



**SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM UMA ABORDAGEM TRANSVERSAL
COMO ESTRATÉGIA PARA O ESTUDO DO SOM NO ENSINO
FUNDAMENTAL**

IVAN VIANA DOS SANTOS

**Manaus – AM
2020**

Ivan Viana dos Santos

SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM UMA ABORDAGEM TRANSVERSAL
COMO ESTRATÉGIA PARA O ESTUDO DO SOM NO ENSINO
FUNDAMENTAL

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal do Amazonas em parceria com a Universidade Federal do Amazonas, como requisito obrigatório para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof. Dra. Soraya Farias Aquino

Manaus-AM
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S237s Santos, Ivan Viana dos.
Sequência didática em uma abordagem transversal como estratégia para o estudo do som no ensino fundamental./ Ivan Viana dos Santos. – Manaus, 2020.
78 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2020.
Orientadora: Profa. Dra. Soraya Farias Aquino.

1. Ensino de física. 2. Poluição sonora. 3. Sequência didática. I. Aquino, Soraya Farias. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do Amazonas. V. Título.

CDD 530.07

Elaborado por Márcia Auzier - CRB 11/597



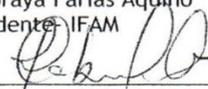
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

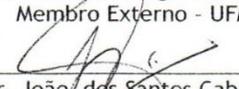
Ata da 33ª Defesa de Dissertação

Aos quatorze dias do mês de fevereiro, do ano de dois mil e vinte, às dez horas, no CDI no Auditório II, do Campus Manaus Centro, ocorreu a Defesa da Dissertação do mestrando Ivan Viana dos Santos, intitulada " Sequência Didática em uma Abordagem Transversal como Estratégia para o Estudo do Som no Ensino Fundamental", do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das instituições de Ensino superior Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pela Profª. Drª. Soraya Farias Aquino, Profª. Drª. Iramaia Jorge Cabral de Paulo e Prof. Dr. João Cabral dos Santos Neto. A Profª. Drª Soraya Farias Aquino presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou o mestrando para, fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, a Presidente da banca comunicou o interessado que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, cinco (5) vias impressas e encadernadas no formato capa dura, e duas vias digitais em formato PDF, em CD, para os tramites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução Nº.47 - CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.



Profª. Drª. Soraya Farias Aquino
Presidente - IFAM


Profª. Drª. Iramaia Jorge Cabral de Paulo
Membro Externo - UFAM


Prof. Dr. João Cabral dos Santos Neto
Membro Interno - IFAM

Aos meus pais, pela minha educação baseada em responsabilidade, moral e ética.

AGRADECIMENTOS

À minha família que sempre esteve presente, de alguma forma em minhas conquistas, e em especial a minha mãe e ao Jefferson que sempre me deram forças e me ajudaram a acreditar no meu potencial.

Aos meus colegas do mestrado que, sempre estiveram comigo nessa jornada, em especial o Fábio e o Aristeu, e posso assim dizer que foram fundamentais para minha chegada até aqui.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF polo 04, IFAM/UFAM, pela inspiração que me proporcionaram e pela confiança a mim depositada.

À minha orientadora Profa. Dra. Soraya Farias Aquino que sempre se prontificou a me ajudar, não só neste trabalho mais como também em vários outros casos oportunizados durante o mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pelo apoio financeiro que me permitiu um tempo maior de dedicação para a realização dos trabalhos referentes ao mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio a esse programa de mestrado, concedendo bolsas aos discentes.

E a todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte dessa formação o meu muito obrigado.

RESUMO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM UMA ABORDAGEM TRANSVERSAL COMO ESTRATÉGIA PARA O ESTUDO DO SOM NO ENSINO FUNDAMENTAL

Este trabalho apresenta o relato do desenvolvimento e aplicação de uma sequência didática para o estudo do som no 9º ano do Ensino Fundamental. Para desencadear a sequência didática foi formulada uma situação-problema, a partir da ideia de que o som, em alguns momentos, pode provocar a poluição sonora, gerando uma situação conflitante na realidade experiencial dos alunos. Quando pensamos no som, concluímos que de fato, estamos imersos em um mundo de ondas sonoras e isso pode gerar inúmeras questões. Por meio dessa situação-problema os alunos foram instigados a investigar este tema escolhido, no sentido de conhecer o impacto causado pelo som em nossas vidas e de avaliar os riscos que algumas fontes sonoras podem acarretar à nossa saúde e à vida de outros seres vivos. Para aplicação da sequência didática foram desenvolvidas três ações principais: 1) apresentação da situação-problema aos alunos; 2) Investigação e generalização das conclusões tiradas das fontes de pesquisa; 3) apresentação dos relatos de pesquisa. Durante a execução dessas tarefas os alunos tiveram a oportunidade de desenvolver competências e habilidades importantes para o entendimento do processo de construção da ciência e para a aprendizagem de conceitos físicos, entre as quais destacamos o trabalho em equipe, a habilidade de reconhecer fontes de informação relevantes para a investigação de um problema, a capacidade de mobilizar recursos e pessoas e de ouvir e dar opiniões. Os resultados deste trabalho possibilitaram aprimorar a sequência didática desenvolvida que é reapresentada no Apêndice na forma de um produto educacional para auxiliar professores de ciências do Ensino Fundamental na abordagem do conceito de som para seus alunos.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Estudo do som, Poluição sonora, Sequência didática.

ABSTRACT

DIDACTIC SEQUENCE IN A TRANSVERSAL APPROACH AS STRATEGY TO SOUND STUDY IN ELEMENTARY SCHOOLS

This paper presents the report of development and application of a didactic sequence for study of sound in a 9th grade class in a elementary school. To trigger the didactic sequence, a problem-situation was formulated based on the idea that sound can sometimes cause noise pollution, generating a conflicting situation in students' experiential reality. When we think of sound, we conclude that we are, in fact, immersed in a world of sound waves what can raise countless questions. Through this problem situation the students were encouraged to investigate this chosen theme in order to know the impact caused by sound on our lives and to evaluate the risks that some sound sources may cause to our health and the life of other living beings. To apply the didactic sequence, three main actions were developed: 1) A presentation of the problem-situation to the students, 2) Investigation and generalization of conclusions drawn from research sources, and 3) An oral presentation of research reports. During the execution of these tasks, students had the opportunity to develop important competences and skills for understanding the process of science construction and for learning physical concepts, among which we highlight teamwork, the ability to recognize sources of information. relevant to the investigation of a problem, the ability to mobilize resources and people and to listen and give opinions. The results of this work made it possible to improve the developed didactic sequence that is presented in the Appendix in the form of an educational product to assist elementary schools science teachers in approaching the concept of sound to their students.

Keywords: Didactic sequence, Noise pollution, Science teaching, Sound studies.

FIGURAS

Figura 1 – Formas de ondas	29
Figura 2 – Onda senoidal	30
Figura 3 – Equação e suas grandezas	31
Figura 4 - Onda	31
Figura 5 - Modelo de ondas sonoras	32
Figura 6 - Representação de onda de compressão. Variação de pressão no espaço percorrido pela onda	33
Figura 7 - Ondas sonoras (Ar em movimento).....	37
Figura 8 - Procedimento didático (Aula 1)	46
Figura 9 - Procedimento didático (Aula 2)	47
Figura 10 - Procedimento didático (Aula 3)	48

FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Primeiro dia da aula: introduzindo o tema	50
Fotografia 2 - Slide 1: A comunicação humana	50
Fotografia 3 - Slide 2: A comunicação entre os animais	51
Fotografia 4 - Slide 3: A produção do som	51
Fotografia 5 - Slide 5: Tipos de movimentos de Ondas	53
Fotografia 6 - Slide 6: Ondas sonoras	53
Fotografia 7 - Escolha dos subtemas	55
Fotografia 8 - Início da segunda aula	57
Fotografia 9 - Grupo 1	60
Fotografia 10 - Grupo 2	61
Fotografia 11 - Grupo 3	62
Fotografia 12 - Grupo 4	64
Fotografia 13 - Grupo 5	64
Fotografia 14 - Grupo 6	66
Fotografia 15 - Relato (aluno 7)	71
Fotografia 16 - Relato (aluno 18)	72
Fotografia 17 - Relato (aluno 23)	72
Fotografia 18 - Relato (aluno 19)	73
Fotografia 19 - Relato (aluno 10)	73

GRÁFICOS

Gráfico 1 - variação de pressão de uma onda sonora de 1000 Hz com amplitude no limiar da dor	36
--	----

QUADROS

Quadro 1 - Síntese dos artigos	25
--------------------------------------	----

TABELAS

Tabela 1 - Velocidade do som em alguns meios materiais.....	35
Tabela 2 - Níveis sonoros em alguns ambientes.....	40
Tabela 3 - Distribuição dos subtemas por grupo	57
Tabela 4 - Subtemas e conceitos físicos	69

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM ENSINO	19
1.1 A teoria do desenvolvimento de Vygotsky	19
1.2 O que se sabe sobre a sequência didática.....	22
1.3 Um pouco do que já foi produzido sobre o ensino do som	25
2 A ONDULATÓRIA E SUA ABORDAGEM SOBRE ONDAS SONORAS	29
2.1 Ondulatória	29
2.2 Ondas sonoras.....	32
2.3 A velocidade do som	34
2.4 Amplitude	35
2.5 Altura	36
2.6 Intensidade	37
3 METODOLOGIA	41
3.1 Contexto da Intervenção	43
3.2 Roteiro da Sequência Didática	44
3.3 O planejamento das aulas.....	45
4 FASES DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	49
4.1 Descrição da Aula 1	49
4.2 Descrição da Aula 2	57
4.3 Descrição da Aula 3 – apresentação dos grupos	59
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	67
5.1 Sobre os relatos dos alunos feitos ao final da sequência didática considerando os objetivos do projeto aplicado e o conhecimento adquirido.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE	79

INTRODUÇÃO

O som tem uma importância significativa para as atividades dos seres vivos e dos elementos da natureza, possuindo cada qual o seu significado dentro do ambiente em que é produzido e percebido (ESTEVAN, 2013). O mesmo autor ainda relata sobre a importância da audição, afirmando o quanto pode ser perigoso parar de escutar em ambiente selvagem, o que pode colocar em risco a sobrevivência do indivíduo e até da própria espécie. Para os seres humanos não é diferente. Mesmo antes de nascerem, no último trimestre de gestação, os bebês são capazes de memorizar estímulos auditivos externos e, após o nascimento, dão preferência à voz materna em detrimento de outros sons.

