das vezes, prioriza a memorização de conceitos, de fórmulas, de reações, ignorando a importância de mostrar aos estudantes a verdadeira importância da Física e o que ela representa em suas vidas. O conhecimento em Física configura-se como um valioso instrumento para a formação do cidadão, pois permite uma leitura mais crítica e consciente acerca do mundo a sua volta.

O que se tem constatado é que a imensa dificuldade de se contextualizar o conhecimento discutido em sala de aula tem múltiplos fatores. Não se respeita, nem se considera, por exemplo, o repertório de representações que o estudante tem sobre o mundo em sua volta, dos fenômenos presentes no seu dia-a-dia (CHAGAS, 2011).

A importância das atividades experimentais em qualquer fase do ensino está em foco em muitas pesquisas realizadas, por ser uma metodologia que desperta o interesse do estudante, e faz com que o mesmo assimile o que aprendeu na teoria com a prática. Em um mundo que vive em mudanças constantes e significativas, o universo da sala de aula tem que se adequar e apresentar novos estilos, isto é, tanto estudante, quanto o professor tem que adquirir novas habilidades, relacionadas com o aprendizado. Essa ideia é baseada na possibilidade de tais indivíduos obterem o conhecimento científico e criar novas formas metodológicas. Com isso, se entende que a competência não se desenvolve espontaneamente assim deve-se aprimorá-las (DUARTE, 2016).

Este mesmo autor nos relata que esses desafios e atitudes requerem uma preparação antecipada. Novas ideias, novas metodologias, um mais alto grau de competências das partes interessadas, entre outras preparações. Para entender o que se necessita, inclusive para o que o propósito de ensinar, requer também tempo e estratégias inovadoras, enquanto o estudante é levado a formular hipóteses, desenvolver formas de testá-las, modificá-las de acordo com os resultados; o professor deve entender a importância da experimentação.

Em trabalho de pesquisa com professores de física sobre a importância

da experimentação, Bueno et al. (2011), obteve três tipos de respostas, —as de cunho epistemológico, que assumem que a experimentação serve para comprovar a teoria, as de cunho cognitivo que supõem que as atividades experimentais podem facilitar a compreensão do conteúdo, e as de cunho moto-vocacionais, que acreditam que as aulas práticas ajudam a despertar a curiosidade ou o interesse pelo estudo. A atividade prática experimental ilustra a teoria, que serve para verificar conhecimentos e motivar os alunos.

O estudante deve adquirir tanta experiência pelo trabalho independente quando lhe for possível. Mas se ele for deixado sozinho, sem ajuda ou com auxílio insuficiente, é possível que não experimente qualquer progresso. Se o professor ajudar demais, nada restará para o estudante fazer. O professor deve auxiliar nem demais nem de menos, mas de tal modo que ao estudante caiba uma parcela razoável do trabalho. O melhor é o professor colocar-se no lugar do estudante, percebendo o ponto de vista do mesmo, sempre procurando compreender o que se passa em sua cabeça (RODRIGUES; MAGALHÃES, 2012).

Os tipos de atividade ou modalidade de trabalho experimental são diferentes em função da sua natureza e dos objetivos que, com a sua realização, se pretende atingir.

Para Miguéns (1991) apud SANTOS (2014) existem seis tipos diferentes:

**Exercícios** - os estudantes realizam a atividade sob a orientação de procedimentos e instruções precisas, seguindo os passos indicados nas fichas. Os exercícios de observação, medição e manipulação podem servir o desenvolvimento de habilidades práticas básicas e envolver os alunos no trabalho com algumas técnicas usadas pelos cientistas.

**Experiências** - experimentações exploratórias simples, geralmente qualitativas, curtas ou/e rápidas.

**Experimentações de descoberta guiada** - os procedimentos são realizados pelos alunos em direção a uma pré-determinada e única resposta certa. Estão ligadas a perspectivas indutivistas da ciência. A natureza convergente destas



atividades conduz os alunos ao jogo de encontrar a resposta certa (WELLINGTON, 1998 apud SANTOS, 2014).

**Demonstrações** - são realizadas pelo professor envolvendo ou não alguma discussão com os estudantes sobre o que vai fazendo e acerca dos conceitos envolvidos. São necessárias e desejáveis quando estão envolvidos custos de realização particularmente elevados, procedimentos perigosos e a manipulação apropriada do equipamento (GARRETT, ROBERTS, 1982 apud SANTOS, 2014).

**Trabalho de campo** - os estudantes saem da sala de aula e da própria escola e observam, exploram recolhem material e dados experimentam no terreno tal qual um ecólogo ou geólogo fariam.

**Investigações ou Projetos** - os alunos resolvem problemas, pesquisam, experimentam, estudam um problema particular e trabalham as possíveis soluções.

Considerando-se que a educação científica deve garantir a capacidade de participar e tomar decisões fundamentadas, deve se basear não apenas na aquisição de conhecimentos científicos (fatos, conceitos e teorias), mas no desenvolvimento de habilidades a partir da familiarização com os procedimentos científicos, na resolução de problemas, na utilização de instrumentos e por fim na aplicação em situações reais do cotidiano. As atividades motivam os alunos e tornam as aulas mais agradáveis, mas não podemos esquecer sua função primordial: resolver uma situação-problema, ultrapassando a simples manipulação e materiais (ACEVEDO; et al., 2005).

### **2.3 Vygotsky e o Desenvolvimento da Aprendizagem**

O processo de aprendizagem vem sendo estudado desde o século passado, porém sua maior relevância surgiu entre as décadas de 1950 e 1970. Diversos conceitos foram apresentados como uma tentativa de melhor explicar a aprendizagem e como se dá o seu processo.

A aprendizagem implica numa relação bilateral, tanto da pessoa que

ensina como da que aprende, pois é um processo evolutivo e constante, que envolve um conjunto de modificações no comportamento do indivíduo, tanto a nível físico como biológico, e do ambiente no qual está inserido, onde todo esse processo surgirá sob a forma de novos comportamentos (CIASCA, 2003).

Quanto mais o homem evolui mais se percebe que sua capacidade de aprendizagem aumenta. Esse período onde se inicia o aprendizado pode ser considerado como período de maturação (infância), este é de suma importância para a sua vida. O aprendizado se inicia com o, ou até antes, do nascimento e se prolonga até a morte. É pela aprendizagem que o homem se afirma como ser racional, constitui sua personalidade e se prepara para cumprir o papel que lhe é reservado na sociedade a qual pertence (SANTOS, 2006).

A aprendizagem é um processo de aquisição e assimilação mais ou menos consciente, de novos padrões e novas formas de perceber, ser, pensar e agir. Assim:

Os educadores não podem limitar o saber fazer, mas devem estar conscientes e dar razões porque procedem desta e daquela forma. É que a tarefa educativa não é só uma arte que se aprende empiricamente, mas radica em reflexões profundas de natureza filosófica e em acuradas investigações de índole científica. Só tomando consciência destes pressupostos básicos poderão os educadores fazer uma obra verdadeiramente humana (ANGULA 2003 p. 96 *apud* LORES, 2011, p. 01).

Concluiu-se que a aprendizagem é um processo de mudança de comportamento que é obtido através da experiência construída por fatores emocionais, neurológicos, relacionais e ambientais, pois, aprender é o resultado da interação entre estruturas mentais e o meio ambiente (JBEILLI, 2008).

De acordo com a nova ênfase educacional, centrada na aprendizagem, o professor é co-autor do processo de aprendizagem dos alunos. Nesse enfoque centrado na aprendizagem, o conhecimento é construído e reconstruído continuamente.

O processo de aprendizagem é baseado no que se chama teoria da aprendizagem que pode ser definida como um subconjunto da Ciência Cognitiva. Pois é importante compreender o modo como os alunos aprendem e

as condições necessárias para a aprendizagem, bem como identificar o papel de um professor, por exemplo, nesse processo. Estas teorias são importantes porque possibilita a este educador adquirir conhecimentos, atitudes e habilidades que lhe permitirão alcançar melhor os objetivos do ensino (SILVA, 2004).

Segundo Oliveira e Chadwick (2008),

Todos aprendemos, a cada dia, estamos sempre aprendendo novas formas de fazer as coisas, de nos comportar; aprendemos a usar a língua, os números, as novas atitudes e habilidades. Aprendemos a falar, caminhar, ler, escrever e tantas outras coisas (OLIVEIRA e CHADWICK, 2008, p.75).

A aprendizagem é parte normal de nossas vidas, tão óbvia que quase não nos damos conta de sua importância. O ser humano nasce com certos comportamentos programados, inatos: são reflexos e certas tendências que se incorporam ao que vai aprendendo. Isto assegura nossa sobrevivência como pessoa. Assim sendo, todos devem estar envolvidos com a educação, em casa, na rua, ou na escola, diariamente ela invade nossa vida nos fazendo pensar, aprender e ensinar. Quando a criança ainda não compartilha do mundo da escola ela busca referências em quem esta ao seu redor, neste caso os cuidadores sejam pais, ou familiares são importantes no processo de aprendizagem VIGOTSKY (1937) apud ANTUNES (2015).

Remonta ao fim da década de 1970 a chegada da teoria sócio histórica de Vygotsky ao Brasil (LONGO; NARITA, 2012). A partir da década seguinte seu nome passa a ser cada vez mais conhecido e mencionado pelos educadores brasileiros, na busca de referenciais à prática pedagógica. Esse movimento com reflexões sobre as práticas tradicionalmente insere-se obviamente no contexto histórico, cultural e político vivido em nosso país a partir da década de 1980, com a transição à democracia.

É certo que assumir e divulgar ideias de um autor russo, marxista, em contexto de censura e vigilância típico de uma ditadura militar traria inconveniências a qualquer educador ou intelectual. Entretanto, conforme estudiosos, esse processo de assimilação da obra de Vygotsky foi marcado já

no início por distorções relacionadas aos processos de tradução e recorte das publicações originais do autor (CALDEIRA e URT, 2007).

Vygotsky considerava a vivência daquilo que o meio pode oferecer como uma interação com o sujeito, a fim de que este possa "construir o seu conhecimento", o que realmente dá sentido ao aprendido, ou seja, o mais importante nesse aspecto não é apenas a transmissão dos conteúdos, também a interação do aluno com o meio.

Vygotsky não formulou uma concepção estruturada do desenvolvimento humano, por meio da qual se pudesse interpretar ou mesmo situar o desenvolvimento cognitivo ao longo das etapas da vida (OLIVEIRA, 1997). Vygotsky (1995) toma como um de seus pressupostos básicos a ideia de que o ser humano constitui-se enquanto tal em relação com os demais (e aqui a linguagem assume um status de centralidade). Nesse sentido, a cultura compõe a natureza humana num processo histórico que, ao longo do desenvolvimento filogenético e ontogenético, molda o funcionamento psicológico humano.

Para Vygotsky o desenvolvimento se dá de fora para dentro, preparando o educador para preparar o educando. A aprendizagem da criança antecede a entrada na escola e que o aprendizado escolar produz algo novo no desenvolvimento infantil, evidenciando as relações interpessoais (VYGOTSKY, 1998),

Ainda com sua teoria Vygotsky (2010) apresenta a noção de que o bom aprendizado é aquele que se adianta da criança, isto é, aquele que considera o nível de desenvolvimento potencial ou proximal. O conceito de -zona de desenvolvimento potenciall possibilita compreender funções de desenvolvimento que estão a caminho de se completar. Tal conceito é de suma importância para um ensino efetivo.

Portanto o papel da educação e conseqüentemente, o de aprendizagem, ganham destaques na teoria de desenvolvimento de Vygotsky, que também mostra que a qualidade das trocas que se dão no plano verbal entre o professor e os estudantes irá influenciar decisivamente na forma como

os alunos tornam mais complexos o seu pensamento e processam novas informações (SANTANA, 2009).

Na construção social, Vygotsky (1998) considera as crianças como sujeitos sociais que constroem o conhecimento socialmente produzido. O desenvolvimento é a apropriação ativa do conhecimento disponível na sociedade em que a criança nasceu. Esse processo de desenvolvimento na fase escolar, deve ser provocado de fora para dentro pelo professor, que é uma figura fundamental no processo de preparação do estudante.

Para Vygotsky (1998) o desenvolvimento ocorre ao longo da vida e que as funções psicológicas superiores são construídas ao longo dela. Ele estabelece fases para explicar o desenvolvimento e para ele o sujeito não é ativo nem passivo: é interativo. "A qualidade do pensamento ou das emoções, vai sendo elaborado à medida que o homem tem controle sobre si mesmo, sendo capaz de controlar os impulsos e as emoções." (VYGOTSKY *apud* ARANTES, 2003, p. 21).

Segundo Vygotsky (1989) *apud* Oliveira (1995, p. 27) —a possibilidade de alteração no desempenho de uma pessoa pela interferência de outra é fundamental. O professor precisa fazer intervenções, despertar curiosidade, desafiar o aluno fazendo surgir o desejo da descoberta, sem essas etapas, a aprendizagem não acontece. Nessa concepção, surge um novo paradigma sobre o conhecimento e a ação de ensinar e aprender este conhecimento.

A aprendizagem pode e deve anteceder o desenvolvimento (VYGOTSKY, 1998). Os estudos de Vygotsky mostram que os problemas relacionados com o processo de ensino-aprendizagem não podem ser resolvidos sem uma análise da relação existente entre aprendizagem e desenvolvimento. Pois da mesma forma que algumas aprendizagens podem contribuir para a transformação ou organização de outras áreas de pensamento, podem também tanto seguir o processo de maturação como precedê-lo e mesmo acelerar seu progresso (COLE et al., 2007).

Ambos os processos, aprendizagem e desenvolvimento, estão inter-relacionados; assim, um conceito que se pretenda trabalhar, como por

exemplo, em matemática, requer sempre um grau de experiência anterior para o estudante.

O desenvolvimento cognitivo é produzido pelo processo de internalização da interação social com materiais fornecidos pela cultura, sendo que o processo se constrói de fora para dentro. De acordo com Vygotsky (2010) o sujeito não é apenas ativo ele também é interativo, porque forma conhecimentos e se constitui a partir de relações intra e interpessoais. É na troca com outros sujeitos e consigo próprio que se vão internalizando conhecimentos, papéis e funções sociais, o que permite a formação de conhecimentos e da própria consciência.

Assim, pode-se evidenciar que a escola é o lugar onde a intervenção pedagógica intencional desencadeia o processo ensino-aprendizagem, tendo o professor o papel explícito de interferir no processo, diferentemente de situações informais nas quais o estudante aprende por imersão em um ambiente cultural. Portanto, é o educador responsável por provocar avanços nos alunos. Desta forma a visão de Vygotsky (1998) é que a aprendizagem é fundamental ao desenvolvimento dos processos internos na interação com outras pessoas.

As investigações de Vygotsky sobre a gênese e relações entre os conceitos cotidianos e científicos na infância, a função da cultura no desenvolvimento da criança e a descoberta da zona proximal do desenvolvimento reverberam nos meios pedagógicos, valorizando o papel do professor, os conteúdos formais do ensino e a organização curricular da escola, redimensionando assim os nexos entre ensino e aprendizagem (GASPAR 2014, p. 21).

É interessante lembrar as contribuições de outras teorias como as que auxiliam a análise do próprio processo de ensinar. Ou também, outras teorias do desenvolvimento e da aprendizagem, como importantes contribuições para avançar visões construtivistas. Cole et al, (2007) consideram que estas visões, possibilitam reinterpretar ou ressignificar às teorias anteriores, numa nova construção. .

É através da educação que a sociedade tem tentado buscar seus direitos e melhorias de vida, acreditando que dessa forma pode transformar sua realidade e tornar sua vida digna. Assim, entendemos que quando estamos verdadeiramente envolvidos com a educação somos encorajados a enfrentar as barreiras impostas pelas dificuldades do sistema, buscando esclarecer seus direitos aos envolvidos, tornando-o conscientes, todos os cidadãos ligados a ela, não devemos temer as classes dominantes, mas sim direcionar tal consciência as posições coerentes de lutas e tentar mudar o quadro atual sensibilizando os envolvidos da importância do conhecimento e dos direitos à cidadania (COLE et. al., 2007, p. 94-95).

#### **2.4 Atividades Experimentais Construtivistas e a Teoria de Vygotsky**

A teoria de Vigotski (1987) considera dois elementos fundamentais a qualquer processo em que há mediação: o –instrumento, que tem a função de regular as ações sobre os objetos, e o –signo, que regula as ações sobre o psiquismo das pessoas. A experimentação enquanto estratégia de ensino-aprendizagem tem sido defendida no ensino de Física há algumas décadas. Em especial nos anos 60-70 do século passado, a defesa por tal estratégia se intensificou, por meio da incorporação dos projetos de ensino nacionais ou internacionais nas escolas brasileiras. Desde então, tal incorporação tem ocorrido sob diferentes concepções de ciência, de ensino e de aprendizagem, por conta de que também tem sido objeto de pesquisas na área sob diferentes referenciais teóricos (HIGA; OLIVEIRA, 2012).

A aula prática é uma maneira eficiente de ensinar e melhorar o entendimento dos conteúdos estudados, facilitando a aprendizagem. Os experimentos facilitam a compreensão da natureza da ciência e dos seus conceitos, auxiliam no desenvolvimento de atitudes científicas e no diagnóstico de concepções não científicas. Além disso, contribuem para despertar o interesse pela Física. A experimentação também se constitui como uma prática científica, sendo definida por autores, como Pinho Alves (2000), uma estrutura orgânica construída ao longo do tempo pelos filósofos da natureza, na tarefa de explicar os fenômenos dessa mesma natureza.

No entanto, atualmente, até mesmo avaliações externas à escola, como o Enem e os vestibulares, têm mudado essa perspectiva e começado a explorar mais do que a mera operacionalização de exercícios de Matemática envolvendo temas da Física: os saberes ligados à construção do conhecimento científico ao longo dos anos e as características sócio históricas dessa construção também começam a ser abordados, deixando-nos a evidência de que o ensino da Física precisa mostrar aos alunos essa disciplina como uma área de conhecimento da humanidade (CARVALHO, 2011).

A Física é, de longa data, uma das ciências mais temidas pelos estudantes, principalmente pela fama deve-se ao fato de que seu ensino tradicionalmente vem sendo pautado na transmissão de conceitos e fórmulas cujas relações com a realidade parecem inexistentes. Os trabalhos com atividades experimentais contribuem para que os alunos se tornem ativos no processo de aprendizagem (FORÇA et al., 2016).

Carvalho et al., (2011) trazem algumas considerações sobre pontos que acham necessários para os futuros professores de Física e mesmo para aqueles já em exercício, de modo que a disciplina possa ser apresentada aos alunos do Ensino Médio como uma área de conhecimento em constante construção e cujos conhecimentos propostos fazem parte do dia a dia. Estes autores mostram a importância de um ensino da Física contextualizado, onde é possível considerar os aspectos que regulam a construção e a proposição de novos conhecimentos, sua prática como uma atividade científica juntamente com seu exercício.

Estes autores nos mostram que o estudante é o grande arquiteto de seu aprendizado, o professor é o engenheiro do processo de ensino. No diálogo construtivista entre professor e estudantes, é essencial que fiquem claras as características cognitivas dos personagens envolvidos neste cenário. De um lado tem-se a figura do professor com sua bagagem cultural e científica, em condições de exercitar ao máximo suas estruturas e funções cognitivas.

Neste enfoque, deve-se motivar os estudantes a participarem das aulas práticas, tornando-as mais dinâmicas, proporcionando o desenvolvimento dos conteúdos, segundo os seus anseios e de uma forma mais significativa.



As contextualizações dos conteúdos são de extrema importância, como fator motivacional e para a construção do conhecimento de uma forma holística. Independentemente do objetivo atribuído à aula, a principal função das atividades experimentais é promover o diálogo construtivista entre o professor, o estudante e o conhecimento científico (PINHO ALVES, 2000).

A cientificidade desta ação está no planejamento e na forma como será feita, pois se pretende ter como alicerce as bases aleatórias, imediatistas, que será previamente estabelecido, estudado e mensurados no campo teórico, pois causar e provocar posicionamentos críticos, que mais adiante irão produzir uma transformação não no fato, mas em como as pessoas concebem estes fatos, provando que a premissa deste estudo se baseia na tomada de consciência ao final do trabalho (VILLANI; NASCIMENTO, 2003).

A importância das atividades experimentais em qualquer fase do ensino está em foco em muitas pesquisas realizadas, por ser uma metodologia que desperta o interesse do aluno, e faz com que o mesmo assimile o que aprendeu na teoria com a prática. Outro aspecto a considerar é que uma experiência que permite a manipulação de materiais pelos estudantes ou uma demonstração experimental pelo professor, nem sempre precisa estar associada a um aparato sofisticado (GASPAR, 2014).

O conhecimento científico escolar é, de fato, o resultado de um complexo processo de transposição do conhecimento científico, incorporado em manuais universitários, para o contexto do ensino médio e fundamental de Ciências. Neste sentido não há uma exata correspondência entre o conhecimento científico produzido pelos cientistas e o conhecimento científico que é ensinado em nossas escolas. O resultado desta constatação tem sido um número cada vez maior de pesquisadores a questionar o próprio significado da expressão —processo de ensino e aprendizagem de ciências— principalmente no ensino fundamental e médio (VILLANI; NASCIMENTO, 2003).

Sérè et al., (2003) mostram que as atividades experimentais têm o papel de permitir o estabelecimento de relações entre três pólos: o referencial empírico; o referencial teórico (os conceitos, leis e teorias) e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados na Física. Segundo esses autores, a

atividade experimental incitaria os alunos a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das “linguagens”, criando a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico – consequentemente dando —um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens”

Segundo Maldaner e Zanon (2007), o aluno pode ser levado a formular hipóteses, desenvolver formas de testá-las, modificá-las de acordo com os resultados etc. Ao perguntar a professores sobre a função e a importância da experimentação, Bueno et al. (2009), obteve três tipos de respostas, —as de cunho epistemológico, que assumem que a experimentação serve para comprovar a teoria, as de cunho cognitivo que supõem que as atividades experimentais podem facilitar a compreensão do conteúdo, e as de cunho moto-vocacionais, que acreditam que as aulas práticas ajudam a despertar a curiosidade ou o interesse pelo estudo. A atividade prática experimental ilustra a teoria, que serve para verificar conhecimentos e motivar os estudantes.

Atualmente as correntes pedagógicas mais recentes centram-se no paradigma construtivista como referencial teórico. Em qualquer Projeto Político Pedagógico das escolas de educação básica é comum encontrar a concepção construtivista como norteadora das referidas propostas. Contudo, sua concretização em sala de aula tem encontrado algumas dificuldades. Mesmo cientes da importância deste referencial teórico que é o construtivismo, alguns professores tem realizado atividades experimentais nas aulas de Física utilizando o modelo tradicional de ensino (GASPAR, 2014).

Este modelo, presente desde a década de 1960, conforme exposto por Pinho-Alves (2000) valorizava a experimentação como decorrente de um processo que preza pela observação e pela realização de atividades guiadas por passos, como um receituário. Mas tal modelo vem sendo fortemente criticado pelos pesquisadores, que ao mesmo tempo em que o criticam, não propõem aos docentes sugestões de como tais atividades poderiam ser organizadas segundo a concepção construtivista.

## **2.5 As Ondas Sonoras e a Natureza do Som**

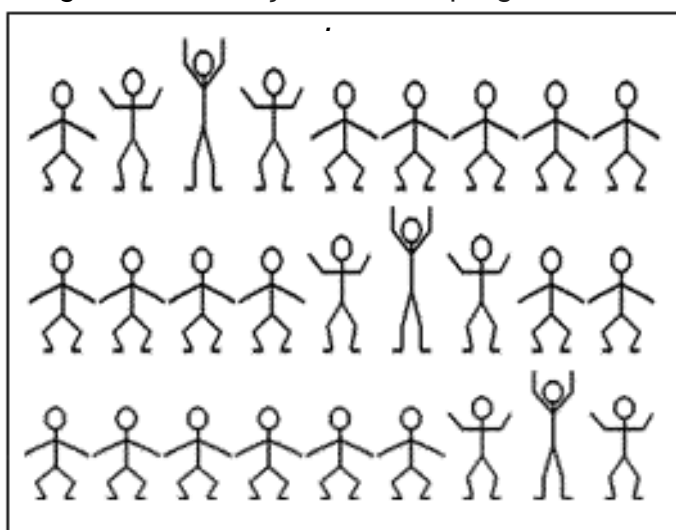
O estudo de fenômenos ondulatórios está ligado a alguns conceitos

importantes na Física, por isso um dos pontos fundamentais é o próprio conceito do que é uma Onda, e em específico a Onda Sonora.

No sentido fundamental e amplo, —uma onda é qualquer efeito (perturbação ou variação) que se transmite de um ponto a outro de um meio material, ou seja, é quando ocorre à transmissão do efeito entre dois pontos distantes, sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos a outro (NUSSENZVEIG (2014, p. 125).

A característica do movimento ondulatório é o transporte de energia sem o transporte de matéria, e tendo como exemplo dessa característica de onda, inserida no contexto social a chamada —ola ou —onda mexicana<sup>1</sup> que apresenta uma propagação sucessiva de movimentos executados pelos espectadores em estádio, formando uma onda progressiva, conforme esquematizado na Figura 1.

Figura 1. Simulação de onda progressiva.



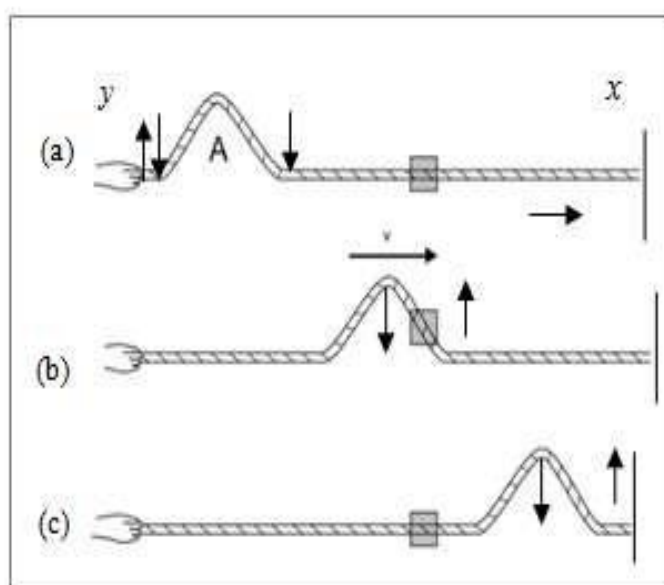
Fonte. Dan Russell, (2002) <<https://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html>>.

A —ola se propaga sucessivamente ao longo do movimento dos espectadores, mas cada um se levantou e sentou, sem sair do lugar. Nesse sentido, o meio através do qual a onda viaja pode experimentar algumas oscilações locais à medida que passa, mas as partículas no meio não viajam com a onda.

<sup>1</sup>“Ola ou onda mexicana” surgiu na Copa do Mundo de 1986 no México, se caracterizou pelos movimentos de efeito coletivo em uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocar lateralmente, onde o indivíduo fica de pé e se senta, de maneira sincronizada em linha adjacente.

Outro aspecto de característica de onda é quando ao longo de uma corda esticada são produzidos deslocamentos bruscos para cima e para baixo em uma das extremidades da corda esticada, uma onda na forma de um único pulso ao longo da corda. O —pulso e o seu movimento ocorrem quando a corda está sob tensão Figura 2, ou seja, quando a extremidade da corda é puxada para cima, a mesma puxa para cima a seção adjacente da corda através da tensão entre as duas na medida em que a seção adjacente se desloca para cima, ela começa a puxar seção seguinte, também para cima e assim por diante! (HALLIDAY, 2010, p. 116-117).

Figura 2. Simulação de um pulso de uma corda presa nas extremidades.



Fonte. Adaptado de Dan Russell, (2002)<<https://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html>>.

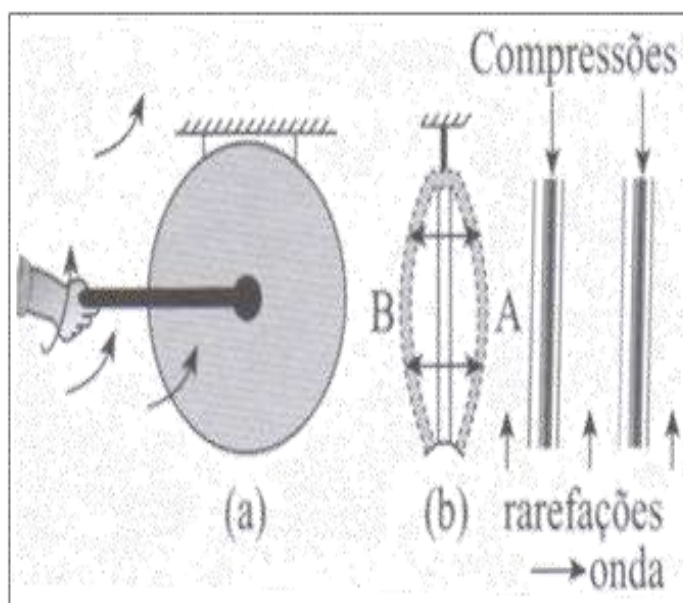
De acordo com cada ponto da corda, a —oscilação ocorre para cima e para baixoll, ou seja, —a perturbação é um deslocamento na direção  $y$ , perpendicular à direção de propagação da onda, nesse sentido, uma onda cuja propriedade se chama *onda transversal* NUSSENZVEIG (2014, p. 126-127).

Produzida de várias formas, o onda sonora pode se propagar através de meios físicos, gerando um pulso longitudinal, a exemplo dessa propagação, citamos uma pessoa cantando em um microfone, ou tocando um instrumento musical. Essas vibrações —provocam uma perturbação nas moléculas que compõem o ar, que vibrem da mesma forma que a fonte, se expandido em

diversas direções, produzindo variações da pressão do ar e da densidade do meio. (HALLIDAY, 2009).

Como representação de um mecanismo de propagação de uma onda sonora, golpeia-se um gongo, gerando ondas sonoras através das partículas que compõem o ar, oscilando longitudinalmente, na mesma direção em que as ondas sonoras se propagam, de acordo com a Figura 3.

Figura 3. Congo percutido – A ilustração apresenta numa visão lateral, como o congo se deforma, vibrando entre as posições extremas de A e B.



Fonte. NUSSENZVEIG (2014, p. 125).

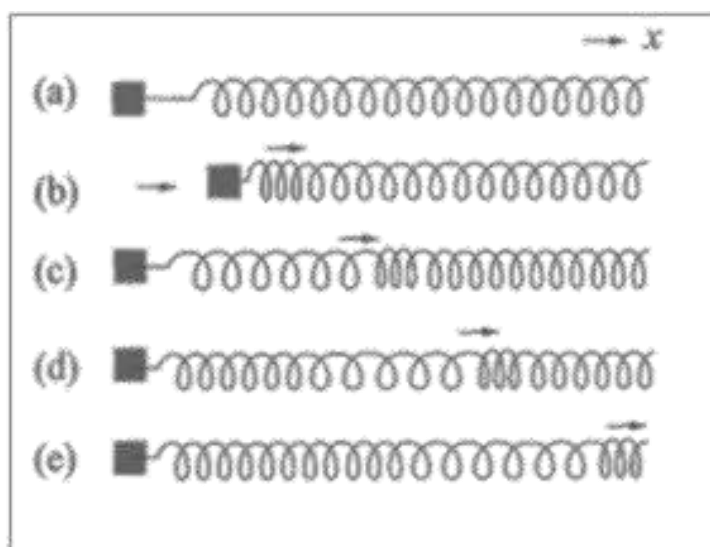
O gongo na posição A, comprime as porções adjacentes do ar, transmitindo sucessivamente de cada camada às camadas adjacentes as ondas de compressão. Quando o gongo retorna para trás, passando para o B, forma-se uma zona de rarefação, fazendo o ar próximo da região se deslocar para preenchê-la sucessivamente, produzindo uma onda de expansão.

Nesse sentido, o deslocamento de ar provocado pelo gongo muda a densidade do ar na camada adjacente, ou seja, na camada de condensação ou rarefação, provocando uma mudança de pressão com movimentos de compressão e descompressão.

Especificamente a propagação de uma onda de compressão ao longo de uma mola em equilíbrio apresenta uma extremidade subitamente comprimida,

observada na Figura 4.

Figura 4. Simulação do movimento de compressão e rarefação em molas.



Fonte. NUSSENZVEIG (2014, p. 126).

Assim, a onda longitudinal, em que a perturbação transmitida pela onda de compressão e ou rarefação ocorre ao longo da direção de propagação ( $x$ ) da onda.

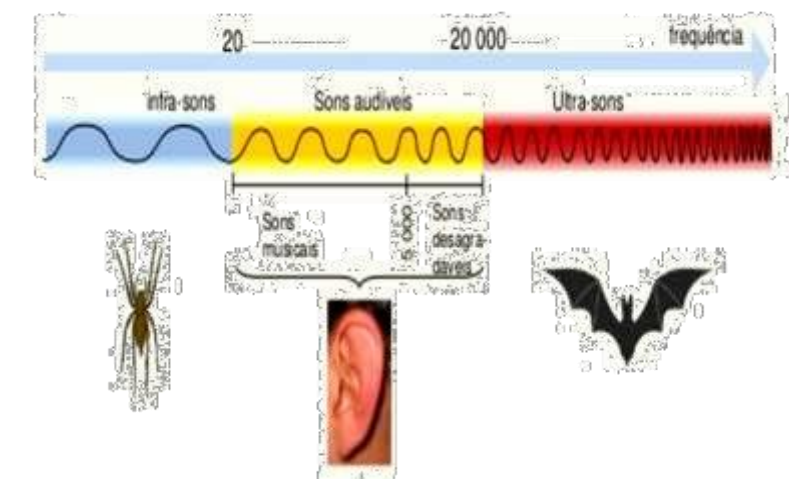
Com essas variações na pressão e densidade das zonas de rarefação e compressão do ar, que produz as ondas sonoras, pode-se então dividi-las em três faixas de frequência, ou espectros sonoros. A primeira são os sons audíveis<sup>2</sup> que compreendem a faixa de 20 até 20 kHz, a segunda são os infrassons, ou subsons<sup>3</sup> que estão abaixo dos 20 Hz, e por fim a terceira com os ultrassons<sup>4</sup> acima dos 20 kHz. (Figuras 5).

<sup>2</sup>Sons audíveis são **aqueles em que os seres humanos são capazes de ouvirem**, ou seja, conseguem captar vibrações com espectros audíveis médios compreendidos entre os 20 Hz e os 20.000 Hz. Disponível em <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/espectro-sonoro.html>>, acesso em: 31/07/2017.

<sup>3</sup>As **frequências dos infrassons, ou subsons são inferiores a 20 Hz** e provocam náuseas e perturbações intestinais nos seres humanos. Estes espectros de sonoros são de grande utilidade na previsão de um sismo ou erupção vulcânica. Esse tipo de som produz frequência baixa para que o ser humano consiga ouvir. Disponível em <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/espectro-sonoro.html>>, acesso em: 31/07/2017.

<sup>4</sup>Os **ultrassons são sons de frequência superior a 20000 Hz**. Estes sons não são captados pelo ouvido humano, embora possam ser captados por outros animais e apresentam grande utilidade na medicina, na realização de ecografias. Disponível em <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/espectro-sonoro.html>>, acesso em: 31/07/2017.

Fonte 5. Espectro Sonoro.



Fonte. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/RitaCunha6/som-27956718>>.

Classificada como uma das mais importantes no estudo das ondas mecânicas, as ondas sonoras são oscilações que acontecem na direção de propagação da onda e se propagam em diferentes meios com velocidades variadas dependendo das propriedades do mesmo (NUSSENZVEIG, 2014).

Para calcular a velocidade de propagação do som, em determinado meio, é necessário a generalização da expressão da velocidade de propagação de ondas em cordas, para isso, temos a seguinte relação:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{Eq.( 1 )}$$

Onde  $\mu$  é a tensão que a corda fica submetida à densidade linear.

Uma onda sonora se propaga numa sucessão de compressões e rarefações, e em cada material esses movimentos têm uma característica peculiar (NUSSENZVEIG, 2014).

Para calcular a velocidade de propagação do som, no ar e nos gases em geral, essa expressão assume a forma:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad \text{Eq.( 2)}$$

Em que,  $\rho$  a densidade do ar é um o valor da grandeza que calcula o módulo de elasticidade do volumar no meio.

Já o cálculo para verificar a velocidade de uma onda longitudinal em um meio sólido, é dado pela seguinte equação:

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \quad \text{Eq.( 3)}$$

Onde  $Y$  é o módulo de Young e possui uma densidade.

Nesse sentido, é importante destacar que a velocidade do som varia com o aumento da temperatura, com isso nos dias quentes as ondas sonoras se propagam com velocidade maior, já nos dias mais frios com velocidade menor (HALLIDAY, 2009). Além disso, nos gases, as ondas sonoras se propagam com menor velocidade em relação à propagação no meio líquido.

Para reforçar sobre a velocidade de uma onda longitudinal em um meio sólido, as grandezas dependem das condições de temperatura e pressão em que o meio se encontra, condições que determinam, portanto, a velocidade do som.

Nesse sentido, o meio físico, nesse caso a matéria, não está se propagando e sim sendo perturbado pela onda sonora produzida que se deslocada transportando a energia (NUSSENZVEIG, 2014).

Outra característica no estudo de ondas sonoras é distinção de um som, para um ruído. Essa distinção é feita a partir das sensações subjetivas, provocadas pela intensidade, a altura e o timbre sonoro.

Para a definição de intensidade, altura e timbre sonoro segundo (NUSSENZVEIG, 2014):



A **intensidade sonora** se dá pela razão entre a energia e a área que ela atravessa, ou seja, é a energia média transmitida através da seção, por unidade de tempo e área, matematicamente é representada por  $I_m = \frac{\Delta E}{\Delta t \cdot \Delta s}$ , para a unidade de intensidade, no SI, é watt por metro quadrado ( $W/m^2$ ), e a unidade de nível de intensidade é o decibel (dB). Já a **altura de um som** corresponde a sensação que permite ao ser humano distinguir entre sons mais graves e mais agudos, mantendo a característica física de uma onda sonora, associada com a altura e frequência  $\nu = 1/\lambda$ : quanto maior for  $\nu$ , mais agudo é o som, sons mais graves correspondem a frequências mais baixas. Para o **timbre sonoro** entende-se pela distinção de dois sons musicais de mesma intensidade e altura, ou seja, o ouvido distingue claramente a diferença entre a mesma nota lá emitida por um piano, violino, flauta ou pela voz humana. (NUSENZVEIG, 2014, p.162-167).

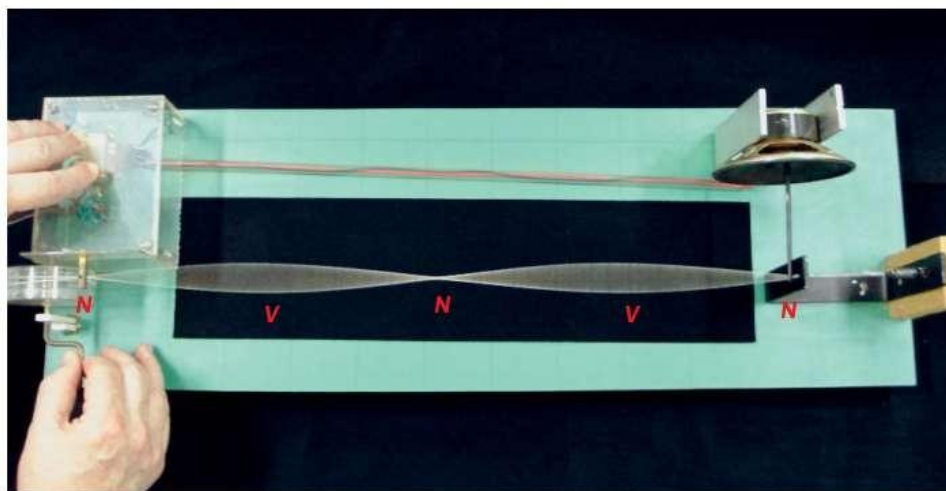
## 2.6 Ondas Estacionárias e Ressonância

*Onda* é uma palavra intimamente ligada a movimento, tanto em Física como na linguagem cotidiana (GASPAR, 2014, p. 26), e *estacionário* significa algo imóvel, parado, sem movimento. Assim, *onda estacionária* soa como –movimento parado ou –beleza feia. Assim, Onda estacionária é uma expressão reduzida de algo como –fenômeno ou configuração estacionária gerada por ondas em propagação simultânea no mesmo meio (GASPAR, 2014).

Nesse sentido, considerando uma corda, por exemplo, uma corda de violão, esticada entre duas presilhas, suponha que ocorra uma produção de uma onda senoidal contínua de certa frequência que se propaga para a direita, a onda chegará à extremidade direita, ela refletirá e começará a se propagar de volta para a esquerda. Assim, -a onda que se propaga para a esquerda encontrará a onda que ainda se propaga para a direita, acontecendo dessa forma, ondas superpostas, que interferem entre si (HALLIDAY e RESNICK, 2010).

Para certas frequências, a interferência produz uma onda estacionária ou modo de oscilação com nós e antinós na Figura 6.

Figura 6. Ondas estacionárias geradas por um dispositivo de demonstração experimental.



Fonte: Compreendendo a Física, Editora Ática, Gaspar 2014.

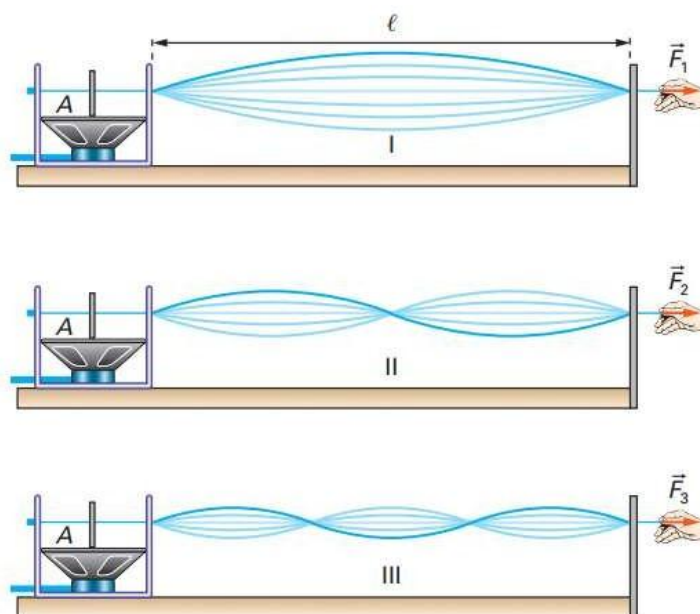
Uma onda estacionária é gerada quando existe ressonância, nesse caso a corda *ressoa*, ocasionando as frequências de ressonância. Outra situação é quando a corda é excitada em uma frequência que não é uma das frequências de ressonância, nessa situação não se forma uma onda estacionária. Nesse caso, a interferência das ondas que se propagam para a esquerda com as que se propagam para a direita resulta em pequenas e talvez imperceptíveis oscilações da corda.

Assim, as ondas estacionárias em cordas presas nas duas extremidades são geradas de duas maneiras (GASPAR, 2014):

A primeira, por meio de ação externa isolada, em geral por toque, batida ou fricção; nesse caso, a corda passa a vibrar nas várias frequências dos seus modos de vibração, as quais se sobrepõem. A segunda, por meio da ação excitadora de uma fonte oscilante externa, ou seja, por **ressonância**. No caso das cordas vibrantes, a ressonância ocorre quando a frequência da fonte excitadora é igual ou múltipla inteira da frequência de cada modo de vibração da corda, a qual é dada pela expressão (Gaspar, 2014, p. 27-28).

Diante do exposto, o processo de ondas estacionárias em cordas presas nas duas extremidades, acontece na demonstração da Figura 7.

Figura 7. Ondas estacionárias em cordas presas nas duas extremidades.



Fonte: Compreendendo a Física, Editora Ática, Gaspar 2014.

De acordo com a figura,  $A$  é uma fonte de frequência constante, no caso, o alto-falante que faz a corda, de densidade linear  $\mu$ , oscilar entre duas extremidades separadas pela distância  $\ell$ . Um agente externo traciona a corda com força de módulo  $F$  variável, o que resulta na variação da frequência das ondas estacionárias que podem ser geradas na corda.

As frequências de ressonância que correspondem a esses comprimentos de onda podem ser calculadas usando a equação:

$$v = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2\ell} \quad \text{Eq.(4)}$$

Nesta equação,  $(n = 1, 2, 3...)$  são as frequências naturais e  $v$  é a velocidade das ondas progressivas na corda.

As frequências de ressonância são múltiplos inteiros da menor frequência de ressonância,  $f = v/2L$ , que corresponde a  $n = 1$ . O modo de oscilação com a menor frequência é chamado de *modo fundamental* ou *primeiro harmônico*, o *segundo harmônico* é o modo de oscilação com  $n = 2$ , o *terceiro harmônico* é o modo com  $n = 3$ , e assim por diante. As frequências

associadas a esses modos costumam ser chamadas de  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ , e assim por diante. Assim, o conjunto de todos os modos de oscilação possíveis é chamado de série harmônica, e  $n$  é chamado de número harmônico do  $n$ ésimo harmônico (HALLIDAY e RESNICK, 2010, p. 314-315).

### III - METODOLOGIA

#### 3.1 – Natureza da Pesquisa

Em decorrência do enfoque dado ao objeto a ser estudado, optamos por uma pesquisa de natureza qualitativa que, de acordo com Richardson (1999, p.17), visa a encontrar as semelhanças entre fenômenos cujos pressupostos teóricos não estão claros, ou são difíceis de encontrar. Nessa circunstância, faz-se uma pesquisa não apenas para conhecer o tipo de relação existente, mas, sobretudo para determinar a existência de relação.

Ainda segundo Richardson (2012), a pesquisa qualitativa,

Facilita descrever a complexidade de problemas e hipóteses, bem como analisar a interação entre variáveis, compreender e classificar determinados processos sociais, oferecer contribuições no processo das mudanças, criação ou formação de opiniões de determinados grupos e interpretação das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos (RICHARDSON, 2012, p. 80).