Por outro lado, o som em certas circunstâncias pode ser nocivo. Os ruídos em excesso, por exemplo, são um fator perturbador para os seres vivos que vivem nos centros urbanos e seu entorno, pois interferem na vida diária desses seres vivos. Para Moraes e Silva (2014),

... o ruído excessivo consiste numa das mais significativas fontes perturbadoras do meio urbano, principalmente, nos centros das grandes cidades. A combinação de diversas fontes sonoras existentes nesses ambientes, como: alarmes, sirenes, atividades comerciais e serviços, templos religiosos, indústrias, obras de construção civil e o trânsito de veículos automotores tem elevado o nível de ruído urbano e contribuído para o surgimento de ambientes sonoros cada vez mais desagradáveis, interferindo na realização de atividades, quer seja o estudo, o trabalho, o lazer ou ainda o descanso.(GUEDES, 2005, p. 6 apud MORAES; SILVA, 2014, p. 16).

Porém, a presença de ruídos excessivos ou poluição sonora não se restringem apenas a serem percebidos como pontos negativos pelo sistema auditivo dos seres humanos, pois, sua atuação também pode ser percebida em outros órgãos/funções do corpo humano.

De fato, os efeitos dos ruídos não são diminutos. Informam os especialistas da área que ficar surdo é só uma das consequências. Diz-se que o resultado mais traiçoeiro ocorre em níveis moderados de ruído, porque lentamente vão causando estresse, distúrbios físicos, mentais e psicológicos, insônias e problemas auditivos. Além disso, sintomas secundários aparecem: aumento da pressão arterial, paralisação do estômago e intestino, má irrigação da pele e até mesmo impotência sexual. Acrescente-se que a poluição sonora e o estresse auditivo são a terceira causa de maior incidência de doenças do trabalho. Além disso, verifica-se que o ruído estressante libera substâncias excitantes no cérebro, tornando as pessoas sem motivação própria,

incapazes de suportar o silêncio. (FIORILLO, 2001, p. 312 apud ESTEVAN, 2013, p.25).

Em parte, esse contexto que foi observado em décadas passadas, colaborou para os documentos normativos que regem a educação básica no Brasil e que, atualmente, aponta para uma tendência em não valorizar apenas o saber científico, mas também, outros fatores que têm relação com este conhecimento.

É importante, quando se tratar das Ciências Naturais, que o professor tenha estratégias de ensino que relacionem o conhecimento científico com o meio social dos alunos. Por exemplo, no caso que tratamos, ao falar sobre o som, o professor deve relacionar este tema com as situações ligadas ao cotidiano, e uma das possibilidades pode ser relacionar o tema à poluição sonora nos grandes centros urbanos. Dessa forma, temos a possibilidade de não nos preocuparmos tão somente com o conhecimento científico, mas também com as situações relacionadas a esse conhecimento.

O conteúdo relacionado ao som inicialmente é trabalhado no 9º ano do Ensino Fundamental em Ciências. Essa é a disciplina que trabalha a Física e a Química ainda de maneira introdutória, com a finalidade de preparar os alunos para o Ensino Médio. Nesse sentido, os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN's (BRASIL, 1998), propõem uma forma de abordagem que se aproxime mais do dia a dia dos estudantes, com o intuito de facilitar a compreensão dos conceitos, e, para o ensino de ondas sonoras, os PCN's recomendam o seguinte:

Como o ser humano percebe e se relaciona com o meio em que se encontra? Propõem-se, por exemplo, investigações sobre os órgãos dos sentidos e a sensibilização dos receptores pelo meio externo, seu funcionamento interno, sua integração por meio do sistema nervoso, os desvios ou mau funcionamento e a correção por meios tecnológicos (lentes, aparelhos para surdez), as condições para manutenção da saúde. São próprias da Física as investigações das formas de energia e sua intensidade, que chegam aos órgãos externos para sensibilizá-los, dos tipos de ondas de energia (mecânica e eletromagnética), a propagação das ondas no meio, suas propriedades (cores, timbres e alturas sonoras), as transformações tecnológicas de energia e sua aplicação em receptores de ondas de rádio, TV, telefone e outras formas de comunicação humana e com o meio. São conteúdos pertinentes ao Ser Humano e Saúde, Tecnologia e Sociedade, podendo integrar também com o tema transversal Saúde. Experimentações acompanhadas de hipotetização, leituras informativas, entrevista com agentes de saúde e registros (tabelas, gráficos, relatórios, texto informativo acompanhando maquete ou cartaz) são procedimentos adequados para trabalhar em conjunto com esses conceitos. (BRASIL, 1998, p.118).

Refletindo sobre o ensino de Física com base nos aspectos destacados, fomos motivados a elaborar uma metodologia em forma de sequência didática para atender a esses aspectos, o que poderá contribuir para ensino-aprendizagem desse campo do conhecimento no ensino de Ciências.

O motivo de propormos uma sequência didática foi a possibilidade de realizar *“um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”* (ZABALA, 1998, p.18).

Pensamos também ao escolher a sequência didática, em uma metodologia que tivesse o suporte no professor apenas como auxílio inicial para o entendimento e a compreensão das coisas, com ele funcionando como mediador, pois, acreditamos que isso permite a médio/longo prazo, a ampliação da autonomia do aluno para a compreensão de fenômenos da mesma natureza sem ajuda do seu professor. Esse pressuposto nos aproxima muito da teoria de Vygotsky, já que para ele,

É por meio de outros, por intermédio do adulto que a criança se envolve em suas atividades. Absolutamente, tudo no comportamento da criança está fundido, enraizado no social. [E prossegue:] Assim, as relações da criança com a realidade são, desde o início, relações sociais. (VYGOTSKY, 1984, p. 281 apud IVIC, 2010, p. 16).

Pereira (2014), também afirma o mesmo, quando ressalta em seu trabalho que uma implicação da abordagem vygotskyana para o ensino de Física é a afirmação de que a introdução de um novo signo na atividade psicológica causa uma transformação fundamental das funções mentais superiores. É a partir disso que neste trabalho, utilizamos as ferramentas de nossa cultura para, com a interação professor-aluno-meio, chegarmos ao conceito físico de som, relacionando-o com o cotidiano, possibilitando assim, uma internalização no plano psicológico dos conceitos a respeito do assunto.

Para este trabalho optamos por desenvolver o conceito de som, de forma a oportunizar não apenas uma boa aprendizagem sobre o conhecimento científico, mais também relacionar o conteúdo com o contexto social dos alunos, de forma a contribuir para o desenvolvimento de outras habilidades e competências.

O que nos motivou a trabalhar com o tema foi a necessidade de mais trabalhos nessa área para esse nível de ensino específico, já que a Física, muitas

vezes é transmitida para os alunos nesse nível de ensino de maneira mecânica, com um ensino baseado na memorização e sem relação direta com o cotidiano dos educandos, se contrapondo ao que os PCN's destacam. Isso acaba desestimulando os mesmos e dificultando o entendimento do assunto. Diante disso, apresentamos a seguinte questão: o ensino do som, ao ser trabalhado por meio de uma sequência didática a partir de uma situação problema, pode tornar a aula mais prazerosa e instigante, contribuindo para uma melhor compreensão dos conceitos, como os PCN's destacam?

A partir da definição do problema da pesquisa, estabelecemos para esse estudo os seguintes objetivos:

Objetivo Geral

- ✓ Desenvolver uma sequência didática em uma perspectiva transversal sobre o estudo do som para turmas de 9º ano do Ensino Fundamental.

Objetivos Específicos

- ✓ Incentivar a busca do conhecimento sobre o som em suas relações com o contexto social através de pesquisa bibliográfica e de campo.
- ✓ Oportunizar aos alunos conhecimentos sobre a velocidade do som, e a percepção sobre a relação entre intensidade sonora e unidade de decibéis.
- ✓ Relacionar intensidade sonora e altura do som com a poluição sonora.

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos (seguidos das Considerações Finais e Referências). No capítulo 1 temos a fundamentação teórica, momento em que discutimos a teoria base para o nosso trabalho, a abordagem sobre o significado de sequência didática, e também foi feito uma análise de trabalhos publicados sobre o tema som. No capítulo 2 se encontra a parte da Física Teórica, onde trabalhamos a ondulatória e sua abordagem sobre ondas sonoras. Em seguida temos o capítulo 3, com a metodologia proposta para esse trabalho. No passo seguinte se encontra o capítulo 4, com as fases do trabalho aplicado. E no capítulo 5 consta a análise dos resultados das atividades. Por fim, as considerações finais, referências do trabalho e no apêndice, o produto educacional, que poderá ser suporte de aplicação do tema por outros professores da área.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM ENSINO

Este capítulo está dividido em três seções: a seção 1.1 apresenta a teoria que fundamenta esse trabalho e é aqui que nos aproximamos da teoria sociocultural de Vygotsky, entendendo que ela nos dá o suporte básico necessário para trabalhar o ensino-aprendizagem dos alunos na perspectiva que nos propusemos. Na seção 1.2 temos uma breve abordagem sobre o significado de sequência didática. E na seção 1.3 foi feita uma análise de trabalhos publicados sobre o tema som.

1.1 A teoria do desenvolvimento de Vygotsky

Aqui apresentamos o que tomamos por base para este trabalho: a teoria sociocultural, de Lev Semenovitch Vygotsky¹, como forma de facilitação da aprendizagem.

Para Vygotsky, o ser humano se desenvolve pela socialização, e essa se caracteriza por uma sociabilidade primária. Em outras palavras, o ser humano é geneticamente social (MOREIRA, 1999).

Segundo Vygotsky:

É por meio de outros, por intermédio do adulto que a criança se envolve em suas atividades. Absolutamente, tudo no comportamento da criança está fundido, enraizado no social. [e prossegue:] Assim, as relações da criança com a realidade são, desde o início, relações sociais. (VYGOTSKY, 1984, p. 281 apud IVIC, 2010, p. 16).

Constata-se então que, o ser humano isolado, sem interação com sua espécie, não pode nem existir, nem conhecer o desenvolvimento próprio de sua espécie, na qual, ele por si só não é um ser completo, e, em consequência disso ele é dependente de outros ao seu redor para se desenvolver (IVIC, 2010).

O ser humano, diferentemente de outras espécies existentes, tem a capacidade de pensar e desenvolver linguagens que facilitam o seu desenvolvimento.

¹ Lev Semenovitch Vygotsky nasceu em 1896. Em seu tempo de estudante na Universidade de Moscou foi um leitor ávido e assíduo no campo de linguísticas, das ciências sociais, da psicologia, da filosofia e das artes. Foi a partir de 1924 que teve início o seu trabalho sistemático em psicologia. Dez anos mais tarde, aos 38 anos, morria de tuberculose (VYGOTSKY, 2008).

Vygotsky enfatiza que a fala tem um papel essencial na organização das funções mentais superiores (atenção voluntária, memória lógica, pensamento verbal e conceitual, emoções complexas, etc.), contudo, essas funções mentais superiores não poderiam emergir e se constituir no processo de desenvolvimento sem o aporte construtivo das interações sociais (COLE et.al., 1991).

O ser humano, além da fala, utiliza signos e desenvolve outras atividades que também os utiliza, posto que, signo é uma representação de algo no plano psicológico. Sobre isso, Pereira destaca uma implicação da abordagem vygotkiana para o ensino de Física que ressalte a importância de novos signos para o ensino e aprendizagem:

Uma implicação da abordagem vygotkiana para o ensino de Física é afirmação de que a introdução de um novo signo na atividade psicológica causa uma transformação fundamental das funções mentais superiores. Um novo texto de apoio, um experimento didático, uma simulação computacional, entre outras inovações, têm o potencial de causar mudanças significativas no modo como os estudantes realizam determinadas atividades mentais, ou, ainda, propiciar aos estudantes uma forma de realizar certas atividades mentais que não poderiam ser realizadas sem o auxílio do signo em questão. Aprender a lidar com um conjunto de dados de uma observação experimental empregando uma técnica particular de construção de gráficos ajuda o estudante a perceber certos padrões de comportamento do sistema observado, que não poderiam ser revelados a partir do uso de outro modo de mediação (como uma equação, por exemplo). A ideia básica é que novas ferramentas psicológicas proporcionam novas possibilidades para o estudante. (PEREIRA, 2014, p. 531).

Percebe-se então a importância de novos signos para o ensino e aprendizagem de Física, e que isso pode contribuir para uma transformação fundamental nas funções mentais superiores.

Por outro lado, as interações sociais são de grande importância para o desenvolvimento do ser humano, e, em consequência disso, o professor em sala de aula é um agente ativo para a construção dos conhecimentos nos alunos, pois utiliza a mediação ou meios auxiliares na solução de questões psicológicas (lembrar, raciocinar, etc.). Entretanto, o professor não pode ser um mediador, pois ele em si não é um signo (PEREIRA, 2014).

Pereira (2012), destaca ainda que a ação mediada é caracterizada por uma tensão irreduzível entre os agentes e as ferramentas culturais que eles empregam e consiste na unidade de análise mais adequada para o estudo do funcionamento humano, numa perspectiva da aproximação sociocultural, visto que, ferramentas

culturais como a linguagem e os instrumentos de trabalho, moldam a ação humana de maneira essencial.

Com base na importância de instrumentos e seus auxiliares Vygotsky destaca que: “A mão e a inteligência humanas, privadas dos instrumentos necessários e dos auxiliares, permanecem impotentes; inversamente, o que reforça seu poder são os instrumentos e os auxiliares oferecidos pela cultura.” (VYGOTSKY, 1984, apud IVIC, 2010).

No que se refere a aprendizagem, Vygotsky destaca o fator ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal), definida como a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas, sob a orientação de um adulto ou em colaboração com parceiros mais capazes, pois só percorrendo por esse fator é que internalizamos as coisas, visto que todos temos o potencial de aprender sendo, de início, com a ajuda de uma pessoa mais experiente (VYGOTSKY, 2008).

Diante disso, devemos ressaltar o papel do professor no ensino de Física, pois o modo como ele orienta a ação do aluno será o modo como o aluno orientará, no futuro, a sua própria ação, visto que, ao resolver um problema, o papel do professor não é encontrar a resposta correta, mas sim possibilitar uma solução, pela interação entre professor, aluno e meio. Só assim, o aluno internaliza o modo como chegou naquele resultado, tornando-se consciente das operações feitas e futuramente conseguirá resolver o problema sem a ajuda do professor (PEREIRA, 2014).

Sobre o desenvolvimento da criança Vygotsky destaca ainda que:

No desenvolvimento, a imitação e o aprendizado desempenham um papel importante. Trazem à tona as qualidades especificamente humanas da mente e levam a criança a novos níveis de desenvolvimento. Na aprendizagem da fala, assim como na aprendizagem das matérias escolares, a imitação é indispensável. O que a criança é capaz de fazer hoje em cooperação, será capaz de fazer sozinha amanhã. Portanto, o único tipo positivo de aprendizado é aquele que caminha à frente do desenvolvimento, servindo-lhe de guia; deve voltar-se não tanto para as funções já maduras, mas principalmente para as funções em amadurecimento. (VYGOTSKY, 2008, p. 129).

Vemos então, mais uma vez, a importância do meio social para o desenvolvimento da criança. A imitação e o aprendizado correm juntos para novos níveis de desenvolvimento humano.

Neste trabalho utilizamos instrumentos de ensino que estavam ao alcance dos alunos, como livros didáticos, revistas educacionais, matérias da internet, atividades de campo, etc. Assim, com a interação professor-aluno, aluno-aluno e utilizando-se desses fatores para chegar a uma conclusão do entendimento do conhecimento em questão, pretende-se que o aluno seja capaz de ter essa aprendizagem através da orientação do professor e dos meios que o mesmo utilizou na intervenção.

Dessa forma o professor foi um auxiliador de mediações, fornecendo aos alunos meios para a compreensão do conteúdo de som e conhecimentos relacionado ao mesmo. Além disso foi desenvolvido algumas habilidades, como de formular ideias e verbalizar. De acordo com Ribeiro (2008, p.406) “desenvolver habilidades de formular ideias e verbalizá-las adequadamente requer do aluno a participação ativa e senso crítico no trabalho em grupo, a escuta criteriosa e respeitosa, o hábito de colaboração em equipe”.

1.2 O que se sabe sobre a sequência didática

De acordo Zabala (1998), toda prática pedagógica exige uma organização metodológica para a sua execução. A aprendizagem do aluno se concretiza a partir da intervenção do professor no cotidiano da sala de aula. Antes dessa organização, Zabala afirma que é necessário ter em mente duas perguntas chave: “Para que educar? Para que ensinar?”. Estas são identificadas pelo autor como perguntas capitais que justificam a prática educativa. Esse seria o ponto de partida para a organização do trabalho pedagógico de maneira reflexiva.

Sequência didática é, portanto, definida como “*um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.*” (ZABALA, 1998, p.18).

Zabala (1998, p.54), descreve uma sequência didática de modelo tradicional composta por quatro fases:

- a) Comunicação da lição;
- b) Estudo individual sobre o livro didático;
- c) Repetição do conteúdo aprendido (numa espécie de ficção de haver se apropriado dele e o de ter compartilhado, embora não se esteja de acordo com ele), sem discussão nem ajuda recíproca;
- d) Julgamento ou sanção administrativa (nota) do professor ou da professora.

Zabala (1998, p.55) também descreve as fases de uma sequência de modelo “estudo do meio” formada pelas seguintes fases:

- a) atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos;
- b) explicação das perguntas ou problemas;
- c) respostas intuitivas ou hipóteses;
- d) seleção e esboço das fontes de informação e planejamento da investigação;
- e) coleta, seleção e classificação dos dados;
- f) generalização das conclusões tiradas;
- g) expressão e comunicação.

A partir dos exemplos, este autor acrescenta que o objetivo da sequência didática deve ser o de:

[...] introduzir nas diferentes formas de intervenção aquelas atividades que possibilitem uma melhora de nossa atuação nas aulas, como resultado de um conhecimento mais profundo das variáveis que intervêm e do papel que cada uma delas tem no processo de aprendizagem dos meninos e meninas. (ZABALA 1998, p.54).