Usada no meio acadêmico, a pesquisa qualitativa tem como uma nova perspectiva a produção de conhecimento, por meio de uma interação entre o pesquisador e os atores da pesquisa e, de acordo com Minayo (2010), trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

Esse tipo de abordagem facilita a compreensão de fenômenos, processos de ensino e aprendizagem, tornando-se, portanto, uma referência para investigações em diferentes contextos.

A pesquisa qualitativa pode ser classificada em três tipos, segundo seus objetivos: exploratória, descritiva e explicativa (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Entendemos que nossa pesquisa apresenta uma forte conexão com o componente exploratório, que busca constatar uma viabilidade de ensino voltada para a construção de conceitos científicos sobre a temática em estudo.

Para Gil (2012), uma de suas peculiaridades está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática, que combina em simultâneo, com técnicas de análise qualitativa que lhes são peculiares.

No âmbito do paradigma qualitativo, podem ser realizadas pesquisas de tipos variados como o: etnográfica, estudo de caso, participativa e outros. Nesta pesquisa, utilizamos o *estudo de caso*, cuja justificativa será descrita a seguir.

Apoiado essa descrição teórica, a pesquisa pauta-se como um estudo de caso, de caráter exploratório, tendo em vista que procuramos descrever os fatos vivenciados no contexto da sala de aula, em relação às dificuldades de aprendizagem, a valorização do tratamento matemático, dentre outros, visando esclarecer e compreender os conceitos abordados em aula. Yin (2010) define um estudo de caso como uma abordagem empírica que estuda um fenômeno no seu ambiente natural, em que o investigador é, na maioria das vezes, o único instrumento de recolha de dados e que, para tal efeito, recorre a múltiplas fontes de evidência como forma de superar a subjetividade inerente a tal situação.

Notadamente, não podemos dizer que as descrições realizadas no acompanhamento das aulas de Física, bem como os resultados que aqui estão apresentados sejam universais, e que a partir deles podemos ter um processo conclusivo em relação aos propósitos do ensino e aprendizagem sobre Ondas Sonoras e suas características. São muitas as variáveis envolvidas nesse processo e que não serão contempladas em nossa pesquisa. Essas limitações não nos permitem saber tudo sobre o caso, cabendo ao investigador decidir até onde deve ir, qual o nível de profundidade do conhecimento a que pretende chegar, de forma a ser-lhe possível atingir os objetivos a que se propõe.

A metodologia desta pesquisa pretende utilizar diferentes técnicas de coleta de informação e/ou de dados, tais como: a observação, a entrevista, a aplicação de experimentos, a análise das atividades e questionários. Utilizamos

a observação, a entrevista, a conversa informal<sup>5</sup>, a aplicação de experimentos e a análise documental, cuja descrição e modo de utilização serão apresentados no item a seguir.

### **3.2 – Instrumentos para a coleta de dados**

Entendemos que os instrumentos utilizados para a coleta de dados ofereceram uma leitura interpretativa que não encerrou em si uma verdade absoluta, nem a pretendemos. Entretanto, erros interpretativos foram minimizados pela variedade desses mesmos instrumentos. Assim, entendemos que foi o uso articulado desses instrumentos, durante o processo de análise dos dados que mostraram os impactos nas atitudes, participação e colaboração com aula.

#### **A – Observação participante**

A observação, ou seja, uma -olharl direcionado ao participante da pesquisa, foi constituído no elemento fundamental da pesquisadora, por ela estar presente desde a formulação do problema, passando pela construção de hipóteses, coleta, até análise e interpretação dos dados. Foi utilizada também para confirmar ou refutar as informações obtidas através das entrevistas que, na verdade, revelaram apenas como as pessoas percebem o que acontece e não o que realmente acontece.

Segundo Lüdke e André (1986, p. 26): —a observação ocupa um lugar privilegiado nas novas abordagens de pesquisa educacional e possibilita um contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisadoll.

Patton (2002) acrescenta que a pesquisa observacional, participante ou não, permite ao investigador desenhar um conhecimento pessoal durante o estágio de reflexão e introspecção do local onde as pessoas se encontram, na tentativa de entendê-las.

Sendo assim, a observação foi constituída por elementos fundamentais para a nossa pesquisa, por ela estar presente desde a formulação do

---

<sup>5</sup> Apesar de, inicialmente, essa conversa não ter sido estabelecida como instrumento de coleta de nossos dados, ela pode ser, pois a informação dela decorrente pretende trazer outros tipos de questionamentos, que complementarão o que iremos analisar.

problema, passando pela construção e discussão de hipóteses, coleta, até análise e interpretação dos dados. Ancorados em elementos também presentes na construção do conhecimento científico, como: a) os objetivos da ciência construção de explicações, desenvolvimento de metodologias, contexto sociocultural e caráter imaginativo; b) a dimensão epistemológica desenvolvimento de hipóteses e previsões, utilização de diferentes metodologias de investigação e formas de construção do conhecimento e; c) a dimensão ontológica com uso de teorias e conceitos, articulação de dados obtidos com apoio conceitual (GUISASOLA, 2006).

No entanto, tendo definido claramente os nossos objetivos, foi possível validar, a partir das observações adequadas, dentro do contexto da sala de aula, permitindo usar as vantagens dessa técnica, além de ficarmos atentos aos diversos fatores desfavoráveis que interferem na sua ocorrência, procurando minimizá-los.

## **B – Entrevistas**

A entrevista se diferencia dos outros instrumentos de coleta de dados aqui descritos, no sentido de estabelecer uma relação direta entre o pesquisador e o entrevistado, permitindo resgatar alguns aspectos que não ficaram claros durante as observações participantes, por exemplo. Como descreve Patton (2002, p. 306), as observações fornecem uma verificação sobre o que é relatado em entrevista; por outro lado, as entrevistas permitem ao observador ir além do comportamento externo, ao explorar sentimentos e pensamentos dos observados.

Acredita-se que dessa forma as respostas distorcidas são minimizadas, em função de alterar o estado emocional do entrevistado.

Vale salientar que todas as entrevistas foram gravadas, com a licença dos entrevistados, e suas transcrições será feita posteriormente. As entrevistas foram destinadas a investigar mais profundamente a opinião dos estudantes sobre o uso de experimentos na aula Física e o estudo sobre o som e os tipos de modelagem sonora, discutido em nossa fundamentação ofereceu um melhor entendimento sobre o conteúdo abordado.



Outra fonte de dados, que foi utilizada em nossa pesquisa, foram os questionários, com a intenção de retirar deles informações necessárias e relevantes, no sentido de descrever o que aluno pensa sobre o recurso oferecido e sobre as atividades desenvolvidas no conteúdo aqui especificado.

## **C – Questionário**

O questionário foi utilizado para obter informações sobre opiniões, crenças, sentimentos interesses, expectativas, situações vivenciadas ou ainda para descrever as características e medir determinadas variáveis. Segundo ParaSuraman (1991), um questionário é tão somente um conjunto de questões, feito para gerar os dados necessários para se atingir os objetivos do projeto. Embora o mesmo autor afirme que nem todos os projetos de pesquisa utilizam essa forma de instrumento de coleta de dados, o questionário é muito importante na pesquisa científica, especialmente nas ciências sociais.

O questionário é um instrumento desenvolvido cientificamente, composto de um conjunto de perguntas ordenadas de acordo com um critério predeterminado, que deve ser respondido sem a presença do entrevistador (MARCONI; LAKATOS, 1999, p.100).

Oliveira (1997) fomenta que os questionários devem seguir algumas características como: a) Deve ser a espinha dorsal de qualquer levantamento; b) Deve reunir todas as informações necessárias (nem mais nem menos); e c) Deve possuir linguagem adequada.

Para finalizar este capítulo, sinalizamos para o roteiro que foi utilizado na pesquisa em sala de aula.

### **3.3 – Metodologia de Intervenção Investigada**

#### **3.3.1 Primeiro Momento: Apresentação da proposta**

Inicialmente, foi necessário informar a coordenação pedagógica da escola, sobre a realização da pesquisa exploratória, notadamente mostrando os parâmetros que lhes são peculiares: *Como? Por que? Com quem? Para*

*quem? Onde? e Para que?*. Segundo Bagno (2012) a -pesquisa investigativa tem o objetivo de expressar o conhecimento científico, estruturado sobre um assunto preciso, ou seja, a pesquisa é simplesmente o fundamento de toda e qualquer ciência.

Nesse sentido, além da coordenação, os estudantes também foram informados da pesquisa e respectivamente seus pais, por meios de termos de compromisso de autorização do responsável pelo sujeito da pesquisa, como também, a participação das etapas de atividade, tendo o cuidado para descrever os propósitos a que a mesma se destinou, mostrando-lhes a possibilidade de ganho conceitual que a mesma proporcionou, com grande desenvolvimento das atividades acadêmicas e de seus conteúdos.

A avaliação e monitoramento da pesquisa foram feitos pela pesquisadora, que é professora regente da disciplina de Física na turma escolhida para o desenvolvimento da pesquisa. Evidentemente, que não houve interrupções nos argumentos e nos dados obtidos das atividades aplicadas durante a aula, para não induzir a resultados esperados e nem permitir que outros fatores externos a pesquisa, não possam aparecer.

De fato, esta proximidade deve ser propícia a subjetividade, no entanto, o fato de triangular os instrumentos de coleta de dados que foram utilizados propiciou uma maior objetividade aos resultados.

### **3.3.2 Segundo Momento: Introdução a atividades**

Aplicou-se um questionário com respostas semiaberta no objetivo de trabalhar as concepções prévias dos estudantes com atividades didáticas que utilizou experimentos de baixo custo nas aulas de Física.

Diante do exposto é importante acrescentar que o questionário não impôs qualquer identificação, uma vez que se precisa avaliar o conteúdo abordado por meio de experimentos. Neste questionário, o estudante teve o direcionamento de responder qual é a relação do Som e o conteúdo de Ondas Sonoras. O mesmo foi disponibilizado e preenchido durante aplicação das intervenções didáticas nas aulas de Física.

As atividades investigativas proporcionam aos estudantes, a colocarem a -mão na massa para aprender os conceitos físicos, por meio do manuseio e construção dos experimentos. Utilizando desse meio, o estudante fortalece as concepções sobre os tipos de sons, suas características e as formas de propagação de uma onda.

Elas se originam de uma perturbação ou distúrbio numa região e tendo o meio, propriedades elásticas, o distúrbio que é transmitido sucessivamente de um ponto a outro. As partículas do meio vibram somente ao redor de sua posição de equilíbrio, sem, no entanto, se deslocar como um todo juntamente com a onda. Ela pode ser transversal ou longitudinal (NUSSENZVEIG, 2014).

Ao iniciar a atividade, indagamos ao estudante: Você sabe o que é o Som? Se possível, explique de acordo com seu conhecimento. A partir daqui iniciamos nossa intervenção.

Materiais e procedimento para realizar a atividade proposta: Uma mola maluca e uma corda de nylon.

**Procedimento (1)** – Em formação de equipes, dois estudantes seguram as extremidades da mola, esticando levemente, sendo que um dos participantes provoque de leve um pulso nas espiras da mola, soltando-a posteriormente.

Nesse momento da problematização, foi instruído que o estudante desenhasse ou descrevesse o comportamento de uma mola, quanto às grandezas associadas às ondas formadas durante no manuseio do objeto.

**Procedimento (2)** – Em formação de equipe, foi informado aos estudantes que manuseasse uma das pontas fixas da corda, balance-a de forma constante produzindo pulsos de onda.

Durante esse momento da problematização, o estudante foi novamente convidado a desenhar ou descrever o comportamento da corda e suas grandezas associadas às ondas formadas durante no manuseio do objeto.

### **3.3.3 Terceiro Momento – Construção do conhecimento**

Foi relacionado com os conteúdos sobre Ondas Sonoras e as definições

dos conceitos abordados durante a pesquisa e foi dividido em três etapas. Essa etapa foi extremamente importante, pois levam em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes. Para isso, optamos por uma situação-problema que envolveu os conceitos sobre a propagação do som, que buscou promover um pensamento crítico no estudante, e que os mesmos se sentissem desafiados a alcançar a resposta para tal situação.

Como construção do objeto de investigação de uma situação-problema Schmitz (2004), considera as seguintes características:

A proposta de ser percebida pelos alunos como um problema a ser resolvido. Deve ser adaptada ao nível de conhecimento dos mesmos, como também, ser suficientemente instigadora para que os alunos sintam a necessidade de abordá-la. A proposta tem que apresentar um intervalo de tempo disponível e apropriado para a excussão e ser passível de abordagens multidisciplinares e por fim percebido com alguma importância extraclasse (SCHMITZ, 2004, p. 5).

Com a utilização de uma situação que envolva um problema a ser estudado, o processo de aprendizagem passa a ser um ambiente com novas informações, que promove novos modos de perceber, de agir, de pensar e de ser de estudante.

A problematização foi apresentada por meio do roteiro com uma sequência investigativa sobre a propagação do som, nas seguintes etapas: a propagação de sons fortes e(ou) fracos, a propagação do som a pequenas e grandes distâncias, e a propagação do som em ambientes fechados e(ou) abertos. Ao final de cada pergunta o estudante foi convidado a justificar sua resposta.

### **Etapas I: A propagação de sons fortes e fracos**

**Problematização 1:** Observando a figura, o som chega mais ao garoto antes do som fraco?

**Problematização 2:** Analisando a figura, o som chega depois do som fraco?

**Problematização 3:** De acordo com a figura, Os sons fracos chegam ao mesmo tempo?

Esta etapa I da atividade tem como objetivo estudar a intensidade e frequência sonora, propriedade do som que esta relacionada ao volume de

som sistematizando o conteúdo e relacionando com situações do cotidiano do estudante.

### **Etapa II: A propagação do som a grandes pequenas distâncias**

**Problematização 1:** O som ‘vai parando’ à medida que percorre distâncias cada vez maiores?

A etapa II da atividade proposta pretende uma discussão sobre a propagação da velocidade sonora, e a distancia percorrida, relacionando com a intensidade do som.

### **Etapa III: A propagação do som em ambientes fechados e abertos**

**Problematização 1.** O som se propaga com a mesma velocidade em um tubo e no ar livre.

Na atividade da etapa III, tem o intuito de diferenciar a propagação da velocidade do som num tubo, como também no ao ar livre. Nessa problematização os estudantes devem perceber que nos espaços abertos, as ondas sonoras propagam-se sem encontrar nenhum obstáculo, conseqüentemente, a recepção sonora vai corresponde sempre a ondas diretas de uma determinada fonte, já nos espaços fechados, os mesmos deveram perceber que a recepção sonora pode ser alterada pelo ambiente de algumas maneiras, e isso pode ocorrer devido à reflexão ou difusão do som.

#### **3.3.4 Quarto Momento: Atividade experimental demonstrativa – Surgimento das hipóteses**

O quarto momento foi direcionado com base na descrição e realização da atividade experimental, na qual retorna a situação problema, possibilitando o estudante a pensar sobre determinadas hipóteses e a tomar decisões, logo, adquirido autonomia ao longo da abordagem do problema (CAMPOS et al., 2012), provocando-o a dizer o que pensam sobre o conteúdo abordado. Esse momento foi dividido em duas etapas, uma para as demonstrações experimentais e a outra para atividades experimentais realizadas pelos grupos.

Quanto às atividades experimentais demonstrativas Gaspar (2014)

esclarece os seguintes aspectos:

A montagem deve ser levada pronta ou previamente testada para evitar frustrações, o tempo de apresentação deve ser bem menor que a duração da aula, para que seja possível a exposição dos objetos da demonstração e a troca de ideias, quanto à observação deve ter a certeza de que todos os alunos observaram corretamente o fenômeno, caso não, repete-se o experimento quantas vezes forem necessário, a viabilidade o experimento deve ter dimensões adequadas e estar em local de fácil visualização, a eficiência do material do experimento deve apresenta interações sociais mantendo o foco dos objetivos e quando a intervenção do professor terá que ser constante e necessária em atividades cuja manipulação seja perigosa (GASPAR, 2014, p.28).

## **A – Descrição do experimento (1) – Ondas Estacionárias**

Esse tipo de atividade exige uma montagem trabalhosa, mas, é possível fazê-la com o auxílio do professor.

Descrições dos procedimentos são de acordo com o livro didático Compreendendo a Física (GASPAR, 2015).

**Procedimento (1)** – A fonte é um alto-falante, de 12 cm de diâmetro, que vibra quando conectado a um transformador ligado à rede elétrica e ao alto-falante. Na parte central, convexa, do alto-falante uma haste com um furo em cima e soldada embaixo a uma base côncava que se encaixe na parte central convexa do alto-falante.

**Procedimento (2)** – Nas extremidades de uma base de madeira de cerca de 10 cm por 1,0 m, é fixada duas pequenas barras verticais com um orifício na parte superior. Junto a uma dessas barras é fixada o alto-falante. Fixar um fio (pode ser cordonê branco grosso – elástico) à barra vertical junto ao alto-falante. Esse fio passa pelo orifício da haste do alto-falante e pelo orifício da outra barra. Mas atenção! Não é possível prender esse fio diretamente na haste do alto-falante. Todos esses orifícios devem estar à mesma altura.

**Procedimento (3)** – Na extremidade oposta ao alto-falante, fixar uma roldana por onde passa esse fio; nessa extremidade vão ser penduradas cargas( $C$ ) que, por meio do seu peso, vão exercer a tração de módulo  $F$  no fio. Para trações de módulos diferentes, basta optar por pendurar um pequeno balde de plástico, por exemplo —, onde seja possível colocar água, areia ou metal para

se obter a carga que for necessária.

**Procedimento (4)** – O experimental é simples. Liga-se o transformador à rede elétrica: o alto-falante vai começar a vibrar, fazendo a haste vibrar verticalmente. Essa vibração é a frequência excitadora comunicada ao fio — chamada de  $f_e$ .

**Procedimento (5)** – Nesse caso, ela tem valor constante  $f_e = 60$  Hz, que é a frequência da rede elétrica (frequência universal) onde o transformador está ligado. Na sequência, deve-se variar a carga pendurada no fio para variar a tração nele exercida e, desse modo, variar as velocidades e os comprimentos de onda das ondas que se propagam no fio. Quando o comprimento de onda ( $\lambda n$ ) assume valores múltiplos inteiros ou fracionários do comprimento ( $\ell$ ) do fio, aparecem às correspondentes configurações de ondas estacionárias.

**Procedimento (6)** – Representação parcial com os valores de  $n$  e os correspondentes valores de ( $\lambda n$ ) em função de ( $\ell$ ).

**Procedimento (7)** – A frequência da onda estacionária é sempre a mesma (60 Hz) fornecida pelo alto-falante, mas a velocidade e o comprimento de onda variam porque o peso da carga varia e, por consequência, a tração exercida sobre o fio.

## **B – Problema com o uso do experimento – Cordas vibrante e o efeito da ressonância**

No sistema representado na figura abaixo, o fio pode vibrar entre duas extremidades separadas pela distância,  $\ell = 0,70$  m, e com uma frequência vibratória de 60 Hz.

De acordo com o experimento sobre ressonância, foi observado e proposto uma solução para os questionamentos a seguir:

- a) Observar o experimento, apresentar o resultado do comprimento de onda durante a manipulação.
- b) Representar do gráfico a frequência de onda produzida pelo experimento, indicando o: sentido e velocidade, a amplitude, o comprimento da onda, os

ventres e os nós.

**c)** Indicar as frequências naturais de oscilação dessa corda, quando submetida a uma tração de módulo igual a 200 N; com uma massa de  $\Delta m = 200\text{g}$ , para  $n_{1,2}$ .

### **C – Prática experimental – Habilidades e competências**

Já as atividades experimentais desenvolvidas por estudantes ou grupos, Gaspar (2014) complementa que a viabilidade na montagem deve ter a verificação do material, com tempo disponível para a complexidade das etapas e possibilidade de êxito, com uma apresentação bem delimitada e por fim, o professor deve ter prontidão e preparo para responder aos questionamentos que devem surgir durante manipulação do experimento.

O experimento manipulado durante a etapa fornecerá um mapeamento da intensidade sonora, fontes de movimentos e seus efeitos. Ele permitirá estudar a relação entre as diferentes representações de uma Onda Sonora e a intensidade do som audível.

### **D – Descrição do experimento (2) – Harpa de ar**

Apesar de chamada harpa de ar devido ao aspecto final da sua montagem, é na verdade, uma espécie de órgão com tubos que —locam sozinhos— pode-se dizer que esses tubos emitem som continuamente, pois reforçam o som ambiente, que sempre existe. No entanto, para que você possa ouvi-los, é preciso colocar a orelha junto à extremidade (em geral a inferior) de cada tubo; portanto, nesse instrumento musical só é possível ouvir um som ou nota musical de cada vez.

**Procedimento (1)** – Para construir o instrumento musical, é preciso, de início, escolher quantas e quais notas musicais queremos que sejam ouvidas, pois para cada nota será preciso um tubo de determinado comprimento.

**Procedimento (2)** – Apresentação das notas musicas de uma oitava da escala cromática em valores decimais, com dois algarismos significativos.



**Procedimento (3)** – Após a escolha das notas musicais, foi necessário calcular o comprimento dos tubos correspondentes às notas desejadas utilizando a expressão:  $L = v/2f$

**Procedimento (4)** – Cada tubo passa a ter, então, uma extremidade curva que também deve ser considerada na medida do comprimento, pois o comprimento deve ser medido de abertura a abertura.

**Procedimento (5)** – Construídos os tubos, basta fixá-los em um suporte ou cavalete vertical ou ligeiramente inclinado com a abertura inferior a uma altura conveniente para serem ouvidos, o que deve ser determinado pelo local onde será colocado e o público ao qual se destina.

**Procedimento (6)** – Agora, é marcar em cada tubo a nota musical correspondente, mas o é importante ressaltar que esse, é apenas um valor de referência, pois, como vimos na tabela anterior, essa nota depende da frequência, que, por sua vez, depende da velocidade do ar, que varia com a temperatura ambiente.

## **E – Atividade exploratória**

1. Depois de construída, leve a harpa de ar para um local sem barulho dentro do espaço escolar, fixe-a e na parede, se certifique que esta bem segura. Logo, encoste o ouvido na abertura da extremidade inferior e descreva o que você o escutou durante a ação.
2. Leve a harpa de ar para um local com mais barulho dentro do espaço escolar, fixe a harpa novamente, certifique que esta bem segura, encoste novamente o ouvido na abertura da extremidade inferior e descreva o que você o escutou durante a ação.
3. Agora, desenhe e descreva o comportamento da onda sonora nos tubos com as extremidades abertas.

Para todos os momentos descritos no percurso desta metodologia, a observação sistemática dos alunos será fundamental para o desenvolvimento

da pesquisa, no sentido de que, a partir das observações de campo que se evidenciará as reações, interesses e participações nas atividades desenvolvidas no contexto da sala de aula.

Evidentemente, essa não será uma tarefa fácil, uma vez que ao mesmo tempo o pesquisador, é o professor, o observador e o avaliador das atividades dinamizadas e dos materiais que serão produzidos nas aulas propostas.