Batista, Oliveira e Rodrigues (2016), também realizam comentários a esse respeito e informam que é importante considerar, quando se planeja uma sequência didática, as relações interativas entre professor/aluno, aluno/aluno e as influências dos conteúdos nessas relações, o papel do professor e o papel do aluno, a organização para os agrupamentos, a organização dos conteúdos, a organização do tempo e espaço, a organização dos recursos didáticos e a avaliação.

A maneira de configurar as sequências de atividades é um dos traços mais claros que determinam as características diferenciais da prática educativa. Desde o modelo mais tradicional de "aula magistral" até o método de "projetos de trabalho global", se analisarmos, podemos ver que todos têm como elementos identificadores

as atividades que os compõem, mas que adquirem personalidade diferencial segundo o modo como se organizam e articulam em sequências ordenadas (ZABALA, 1998).

Zabala (1998) também utiliza indistintamente os termos unidade didática, unidade de programação ou unidades de intervenção pedagógica, referindo-se às sequências de atividades estruturadas para a realização de certos objetivos educacionais determinados. Estas unidades têm a virtude de manter o caráter unitário e reunir toda a complexidade da prática, ao mesmo tempo em que são instrumentos que permitem incluir as três fases de toda intervenção reflexiva: planejamento, aplicação e avaliação. Para o autor, sistematizar os componentes da complexa prática educativa comporta um trabalho de esquematização das diferentes variáveis que nela intervêm, de forma que, com esta intenção analítica, e, portanto, de alguma maneira compartimentadora, pode-se perder relações cruciais, traindo o sentido integral que qualquer intervenção pedagógica tem. Neste sentido, mesmo que nas atividades, e sobretudo nas unidades de intervenção, estejam incluídas todas as variáveis metodológicas, seria adequado identificá-las de forma que se pudesse efetuar a análise de cada uma delas em separado, mas levando em conta que sua avaliação não é possível se não forem examinadas em sua globalidade.

Zabala (1998), descreve ainda que uma vez determinadas as unidades didáticas como unidades preferenciais de análise da prática educativa, é preciso buscar suas dimensões para poder analisar as características diferenciais em cada uma das diversas maneiras de ensinar. Este autor descreve uma maneira de identificar as variáveis que configuram a prática, feita por Joyce e Weil (1985), na qual, utilizam quatro dimensões: sintaxe, sistema social, princípios de reação e sistema de apoio. Sintaxe são as diferentes fases da intervenção, quer dizer, o conjunto de atividades sequenciadas; o sistema social descreve os papéis dos professores e dos alunos, as relações e tipos de normas que prevalecem; os princípios de reação são regras para sintonizar com o aluno e selecionar respostas de acordo com suas ações; já os sistemas de apoio descrevem as condições necessárias, tanto físicas como pessoais, para que exista a intervenção.

Seguimos no próximo capítulo com algumas revisões literárias, obtidas através de pesquisas.

1.3 Um pouco do que já foi produzido sobre o ensino do som

Aqui apresentamos três artigos referentes ao ensino do som. Vale ressaltar que durante a busca desses artigos principalmente nos periódicos da SNEF², percebemos poucos trabalhos com esse tema nesse nível específico, dessa forma, foi feita uma análise dos artigos encontrados, de modo que nos desse caminho para trabalhar com esse tema no nível em questão como pretendíamos. Para melhor síntese dos artigos, elaboramos um quadro onde constam a metodologia usada, os resultados e comentários de cada um.

Quadro 1 - Síntese dos artigos

Autor	Título do Artigo	Base teórica	Metodologia	Resultados e comentários
Silva e Aguiar (2011)	Propagação do som: Conceitos e experimentos	Teoria cognitivista de Jean Piaget	Sequência de ensino-aprendizagem sobre a propagação do som, que aborda diretamente esta dificuldade. A sequência é: - Apresentação do conteúdo; - Sistematização e discussão das respostas; - Experimentos; e - Comparação dos dados.	Conhecimentos prévios dos alunos. Discursão com objetivo de refletir sobre sua própria noção a respeito da propagação do som e sobre o que se diferencia das concepções dos colegas. O experimento surge para identificar as inadequações das concepções relatadas anteriormente pelos educandos. A sequência didática é parecida com as atividades do POE (predição-observação-explicação).
Silva, Azevedo e Rivera (2013)	Elaboração de uma metodologia para o ensino de ondas sonoras no ensino fundamental.	Teoria sócio-cultural de Lev Vygotsky	Uma metodologia de ensino aprendizagem sobre ondas sonoras. A metodologia apresenta a seguinte sequência: -Partir do social; -Problematização;	Metodologias que abordem a relação indivíduo e sociedade, apresentada por Vygotsky, para otimizar a aula e tornar a aprendizagem de ciências mais significativa. O professor aprende com a criança e sobre ela, da mesma forma que a criança aprende por causa da ação do professor. Três fases do método dialético de construção do

² SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

			- Instrumentalização; - Catarse e retorno à prática social.	conhecimento escolar: Prática-teoria-prática. Síntese sobre aquilo que aprendeu e aquilo que pensava, o que pode ocorrer por meio de um texto descritivo por parte dos alunos.
Moura, Curvo, Assis e Barros (2017)	Visualize sua voz: Uma proposta para o ensino de ondas sonoras	Aprendizagem significativa de David Ausubel e a pesquisa qualitativa.	Atividades experimentais: investigar a prática experimental, em especial no ensino de ondas sonoras. Foi feito um aparato experimental, utilizando materiais de baixo custo, que reproduzia imagens.	Levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre conteúdo de ondas a fim de serem aproveitados na sequência didática. Apresentação das características relacionadas ao som e quais delas estão associadas ao corpo humano, como o sistema fonador e auditivo. Utilização de laboratório de informática com a finalidade de demonstrar um aplicativo que simula a sobreposição de ondas e formação de ondas compostas. Montagem de aparato experimental. A utilização desse material busca auxiliar o professor no momento em que ele apresenta o tema de ondas sonoras.

Fonte: Própria, 2019.

Verifica-se em dois dos três artigos, que a valorização dos conhecimentos já adquirido pelos alunos (mesmo informalmente, no convívio social), é o ponto de partida para uma sequência de aulas abordadas pelos autores, visando um ensino-aprendizagem com significado. No entanto, o artigo que fala sobre a teoria sociocultural, tem seu ponto de partida na metodologia e seu objetivo é mostrar aos alunos coisas do cotidiano que estão relacionadas com o conteúdo a ser abordado, nesse caso, ondas sonoras. O autor enfatiza a necessidade de se trabalhar abordando a relação indivíduo e sociedade para otimizar a aula e tornar a aprendizagem mais significativa (SILVA; AZEVEDO; RIVERA, 2013).

Podemos concluir a partir dos artigos acima, que nos estudos que estão sendo feitos com vistas a um avanço na relação ensino-aprendizagem, devem considerar o

contexto de vida dos alunos e os conhecimentos já formados no plano psicológico. Estes seriam o ponto de partida para promover uma aprendizagem com significado.

Outro fator importante sobre as metodologias destacadas foi a presença de experimentos que possibilitaram aos alunos uma compreensão mais clara sobre o assunto abordado. No artigo que tem como tema a “Propagação do som: Conceitos e experimentos” por exemplo, foi pelo experimento que o aluno teve a possibilidade de confrontar seus conhecimentos prévios. Os autores desse artigo concluem que, quando os alunos observam diretamente em situações concretas, é mais fácil identificar as inadequações das concepções fornecidas pelos alunos (SILVA; AGUIAR, 2011).

Daí percebemos a importância de a prática caminhar em conjunto com o conteúdo teórico em sala de aula, visto que em uma metodologia investigativa, como proposto nos PCN’s, é importante para que o educando possa vivenciar práticas relacionadas ao conteúdo e com isso, construir o conhecimento a partir de situações concretas e significativas. Vale ressaltar também a interação professor-aluno-meio, pois todos têm seu papel, já que a interação passa a ser o mecanismo facilitador no processo de ensino-aprendizagem.

Observamos que apenas um dos artigos está voltado para um ensino que considera o meio social, fator que é muito valorizado nos documentos normativos (PCN’s, BNCC³ e etc.). Os demais se referem a um ensino voltado para o aluno, ou seja, uma metodologia voltada para a compreensão do conteúdo em si e não por relacionar o conteúdo com questões sociais.

O trabalho que se refere à teoria sociocultural é, portanto, o que mais se aproxima do que propomos, visto que a sequência didática que desenvolvemos procura relacionar o indivíduo com as questões sociais, além de outros fatores dessa teoria. No entanto, a valorização dos conhecimentos já adquiridos pelos alunos, mesmo informalmente, no convívio social, o que foi mais valorizado nos outros dois artigos, também de alguma forma terá relevância para trabalho.

³ BNCC: Base Nacional Comum Curricular

Seguimos no próximo capítulo com os elementos básicos necessários para o estudo do som sob o ponto de vista da Física, mais especificamente sobre os fundamentos da ondulatória para o estudo sobre ondas sonoras.

2 A ONDULATÓRIA E SUA ABORDAGEM SOBRE ONDAS SONORAS

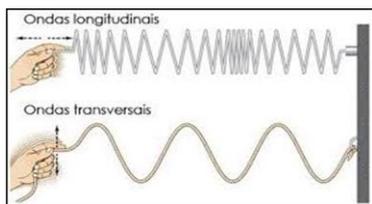
O conteúdo abordado a partir de agora tem extrema relevância para a compreensão do projeto pois dará subsídio ao mesmo. Ondas sonoras é um conteúdo específico de ondulatória, no qual está inserido o estudo de ondas em geral. Inicialmente, cabe a nós fazer uma introdução ao capítulo em busca da compreensão do significado de onda.