### **3.5.5 Quinto Momento: Avaliação das atividades abordadas**

Por fim, foi destinado à avaliação da pesquisa. Constando um questionário aberto de opinião que foi utilizado no sentido de averiguar as reações dos alunos quanto à realização e utilização das atividades investigativas e uma redação para que o estudante expressasse sua avaliação sobre a aprendizagem em relação ao conteúdo relativo a Ondas Sonoras e o uso de experimentos no processo de aprendizagem.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa foi estruturada em torno de uma sequência didática investigativa organizada em cinco etapas desenvolvidas nos contra turnos dentro da própria escola, e contou com a presença de 35 estudantes do 2º ano do Ensino Médio, com duração de 50 minutos cada aula, por cerca de quatro semanas. Durante as atividades correspondentes a sequência didática e para realização dos experimentos em laboratório, os estudantes foram distribuídos por equipes.

Durante a aplicação do nosso trabalho de pesquisa, recolhemos materiais para posteriores análises e discussões. Os materiais foram desde impressões pessoais e opiniões dos estudantes sobre as aplicações das atividades investigativas, como a descrição da atividade e conhecimento prévio do estudante, a situação que envolve o problema, logo a construção do conhecimento, as atividades experimentais demonstrativas com o surgimento das hipóteses, com também, a prática experimental com o uso das habilidades e competências dos estudantes durante a viabilidade na montagem do experimento.

### 4.1 Primeiro momento das atividades investigativas

A aula foi iniciada com o convite aos estudantes para participarem das atividades de pesquisa e com a aplicação do primeiro questionário elaborado com três questões semiabertas, tendo como objetivo, conhecer as concepções prévias dos estudantes.

A primeira pergunta da atividade investigativa procurou fazer uma sondagem sobre o universo dos conhecimentos espontâneos que os estudantes dispunham sobre o *Som*. Na sequência da atividade foram apresentados outros dois procedimentos com manipulação de instrumentos didáticos para resolver um problema proposto. É nessa etapa que os estudantes passam pela ação e reflexão dos fenômenos apresentados.

Esta primeira análise teve como propósito identificar as concepções prévias dos estudantes e saber quais às principais dificuldades apresentadas

por eles. Optamos por analisar as três questões da primeira atividade investigativa.

Nesta seção apresentamos uma análise por meio do Quadro 1, referente às respostas dos estudantes a 1ª problematização. Para isso, o quadro apresenta algumas informações, que vão desde as categorias de respostas dadas pelos estudantes sobre o conceito do *Som*, o quantitativo de estudantes por respostas (ER) e o percentual de estudantes por resposta (%).

Tabela 1. Respostas referentes à (1ª Problematização).

<b>Conhecimento Prévio</b>			
Pergunta. Você sabe o que é o Som?			
Se possível, explique de acordo com seu conhecimento.			
<b>Categoria das respostas</b>	<b>Estudantes</b>	<b>ER</b>	<b>%</b>
1. Movimento ondulatório.	E12, E13, E14, E17, E18, E19, E20, E21, E23, E24 e E25	11	31,4
2. Movimento vibratório por meio de uma partícula.	E3, E7, E8, E16, E26, E27, E29, E31, E32 e E35	10	28,5
3. Ondas capitadas pelo ouvido que é uma vibração que o tímpano capita.	E2, E4, E22, E30, E33 e E34	6	17,1
4. É uma vibração sonora que tem origem numa fonte.	E1, E6, E10, E11 e E28	5	14,2
5. Um tipo de onda.	E5, E8 e E15	3	8,5
<b>Total</b>	—————	—————	<b>100</b>

Fonte: Arquivo do autor, dados para fins da pesquisa, TAVARES (2018).

Analisando as respostas, observa-se que estão relacionadas a diversos conceitos como: movimento ondulatório, movimento vibratório, capitação de ondas pelo ouvido, vibração sonora e um tipo de onda. Conceitos corretos, porém incompletos e relacionados com o cotidiano do estudante. Mas, apesar de não apresentarem o conceito científico esperado, as denominações apresentadas estão ligadas de formas diferentes, ao conceito científico.

Observa-se que 31,4% dos estudantes, afirmaram que o *Som* é um movimento ondulatório, porém não houve informações conceituais das

características desse movimento ondulatório. Para 28,5% dos estudantes, o *Som* é um movimento vibratório realizado por uma partícula, se aproximando do conceito, mas sem apresentar definição de suas características ou propriedades e persistindo com conceito de partícula.

Ainda na primeira etapa da atividade de sondagem 17,1% dos estudantes apresentam a concepção de que o *Som* é uma onda capacitada pelos ouvidos, mas sem explicar o que é uma onda nem com se produz; 14,2% relacionaram suas respostas a um tipo de vibração que tem origem em algum tipo de fonte, relacionando a característica de intensidade de energia de vibração de uma fonte, porém não apresentou qual seria o tipo de fonte que emite essa energia de vibração; 8,5% relacionaram o *Som* a um tipo de onda, demonstrando uma concepção incompleta do conceito.

#### **4.2 Segundo momento das atividades investigativas**

A partir dessa etapa, a professora pesquisadora fez uma intervenção didática no sentido de complementar os conhecimentos prévios sobre as características e propriedades do *Som*, corrigindo algumas concepções de senso comum. Além disso, verificou-se que a variação no sistema de construção dos estudantes, no que se diz respeito ao conteúdo, foi bastante significativa, uma vez que se aproximaram razoavelmente do conceito científico. Para isso, durante as atividades, os mesmos tiveram a oportunidade de pesquisar, ler, discutir, realizar experimentações e refletir sobre a definição.

A análise a seguir, foi direcionada em torno da familiaridade com as características das atividades de conhecimento físico, na qual buscou ampliar ainda mais a compreensão dos estudantes sobre o modelo científico para explicação do *Som*.

Durante esta segunda etapa da atividade, a turma foi dividida em equipes e na mesa de cada equipe foi disponibilizado o material experimental necessário para a compreensão do problema exposto. Nesse momento, aconteceu o encontro com a atividade, através de questionamentos e discussões, utilizando materiais didáticos para o auxílio. O objetivo foi direcionar os estudantes a refletirem sobre suas concepções, contrapondo com

as cientificamente aceitas, investigando os diversos conflitos cognitivos.

Para esta análise, optamos destacar apenas três relatos, uma vez que, ficaria extenso analisar trinta e cinco informações apresentadas pelos participantes da pesquisa. Os estudantes foram convidados a manipular materiais simples; como molas malucas e cordas de nylon, presentes no cotidiano, e em seguida foi proposto que realizassem dois procedimentos com os materiais.

O primeiro procedimento propôs que, dois estudantes segurassem as extremidades de uma mola, esticando levemente, sendo que um dos participantes provocasse levemente um pulso nas espiras da mola, soltando-a posteriormente. E no segundo procedimento foi proposto que o estudante com uma das pontas fixas da corda, balançasse a corda de forma constante produzindo pulsos. Para cada um desses procedimentos, os participantes apresentam um desenho ou descrição do comportamento da mola e da corda quanto, às grandezas associadas às ondas formadas durante o manuseio do objeto. Figura 8.

Figura 8. Manipulação dos materiais pelos estudantes.



Fonte: Tavares (2018).

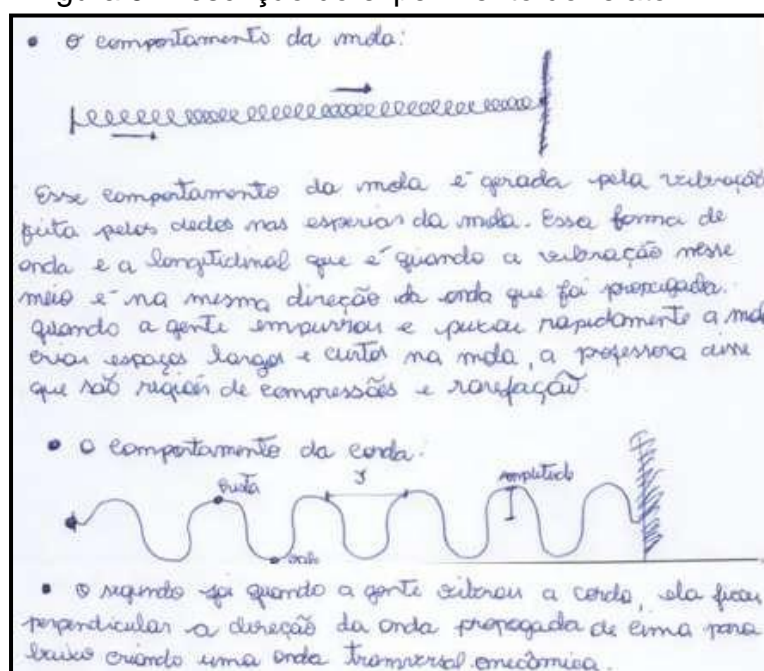
É nesse momento que as atividades experimentais devem ultrapassar uma simples manipulação de materiais, (CARVALHO, 2010, p. 39) as atividades devem ter o objetivo de levar o estudante a compreender o fenômeno e criar novos significados para explicar o mundo ao seu redor.

Para esse bloco de discussões, tomamos como análises os relatos de três estudantes, para Carvalho (2010) os relatos são passos na construção dos conceitos, pois se obtêm um retorno da aula e da compreensão dos estudantes, mesmo eles não apresentem explicações completas, ou sem explicação alguma do que tenha compreendido.

## RELATO 1

Ao analisar o relato, percebemos que o estudante descreveu os dois tipos de comportamentos que ocorreram ao manusear a mola e a corda durante a atividade, o primeiro se referiu as vibrações realizadas nas espirais da mola com uma perturbação gerada em um ponto do meio, nas regiões de compressão e rarefação, indicando ser uma onda longitudinal. Ainda no relato, o mesmo descreveu o comportamento dos pulsos de onda numa corda, conceituando-a quanto a sua forma e natureza. Figura 9.

Figura 9. Descrição do experimento do relato 1.



Fonte: Tavares (2018).

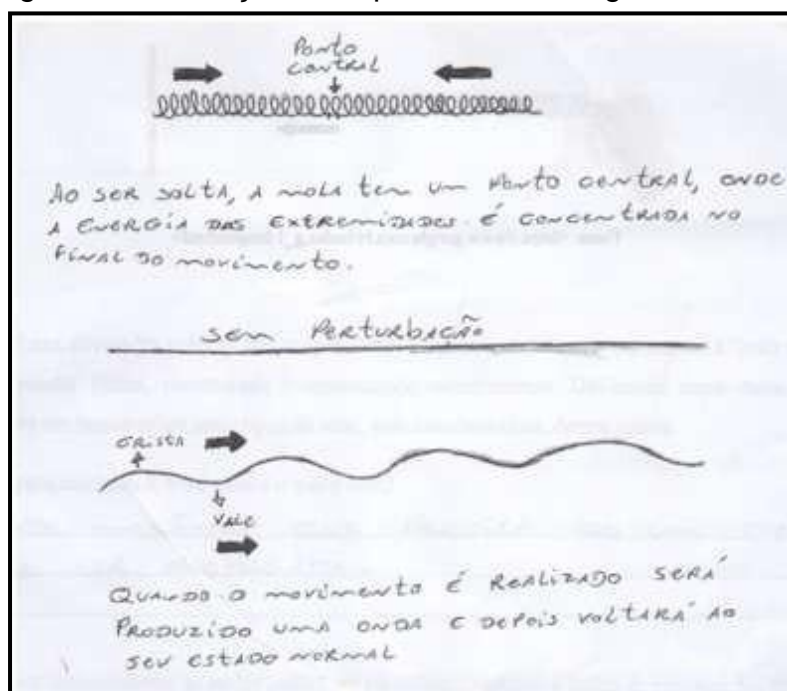
Do ponto de vista conceitual, o estudante apresentou definições sobre o movimento da mola, que foi executado na mesma direção em que a mola está estendida, dando origem ao pulso longitudinal e também descreveu o pulso que se propaga horizontalmente, apresentou uma informação de que cada ponto da mola executa um movimento oscilatório vertical, que gera o pulso,

produzida na extremidade da corda, de forma perpendicular ou transversal à direção em que ela se propaga.

## RELATO 2

Este relato é menos extenso que o primeiro e apresenta uma descrição mais direcionada a execução da atividade. O estudante relata que ao soltar a mola, a mesma apresenta um ponto central, e que esse ponto é a energia formada no pulso, que esta concentrada nas extremidades da mola, no final do movimento. Em relação às ondas formadas pela corda, o estudante desenha duas cordas na Figura 10, sendo uma sem perturbação e a outra quando movimentada de baixo para cima, descrevendo que será produzida uma onda e que, depois de algum tempo voltará ao seu estado normal.

Figura 10. Descrição do experimento do segundo relato.



Fonte: Tavares (2018).

Conceitualmente o estudante organizou o conhecimento, pela observação do experimento, ou seja, à medida que o pulso se propagou, a mola se deforma e depois volta à posição inicial, ocorrendo uma deformação elástica, que está associada uma energia potencial elástica fornecida à mola no pulso inicial.

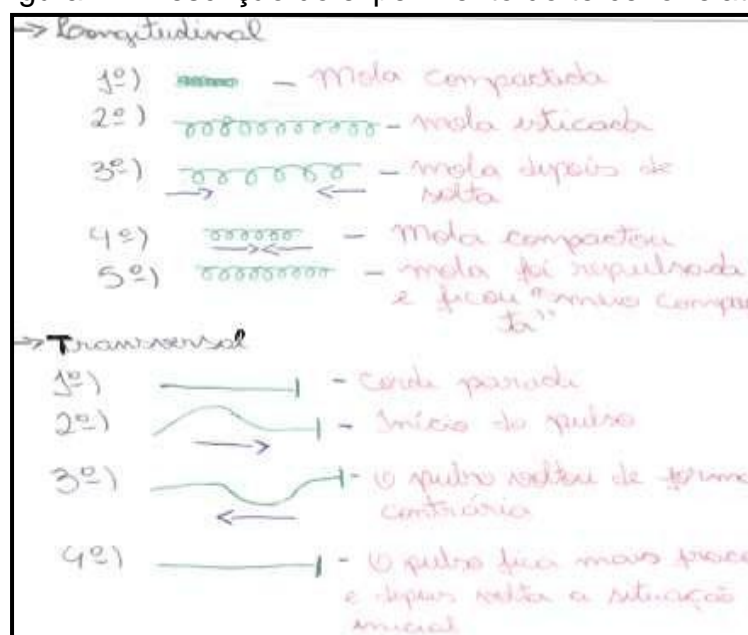


### RELATO 3

O terceiro relato foi bastante resumido, o estudante foi direto na informação de que a mola produzia o pulso de ondas quando se propagava. Para isso, o participante elencou cinco estágios da mola, observado durante a manipulação do experimento; cada estágio com um desenho, no qual o primeiro a mola era compactada, no segundo a mola era esticada, no terceiro a mola era solta, acontecendo à liberação de energia, quarto estágio a mola se compactava e no último a mola repulsava e compactava até não haver mais transporte de energia, definindo como uma onda longitudinal.

No segundo momento do experimento, o participante representou em quatro etapas na Figura 11, a primeira com a corda parada, a segunda iniciando o pulso, a terceira o pulso voltando de forma contrária e a última o pulso de onda fraco, voltando à situação inicial.

Figura 11. Descrição do experimento do terceiro relato.



Fonte: Tavares (2018).

Nesse relato, o estudante apresentou um esquema com desenhos e informações retiradas do momento do experimento, de forma bem direta sugeriu que os pulsos que se propagam em cordas refletem-se mantendo a mesma forma do pulso original, que conceitualmente é chamado de pulso incidente. Outra observação do estudante foi à reflexão que ocorre sem

inversão de fase, ou seja, o pulso refletido tem a mesma fase do pulso incidente ao chegar e ao voltar, mantendo a crista da onda para cima.

Na próxima etapa, estávamos interessados em investigar as situações de problemas reais, discutindo a importância dos fenômenos sonoros e o modelo de ondas mecânicas por meio de uma sequência didática de ensino-aprendizagem sobre a *propagação dos sons fortes e fracos*; a *propagação do som a pequenas e grandes distâncias*, e a *propagação do som em ambientes fechados e abertos*, contribuindo para a construção do conhecimento sociointerativo.

### **4.3 Terceiro momento das atividades investigativas**

Durante este momento, o encontro com os conceitos em torno da propagação do som, buscou promover um pensamento crítico no estudante, de modo a sentirem-se desafiados a construir uma resposta para cada situação, ou seja, solucionar o problema, para o qual foi convidado.

De acordo com Vigotski apud Gaspar, (2014, p. 30) o estudante aprende mais quando em colaboração com um parceiro mais capaz a prática pedagógica deve ser elaborada para que o estudante resolva um novo problema e que professor possa acompanhar a resolução passo-a passo, interagindo com eles na apresentação do enunciado, no encaminhamento da solução, na sugestão de procedimentos de análise de cálculos e até na discussão dos resultados. Carvalho (2010), acrescenta que as atividades com o uso de situação-problema, levam os estudantes a compreenderem o fenômeno, como também, oportuniza a vivenciarem novos significados para a explicação do mundo ao seu redor.

Consideradas essas premissas, o objetivo da atividade foi relacionar o conceito de ondas sonoras com suas aplicações no cotidiano do estudante. Esta etapa ocorreu numa aula ministrada após o levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes e intervenções mais sólidas da professora sobre o conteúdo abordado. Neste novo momento, foram utilizadas perguntas em aberto sobre cada tipo de propagação do som (Figura 12).

Figura 12. Discussão por equipes sobre a propagação do som forte e fraco.



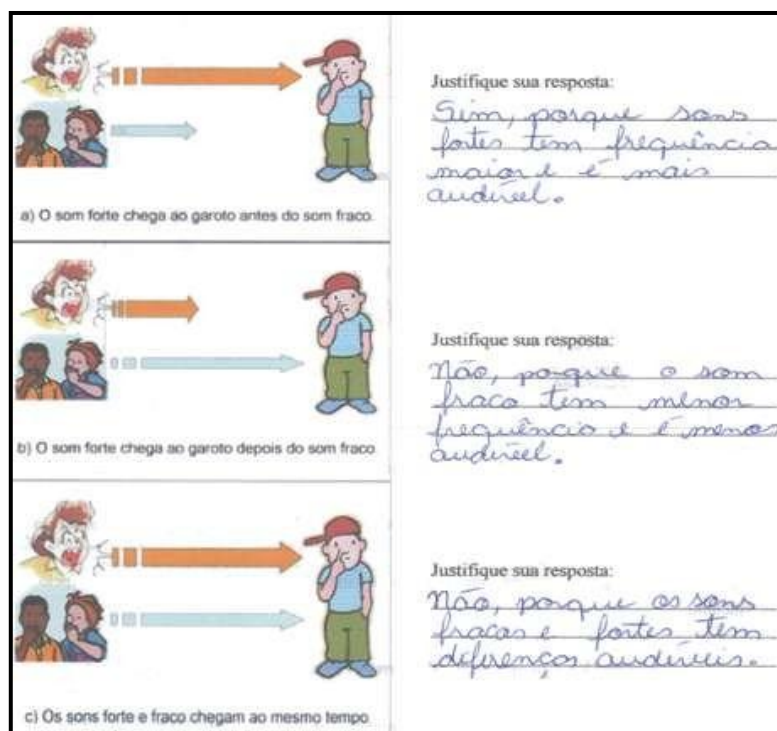
Fonte: Tavares (2018).

Após isso, os estudantes participaram de uma discussão sobre os conceitos científicos de ondas sonoras, suas características, propriedades e contribuição no cotidiano social.

Optamos por apresentar nesse bloco a primeira situação problema da sequencia de atividades investigativas, sobre os tipos de propagação do som. Escolhemos analisar duas interpretações dos trinta e cinco participantes da pesquisa, e identificamos como estudante (A) e estudante (B).

Etapa (I) problematização: investigar se um som forte viaja mais rápido do que um som fraco. A pergunta relacionada ao problema proposto foi: De acordo com a figura analise e responda; o *‘som forte chega ao garoto antes do som fraco’?*

Figura 13: Interpretação do estudante (A), propagação de sons fortes e fracos



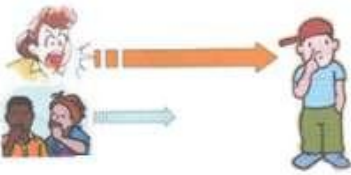


Fonte: <[www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2011\\_Sergio\\_Tobias/material\\_inst\\_rucional.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Sergio_Tobias/material_inst_rucional.pdf)>. Adaptado Tavares, 2018.

Logo após o término da discussão com os estudantes, foi solicitado que os mesmos lessem o material distribuído e justificassem cada uma das situações propostas. Recortamos a justificativa do estudante (A) Figura 13 e analisamos as três explicações para cada situação de propagação do som.

Na opção da (letra a) o estudante responde que *-Sim*, o som forte chega ao garoto antes do som fraco, afirmando que tal fenômeno, ocorre devido ao som forte ter frequência maior do que o som fraco e por ser mais audível.

Já na opção da (letra b) o estudante responde que *-Não*, o mesmo afirma que, o som forte que chega ao garoto, não chega depois do som fraco, pois, o som fraco, tem menor frequência, logo menos audível. Na opção de (letra c) o estudante ao comparar e a pergunta e a figura responde que *-Não*, os sons fortes e fracos, não chegam ao mesmo tempo, ambos tem diferenças audíveis, logo não tem mesma intensidade.

Figura 14: Interpretação do estudante (B), propagação de sons fortes e fracos.

 <p>a) O som forte chega ao garoto antes do som fraco.</p>	<p>Justifique sua resposta:</p> <p><i>A frequência do som tem velocidade maior chegando ao menino mais rápido e com velocidade maior.</i></p>
 <p>b) O som forte chega ao garoto depois do som fraco.</p>	<p>Justifique sua resposta:</p> <p><i>Sem, pois sua frequência de som é menor do que do som fraco.</i></p>
 <p>c) Os sons forte e fraco chegam ao mesmo tempo.</p>	<p>Justifique sua resposta:</p> <p><i>As frequências são iguais, com isto chegam ao mesmo tempo ao menino.</i></p>

Fonte: <[www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2011\\_Sergio\\_Tobias/material\\_inst\\_rucional.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Sergio_Tobias/material_inst_rucional.pdf)>. Adaptado Tavares, 2018.

Em relação às justificativas dadas pelo estudante (B) na opção de (letra a) se o som forte chega ao garoto antes do som fraco, o mesmo respondeu que *a frequência do som tem velocidade maior, portanto, chega ao menino mais rápido e com velocidade maior.*

Na justificativa da (letra b) o estudante afirma que *a frequência do som mais forte ficou menor, logo, o som mais fraco chega primeiro ao menino.* Já na justificativa da (letra c) o estudante descreve que *as frequências são iguais tanto para o som forte, quanto para o som fraco e que as duas chegaram ao mesmo tempo.*

Notamos que as respostas do estudante (A) e estudante (B) possuem a concepção de que o som está relacionado apenas com a velocidade e a frequência, diferenciando um som forte de um som fraco.

Os estudantes não mencionaram que a intensidade sonora, é quem permite essa diferença entre o som fraco de (baixa intensidade) e do som forte de (alta intensidade), apresentando dificuldades, os mesmos não relacionaram

a intensidade com a energia de vibração da fonte que emite as ondas sonoras.

Na opinião de Carvalho (2010, pg. 30), as questões que provocam esse tipo de conflito cognitivo, contribuem para um melhor entendimento de por que os estudantes erram ou fragmentam suas respostas e, mesmo o professor não aceitando esses conflitos, deve trabalhar com eles, transformando-os em situações de aprendizagem.