2.1 Ondulatória

Ondulatória é a grande área da Física que trata das ondas, e segundo Nussenzveig (2002, p.98), onda “é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro em um meio, com velocidade definida”. Além disso, fala-se de onda quando a transmissão de sinal ocorre sem que haja transporte direto de matéria.

As ondas podem ser divididas e classificadas conforme dois parâmetros: sua natureza e sua forma de propagação. A onda pode ser de natureza mecânica ou de natureza eletromagnética, e sua forma de propagação ocorre de forma transversal e longitudinal. Nas ondas transversais a perturbação é um deslocamento perpendicular à direção de propagação da onda. Como exemplos podemos citar as ondas eletromagnéticas e as ondas que se propagam numa corda; nas ondas longitudinais a perturbação é um deslocamento paralelamente à direção de propagação da onda - as ondas sonoras são um exemplo desse tipo de onda (NUSSENZVEIG, 2002). A figura 1 mostra um exemplo das formas de ondas comentadas.

Figura 1 – Formas de ondas



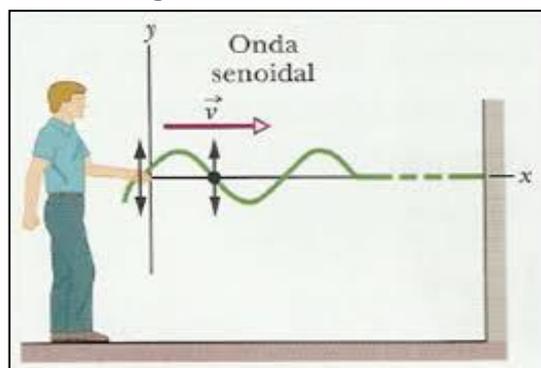
Fonte: (CANDIA, 2015, p. 6)⁴

⁴ Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/131339/000980982.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 jul. 2019.

Em geral, há presença de algumas características nos estudos de ondas, dentre elas temos o comprimento de onda, frequência e amplitude. Segundo Halliday (2009, p.119), o comprimento da onda é a distância (paralela à direção de propagação da onda) entre repetições da forma de onda. Já a frequência é o número de oscilações por unidade de tempo. A unidade de frequência no S.I. (Sistema Internacional de Unidades) é hertz, que relaciona oscilações ocorridas por segundo. E por fim, a amplitude, é o módulo do deslocamento máximo dos elementos a partir da posição de equilíbrio quando a onda passa por eles.

Para compreender o movimento oscilatório que descreve as ondas em geral é tradicionalmente recomendado analisar a princípio, a forma mais simples de explicar o fenômeno vibratório, que é o movimento harmônico simples⁵. Como exemplo podemos imaginar uma onda como a da figura 2 (onda senoidal), se propagando no sentido positivo de um eixo x .

Figura 2 – Onda senoidal



Fonte: (HALLIDAY, 2009, p. 116)

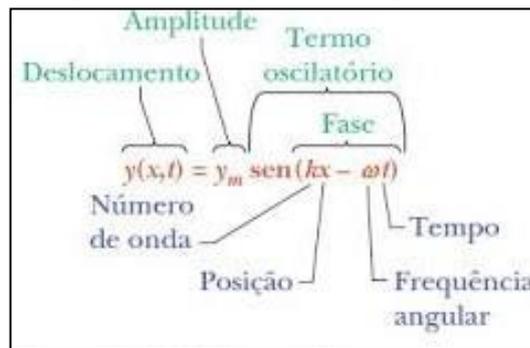
Quando a onda passa por elementos sucessivos (ou seja, por partes muito pequenas) da corda, os elementos oscilam paralelamente ao eixo y . Em um certo instante t o deslocamento y do elemento da corda situado na posição x é dado por,

$$y(x, t) = y_m \text{sen}(kx - \omega t). \quad (2.1)$$

As grandezas da Eq. 2.1 são mostradas na figura 3.

⁵ Todo movimento que se repete em intervalos regulares é chamado de movimento periódico ou movimento harmônico simples.

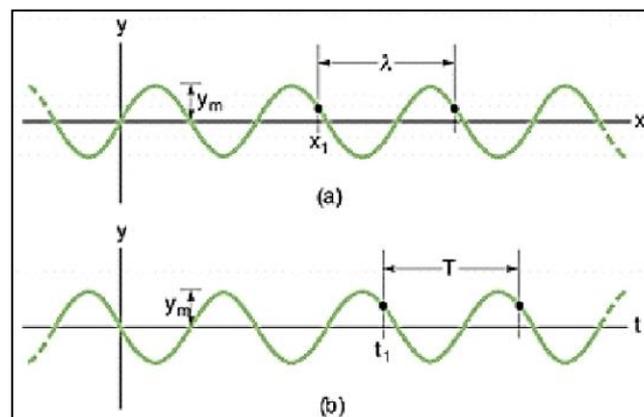
Figura 3 – Equação e suas grandezas



Fonte: (HALLIDAY, 2009, p. 119)

A amplitude y_m e comprimento λ de uma onda podemos visualizar na figura 4a.

Figura 4 - Onda



Fonte: (HALLIDAY, 2009, p. 119)

Definimos o período T de oscilação de uma onda como o tempo que um elemento da corda leva para realizar uma oscilação completa, como podemos observar na figura 4b. Sendo $x = 0$ na equação Eq.2.1, aplicando a esse fator às extremidades desse intervalo de tempo e igualando os resultados, obtemos:

$$\begin{aligned}
 -y_m \text{sen } \omega t_1 &= -y_m \text{sen } \omega (t_1 + T) \\
 &= -y_m \text{sen } (\omega t_1 + \omega T)
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

Sobre a Eq. 2.2 conclui-se que este tipo de equação só é satisfeito se $\omega T = 2\pi$, ou seja,

$$w = \frac{2\pi}{T} \quad (2.3)$$

Nesse caso, o parâmetro w é chamado de frequência angular da onda.

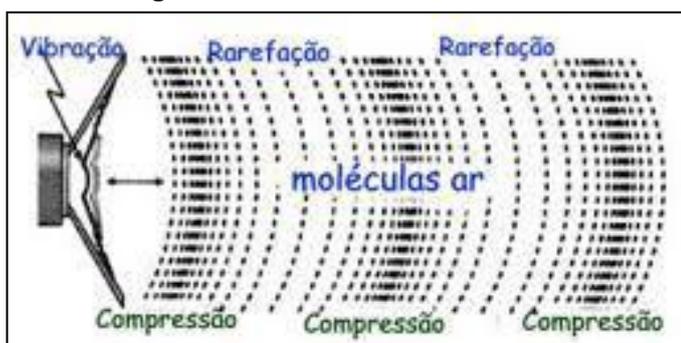
A frequência f de uma onda é definida como $1/T$ e está relacionada à frequência angular w , usando a Eq.2.3 podemos escrever a frequência como:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{w}{2\pi} \quad (2.4)$$

2.2 Ondas sonoras

Ondas sonoras, segundo Halliday (2009), é uma onda mecânica tridimensional e longitudinal produzida pela deformação de um meio elástico⁶. Vejamos como exemplo a figura 5:

Figura 5 - Modelo de ondas sonoras



Fonte: (PAULA, 2019)⁷

Ocorre também a transferência de energia sem ocorrer a transferência de matéria, isto é, o que se propaga não são as partículas do meio e sim o movimento, as partículas apenas oscilam próximas às suas posições de repouso. Uma onda sonora pode ser progressiva, quando se propaga de um lugar para outro, ou estacionária, quando se forma pela interferência de ondas que se propagam em

⁶ Sólido, líquido ou gasoso.

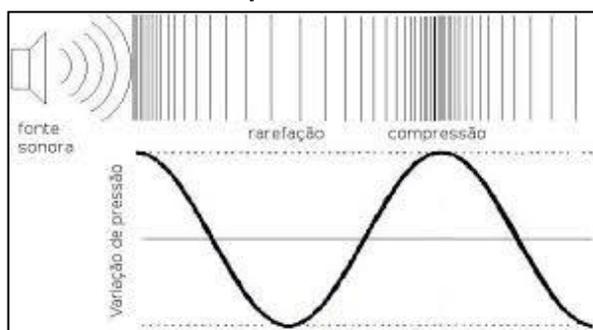
⁷ Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/ondas-longitudinais/>>. Acesso em: 05 set. 2019.

sentidos opostos, condição típica de alguns instrumentos musicais de sopro (ALONSO, 1972).

A onda sonora é o resultado de um movimento oscilatório transmitido de partícula para partícula até chegar aos nossos ouvidos. O som, ou sensação sonora, não é o resultado de uma, mas de sucessivas ondas sonoras geradas por algum corpo em vibração. Esse fenômeno pode ser explicado pelo princípio de Huygens-Fresnel⁸, quando aplicado a ondas sonoras. A partir da vibração de uma fonte sonora agindo sobre uma partícula do meio material, e a mesma, ao vibrar, transmite para uma partícula adjacente a sua oscilação, se comportando como uma nova fonte sonora (UNESP, 2019). Entende-se como fonte sonora qualquer corpo que vibra perturbando o meio material em que se encontra, emitindo uma sucessão de ondas sonoras com alguma frequência e amplitude detectável ao ouvido humano (ALONSO, 1972).

As ondas sonoras mais simples são as ondas no modelo exemplificado anteriormente (Figura 2), as ondas senoidais, as quais possuem valores definidos para a amplitude, a frequência e o comprimento de onda. Esse tipo de onda se constitui gerando zonas de compressão/rarefação no ar, sendo dessa forma uma onda longitudinal, arrastando uma onda de pressão no ar e carregando energia mecânica. A figura 6 ilustra a relação entre os máximos e mínimos de uma função senoidal com as regiões de compressão e rarefação máximas, respectivamente. Pode-se notar que o eixo das ordenadas no gráfico da função senoidal representa os valores da variação da pressão, enquanto o eixo das abscissas representa as coordenadas espaciais.

Figura 6 - Representação de onda de compressão. Variação de pressão no espaço percorrido pela onda



Fonte: (LOS SENDEROS STUDIO, 2019)⁹

⁸ Princípio de Huygens - Christian Huygens (1629-1695): todo ponto de uma frente de onda se comporta como uma nova fonte de ondas, que se propagam, com a mesma frequência, para além da região já atingida pela onda original (MATHPAGES, 2019).

⁹ Disponível em: <<http://lossenderosstudio.com/rarefaction.jpg>>. Acesso em: 24 ago. 2019.

Além disso, por ser uma onda mecânica, o som é capaz de se propagar em diversos meios, porém ele possui diferentes velocidades dependendo do meio que ele percorre (YOUNG E FREEDMAN, 2004).

2.3 A velocidade do som

Para Halliday (2009), a velocidade de qualquer onda mecânica, transversal ou longitudinal, depende tanto das propriedades inerciais do meio (para armazenar energia cinética) como das propriedades elásticas (para armazenar energia potencial). Quando uma onda sonora se propaga no ar, a energia potencial está associada à compressão e à expansão de pequenos elementos de volume do ar. A propriedade que determina o quanto um elemento de um meio muda de volume quando é submetido a uma pressão (força por unidade de área) é o módulo de elasticidade volumétrica B , definido como

$$B = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V} \quad (2.5)$$

onde $\Delta V/V$ é a variação relativa de volume produzida por uma variação de pressão Δp . Os sinais de Δp e ΔV são sempre opostos: Quando aumentamos a pressão sobre um elemento (ou seja, Δp é positivo), o volume diminui (ΔV é negativo)¹⁰. Diante disso, a velocidade do som é definida como

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2.6)$$

Sendo B o módulo de elasticidade volumétrica e ρ a massa específica do meio. A tabela 1 mostra a velocidade do som em vários meios materiais.

¹⁰ Incluímos um sinal negativo na Eq. 2.5 para que B seja um número positivo.

Tabela 1 - Velocidade do som em alguns meios materiais

Material	Velocidade de propagação do som $v / (m/s)$
Ar (10 °C)	331
Ar (20 °C)	343
Ar (30 °C)	350
Oxigênio	317
Dióxido de carbono	250
Água	1480
Água do mar	1522
Borracha	54
Alumínio	4420
Aço	6000
Betão	5000
Latão	3500

Fonte: (AULAS FISICA E QUIMICA, 2019)¹¹

2.4 Amplitude

Para Halliday (2009), a amplitude sonora representa a magnitude de oscilação de uma onda sonora. A amplitude máxima pode ser determinada pela diferença entre a pressão máxima (compressão máxima) e a pressão normal do meio material onde a onda se propaga, ou pela diferença da pressão normal e a pressão mínima (rarefação máxima). A amplitude sonora pode ser expressa por uma medida de pressão, dada em Pa ($1Pa = 1 N/m^2$). Considerando uma onda sonora senoidal, isto é, que se propaga em um movimento harmônico simples, a amplitude máxima ocorre em períodos regulares ao longo do tempo, e pode ser representada como o fator ΔP_m da função,

$$\Delta P(x, t) = \Delta P_m \text{sen}(kx - wt), \quad (2.7)$$

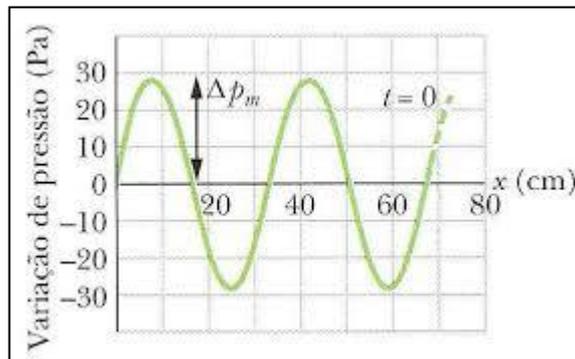
cujo argumento da função seno representa o termo oscilatório.

A Eq. 2.7 representa graficamente uma onda em movimento harmônico simples, onde $\Delta P(x, t)$ é a variação da pressão em função da posição x do caminho percorrido pela onda e do instante t ; ΔP_m é a constante que dá a máxima variação, depressão associada à onda; k é a constante que indica o número de comprimentos

¹¹ Disponível em: < http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_08.html# >. Acesso em: 23 jul. 2019.

de onda por unidade de distância, $k = 2\pi\lambda$, onde λ é o comprimento de onda; ω é a constante que representa a frequência angular, $\omega = 2\pi f$, onde f é a frequência; $(kx - \omega t)$ é o termo oscilatório ou fase da onda. A gráfico 1 mostra o que representa a Eq. 2.7 para uma variação de pressão de uma onda sonora de 1000 Hz com amplitude no limiar da dor.

Gráfico 1 - variação de pressão de uma onda sonora de 1000 Hz com amplitude no limiar da dor



Fonte: (HALLIDAY, 2009, p.155)

A ocorrência periódica da amplitude máxima no espaço de propagação é algo difícil de acontecer naturalmente, devido a variação de densidade do meio material.

2.5 Altura

A altura é uma característica que corresponde à sensação que nos permite distinguir entre som grave ou agudo. Quanto maior for a frequência, mais agudo é o som. Consequentemente sons mais graves correspondem a frequência menor (NUSSENZVEIG, 2002).

Na música, os sons com frequências bem determinadas correspondem a certas notas musicais. Consequentemente, em instrumentos musicais a altura é muito usada. Isso facilita para dar nomes conforme as relações entre as alturas.

A razão entre duas alturas é o intervalo entre duas notas musicais, onde i é o intervalo entre as frequências, f_1 é a frequência de uma nota e f_2 é a frequência de outra nota. Vejamos na Eq. 2.8.

$$i = \frac{f_2}{f_1} \quad (2.8)$$

Esse intervalo tem sua importância, pois, devido a ele, tem-se a compreensão da escala musical, já que é esse intervalo que define as oitavas.

Quando o intervalo é igual a dois, significa que a frequência da nota f_2 é duas vezes maior que a frequência f_1 determinando que o som de f_2 é uma oitava maior que f_1 (NUSSENZVEIG, 2002).

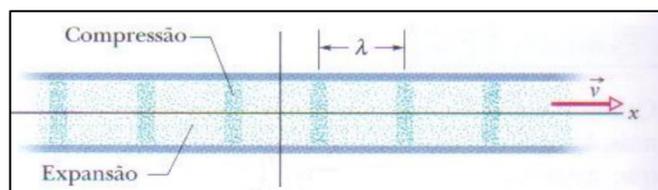
2.6 Intensidade

A intensidade sonora é o que caracteriza os sons fracos ou fortes. Para Halliday (2009), a intensidade de uma onda sonora em uma superfície é a razão da taxa de variação com o tempo da transferência de energia (potência) da onda sonora com área da superfície que intercepta o som. Isso pode ser escrito matematicamente como:

$$I = \frac{P}{A}. \quad (2.9)$$

Considere, na figura 7, uma fatia fina de ar de espessura dx , área A , e massa dm , oscilando para frente e para trás enquanto a onda sonora da Eq. 2.7 passa por ela.

Figura 7 - Ondas sonoras (Ar em movimento)



Fonte: (HALLIDAY, 2009, p. 154)

A energia cinética dK da fatia de ar é

$$dK = \frac{1}{2} dm v_s^2 \quad (2.10)$$

Onde v_s não é a velocidade da onda, mas a velocidade de oscilação do elemento de ar, obtida da Eq. 2.7 como

$$v_s = \frac{\partial s}{\partial t} = -ws_m \text{sen}(kx - wt) \quad (2.11)$$

Usando esta relação e fazendo $dm = \rho A dx$, podemos escrever a Eq. 3.10 na forma

$$dk = \frac{1}{2} (\rho A dx) (-ws_m)^2 \text{sen}^2(kx - wt) \quad (2.12)$$

Dividindo a Eq. 2.12 por dt , obtemos a taxa com a qual a energia cinética se desloca com a onda. Como $\frac{dx}{dt}$ é a velocidade v da onda, temos que

$$\frac{dk}{dt} = \frac{1}{2} \rho A v w^2 s_m^2 \text{sen}^2(kx - wt) \quad (2.13)$$

A taxa média com a qual a energia cinética é transportada é

$$\begin{aligned} \left(\frac{dk}{dt}\right)_{\text{méd}} &= \frac{1}{2} \rho A v w^2 s_m^2 [\text{sen}^2(kx - wt)]_{\text{méd}} \\ &= \frac{1}{4} \rho A v w^2 s_m^2 \end{aligned} \quad (2.14)$$

Para obter essa equação, usamos o fato de que o valor médio do quadrado de uma função seno (ou do co-seno) para uma oscilação completa é $\frac{1}{2}$.

Supomos que a energia potencial é transportada pela onda com a mesma taxa média. A Intensidade I da onda, que é a taxa média por unidade de área com a qual a energia nas duas formas é transmitida pela onda, é, portanto, de acordo com a Eq. 2.14,

$$I = \frac{2 \left(\frac{dk}{dt} \right)_{\text{méd}}}{A} = \frac{1}{2} \rho v w^2 s_m^2 \quad (2.15)$$

Onde na Eq. 2.15, I representa a intensidade sonora da onda, no S.I., a intensidade sonora é medida em W/m^2 (watts por metro quadrado), ρ representa a densidade do fluido, v corresponde a velocidade do som, w corresponde a frequência angular e s_m corresponde a amplitude de deslocamento.