Na sequência das atividades Figura 15 e dando continuidade às situações-problemas, foi sugerido que os estudantes levantassem novas hipóteses e que pudessem resolvê-las durante a fase da explicação e da formação de um conceito.

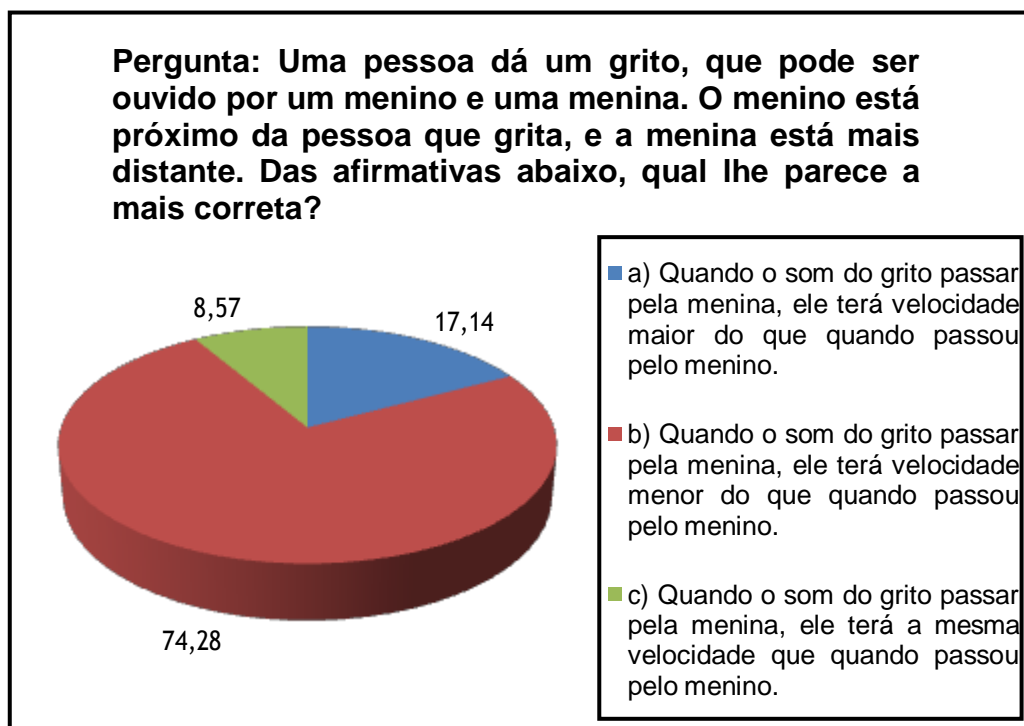
Figura 15. Discussão por equipes sobre a propagação do som a grandes e pequenas distâncias.



Fonte: Tavares, 2018.

Na etapa (II), apresentamos a propagação do som a grandes e pequenas distâncias, com a seguinte problematização: *O som 'vai parando' à medida que percorre distâncias cada vez maiores?*

**Gráfico 1.** Análise realizada a partir dados fornecidos pelas respostas do problema proposto sobre a distância que o som percorre de um ponto a outro.



Fonte: Arquivo do autor, dados para fins da pesquisa, TAVARES (2018).

Analisando as respostas dadas pelos estudantes nessa etapa da atividade, observou-se que eles relacionaram a distância entre as duas pessoas com a velocidade do som. Observa-se que 74,28% dos estudantes, afirmam que o som do grito quando passar pela menina, terá velocidade menor do que quando passou pelo menino. Já 17,14 % dos estudantes possuem a concepção de que o som do grito ao passar pela menina terá velocidade maior do que, quando passou pelo menino. Enquanto 8,57% dos estudantes acreditam que o som do grito que passa pela menina, terá a mesma velocidade do som do grito quando passou pelo menino.

Foi percebido como os estudantes já começam a modificar seus conceitos, distanciando-se do senso comum. Além disso, verifica-se que a variação no sistema de construção dos estudantes, no que se diz respeito aos tipos de propagação do som a grandes e pequenas distâncias, foi bastante significativa, aproximando-se do conceito científico.

Nesse último bloco de atividades, destinado a etapa (III), sobre a propagação do som em ambientes fechados e abertos, foi sugerido o seguinte

problema: O *‘som se propaga com a mesma velocidade em um tubo e no ar livre’?*

Nesta etapa, os estudantes ainda em grupos Figura 16, participaram da atividade em dois momentos. O primeiro momento ocorreu com a solução do problema exposto, por meio de uma discussão que envolveu a escolha da alternativa julgada como correta, logo após, a uma breve exposição das definições sobre o som em ambientes abertos e fechados.

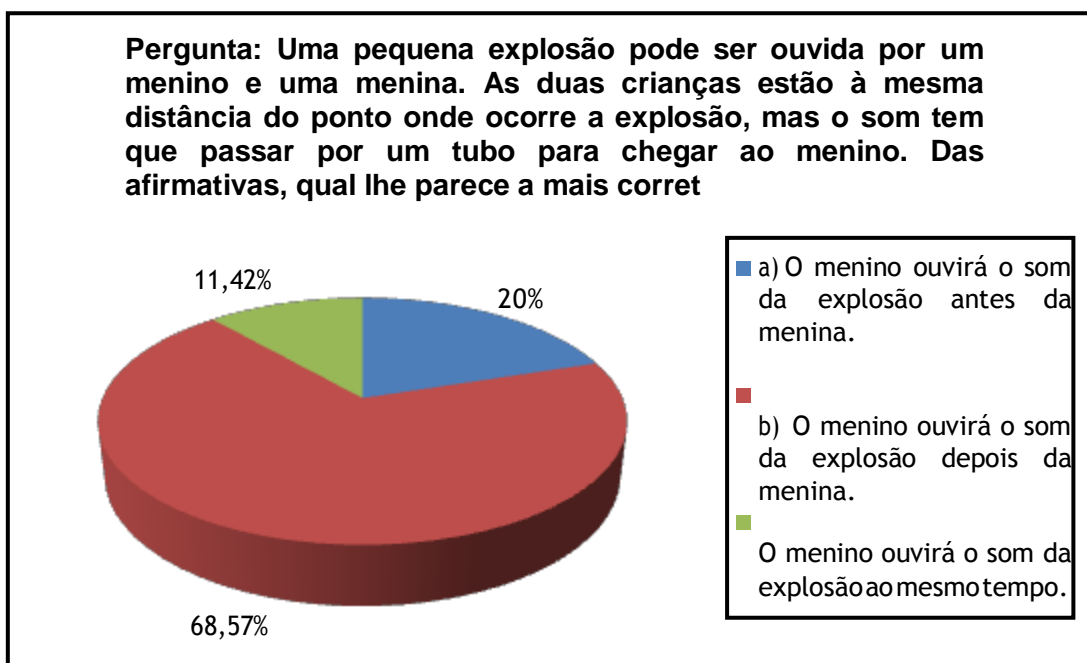
Figura 16: Discussão por equipes sobre a propagação do som com a mesma velocidade num tubo e no ar livre.



Fonte: Tavares (2018).



**Gráfico 2.** Dados do problema proposto sobre a propagação do som em ambientes fechados e abertos.



Fonte: Arquivo do autor, dados para fins da pesquisa, TAVARES (2018).

Percebe-se que 68,57%, mais da maioria dos estudantes, afirmam que o menino ouvirá o som da explosão depois da menina. Outros 20% afirmam que O menino ouvirá o som da explosão antes da menina. Já 11,42% dos estudantes compartilham a ideia de que menino ouvirá o som da explosão no mesmo tempo da menina.

Os 68,57% dos estudantes relacionaram a resposta ao comportamento do som em ambientes abertos e fechados, analisando se a velocidade do som no interior do tubo era maior, igual, ou menor do que a velocidade do som no ar. Depois de uma boa discussão, chegaram à conclusão de que na passagem pelo tubo o som perde velocidade, de modo que, a velocidade do som no ar será maior do que no tubo. A propagação do som no tubo perde velocidade devido à coluna de ar onde são produzidas; isso acontece por meio da superposição e da pressão gerada em uma das extremidades do tubo.

A cooperação entre os estudantes é algo que merece destaque neste processo e a garantia de um tempo para a comunicação, reflexão, e argumentação entre os participantes, é fundamental. Nessa questão, sentindo-se desconfortáveis com a concepção de que a velocidade som é menor dentro

de tubos, os próprios estudantes decidiram reproduzir o evento na prática, idealizando um experimento para tentar confirmar empiricamente o que haviam respondido teoricamente. Para reproduzir o fenômeno, utilizaram um tudo de PVC, que media 50 cm de comprimento Figura 17, procurando identificar alguma diferença no intervalo de tempo a ouvir uma batida de palmas a mesma distância.

Figura 17. Reprodução do fenômeno num tudo de PVC com o estalo das mãos.



Fonte: Tavares (2018).

Momento em que o estudante se dedica à própria compreensão de uma ideia e consolida a estrutura mental que lhe permitiu compreendê-la (GASPAR, 2014).

Diante esses resultados, podemos aproveitar as atividades de conhecimento físico para aprimorar situações familiares para os estudantes, estimulando-os a pensar sobre o seu mundo físico e a relacionar as ideias desenvolvidas em sala de aula com o seu cotidiano.

#### **4.4 Quarto momento das atividades investigativas**

Esta fase foi dedicada as atividades experimentais demonstrativas e práticas. A utilização de hipóteses foi admitida como recurso pedagógico

eficiente para a promoção de interações sociais (Gaspar 2014, p. 29). Quanto mais elas forem utilizadas, melhor será a construção cognitiva e a compreensão conceitual do fenômeno físico abordado em sala de aula.

Nessa etapa iremos apresentar um percurso metodológico com base na descrição e realização da atividade experimental sobre *cordas vibrantes* e o *efeito da ressonância*, possibilitando o estudante pensar sobre determinadas hipóteses e a tomar decisões, adquirido autonomia ao longo do processo de aprendizagem.

Nesse sentido, vamos discutir o compartilhamento das perguntas propostas e a linguagem utilizada no desenvolvimento cognitivo das estudantes. Para isso, tomamos como base a atividade de demonstração apresentada pela pesquisadora que levou em consideração os seguintes aspectos: a montagem, o tempo de apresentação, observação dos resultados, visibilidade demonstrativa, eficiência do experimento e a intervenção da professora.

### **A montagem**

Para essa etapa da aula demonstrativa tomamos como referencia a sequencia de atividades práticas do livro didático adotado pela rede estadual de ensino – *Compreendendo a Física Vol. 2* do autor Gaspar, 2016. A atividade introduz os conceitos de ondas estacionárias, apresentando procedimentos de manipulação previamente testados.

Para a construção do aparato experimental, seguimos as instruções do livro didático, agregando a essa prática, uma sequencia com três problemas relacionados ao *comprimento de onda durante a manipulação*, a *representação gráfica da frequência de onda* e a *identificação das frequências naturais de oscilação da corda e sua tração*.

### **O tempo de demonstração do experimento**

Durante esta etapa, procuramos expor o objeto da demonstração com um menor tempo, focando o maior tempo para manipulação das equipes e trocas de idéias Figura 18.

Figura 18. Demonstração do aparato experimental.



Fonte: Tavares (2018).

### A observação dos resultados

Nessa fase, tivemos o cuidado necessário de que o estudante observasse corretamente o fenômeno apresentado durante a manipulação do objeto Figura 19, e havendo uma necessidade de nova observação, todo o processo foi refeito como embasamento para garantir os efeitos esperados.

Figura 19. Observação dos resultados do aparato experimental.



Fonte: Tavares (2018).

### **A visibilidade demonstrativa e eficiência do experimento**

Neste momento a preocupação foi de que o aparato fosse visualizado nos seus mínimos detalhes. Nesse sentido foi feita uma explicação de cada uma das partes que compunham o aparato. Essa explicação foi fundamental, para que o experimento não apresentasse problemas, e as equipes pudessem visualizar o fenômeno da ressonância em uma corda fixa nas duas extremidades com muita clareza. A demonstração ficou rica em detalhes Figura 20, e os estudantes visualizaram a formação da onda, e puderam solucionar as três questões propostas, apresentando interações sociais e mantendo o foco na atividade.

Figura 20. Visibilidade e eficiência do aparato experimental.



Fonte: Tavares (2018).

### **Intervenção da professora**

Nessa etapa, intensificamos a nossa intervenção no sentido de construir e solidificar ainda mais o conhecimento sobre o conteúdo: ondas estacionárias em uma corda fixa nas duas extremidades. Os estudantes exploraram bem o experimento Figura 21, e com liberdade intelectual, expuseram suas ideias e questionamentos sobre a importância de uma aula motivadora e diferenciada.

Figura 21. Visibilidade do aparto experimental.



Fonte: Tavares (2018).

Naturalmente que, durante a manipulação do experimento, houve alguns questionamentos. Como vamos encontrar o comprimento de ondas, formado pelas quantidades de ondas observadas no experimento? Essa pergunta foi relacionada a (letra a) do problema.

Os grupos já haviam explorado o experimento, sua funcionalidade e material a se utilizado na manipulação, logo comentei de forma a ajudar solucionar o problema, de que, para encontrar o comprimento de onde, a corda deveria ser submetida a uma força de tração modular.

- Logo um estudante perguntou: Professora, o que é uma força de tração modular e onde eu a identifico no experimento?
- Força modular é a força de tração aplicada sobre cordas ou fios. Nesse caso do experimento você encontra a força de tração por meio de um objeto. Você observou qual foi o objeto que utilizei na demonstração do experimento?
- Sim, a senhora usou um peso que media 100 gramas, não foi isso?

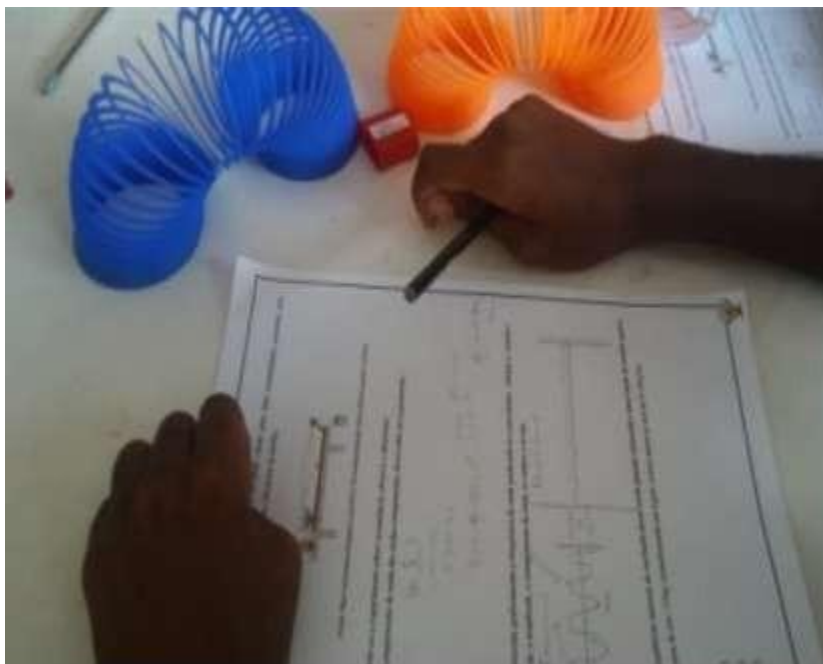
- Sim, isso mesmo. No experimento concluímos que a tração da corda é o próprio peso do objeto, que foi uma barra de ferro que pesava 100 gramas.*
- Uma dúvida, contestou outro estudante: então para a gente encontrar o comprimento de onda devemos colocar, agora, o peso de 200 gramas?*
- Sim, vocês irão observar a vibração da corda. Quando ligarem a fonte vibratória, que nesse caso é o alto-falante, vocês devem anotar quantos modos de vibração a corda apresenta.*
- Ah! Então eu vou poder calcular o comprimento de onda, quantas vezes a corda ressonar, ou vibrar, é isso?*
- Sim, e pra cada alteração no peso do objeto, a força de tração aumentará.*
- Vou fazer agora mesmo, quero vê se vou acertar! (risos)*

Nesse ponto da atividade os estudantes foram deixados a sós por um tempo, até para solucionar a questão, uma vez que já estavam motivados a achar o valor do comprimento de onda. Esse processo interpessoal o estudante reproduz a manipulação, porém de maneira que se construa e interiorize uma nova estrutura de pensamento.

Do ponto de vista vigotskiano, essa reprodução torna o estudante capaz de solucionar passo a passo o problema, interagindo entre eles na apresentação do enunciado, no encaminhamento da solução, na sugestão de procedimentos e análise de cálculo, como também, na obtenção dos resultados.

Por outro lado, em alguns momentos, o estudante necessita da ajuda do professor para preencher as lacunas, para mostrar as contradições e lavá-los a tomar consciência da falta de coordenação entre as diversas situações (CARVALHO, 2010; CARVALHO et al., 1992).

Figura 22. Interação com as atividades propostas.



Fonte: Tavares (2018).

Na sequência do problema proposto no item de (letra b) os estudantes foram convidados a representarem o gráfico da frequência de onda produzida durante a manipulação do experimento, na função de associarem os vetores de movimento das ondas produzida.

Nessa parte da atividade, os estudantes foram bem espontâneos na hora de solucionar o problema, uma vez que representar os componentes de da onda visualizada no experimento era algo direto e prazeroso.

Ao solucionar o problema, não houve questionamentos, eles se sentiram seguros em realizar a atividade sem a necessidade de consultar a professora. O que provocou uma ação razoável e bastante confortável.

Nesse último bloco, analisamos as respostas da (letra c) do problema proposto, que indagava sobre as frequências naturais de oscilações da corda quando submetida a força de atração, durante o manuseio dos estudantes.

Oposta à interação espontânea da (letra a) e (letra b), esta apresentou uma dificuldade na hora da resolução. Os estudantes apresentaram dúvidas em definir as variáveis da equação utilizada para encontrar as frequências naturais de uma onda.



Nesse momento, alguns estudantes em dúvida com os companheiros, questionaram como era o cálculo matemático pra encontrar essas frequências naturais e como definir cada componente da expressão de vibração das frequências naturais?

Diante da situação, foi necessário intervir no sentido de aprofundar um poucos mais os conceitos e o formalismo associado ao modelo das ondas estacionárias esclarecendo o significado das variáveis que compõem a expressão e como utilizá-las na obtenção da resposta no problema.

Logo surgiram os primeiros questionamentos.

– Professora, então para calcular as frequências  $n_1$ ,  $n_2$  e  $n_3$  vai ter que precisar de uma fonte, é isso?

– Sim, é uma frequência constante, você sabe qual é essa fonte?

– Seria o alto-falante!

– E qual é o papel do alto falante?

– É de fazer a corda vibrar, professora?

– Sim, correto! Mas, você observou na manipulação do experimento que existe um agente externo que traciona a corda e que essa corda apresenta uma densidade linear?

– O agente externo da tração eu sei, é o peso que a gente usou pra encontrar o comprimento de onda na outra questão, mas não sei como se faz a densidade da corda, eu não tenho a mínima ideia (rsrsrsr).

– Veja: a densidade linear é a relação entre a massa ( $m$ ) e o comprimento ( $L$ ) da corda, logo, dentro da equação é representada pela letra ( $\mu$ ).

– Então professora, toda vez que eu colocar um peso diferente, eu vou encontrar as frequências naturais de oscilação da onda?

– Isso! Você chegou aonde o problema queria! – É exatamente quando o módulo da força exercida pelo agente externo a frequência da fonte se

*coincide com a frequência do primeiro modo de vibração da corda ( $n = 1$ ), dando origem à primeira ressonância em que a corda vibrou.*

*– Professora, uma ultima pergunta, então ( $n_{1, 2 e 3}$ ) eu vou colocar o peso de 200 gramas, e modifico apenas a ordem das frequências naturais que eu o problema pedi?*

*– Sim, exato! Mas querendo usar o experimento para vê como se comporta a onda, com uma tração menor ou maior, vocês podem manipular sem qualquer problema.*

Durante essa etapa da aula, Figura 23, tivemos o cuidado de evidenciar o papel do ensino ao longo de toda atividade, a intervenção é imprescindível no sucesso da aprendizagem.

Figura 23. Interação do grupo na solução do problema.



Fonte: Tavares (2018).

Nesse segundo bloco, a etapa II, tomou-se como análise a atividades experimentais desenvolvidas pelos grupos, e decidimos levar em conta os seguintes aspectos: a viabilidade da montagem, o tempo de apresentação e a prontidão e preparo do professor para enfrentar os questionamentos durante todo o processo.

Apresentamos a proposta de atividade com objetivo de montar duas

harpas de ar, para validar os modelos de ondas estacionárias e a formação de frequências naturais Figura 24.

Figura 24. Harpa de Ar construída e testada pela professora.



Fonte: Tavares (2018).

Durante as atividades correspondentes a intervenção didática, os estudantes foram distribuídos por equipes, para realização dos experimentos em laboratório. Os trinta e cinco estudantes foram distribuídos em dois grupos, e em cada grupo, houve uma divisão interna para a distribuição das tarefas, desde o reconhecimento dos materiais até a apropriação dos cálculos, mecanismos de montagens e funcionalidade do experimento.

### **Viabilidade da Montagem**

Nessa etapa, procurou-se verificar antecipadamente o material necessário para a montagem do experimento. Também foi estabelecido um tempo máximo para a apresentação do produto final pelas equipes. Todo cuidado foi tomado para que essa etapa fosse bastante exitosa e que os estudantes interagissem nas divisões de trabalho e apresentação do produto final.

As equipes foram instruídas sobre quais procedimentos deviam seguir, conforme já estava estabelecido pelo livro didático. Para construir o instrumento, foi preciso de início, escolher quantas e quais as notas musicais seriam utilizadas, pois, para cada nota seria necessário um tubo com um determinado comprimento Figura 25.

Figura 25. Interação com o cálculo do comprimento dos tubos.



Fonte: Tavares (2018).

Ainda na etapa da viabilidade, as equipes receberam os materiais para iniciarem os cortes dos tubos conforme sugestões. O importante é que o material não seja restrito apenas à observação do resultado final da atividade, o que dificulta as interações sociais produtivas.

Para Gaspar (2014), a principal vantagem da produção do material pelos estudantes, além do aspecto motivacional e afetivo relacionado à tarefa, é que os estudantes vão saber como funciona o equipamento construído.

Figura 26. Entrega do material das equipes (A) e (B).



Fonte: Tavares (2018).

### Tempo de excussão e apresentação do produto pelas equipes

Para esse momento da atividade, os grupos foram divididos para que fosse possível a troca de ideias, durante o percurso de produção das harpas de ar.

Figura 27. Cortes dos tubos em PVC, realizados a partir do cálculo de comprimento e tabela de frequências das notas musicais.



Fonte: Tavares (2018).

Nessa etapa da aula, o estudante manipula o corte da cada tubo que passa a ter duas extremidades livres, sendo que uma delas é acoplada a um joelho, para formar uma curva que, também deve ser considerada na medida do comprimento do tubo, uma vez que o mesmo deve ser medido de abertura a abertura.

Figura 28. Canos com cortes e pintados para montagem da Harpa de Ar.



Fonte: Tavares (2018).

Observou-se que os estudantes discutiram entre si toda a logística de montagem Figura 29, manipularam bem o tempo de execução do equipamento.

Figura 29. Grupos e a montagem da Harpa de Ar.



Fonte: Tavares (2018).

Essa logística oferece uma vantagem adicional aos estudantes, pois se

forem bem orientados na conclusão do processo de formação conceitual, vão apresentar uma estrutura mental mais rica, compreendendo não só os conceitos envolvidos no experimento, mas os princípios de funcionamento e de montagem do equipamento (GASPAR, 2014).

Durante a aula, foi possível observar que alguns estudantes já demonstravam o entrosamento com a funcionalidade do equipamento, sem mesmo finalizá-lo, realizaram pré-testes com os tubos de maior comprimento, para saber como o som da voz se comportava dentro tubo, uma vez que a função da harpa de ar é demonstrar que os tubos emitem o som contínuo, em determinado ambiente.

Na teoria vigotskiana, esse entrosamento entre os estudantes, os cálculos executados e o material manipulado, permite que o mesmo aprenda o conteúdo teórico da experiência, a partir dessas interações sociais desencadeadas durante sua realização.

Figura 30. Estudantes testando o comportamento do som no tubo.



Fonte: Tavares (2018).

Nessa perspectiva, a atividade experimental que é bem elaborada e que concretiza os conceitos físicos, princípios e leis da física, contribui ao menos para minorar a maior desvantagem cognitiva dos estudantes na aquisição dos conceitos científicos em relação aos conceitos espontâneos, ou seja, ajuda o indivíduo na dificuldade de —visualizá-losll.

Figura 31. Atividade entregue pelos grupos.



Fonte: Tavares (2018).

### **Prontidão e preparo do professor nos questionamentos**

Nessa fase da atividade, a prontidão na orientação desde o início da atividade, foi de extrema importância Figura 32. É nessa hora que se trabalha a construção do saber, por meio dos ajustes, correções e, sobretudo no enfrentamento das questões que surgiram durante todo o percurso da atividade, com momentos únicos de aprendizagem.

Figura 32. Leitura e interpretação da atividade em grupos.



Fonte: Tavares (2018).



Nesse sentido, procurou-se responder os questionamentos sobre os conceitos de onda sonora, de maneira a esclarecer algumas dúvidas e, a partir de uma linguagem simples e direta, conduzir os estudantes a perceberem os aspectos mais relevantes do experimento.

O último bloco de análise, trás um recorte referente à atividade do experimento com a harpa de ar. Nessa atividade os estudantes foram convidados a responder três questões relativas a situações referentes à aula experimental. Após a entrega da harpa de ar pelas equipes, foram proposta três perguntas para que pudessem validar o experimento durante a obtenção de resultados e a apresentação das conclusões. Escolhemos analisar a atividade solucionada por uma das equipes. Figura 33.

Figura 33. Atividade relacionada ao experimento pelos grupos.

**Hora de colocar o experimento em prática**

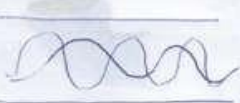
1. Agora, leve a Harpa de Ar para um local sem barulho dentro do espaço escolar, fixe a harpa, se certifique que esta bem fixa e encoste o ouvido na abertura da extremidade inferior e descreva o que você o escutou durante o evento.

*O som das extremidades sai mais agudo, e existe poucos ruídos.*

2. Agora, leve a Harpa de Ar para um local com mais barulho dentro do espaço escolar, fixe a harpa novamente, certifique que esta bem fixa e encoste novamente o ouvido na abertura da extremidade inferior e descreva o que você o escutou durante a ação.

*O som das extremidades sai mais agudo, e existe muitos ruídos, chega a doer nos aparelhos auditivos.*

3. Agora, desenhe e descreva o comportamento da onda sonora em tubos com as extremidades abertas.



*Concluiu que as ondas vão sofrer mais perdas pelo tubo e não há como se estabeleceram refletindo.*

Fonte: Tavares, 2018.

Diante desses resultados expostos na figura acima, percebe-se que o estudante ao testar a harpa, apresenta uma resposta direta sobre a percepção do som em ambiente aberto com poucos ruídos, afirmando que: “o som das extremidades sai mais agudos, e existem poucos ruídos”.

O resultado mostra uma aproximação dos conceitos físicos por trás do experimento, em que o fenômeno do som mais agudo afirmado pelo estudante, é composto pela distância entre dois ventres consecutivos e, é igual a meio comprimento de onda, que nesse caso, formou uma onda de vibração mais aguda, no tubo em que o estudante encostou o ouvido.

Já na segunda questão, agora sobre a percepção do som em ambiente aberto com vários ruídos, o estudante afirma que: *“o som sai mais grave, é existe muitos ruídos, que chegam, até a doer dentro do ouvido”*.

Nesse resultado, o processo foi o mesmo, porém, a percepção do estudante mudou, ou seja, o tubo também é um filtro sonoro que reforça as frequências naturais de oscilação dos sons do ambiente com as quais entra em ressonância, sendo esse o motivo de desconforto do ouvido, quando o estudante encostou próximo do tubo.

Na terceira e última questão, o estudante demonstra o comportamento de uma onda dentro de um tubo por meio de um desenho e comenta o seu comportamento, afirmando que: *-as ondas vão bater nas paredes do tubo de PVC, e se refletir ao longo do tuboll*.

Observa-se que o mesmo não demonstrou de maneira clara o comportamento de uma onda em tubos com extremidades abertas, ou seja, não houve a representação de um antinó numa das extremidades e um nó no ponto médio do tubo, o mesmo não representou as colunas de ar formadas no tubo se expandindo.

No entanto, o estudante evoluiu com a aplicação do conceito científico na sua resposta, mesmo que fragmentadas, sem mencionar de maneira correta que a ondas se comporta no tubo de extremidade aberta, por meio de uma coluna de ar contida no tubo e que essa corrente de ar se expande, ou seja, forma uma sucessão de compressões e rarefações, nas extremidades abertas que determinam as configurações de ondas estacionárias que se formam no interior de um tubo de PVC.

Diante do exposto, é possível contribuir com e esse tipo de intervenção didática para atividades de Física do Ensino Médio, que proporcione subsídios

aos professores e que viabilize contextos diversos no estudo dos conceitos sobre ondas sonoras.

#### **4.5 Quinto momento das atividades investigativas**

Nessa etapa dos resultados, foi utilizado como instrumento de coleta de dados, um questionário de avaliação sobre a abordagem utilizada em sala de aula. As respostas dos questionários sobre a avaliação da pesquisa e aplicação das atividades foram analisadas, tratadas e aplicadas em diagnósticos nos gráficos de setores, com um diagrama em que os valores de cada categoria estatística são representados proporcionalmente nas respectivas medidas representadas no gráfico.

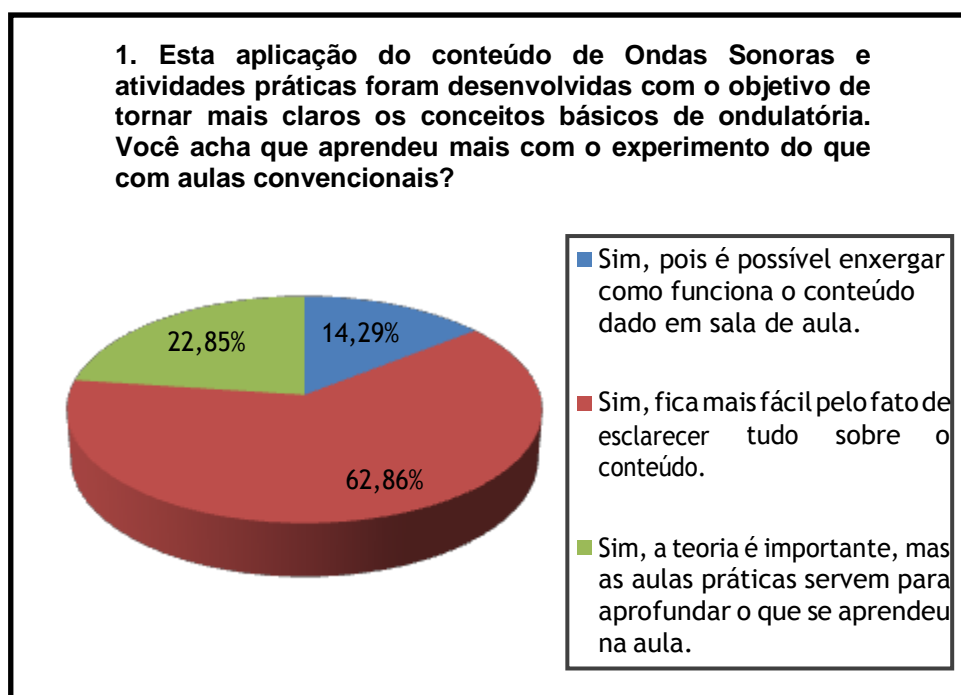
A escolha do questionário deve-se ao fato de suas vantagens. Com vantagens do uso de questionário em relação às entrevistas, temos que a mesma não sofre influência do entrevistador e/ou pesquisador. No entanto, os questionários também apresentam suas desvantagens com relação às entrevistas. Quanto às desvantagens temos: um baixo índice de devolução; pode apresentar uma grande quantidade de perguntas em branco; pode haver dificuldades de conferir a confiabilidade das respostas; pode haver demora na devolução do questionário e ainda a impossibilidade do respondente tirar dúvidas sobre as questões o que pode levar a respostas equivocadas (MARCONI e LAKATOS, 1996).

Porém, como a aplicação desse questionário ocorreu no processo de intervenção didática, essas desvantagens tendem a ser amenizadas. Sendo assim, esta etapa da discussão destina-se para a averiguação dos pontos positivos e/ou negativos da aplicação das aulas com aplicação dos experimentos sobre Ondas Sonoras, e tem como interesse instrumental de avaliação do produto.

O questionário da pesquisa apresenta oito perguntas sobre o processo de atividades didáticas, porém optou-se relatar os dados em gráficos de apenas quatro, dessas perguntas. O questionário utilizado para esse momento da pesquisa encontra-se nos Apêndices.

Vale ressaltar que para esse bloco de resultados, participaram os trinta e cinco estudantes do 2º ano, assim, pode-se avaliar com maior eficiência as respostas obtidas durante análise dos dados.

Gráfico 3. Prática do experimento em aulas de Física.



Fonte: Arquivo do autor, dados para fins da pesquisa, TAVARES (2018).

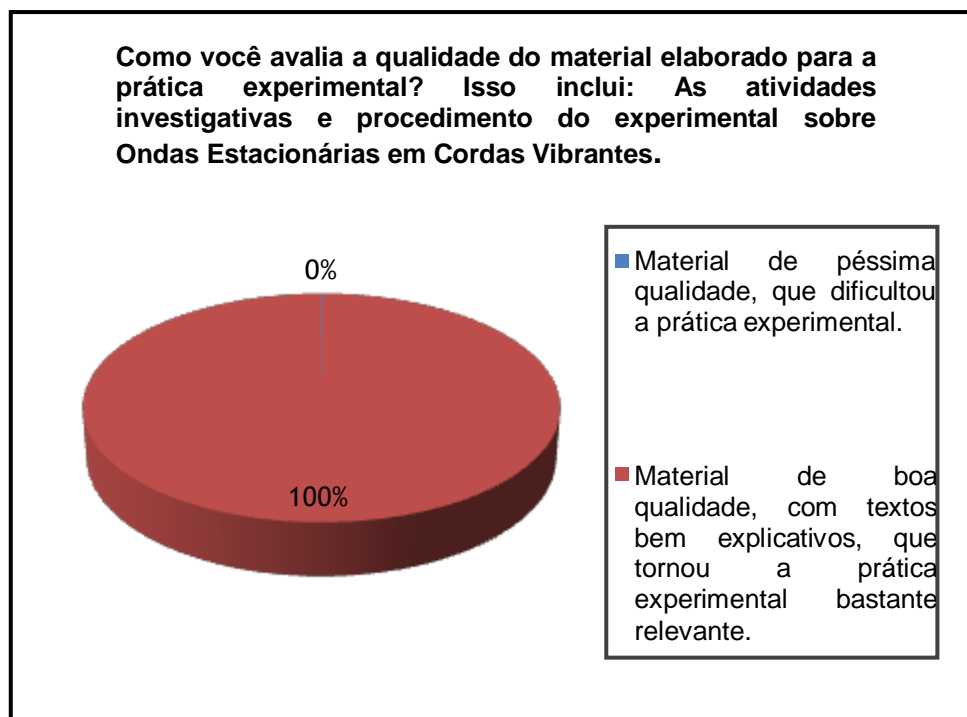
Nessa primeira abordagem 14,29% dos estudantes optaram em suas respostas que aprenderam mais com a utilização do experimento que só com aula. Cerca de 62,86% dos acharam mais fácil de aprender com o experimento pelo fato de esclarecer muita duvidas sobre o conteúdo, já 22,85% dos estudantes afirmaram que, a teoria é importante, mas as aulas com experimento servem bem mais para aprofundar o que se aprendeu.

Nesse contexto, percebeu-se que a produção do material pelo estudante, sobretudo com o aspecto motivacional e afetivo relacionado com a atividade proposta que rendeu a funcionalidade do experimento, foi o grande momento da proposta, pois rendeu os ajustes, as correções e principalmente as discussões que invariavelmente surgiram no momento da aprendizagem.

Segundo a teoria de Vigotski as atividades experimentais devem acontecer por meio da realização em grupos de estudantes sobre o conteúdo apresentado, e que a mesma possibilite a aprendizagem desse conteúdo e que

esse tenha uma colaboração de alguém que domine os conceitos e oriente a realização da atividade em suas várias etapas, desde a exposição de seus objetivos e fundamentos teóricos, como montagem, realização das medidas, análises e obtenção dos dados; e por fim a apresentação do produto.

Gráfico 4. Material elaborado para a prática experimental.



Fonte: Arquivo do autor, dados para fins da pesquisa, TAVARES (2018).

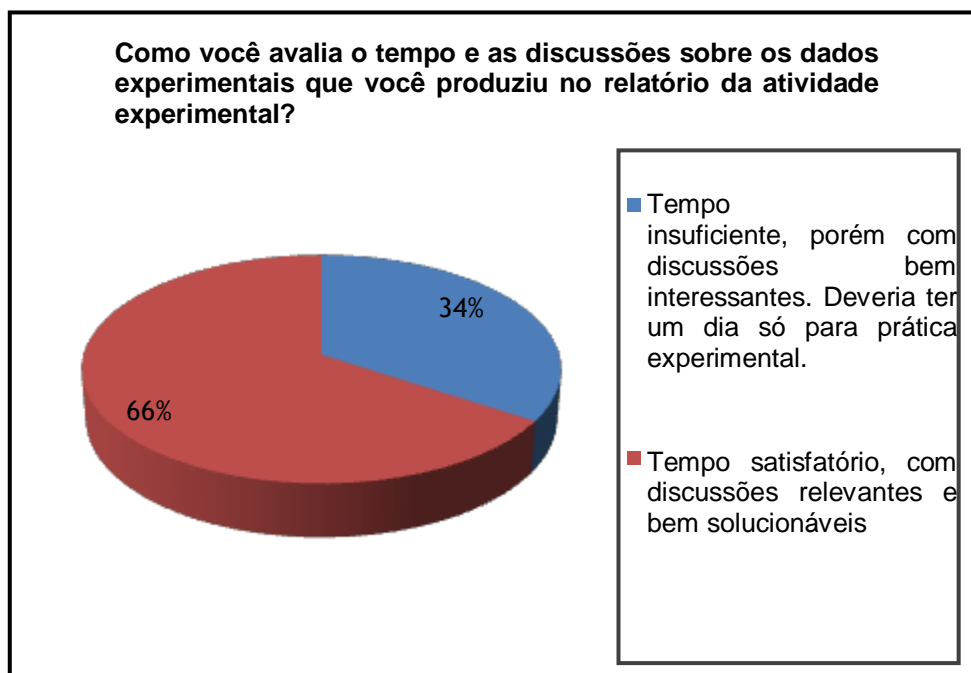
Analisando as respostas dadas pelos estudantes nessa seção, na qual obteve-se 100% de satisfação do estudante, afirmando que o material utilizado foi de boa qualidade, e que o mesmo apresentou textos explicativos, o que favoreceu a aula prática bastante relevante.

Viabilizar a realização de uma atividade experimental não é fácil, pois requer condições de testes prévios de atividade. Para isso, é indispensável que procure realizar-la nas mesmas condições em que se pretende aplicá-la. Gaspar (2014) enfatiza que os testes prévios da atividade prática, devem ser realizados, para evitar o desconforto diante a realização tanto por parte de estudante e principalmente para o professor regente.

Deve-se tomar cuidados durante a aplicação das práticas experimentais no sentido de evitar o sucesso do experimento, como também a frustração do

estudante e do professor.

Gráfico 5. Tempo e as discussões na atividade experimental.



Fonte: Arquivo do autor, dados para fins da pesquisa, TAVARES (2018).

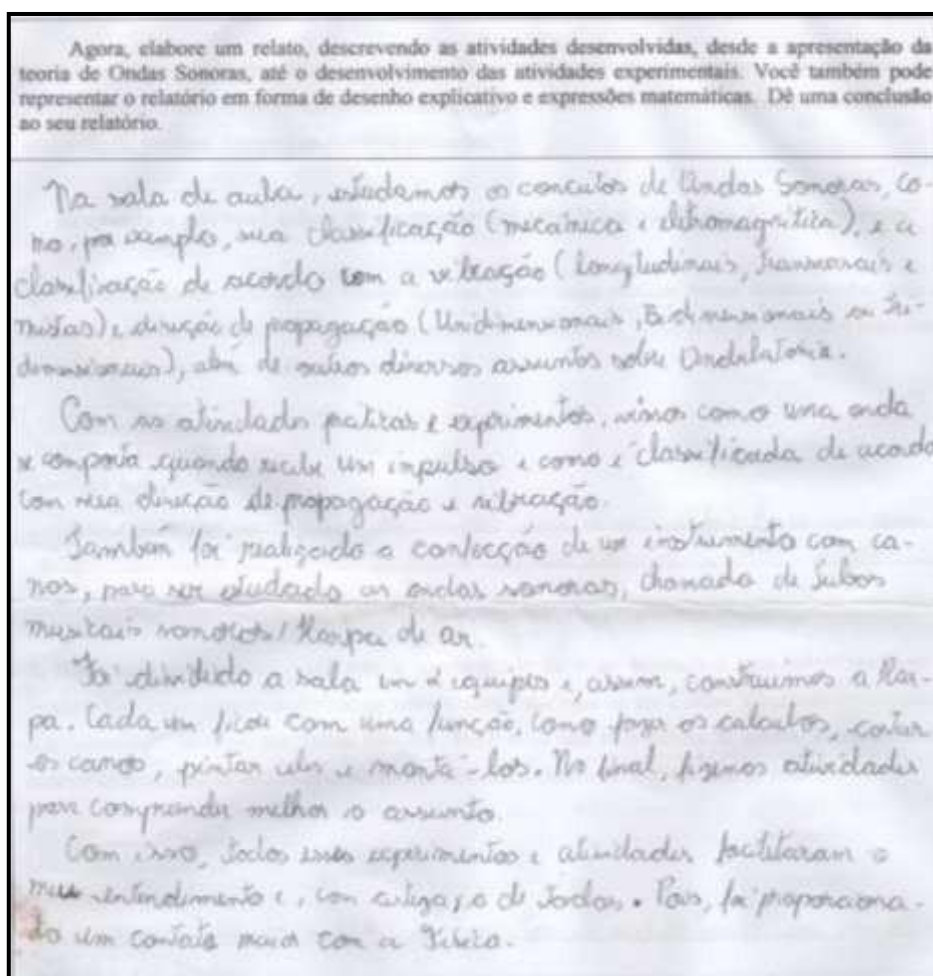
Nessa última seção, pediu-se aos estudantes para avaliarem o tempo de aplicação e as discussões sobre os dados experimentais produzidos durante a atividade. Cerca 34% afirmaram que o tempo foi insuficiente e que as aulas práticas deveriam ser durante todo o expediente de aula, pois as discussões se tornam bem interessantes. Observa-se também que 66% dos estudantes afirmaram que o tempo foi satisfatório; que as discussões foram bem relevantes e solucionáveis dentro o conteúdo de ondas e suas aplicações.

Atribuir atividades práticas acionam pelo menos duas grandes vantagens na abordagem de conteúdos curriculares, uma é a motivação e a outra é concretização de conceitos físicos. Para a motivação: selecionar experimentos que possam surpreender os estudantes, contrariando ou superando suas expectativas, como também que funcione bem e que apresente resultados convincentes. Para a concretização: priorizar o conteúdo, tornando-os familiarizados com fenômeno físico e evitar atividades irrelevantes para o desenvolvimento cognitivo VIGOTSKI (apud GASPAR, 2014, p. 229).

Nessa perspectiva acredita-se que esses estudantes interagiram de

maneira assídua durante a aplicação das sequências didáticas apresentadas, obtendo alterações construtivas em suas concepções prévias. Sendo assim, esse último bloco tem por finalidade apresentar depoimentos solicitados aos estudantes, que os mesmos relatassem como foi à experiência das atividades investigativas e práticas experimentais em sala de aula. Dos trinta e cinco participantes selecionamos dois. Os dois relatos são compostos por textos nas Figuras 34 e 35.

Figura 34. Relato (1) sobre as atividades aplicadas sobre Ondas Sonoras.

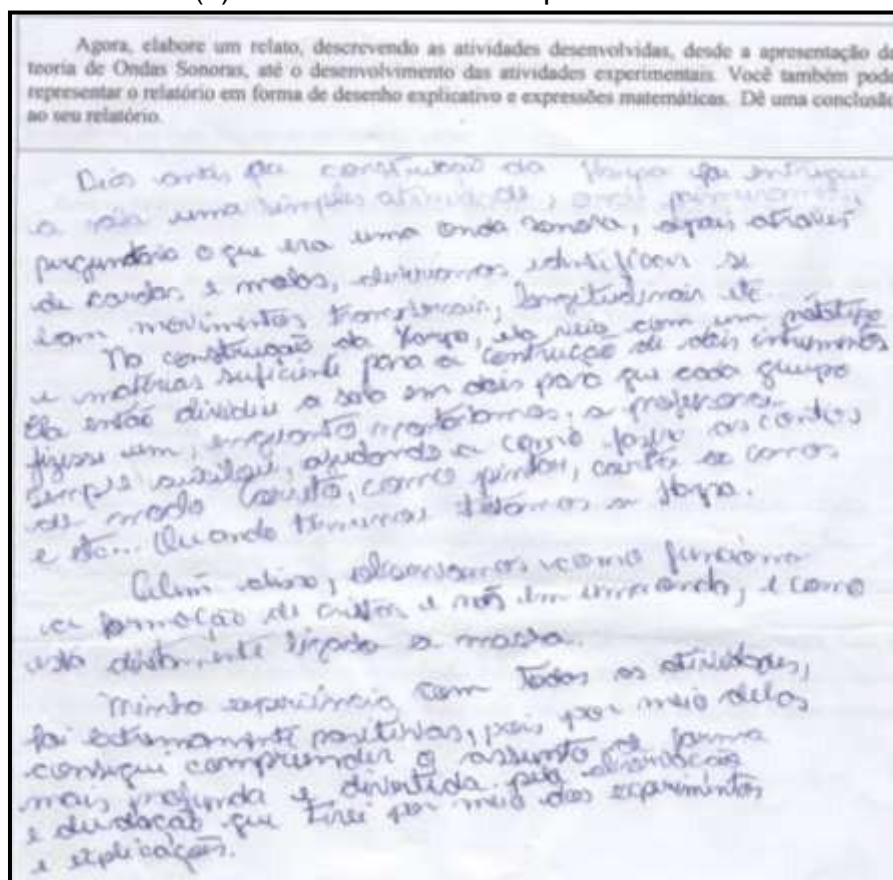


Fonte: TAVARES (2018).