Como a razão entre as intensidades nos dois limites do sistema auditivo humano é muito grande, na ordem de 10^{12} , percebe-se enorme faixa de intensidade que os seres humanos podem ouvir. Com isso, podemos recorrer a um padrão de logaritmos correspondente ao nível sonoro β , escrita da seguinte forma,

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0}. \quad (2.16)$$

Onde na Eq. 2.16 dB é a abreviação de decibel, a unidade de nível sonoro¹² I_0 é uma intensidade de referência ($=10^{-12} \text{ w/m}^2$), cujo valor foi escolhido porque está próximo do limite inferior da faixa de audição humana. Para $I = I_0$, a Eq. 2.16 fornece $\beta = 10 \log 1 = 0$, de modo que a intensidade de referência corresponde a zero decibel. O valor de β aumenta em 10 dB toda vez que a intensidade sonora aumenta de uma ordem de grandeza (um fator de 10). Assim, $\beta = 40$ corresponde a uma intensidade 10^4 maior que a intensidade de referência.

A tabela 2 mostra os níveis sonoros detectados normalmente em alguns ambientes.

¹² O nome foi escolhido em homenagem a Alexander Graham Bell.

Tabela 2 - Níveis sonoros em alguns ambientes

Ruído	Nível sonoro
Relógio de parede (tique – taque)	10 dB
Interior de um templo	20 dB
Conversa a meia voz	40 dB
Avenida de tráfego intenso	70 a 90 dB
Britadeira	100 dB
Danceteria	120 dB
Avião a jato aterrissando	140 dB

Fonte: (SILVA, 2019)¹³

Verifica-se, a partir da observação da tabela, que dependendo da fonte causadora do ruído e do ambiente, os níveis sonoros são alterados, ou seja, essa relação ruído-ambiente vai determinar o nível sonoro.

No capítulo seguinte trabalhamos a forma de aplicação dos conceitos de som no 9º ano do Ensino Fundamental, sob uma perspectiva transversal.

¹³ Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/matematica/medindo-intensidade-dos-sons.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

3 METODOLOGIA

Após decidirmos pela utilização de uma sequência didática de forma similar à sequência didática do modelo “estudo do meio” de Zabala, para a abordagem do conteúdo de ondas sonoras, mais especificamente o conceito de som para o 9º ano do Ensino Fundamental, analisamos a atividade motivadora relacionada com uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos, possibilitando o surgimento de uma situação-problema, destacadas por alguns autores por ser muito importante no processo de ensino e aprendizagem.

Podemos considerar que a todo instante na evolução, a humanidade se viu a frente de situações-problema que colocavam à prova toda cognição até então adquirida. Aquela situação enfim solucionada, trazia novos entendimentos que contribuíram para a evolução científica da sociedade.

As situações-problema auxiliam na construção de conceitos, procedimentos e atitudes relacionadas ao campo das ciências exatas. Segundo Perrenoud (2002, p.114), tais situações “caracterizam-se por recortes de um domínio complexo, cuja realização implica mobilizar recursos, tomar decisões e ativar esquemas”.

Também Meirieu (1998, p. 192) define uma situação-problema como uma “situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa”. É essa aprendizagem que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema que se alcança ao vencer os obstáculos que se impõem à realização da tarefa. Assim, a produção supõe a aquisição de um conhecimento que supera o objetivo de avaliações distintas. Esse tipo de proposta didática proporciona ao envolvido a capacidade de pensar, de tomar decisões, de articular ideias, de montar esquemas, entre outras habilidades que são de grande importância para o desenvolvimento intelectual do aluno.

Campos et al. (2012, p.5), afirma outro aspecto importante na resolução de situação-problema, pois é sua capacidade motivadora que “instiga o aluno a buscar estratégias para solucionar determinado desafio, além do desejo de alcançar um bom resultado, mesmo que isso não aconteça”. Ou seja, com a abordagem da situação-problema você propõe ao indivíduo a noção de que ele pode percorrer vários caminhos para chegar a algo, mas que nem sempre todos terão um bom resultado.

A utilização da situação-problema no ensino e aprendizagem tem como principal objetivo levar o aluno a refletir sobre suas escolhas e estratégias, propiciando a investigação, o senso crítico-argumentativo, a tomada de decisões e a autonomia. Ou seja, o foco maior está na atitude do indivíduo durante o processo e não no conhecimento adquirido ao fim do mesmo. Macedo (2002, p.119) afirma que [...] “uma situação-problema continua como tal mesmo que a resolução não seja a melhor” e ainda, [...] “uma situação continua sendo um problema mesmo que naquela situação não obtenhamos o melhor resultado”.

Trabalhamos com o tema: “o som”, especificando os conceitos como velocidade do som, altura do som, intensidade do som e além de alguns conhecimentos básico sobre ondas em geral, para o qual elaboramos uma situação-problema, baseada nas controvérsias que existem em torno de som e em situações cotidianas. A poluição sonora, em nosso caso, seria essa situação conflitante da realidade experimental dos alunos.

A poluição sonora pode ser classificada como um tema transversal¹⁴ na educação básica, incluso no grande tema Meio Ambiente incorporado pelo MEC. Verifica-se que o som em uma determinada condição gera a poluição sonora, o que causa prejuízos ao meio ambiente em que nos inserimos. Diante desse fato, criou-se uma legislação para a população se adequar, de forma a evitar um ambiente com prejuízos causados pela poluição sonora. Vemos então que é de grande importância uma abordagem sobre o tema poluição sonora na educação básica, pois pode possibilitar não só a motivação dos alunos em sala de aula para o ensino de Física, mais também para o conhecimento dessa temática. Para Pereira (2017), a abordagem da poluição sonora na escola de educação básica é importante para que os alunos possam entender os danos provocados por esse tipo de poluição ambiental e aprendam a lidar adequadamente com ela.

¹⁴ Temas transversais estão voltados para a compreensão e para a construção da realidade social e dos direitos e responsabilidades em relação à vida pessoal, coletiva e ambiental (BRASIL, 1998).

3.1 Contexto da Intervenção

A sequência didática proposta foi aplicada em uma instituição de ensino estadual que atua no Ensino Fundamental I e Ensino Fundamental II, nos turnos matutino e vespertino respectivamente, sem funcionamento no horário noturno e está localizada no bairro Cidade Nova, zona norte da cidade de Manaus.

A estrutura física da escola é boa, com 24 salas de aula bem arejadas, quadros brancos, carteiras comuns (com um braço para apoio do caderno). Possui ainda sala de multimídia e outros ambientes, como banheiros masculino e feminino, cozinha, sala dos professores, biblioteca, sala do diretor, sala administrativa, sala pedagógica e sala de inclusão que atende pessoas com algumas habilidades especial.

O primeiro diálogo para a aplicação do produto educacional foi com a pedagoga da escola, que autorizou a aplicação da nossa intervenção, desde que houvesse anuência do diretor da escola e do professor de Ciências do 9º ano. Em seguida, a própria pedagoga consultou o diretor, que, prontamente aprovou a aplicação da atividade.

Também fui direcionado a consultar o professor regente, que prontamente se dispôs a colaborar com a intervenção, disponibilizando uma de suas turmas do 9º ano, e foi escolhida uma turma em que haveria dois tempos de aulas de 45 minutos seguidos. Assim demos início aos preparativos para a aplicação da sequência didática. A partir daí as negociações ocorreram apenas com o professor da turma escolhida, que procurou ajudar, não só cedendo as aulas, mas também ajudando nos preparativos e no planejamento e execução do projeto.

O professor regente é formado em Licenciatura em Ciências Naturais pela Universidade Federal do Pará e atua na rede de ensino básico do Estado do Amazonas há quase 10 anos. As aulas cedidas corresponderam a três quartas-feiras do mês de agosto, e a turma escolhida teria dois tempos seguidos de aula de Ciências.

O período de aplicação da sequência didática, portanto, ocorreu de 07 a 21 de agosto de 2019, no horário vespertino. Para a aplicação utilizamos dois tempos de aulas com duração de 45 minutos cada, na turma de 9º 4¹⁵.

Na época em que o trabalho foi desenvolvido (2º semestre de 2019), as turmas eram constituídas por trinta e cinco alunos, com média de 15 anos de idade. Alguns poucos alunos eram repetentes e a grande maioria estava junto desde o início do Ensino Fundamental.

3.2 Roteiro da Sequência Didática

Para aplicação da situação-problema foi elaborada uma sequência didática envolvendo três ações principais:

- 1) Apresentação da situação-problema aos alunos;
- 2) Investigação e generalização das conclusões tiradas das fontes de pesquisa;
- 3) Apresentação dos relatos de pesquisa.

Essa sequência foi formulada, inicialmente, para abordar o tema “som” por meio de uma perspectiva transversal, em conjunto com algumas questões sociais relacionadas ao som, na realidade local. A ideia inicial para formulação da situação-problema surgiu pelo fato de o som provocar a poluição sonora, uma situação conflitante da realidade experiencial dos alunos, já que vivenciamos esse fenômeno no dia a dia.