No primeiro relato, o estudante conta os passos iniciais no estudo das Ondas Sonoras, comenta quais foram os tópicos de abordagem do conteúdo apresentado. Além disso, descreve como foram as aulas de práticas experimentais, desde a apresentação do experimento, com seria construído e a sua função. O estudante relata que todos os experimentos e atividades aplicados em aula, facilitaram o seu entendimento, não só o dele, mais dos

outros colegas também, pois proporcionou um contato maior com a Física.

Figura 35. Relato (2) sobre as atividades aplicadas sobre Ondas Sonoras.



Fonte: TAVARES (2018).

Nesse relato, houve uma riqueza maior dos detalhes sobre a aplicação do experimento. Em sua fala, o estudante afirma que a professora apresentou um protótipo de uma harpa de ar a turma e que o desafio seria reproduzir o instrumento para entender o comportamento da onda em tubos.

O estudante relata que houve material suficiente para a construção da harpa, que foram divididos em grupos e que a todo tempo a professora esteve presente, principalmente na hora de auxiliar nos cálculos e cortes. Observa-se também na fala do estudante que, depois de finalizado o experimento foi testado.

O mesmo encerra seu relato afirmando que foram extremamente positivas as atividades, pois por meio delas consegui compreender o assunto de forma mais profunda e divertida.



## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho de pesquisa pretendeu-se responder a seguinte pergunta: As atividades experimentais investigativas possibilitam uma maior compreensão da ciência como processo, potencializando o desenvolvimento de atitudes científicas na explicação de fenômenos naturais?

A proposta foi executada por meio de uma sequência estruturada para ser aplicada em salas de aulas do Ensino Médio. Para isso, o conteúdo curricular escolhido foi Ondas Sonoras, por apresentar um potencial de interesse nos estudantes com possibilidade de reprodução de modelos experimentais contextualizados. Outro fator que contribuiu para a escolha do conteúdo foi à constatação de que o conteúdo não é ministrado pela grande maioria dos professores.

No que se refere à etapa da pesquisa sobre as intervenções didáticas com o uso de sequências investigativas que apresentaram as possibilidades e limitações por meio de questões, ou situações/problemas, observou-se que os estudantes tiveram dificuldades de relacionar os conteúdos de ondas com situações do seu cotidiano.

Outra limitação da pesquisa foi a obtenção de alguns materiais para uso das atividades experimentais, não foi tarefa fácil adequar-se a esse problema, foi necessário criatividade e imaginação para superar os desafios durante a viabilidade e a funcionalidade do experimento usado na aula prática, uma vez que os materiais apresentados no livro didático usado como referências para a aula prática apresentaram problemas de funcionalidade quando testados.

Superar esse tipo de dificuldade foi necessário uma boa compreensão da experiência, assim, criou-se alternativas de materiais e procedimentos, como também, possibilitou a modificação da sequência de montagens, essa estratégia foi importante não só pra explicar corretamente aos estudantes a função do experimento e conceito físico, mas, orientou o mesmo a buscarem soluções do fenômeno apresentado.

Como possibilidade de diminuir essas dificuldades utilizou-se a concepção vigotskiana, que valoriza as interações sociais em sala de aula.

Para isso, foi introduzida atividades de sondagem sobre o universo dos conhecimentos espontâneos que os estudantes dispunham sobre o fenômeno abordado, com procedimentos e manipulação de instrumentos didáticos para resolver o problema proposto.

Quanto ao processo de ensino por investigação com o uso de experimentos, a pesquisa pautou-se na diretriz que o procedimento fosse realizado pelos estudantes, por meio de um problema proposto que, utilizou um procedimento experimental para a sua resolução, instigando os estudantes ao gosto de experimentar desafios, enfrentar as dificuldades e, finalmente, resolver o problema.

Considerando-se os resultados apresentados, pode-se responder que: as intervenções didáticas possibilitaram aos estudantes manifestarem suas ideias prévias, trabalhando em grupos, interagindo com o conteúdo, pesquisando, discutindo e refletindo os procedimentos estabelecidos para o Ensino Médio, afinada na construção de competências básicas que situem o educando como sujeito produtor de conhecimento e participante do mundo do trabalho e da prática social.

Além disso, esta pesquisa apresentou como produto educacional para aulas de Física, um material para o estudo de Ondas sonoras, a partir de atividades investigativas relacionadas ao cotidiano do estudante, valorizando a diversidade de experiências que cada um dos estudantes trouxe como conhecimento para a sala de aula.

## REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A.; et al. A. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no ensino das ciências. **Ciência e Educação**, v. 11, n. 1, pp. 1-15.2005.

ALVES, J. P. Atividades Experimentais: do método à prática Construtivista. **Tese** (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Educação – Doutorado em Educação: Ensino de Ciências Naturais, Santa Catarina, 2000. Disponível em: <pli>. Disponível em: 18 de maio de 2018.

ANDRÉ, M. A pesquisa no cotidiano escolar. *In*: FAZENDA, Ivani. (Org.) **Metodologia da pesquisa educacional**. 4º ed. São Paulo: Cortez, pp. 35-45, 1997.

ANDRÉ, M. E. D. A.; et al. O papel do professor formador e das práticas de licenciatura sob o olhar avaliativo dos futuros professores. **Revista Portuguesa de Investigação Educacional**, n. 12, ano 11, pp. 101-24, 2012.

ANTUNES, C. **Vygotsky, quem diria?!: Em minha sala de aula**. 10ª ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.

ARANTES, V. A. A afetividade no Cenário da Educação. *In*: Oliveira, Martha Khol de (org.). **Psicologia, Educação e as Temáticas da Vida Contemporânea**. São Paulo: Moderna, 2002.

ARAUJO, A. M. et. al. Projeto: **padronização do tipo e quantidade necessária de instalações e equipamentos dos laboratórios das habilitações profissionais** – Ensino Médio, Governo de São Paulo, 2010.

BAGNO, M. Pesquisa na escola: **como é e como se faz**. São Paulo, Edições Loyola. 2012.

BARBOSA, E. F. Metodologia da Pesquisa: **Instrumentos de Coleta de Dados em Pesquisas Educacionais**, 2008. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/>>. Acesso em 31 de Set. de 2017.

BARBOSA, J. O.; PAULO, S. R.; RINALDINI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. **Cad. Cat. Ens. Fís.** v.16, n.1, p. 105-122, 1999.

BAQUERO, R. Os processos de Desenvolvimento e as Práticas Educativas. Trad.: ROSA, E. F. F. **Vygotsky e a aprendizagem escolar**. Porto Alegre: Artes Médicas, p.89. 2001.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n. 3, p.291-313. 2002.

BORGES, T. S.; ALENCAR, G. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**, Ano 03, nº 04, p. 119-143, 2014.

BUENO, L.; et al. O Ensino de Química por Meio de Atividades Experimentais:

**A Realidade do Ensino nas Escolas.** Presidente Prudente, 2009. Disponível em: <nesp.br/prograd/ENNEP/...%2520Encontro%2520de%2520Ensino/T4.pdf Acesso em out/2017.

BRANDÃO, H. N. **Introdução à análise do discurso.** Campinas: Editora da Unicamp, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretária de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Ciências da Natureza, matemática e suas Tecnologias/Ministério da Educação.** Vol. 3. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

BRASIL, Secretária da Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Física.** Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais.** Brasília: MEC, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília: MEC, 1999.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretária de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Bases Legais/Ministério da Educação.** Vol. 1 Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretária de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Bases Legais/Ministério da Educação.** Vol. 1 Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Resolução CNE/CEB Nº 2/ 2012.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum: Educação é a base.** Brasília: MEC, 2017.

CALDEIRA, L. C.; URT, S. C. **Quem lê Vygotsky? Reflexões acerca do que é lido sobre a teoria de Vygotsky nas Licenciaturas.** Disponível em: <http://www.histedbr.fae.unicamp.br/acer\_histedbr/jornada/jornada7/\_GT4%20PDF/QUEM%20L%CA%20VYGOTSKY.pdf>. Acesso: julho/2017.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et. Al., **Ciências no Ensino fundamental,** São Paulo, Editora Scipione, 2009. (Coleção Pensamento e ação na sala de aula).

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativo (SEI). In: Longhini, M. D. (org). **O uno e o diverso na educação.** Uberlândia, MG: EDUFU, 2011. Cap. 18, p. 253- 266.

CARVALHO, A.M.P.; etal.**Ensino de Física – Coleção Ideias em Ação.** 2011.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. IN: Carvalho, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por Investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo,

Cengage Learning. 2013.

CAMPOS, B. S.; Fernandes, S. A.; Ragni, A. C. P. B.; Souza, N. F. (2012). Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 1. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/341402.pdf>. Acesso em: 22 de março de 2019.

COLE, M., et al. *A formação social de mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo, Martins Fontes, 2007.

CHAGAS, J. A. S. Obstáculos encontrados no processo de compreensão do conceito de reação química. **Artigos da Feira Científica e Cultural da UFPE/CAp**, Recife. 2011.

CIASCA, S.M. **Distúrbios de Aprendizagem: proposta de avaliação interdisciplinar**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2003.

DELGADO, E.I. **Pilares do Interacionismo: Piaget, Vygotsky, Wallon e Ferreiro**. São Paulo: Érica, 2003.

DELIZOICOV, D. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DESCARTES, R. **Discurso do Método**. São Paulo: L&PM, 2005.

DUARTE, B. S. **A experimentação alternativa para o estudo de Ciências no ensino fundamental**. 2016. Disponível em: <https://sigaa.ufpa.br/sigaa/verProducao?idProducao=146176&key=e5ba50d76c8f9fb36c6e7e238d8d56a4>. Acesso em: 17/07/2017.

EVANGELISTA, Y.S.P.; CHAVES, E.V. **Ensino de química: metodologias utilizadas e abordagem de temas transversais**. 2010. Disponível em: <http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/129/143> Acessado em: 24 jul. 2017.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. 1999. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/A33.pdf> Acesso em: 17/07/2017.

FERREIRA, N. C. As diferentes formas de atuação no laboratório. **Tese de Doutorado. Instituto de Física**, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

FORÇA, A. C.; LABURÚ, C.E.; MOURA, O.H. **Atividades experimentais no ensino de física: teoria e práticas**. 2016. Disponível em: <http://loos.prof.ufsc.br/files/2016/03/ATIVIDADES-EXPERIMENTAIS-NO-ENSINO-DE-F%C3%8DSICA-TEORIA-E-PR%C3%81TICAS.pdf> Acesso: outubro/2017.

FURMAN, M. **O ensino de Ciências no Ensino Fundamental: colocando as pedras fundacionais do pensamento científico**. Sangari Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.famesc.edu.br/biblioteca/biblioteca/ebooks/O%20ensino%20de%20Ci%C3%Aancias%20NO%20ENSINO%20FUNDAMENTAL.pdf>. Acesso em 19 de maio de 2018.

GERHARDT, T.E.; Silveira, D.T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre:

Editora da UFRGS, 2009.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. **Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotsky.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v.10, n.2, p. 227-254, 2005. Disponível em:<<http://w3.ufsm.br/laequi/wp-content/uploads/2015/03/contribui%C3%A7%C3%B5es-e-abordagens-de-atividades-experimentais.pdf>>. Acesso em 18 de maio de 2018.

GASPAR, A. *Museus e centros de ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico.* 1993. **Tese** (doutorado) – Programa em Educação. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências.** 2ª ed. – São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski.** 2ª ed. – São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 8ª ed. - São Paulo: Atlas, 2012.

GUISASOLA, J. et al. Propuesta de Enseñanza en cursos introductorios de física em La universidad, basada em La investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados. **Enseñanza de las Ciencias, Barcelona.** V. 25, n. 1, p. 91-106, 2007.

GONÇALVES, F. P. A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de química. **Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.** Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis-SC, 2009.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. de. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista,** Curitiba, n. 44, p. 75-92, 2012.

HALLIDAY, R. W. **Fundamentos de Física.** Vol. 2. 7 ed. Editora LTC, 2010.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. In: *Enseñanza de las Ciencias.* 1994. p.299-313.

JBEILI, C. **O que é a Aprendizagem?** 2008. Disponível em: <http://guiadeaprendizagem.blogspot.com.br/2008/04/o-que-aprendizagem.>>. Acesso: agosto/2017.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Assessment of Evidence in University Students' Scientific Writing. *Science e Education*, v. 12, n. 4, p. 341-363, 2003.

LAFEBVRE, H. **Democratização da Escola Pública.** Edições Loyola, 2001.

LIBANÊO, J. C. **Didática.** São Paulo: Cortez, 2001.

LONGO, C. S.; NARITA, S. Para uma proposta de capacitação docente em psicologia pedagógica concreta. **Interfaces da Educ.,** v.3, n.7, p.107-127, 2012.

- LIMA, I. M.; GERMANO, M. G. Experimentos demonstrativos e ensino de física: Uma experiência na sala de aula. In: **Atas do XX Simpósio Nacional de Pesquisa de Física**. São Paulo/SP, 2013. Disponível em: <://cursos.unipampa.edu.br/cursos/cienciasexatas/files/2014/06/TCC-Jossuele.pdf>. Acesso em 19 de maio de 2018.
- MALDANER, O. A. Formação Inicial e Continuada de Professores de Química: **Professores/Pesquisadores**. Ijuí, RS: UNIJUÍ, 2000.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- MINAYO, M. C. de S. O desafio do conhecimento: **Pesquisa Qualitativa em Saúde**. 12ª ed. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 2010.
- MOSQUERA, J. J. M.; ISAIA, S. M. A. **Vygotsky ou Piaget?** Uma polêmica de repercussões significativas. Porto Alegre: Educação, n. 12, p. 77 – 90 1987.
- NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica, 2: fluidos, oscilações e ondas, calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.
- OLIVEIRA, J. B. A.; CHADWICK, C. **Aprender e ensinar**. São Paulo: Global, 2008.
- ORLANDI, E. P. **Análise de Discurso: princípios e procedimentos**. Campinas: Fontes, 2003.
- OVIGLI, D. F. B. Prática de ensino de ciências: o museu como espaço formativo. **Rev. Ensaio**, v.13, n.03, p.133-149, 2011.
- PARASURAMAN, A. Marketing research. 2. ed. **Addison Wesley Publishing Company**, 1991.
- PATTON, M. Q. Quantitative research and evaluation methods. 3. Ed. **California: Sage Publications**, Inc; 2002.
- PINHO ALVES, J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.
- PINHO ALVES, J. F. Atividades experimentais: do método à prática construtivista. **Tese** (Doutorado em Educação)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. A aprendizagem e o ensino de ciências: **do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- RICHARDSON, R. J et al. Pesquisa social: **métodos e técnicas**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: **métodos e técnicas**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- RODRIGUES, A.; MAGALHÃES, S. C. **A resolução de problemas nas aulas de matemática**: diagnosticando a prática pedagógica. 2012. Disponível em:

[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2012/matematica\\_artigos/artigo\\_rodrigues\\_magalhaes.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2012/matematica_artigos/artigo_rodrigues_magalhaes.pdf) Acesso em: 17/07/2017.

ROSA, C. W. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na Universidade de Passo Fundo. **Ensaio**, v. 5, n. 2, p. 13-27, out. 2003.

SASSERON, L. H. Sequências de Ensino Investigativas – SEI: o que os alunos aprendem? In: TAUCHEN, G.; SILVA, J. A. (Org.). **Educação em Ciências: epistemologias, princípios e ações educativas**. Curitiba: CRV, 2012.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.

SANTANA, E. **A contribuição da teoria de Vygotsky para a Educação**. 2009. Disponível em: <http://www.artigos.com/artigos-academicos/5590-a-contribuicao-da-teoria-de-vygotsky-para-a-educacao> Acesso: julho/2017.

SANTOS, K. P. **A importância de experimentos para ensinar ciências no ensino fundamental**. 2014. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4270/1/MD\\_ENSCIE\\_2014\\_2\\_45.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4270/1/MD_ENSCIE_2014_2_45.pdf) Acesso em: 17/07/2017.

SANTOS, R. M. A importância da aprendizagem na vida do indivíduo. **A página da educação**, n.152, ano 15, 2006. Disponível em: <http://www.apagina.pt/default.aspx?aba=7&cat=152&doc=11318&mid=2> Acesso: agosto/2017.

SÉRÈ, M. G., COELHO, S. M., NUNES, A.D O papel da experimentação no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.20, n.2, p. 30-42, abril 2003.

SILVA, A. C. R. Educação a distância e o seu grande desafio: **o aluno como sujeito de sua própria aprendizagem**. 2004. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2004/por/html/012-TC-A2.>> Acesso: agosto/2017.

SILVA M. N. M., João., Filho B. R. **O papel atual da experimentação no ensino de física. XI Salão de Iniciação Científica PUCRS**. Rio Grande do Sul, 2010.

SCHMITZAND, C. J. P. Alves Filho. Ilha de racionalidade e a situação problema: o desafio inicial. **Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, 2004. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc36\\_2/08-RSA-12-12.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc36_2/08-RSA-12-12.pdf)>. Acesso em 08 de Out. de 2017.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 11<sup>o</sup> edição. Petrópolis: Vozes, 2010.

TAILLE, Y. L.; DANTAS, H.; OLIVEIRA, M.K. **Piaget, Vygotsky e Wallon**. São Paulo: Summus, 1992.

TEIXEIRA, A. **Educação não é privilégio**. Revista tribunais S/A, São Paulo, 1977.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes,



1995.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: interação entre aprendizagem e desenvolvimento. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VYGOTSKY, L. S. **Psicologia pedagógica**. Trad. de Paulo Bezerra. 3ª. Ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2010.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S.S.A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.8, n.3, pp. 187-209, 2003.

YIN, R. K. Estudo de caso: **planejamento e métodos**. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

**Endereço** **Eletrônico:** Disponível em <<https://www.acs.psu.edu/drussell/demos.>>. Acesso em: 31/07/2017.

**Endereço Eletrônico:** Disponível em <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/espectro-sonoro.html>>. Acesso em: 31/07/2017.

**Endereço** **Eletrônico:** Disponível em <<https://pt.slideshare.net/RitaCunha6/som-27956>>. Acesso em: 31/07/2017.

**Endereço Eletrônico:** Disponível em <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/espectro-sonoro.html>>, acesso em: 31/07/2017.

## APÊNDICES

**APÊNDICE (A) – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO –TCLE  
PARA OS PROFESSORES PARTICIPANTES**



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

Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido eu, \_\_\_\_\_ em pleno exercício dos meus direitos, me disponho a participar da Pesquisa **“ONDAS SONORAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS”**, que tem como objetivos relacionar os impactos decorrentes da implementação das atividades investigativas no fazer pedagógico do (a) professor (a); Avaliar de atividades experimentais investigativas no processo de ensino – aprendizagem dos conceitos Ondas Sonoras como ferramenta motivadora do processo ensino-aprendizagem dos conteúdos de Física.

Declaro ser esclarecido(a) e estar de acordo com os seguintes pontos:

- Ao voluntário só caberá a autorização para responder aos questionários e não haverá nenhum risco ou desconforto ao voluntário.
- Ao pesquisador caberá o desenvolvimento da pesquisa de forma confidencial, revelando os resultados, se assim o desejarem.
- O voluntário poderá se recusar a participar, ou retirar seu consentimento a qualquer momento da realização do trabalho ora proposto, não havendo qualquer penalização ou prejuízo para o mesmo.
- Será garantido o sigilo dos resultados obtidos neste trabalho, assegurando assim a privacidade dos participantes em manter tais resultados em caráter confidencial.
- Não haverá qualquer despesa ou ônus financeiro aos participantes voluntários deste projeto científico e não haverá qualquer procedimento que possa incorrer em danos físicos ou financeiros ao voluntário e, portanto, não haverá necessidade de indenização por parte da equipe científica e/ou da instituição responsável.
- Qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos, o participante poderá contatar com o pesquisador, através doe-mail: [carmem186@hotmail.com](mailto:carmem186@hotmail.com).
- Ao final da pesquisa, se for do meu interesse, terei livre acesso ao conteúdo da mesma, podendo discutir os dados, com o pesquisador, vale salientar que este documento será impresso em duas vias e uma delas ficará em minha posse.

Desta forma, uma vez tendo lido e entendido tais esclarecimentos e, por estar de pleno acordo com o teor do mesmo, dato e assino este termo de consentimento livre e esclarecido.

---

**Carla Valéria Ferreira Tavares**  
(Responsável pela pesquisa)

---

**Assinatura do Participante da Pesquisa**

## APÊNDICE (B) – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO



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

Caro Diretor,

Eu, **Carla Valéria Ferreira Tavares**, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, estou desenvolvendo uma Pesquisa intitulada **-ONDAS SONORAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS**". O estudo analisará a interação dos alunos com a inserção dos experimentos durante as atividades que serão mediadas por mim professora da disciplina de Física no Ensino Médio.

A pesquisa se dará no período integral com alunos da turma 2º ano que participarão das aulas da pesquisa que ocorrerá em sala de aula e no laboratório de Física da E.E.E.M Professora Benedita de Moraes Guerra, Macaparana-PE. Certo de que a permissão e o apoio contribuirão fundamentalmente para a melhoria do ensino e aprendizagem de Física.

---

Eu, Prof. Laudicéia Farias, diretora da E.E.E.M. Professora **Benedita de Moraes Guerra**, Macaparana-PE, permito e dou apoio para que Carla Valéria Ferreira Tavares trabalhe com as turmas de 2º anos do Ensino Médio, para que ele possa desenvolver sua pesquisa de mestrado.

Macaparana-PE, 07 de Novembro de 2018.

**APÊNDICE (C) –TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AOS  
PAIS DOS ALUNOS MENORES DE IDADE**



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

Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido eu,  
\_\_\_\_\_, declaro para os devidos fins, que dou meu consentimento,  
de livre espontânea vontade para a participação do menor,  
\_\_\_\_\_ na Pesquisa “**ONDAS SONORAS: UMA  
EXPERIÊNCIA DE ENSINO A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS  
INVESTIGATIVAS**”, sob a responsabilidade da Professora pesquisadora Carla  
Valéria Ferreira Tavares.

O meu consentimento para o **referido menor** participar da pesquisa se deu após ter sido informado pelo pesquisador, de que:

- A pesquisa se justifica, pois, seu desenvolvimento gerará informações que possam melhorar o processo de ensino – aprendizagem de Física.
- Seu objetivo é avaliar a influência da inserção de atividades experimentais investigativas no processo de ensino – aprendizagem de conceitos Ondas Sonoras.
- A participação do menor será estritamente voluntária, mesmo depois de minha autorização, tendo a liberdade de se retirar do estudo, antes, durante ou depois da finalização de coleta de dados, caso venha a desejar, sem risco de qualquer penalização ou de quaisquer prejuízos pessoais ou estudantis.
- Será garantido o anonimato do menor por ocasião da divulgação dos resultados e resguardado o sigilo de dados confidenciais.
- Caso sinta a necessidade de contatar o pesquisador durante e/ou após a coleta de dados, poderei contatar o pesquisador pelo telefone: (81)99313-8072.
- Ao final da pesquisa, se for do meu interesse, terei acesso ao conteúdo da mesma, podendo discutir os dados do pesquisador.

Macaparana-PE, 07 de Novembro de 2018.

\_\_\_\_\_  
**Carla Valéria Ferreira Tavares**  
(Responsável pela pesquisa)

\_\_\_\_\_  
**Assinatura do responsável**

## APÊNDICE (D) – QUESTIONÁRIO

### Avaliação da Pesquisa sobre “ONDAS SONORAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS”

Esta etapa destina-se para a averiguação dos pontos positivos e/ou negativos da aplicação das aulas com o uso dos experimentos sobre Ondas Sonoras, e tem como objetivo interesse instrumental de avaliação do produto.

#### Responda o que você achou de participar das atividades com o uso de experimentos

1. Esta aplicação do conteúdo de Ondas Sonoras e atividades práticas foram desenvolvidas com o objetivo de tornar mais claros dos conceitos básicos de ondulatória. Você acha que aprendeu mais com ele do que se tivesse tido aulas tradicionais?

a) Sim	<input type="checkbox"/>
b) Não	<input type="checkbox"/>

Justifique sua resposta!

---



---

2. Neste tipo de atividade, você teve a oportunidade de ir ao laboratório para investigar mais a fundo o funcionamento do experimento sobre Ondas Estacionárias em Cordas Vibrantes: Ressonância e a Velocidade do Som em Tubos Sonoros. Você acha que essa prática te ajudou a compreender melhor os conceitos de ondulatória durante as atividades desenvolvidos em sala de aula?

a) Sim	<input type="checkbox"/>
b) Não	<input type="checkbox"/>

Justifique sua resposta!

---



---

3. Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a relevância do conteúdo trabalhado nessas aulas para sua formação acadêmica?

	1	2	3	4	5	
Nenhuma relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Bastante relevância

4. Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a qualidade do material textual (listas de exercícios, textos didáticos e roteiros experimentais) produzido/utilizado nesta pesquisa?

	1	2	3	4	5	
Material de péssima qualidade, com diversos erros.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Material de boa qualidade, com textos bem explicativos e de excelente compreensão.

5. Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a qualidade do material produzido para a prática experimental? Isso inclui: roteiro pré-experimental, roteiro experimental sobre Ondas Estacionárias em Cordas Vibrantes: Ressonância e a Velocidade do Som em Tubos Sonoros.

	1	2	3	4	5	
Material de péssima qualidade, que dificultou a prática experimental.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Material de boa qualidade, com textos bem explicativos, que tornou a prática experimental bastante relevante.

6. Em uma escala de 1 a 5, como você avalia o tempo e as discussões sobre os dados experimentais que você produziu no relatório da atividade experimental?

	1	2	3	4	5	
Tempo insuficiente, com discussões inúteis e confusas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Tempo satisfatório, com discussões relevantes e bem solucionáveis

7. Em uma escala de 1 a 5, como você avalia as atividades como um todo?

	1	2	3	4	5	
Atividades péssimas, mal elaboradas, com metodologia que o professor não deveria usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Proposta de Atividades excelentes, gostei muito mais do que as aulas tradicionais, o professor deveria usar esse método com mais frequência.

**8.** Em uma escala de 1 a 5, como você avalia a regência da professora durante as aulas sobre o conteúdo abordado?

	1	2	3	4	5	
Péssima regência não entendeu nada do conteúdo que a professora abordou em sala.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito boa as aulas, com excelentes explicações.



## APÊNDICE (E) – FOLHA DE RELATO

**Folha de relato sobre as atividades durante a aplicação dos conteúdos de Ondas Sonoras**

Agora, elabore um relato, descrevendo as atividades desenvolvidas, desde a apresentação da teoria de Ondas Sonoras, até o desenvolvimento das atividades experimentais. Você também pode representar o relatório em forma de desenho explicativo e expressões matemáticas. Dê uma conclusão ao seu relatório.

## APÊNDICE (F) – ATIVIDADES SOBRE A PROPAGAÇÃO DO SOM

### Investigando os tipos de propagação do Som

Este é o roteiro de uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a propagação do som. Ela apresenta quatro etapas, que devem ser aplicadas em sequência aos temas abaixo:

- A propagação de sons fortes e fracos;
- A propagação do som a pequenas e grandes distâncias;
- A propagação do som em ambientes fechados e abertos.

#### Etapa I: A propagação de sons fortes e fracos

Essa primeira etapa é para investigar se um som forte viaja mais rápido do que um som fraco. A pergunta que inicia na questão (1) na (figura 1).

Figura 1. Propagação do som forte.



Justifique sua resposta:

---



---

Justifique sua resposta:

---



---

Justifique sua resposta:

---



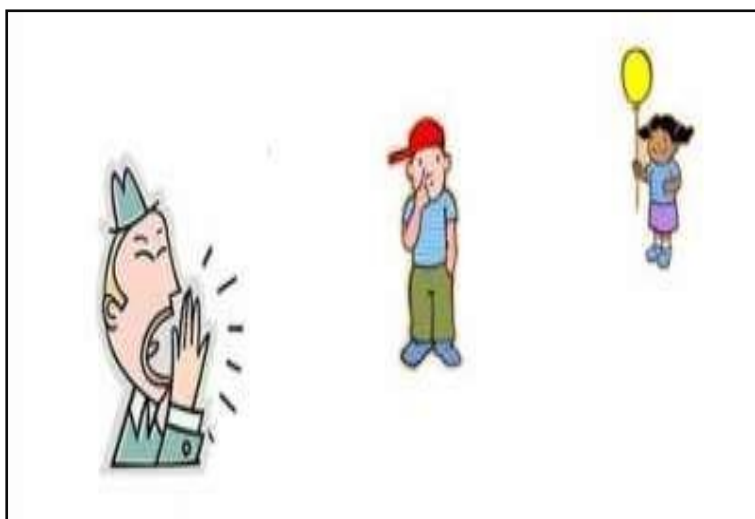
---

## Etapa II: A propagação do som a pequenas e grandes distâncias

A Etapa II investiga se o som ‘vai parando’ à medida que percorre distâncias cada vez maiores. A pergunta da questão (2) na (figura 2).

**Questão 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? Justifique sua escolha!

Figura 2. Propagação do som a grandes e pequenas distâncias.



Fonte: <[www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2011\\_Sergio\\_Tobias/material\\_instrucional.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Sergio_Tobias/material_instrucional.pdf)>.

- 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 quando passou pelo menino.

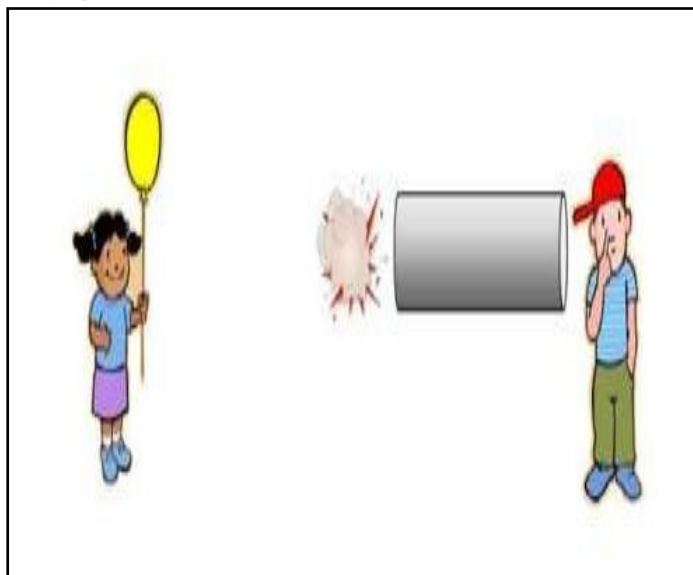
## Etapa III: A propagação do som em ambientes fechados e abertos

Na unidade III investigamos se o som se propaga com a mesma

velocidade em um tubo e no ar livre. A pergunta inicial na questão (3) na (figura 3) abaixo.

**Questão 3.** Uma pequena explosão pode ser ouvida por um menino e uma menina. As duas crianças estão à mesma distância do ponto onde ocorre a explosão, mas o som tem que passar por um tubo para chegar ao menino. Das afirmativas abaixo, qual lhe parece a mais correta?

Figura 3. Propagação do som em ambientes abertos ou fechados.



Fonte: <[www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2011\\_Sergio\\_Tobias/material\\_instrucional.pdf](http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2011_Sergio_Tobias/material_instrucional.pdf)>.

- a) O menino ouvirá o som da explosão da menina.
- b) O menino ouvirá o som da explosão depois da menina.
- c) O menino ouvirá o som da explosão ao mesmo tempo em que a menina.

## ONDAS SONORAS: UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO A PARTIR DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS

### Introdução a Atividade Experimental

Estas atividades práticas vão proporcionar a vocês, estudantes, a colocarem a -mão na massa para aprender Física, construindo e manuseando experimentos. Utilizando desse meio, a turma aprenderá um pouco sobre sons, tipos de sons, suas características, dentre outros.

Agora, para iniciarmos, você sabe é o que é som?

---

---

- Para conhecimento, as ondas podem ser classificadas quanto à forma de propagação, em dois tipos: longitudinal e transversal.
- A. Onda Longitudinal se propaga num meio de forma que a direção de vibração coincide com a direção de propagação.

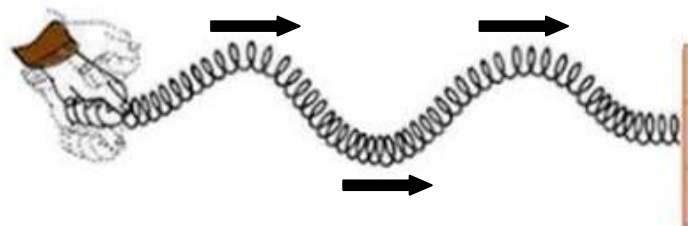
Figura 1. Propagação de uma onda longitudinal.



Fonte: <[https://www.google.com.br/ondas,g\\_1:longitudinal](https://www.google.com.br/ondas,g_1:longitudinal)>

- B. Onda Transversal se propaga de forma que a sua direção de propagação é perpendicular à direção de vibração. Por exemplo, as ondas numa corda ou numa mola.

Figura 2. Propagação de uma onda transversal



Fonte: <[https://www.google.com.br/ondas,g\\_1transversal](https://www.google.com.br/ondas,g_1transversal)>.

A onda é dita mecânica quando só se propagar em meios materiais deformáveis ou elásticos, de forma a vibrar os pontos deste meio.

Elas se originam de uma perturbação ou distúrbio numa região e tendo o meio, propriedades elásticas, o distúrbio é transmitido sucessivamente de um ponto a outro. As partículas do meio vibram somente ao redor de sua posição de equilíbrio, sem, no entanto, se deslocar como um todo juntamente com a onda. Ela pode ser longitudinal ou transversal.

## Atividade Experimental (1)

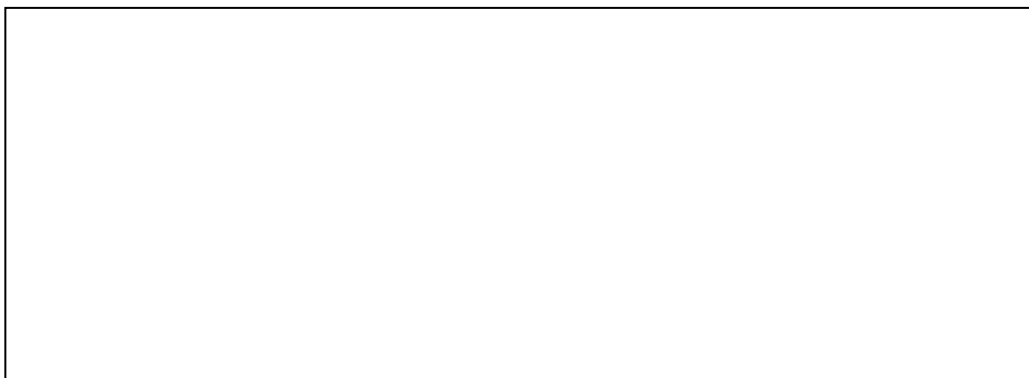
### Descrição do experimento

Materiais e procedimento para realizar esta atividade:

- Uma mola maluca;
- Uma corda.

**Procedimentos 1.** Em formação de equipes, segure as extremidades da mola, puxe algumas espiras, soltando-as posteriormente.

Agora, desenhe e descreva o comportamento da mola quanto às grandezas associadas às ondas formadas no manuseio da mola.



**Procedimento 2.** Ainda com sua equipe, agora, com uma das pontas fixa da corda, balance a mesma uma vez (produzindo um pulso de onda transversal).

Desenhe e descreva o comportamento da corda sobre as grandezas associadas às ondas formadas por uma corda:



## **Atividade Experimental (2)**

### **Descrição do experimento**

Esta atividade exige uma montagem trabalhosa, mas, é possível fazê-la com o auxílio do seu professor. Veja a figura abaixo e a descrição do experimento a seguir:

Figura 3. Demonstração do experimento sobre ondas estacionárias.



Fonte: Tavares (2018)

**Procedimento 1.** A fonte é um alto-falante, de 12 cm de diâmetro, que vibra quando conectado a um transformador ligado à rede elétrica e ao alto-falante. Na parte central, convexa, do alto-falante uma haste com um furo em cima e soldada embaixo a uma base côncava que se encaixa na parte central convexa do alto-falante.

Figura 4. Alto-falante com a haste.



Fonte: Tavares (2018)

**Procedimento 2.** Nas extremidades de uma base de madeira de cerca de 10 cm por 1,0 m, é fixada duas pequenas barras verticais com um orifício na parte superior. Junto a uma dessas barras é fixada o alto-falante. Fixar um fio (pode ser cordão branco grosso – elástico) à barra vertical junto ao alto-falante. Esse fio passa pelo orifício da haste do alto-falante e pelo orifício da outra barra. Mas atenção! Não é possível prender esse fio diretamente na haste do alto-falante. Todos esses orifícios devem estar à mesma altura.



Figura 5. Barras fixadas no alto-falante.



Fonte: Tavares (2018)

**Procedimento 3.** Na extremidade oposta ao alto-falante, fixar uma roldana por onde passa esse fio; nessa extremidade vão ser penduradas cargas( $C$ ) que, por meio do seu peso, vão exercer a tração de módulo  $F$  no fio. Para obter trações de módulos diferentes, basta optar por pendurar um pequeno balde de plástico, por exemplo —, onde seja possível colocar água ou areia para se obter a carga que for necessária.

Figura 6. Fio anexado a roldana.



Fonte: Tavares (2018)

Figura 7. Fonte ligada, demonstração do fio vibrando.







Fonte: Tavares (2018)

**Procedimento 4.** O experimental é simples. Liga-se o transformador à rede elétrica: o alto-falante vai começar a vibrar, fazendo a haste vibrar verticalmente. Essa vibração é a frequência excitadora comunicada ao fio — chamada de  $f_e$ .

**Procedimento 5.** Nesse caso, ela tem valor constante  $f_e = 60$  Hz, que é a frequência da rede elétrica (frequência universal) onde o transformador está ligado. Na sequência, deve-se variar a carga pendurada no fio para variar a tração nele exercida e, desse modo, variar as velocidades e os comprimentos de onda das ondas que se propagam no fio. Quando o comprimento de onda ( $\lambda_n$ ) assume valores múltiplos inteiros ou fracionários do comprimento, ( $\ell$ ) do fio, aparecem às correspondentes configurações de ondas estacionárias.

**Procedimento 6.** Abaixo a representação parcial da tabela com os valores de  $n$  e os correspondentes valores de  $\lambda_n$  em função de ( $\ell$ ).

Figura 8. Representação parcial da tabela com os valores de  $n$ .

Configuração	$n$	$\lambda_n$
	1	$2\ell$
	2	$\ell$
	3	$\frac{2\ell}{3}$
	4	$\frac{\ell}{2}$

Fonte: <<http://souexatas.blogspot.com/2015/12/compreendendo-fisica-alberto-gaspar-vol.html>>

Se a tração no fio for tal que o número de ventres seja  $n_3$ , aparecerão três ventres na configuração de ondas estacionárias correspondente ao comprimento de onda:

$$\lambda_3 = \frac{2\ell}{3} \quad \text{Eq. (1)}$$

**Procedimento 7.** Note que a frequência da onda estacionária é sempre a mesma (60 Hz) fornecida pelo alto-falante, mas a velocidade e o comprimento de onda variam porque o peso da carga varia e, por consequência, a tração exercida sobre o fio.

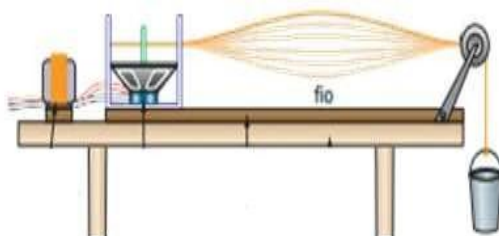
É importante destacar que a *ordem em que se observam as configurações de ondas estacionárias é invertida em relação à ordem em que elas aparecem na tabela*, isto é, as configurações que se observam primeiro são as de maior número de ventres, depois estes diminuem até aparecer o modo fundamental, com um único ventre.

Isso acontece em geral porque as medidas começam com as cargas menores e, é aumentada gradativamente, o que significa aumentar gradativamente a tração no fio. Como a frequência e a densidade linear do fio são constantes, o módulo  $F$  da tração, é obtido por meio da expressão das frequências naturais de uma corda, que é inversamente proporcional a  $n_2$ .

$$f_n = \frac{n}{2\ell} \cdot \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Eq. (2)

Figura 8. Demonstração de uma onda estacionária



Fonte: <http://souexatas.blogspot.com/2015/12/compreendendo-fisica-alberto-gaspar-vol.html>

No sistema representado na figura, o fio pode vibrar entre duas extremidades separadas pela distância,  $\ell = 0,70 \text{ m}$ , com uma frequência vibratória de 60Hz.

De acordo com o experimento sobre ressonância, observe e determine:

a) O comprimento de onda das ondas componentes observadas no experimento;

Utilizar a expressão:  $\lambda = \frac{2\ell}{n}$

b) Represente graficamente a frequência de onda produzida no experimento, indique o sentido e velocidade, a amplitude, o comprimento da onda, os ventres e os nós.

c) as frequências naturais de oscilação dessa corda quando submetida a uma tração de módulo igual a 200 N; massa de  $\Delta m = 120 \text{ g}$ . (transformada em Kg/m, a nova massa  $\mu$  será de 0,12Kg/m).

Utilizar a expressão:  $f_n = \frac{n}{2\ell} \cdot \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

Para  $n = 1$ ,

Para  $n = 2$ ,

Para  $n = 3$

## Atividade Experimental (3)

### Descrição do experimento (A harpa de ar)

Apesar de chamada harpa de ar devido ao aspecto final da sua montagem (figura 1), esta demonstração é, na verdade, uma espécie de órgão com tubos que —tocam sozinhos! — pode-se dizer que esses tubos emitem som continuamente, pois reforçam o som ambiente, que sempre existe. No entanto, para que você possa ouvi-los, é preciso colocar a orelha junto à extremidade (em geral a inferior) de cada tubo; portanto, nesse instrumento musical só é possível ouvir um som ou nota musical de cada vez.

Figura 9: Harpa de ar.



Fonte: Tavares (2018)

Sendo assim, um tubo aberto em uma ou em ambas as extremidades é um filtro sonoro que só reforça as frequências naturais de oscilação dos sons do ambiente com as quais entra em ressonância.

No caso de um tubo de comprimento, aberto nas duas extremidades, as frequências das ondas estacionárias nele são chamadas de frequências naturais, ( $f_n$ ) em que  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ , onde a velocidade equivale ao som no ar.

Conclui-se então que, se um tubo não tiver furos, a frequência fundamental do som por ele reforçado (correspondente a  $n = 1$ ) é única e

determinada pelo seu comprimento. Mesmo havendo o reforço de outras frequências (correspondentes a  $n = 2, 3, 4$ , etc.), prevalece o som da frequência fundamental, porque sua intensidade é bem maior.

### Procedimentos para a montagem da Harpa de Ar Didática

**Procedimento 1.** Para construir o instrumento musical, é preciso, de início, escolher quantas e quais notas musicais queremos que sejam ouvidas, pois para cada nota será preciso um tubo de determinado comprimento.

**Procedimento 2.** A tabela abaixo esta representada com as notas musicas de uma oitava da escala cromática em valores decimais, com dois algarismos significativos.

Figura 10: Tabela com as frequências das notas musicais.

Nota	dô	dô#	ré	ré#	mi	fá	fá#	sol	sol#	lá	lá#	si	dó
f(Hz)	260	280	290	310	330	350	370	390	420	440	470	490	520

Fonte: <<http://souexatas.blogspot.com/2015/12/compreendendo-fisica-alberto-gaspar-vol.html>>

**Procedimento 3.** Após a escolha das notas musicais, calcule o comprimento dos tubos correspondentes às notas desejadas utilizando a expressão:

$$L = \frac{v}{2f} \quad \text{Eq. (1)}$$

1. De acordo com a tabela de notas musicais do procedimento (2), calcule o comprimento dos tubos, utilizando a equação de frequências estacionais descrita no procedimento (3).

2. Cerrar o cano de PVC de acordo com o  $L$  calculado que irá representar a nota musical escolhida.

Figura 11: Tubo de cano PVC



Fonte: Tavares (2018)

3. Para essa etapa acoplar-se um joelho à extremidade inferior de cada tubo para facilitar a audição do som. Veja a figura:

Figura12: Tubo de cano PVC com joelho



Fonte: Tavares (2018)

**Procedimento 4.** Cada tubo passa a ter, então, uma extremidade curva que também deve ser considerada na medida do comprimento, pois o comprimento deve ser medido de abertura a abertura.

Figura13: Tubo de cano PVC acoplado



Fonte: Tavares (2018)

**Procedimento 5.** Construídos os tubos, basta fixá-los em um suporte ou cavalete vertical ou ligeiramente inclinado com a abertura inferior a uma altura conveniente para serem ouvidos, o que deve ser determinado pelo local onde será colocado e o público ao qual se destina.

Figura14: Fixando os tubo de cano PVC no suporte.



Fonte: Tavares (2018)

**Procedimento 6.** Agora, é marcar em cada tubo a nota musical correspondente, mas é importante ressaltar que esse é apenas um valor de referência, pois, como vimos na tabela anterior, essa nota depende da frequência, que, por sua vez, depende da velocidade do ar, que varia com a temperatura ambiente.



## Hora de colocar o experimento em prática

1. Agora, leve a Harpa de Ar para um local sem barulho dentro do espaço escolar, fixe a harpa, se certifique que esta bem fixa e encoste o ouvido na abertura da extremidade inferior e descreva o que você o escutou durante o evento.

---

---

---

2. Agora, leve a Harpa de Ar para um local com mais barulho dentro do espaço escolar, fixe a harpa novamente, certifique que esta bem fixa e encoste novamente o ouvido na abertura da extremidade inferior e descreva o que você o escutou durante a ação.

---

---

---

3. Agora, desenhe e descreva o comportamento da onda sonora em tubos com as extremidades abertas.