Quando pensamos no som, concluímos que de fato, estamos imersos em um mundo de ondas sonoras e isso pode gerar inúmeras questões. Essa exposição constante a diferentes fontes sonoras pode trazer algum risco à saúde humana e a outros seres vivos? Os benefícios que essas fontes sonoras acarretam são capazes de compensar seus possíveis riscos? Essas e outras questões nortearam a formulação da situação-problema que foi elaborada com o intuito de incentivar os alunos a investigar o tema escolhido no sentido de conhecer o impacto do som em

¹⁵ As turmas são identificadas por números (9º1, 9º2...). São 5 as turmas do 9º ano, e esse nível de ensino funciona no turno vespertino.

nossas vidas e de avaliar os riscos que algumas fontes sonoras podem acarretar à nossa saúde e à vida de outros seres vivos.

A sequência didática foi programada para ser desenvolvida no início do 3º bimestre letivo de 2019, em uma turma do 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública do município de Manaus. A proposta foi inicialmente elaborada para ser aplicada em três módulos-aula de 90 minutos.

Para desencadear a sequência didática foi elaborada a seguinte situação-problema, já revisada depois de sua primeira aplicação, sem alterar o teor do problema a ser investigado:

“Muitos de nós já ouvimos dizer que a poluição sonora pode causar danos a humanidade e outros seres vivos. Mas, o que há de verdade nessas informações? Hoje, literalmente, nos grandes centros urbanos principalmente, vivenciam esse fenômeno. Quais os riscos de se viver em um mundo imerso em poluição sonora?”

3.3 O planejamento das aulas

Aula 1 - Apresentação da situação-problema aos alunos (2 tempos de 45 minutos)

Objetivos:

Demonstrar a importância do som para a comunicação dos seres vivos; relacionar conceitos de som com situações cotidianas; apresentar uma situação-problema visando a comparação com concepções prévias e resolução de conflitos.

Procedimento didático:

Para a primeira aula foram previstas algumas indagações sobre o tema “som”, por meio de notícias e vídeos divulgados na internet, antes da apresentação da situação-problema relacionada à poluição sonora, momento adequado para também explorar alguns conceitos relacionados ao som. Alguns questionamentos foram propostos com a finalidade de provocar o interesse dos alunos pelo tema a partir de situações controversas em que não há consenso no âmbito da própria ciência.

Após a introdução, os alunos foram divididos em grupos de 5 ou 6 alunos, para a escolha dos “subtemas” a serem investigados. Para isso, fizemos a indicação de alguns possíveis “subtemas” como sugestão, porém, é importante deixar claro que essa escolha foi uma prerrogativa do grupo, de acordo com o interesse dos integrantes.

As equipes puderam fazer uso da internet, de revistas, jornais e outras fontes de informação (todo material possível/ acessível). Puderam também, buscar informações com outros professores e até mesmo, com profissionais de áreas afins.

Inicialmente, foram sugeridos os seguintes subtemas:

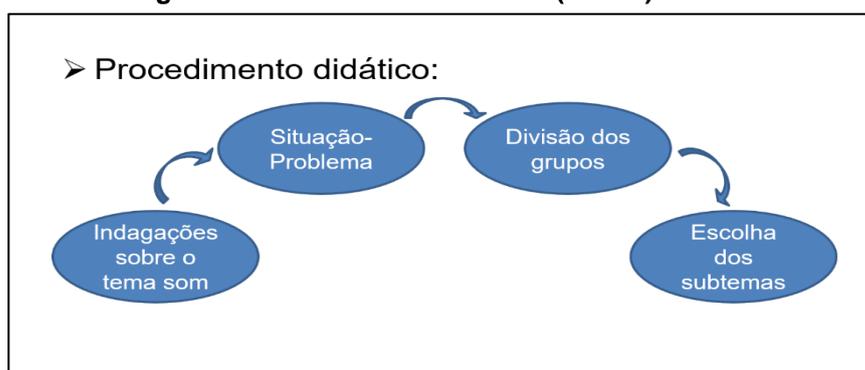
- Ruídos das indústrias;
- Ruídos dos veículos automotores;
- Ruídos que afetam a fauna;
- Ruídos dos eletrodomésticos ou de casas de shows.

Ainda no primeiro encontro foram passadas as instruções sobre o desenvolvimento das atividades e que deveriam ser realizadas, incluindo uma apresentação final como resultado das pesquisas.

Foram sugeridas diversas fontes de consulta para ajudá-los na realização da pesquisa. O professor também sugeriu que os grupos se planejassem para a realização da pesquisa e que na aula seguinte já deveriam trazer alguns dados sobre a pesquisa realizada no exterior da escola. Ressaltamos que essa pesquisa externa, aconteceu de acordo com a disponibilidade dos alunos, fora do horário de aula.

A figura 8 ilustra de maneira resumida os passos seguidos no procedimento didático da aula 1.

Figura 8 - Procedimento didático (Aula 1)



Fonte: (Própria, 2019)

Aula 2 - Investigação e generalização das conclusões tiradas das fontes de pesquisa

(2 tempos de 45 minutos)

Objetivos:

Oportunizar a leitura de textos diversos e troca de informações para a resolução de situações-problema; contribuir para o entendimento dos conceitos relacionados ao som.

Procedimento didático:

Após uma semana, na aula seguinte foi proposto o início da pesquisa bibliográfica com os materiais que o professor disponibilizou aos mesmos, no entanto, já com a pesquisa externa à escola realizada. Os materiais impressos trazidos pelo professor (artigos, revistas, jornais e documentários de sites), possibilitou a cada grupo ter acesso às informações para fazer suas investigações. Ao final da pesquisa bibliográfica, ocorreu um debate relacionado aos dados coletados, momento em que o professor aproveitou para explicitar alguns conceitos físicos e que deveriam ser relatados no material da investigação.

Ao final da aula, o professor como um agente ativo para a construção do conhecimento nos alunos, utilizou-se meios auxiliares, na qual, possibilitaria não só integrar os conhecimentos entre os alunos, mais como também fortalecer os conhecimentos já adquirido, pois, orientou que o trabalho culminaria com a apresentação das pesquisas realizadas, e que essa apresentação poderia acontecer com a utilização de mídias, cartazes ou outra alternativa escolhida pelo grupo.

A figura 9 ilustra de maneira resumida os passos seguidos no procedimento didático da aula 2.

Figura 9 - Procedimento didático (Aula 2)



Fonte: (Própria, 2019)

Aula 3 - Apresentação dos relatos de pesquisa

(2 tempos de 45 minutos)

Objetivo:

Oportunizar a socialização das pesquisas realizadas em grupo, reforçando os conceitos físicos; incentivar a participação e a interação entre alunos, em busca de soluções para as situações – problema apresentados.

Procedimento didático:

Neste último encontro, cada grupo deveria entregar sua pesquisa e fazer a apresentação dos resultados para a turma. Ainda nesse encontro final, os alunos tiveram a oportunidade de dar o seu ponto de vista em relação ao projeto aplicado e ao conhecimento adquirido. Esse foi um momento oportuno para reforçar a compreensão sobre os conceitos físicos, relacionando-os com outras áreas da ciência e com o mundo social.

A figura 10 mostra de maneira simplificada os passos seguidos no procedimento didático da aula 3.

Figura 10 - Procedimento didático (Aula 3)



Fonte: (Própria, 2019)

4 FASES DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Desde o início, quando o professor regente permitiu a aplicação da sequência didática em uma de suas turmas de 9º ano do Ensino Fundamental, os alunos foram informados de que eles participariam de um projeto desenvolvido por um professor de Física. No início, por ainda não saberem de que conteúdo se tratava e nem mesmo quais seriam as atividades desse projeto, os alunos ficaram um pouco apreensivos e, ao mesmo tempo curiosos, segundo o professor regente. Como estavam iniciando o 3º bimestre na referida escola, eles ainda não tinham contado com nenhum estudo de Física, pois segundo o professor, é a partir do terceiro bimestre que se iniciam as aulas de física para o 9º ano do Ensino Fundamental. Esse foi um dos motivos que nos levou, em comum acordo com o professor, a desenvolver a sequência didática, pois as atividades que alunos fossem desenvolver durante aplicação do projeto seriam utilizadas como parte da nota para disciplina de Ciências do bimestre em questão.

Uma semana antes da primeira aula, o professor nos oportunizou conhecer a turma onde seria aplicado o projeto. No primeiro contato com os alunos, falamos sobre o conteúdo de Física que seria trabalhado no projeto, e os dias em que seria aplicado - nos respectivos tempos de aula do professor regente na sala.

Nas próximas subseções, descrevemos de forma minuciosa como se sucedeu cada uma das aulas planejadas para o desenvolvimento da sequência didática. E a identificação dos alunos durante a descrição ocorrerá de forma numerada, de acordo com a ordem alfabética, acompanhando a listagem de chamada do professor (aluno 1 até aluno 35).

4.1 Descrição da Aula 1

A primeira aula da sequência didática ocorreu no dia 07 de agosto de 2019. A aula foi realizada na própria sala, (fotografia 1), com o apoio de um retroprojetor fornecido pela escola. Essa aula teve duração de dois tempos de 45 minutos cada.

Fotografia 1 - Primeiro dia da aula: introduzindo o tema



Fonte: (Própria, 2019)

Este encontro teve como objetivo a introdução do tema som, incluindo o tema transversal poluição sonora, e fornecendo também alguns conceitos relacionados à Física. Começamos com algumas indagações, o que nos permitiu mais tarde, lançar uma situação-problema. Para isso, utilizamos alguns slides com informações coletadas na internet. O primeiro e segundo slide apresentavam duas fotografias (respectivamente fotografia 2 e fotografia 3), mostrando a importância do som na comunicação entre seres humanos e também entre as aves.

Fotografia 2 - Slide 1: A comunicação humana



Fonte: (Própria, 2019)

Fotografia 3 - Slide 2: A comunicação entre os animais



Fonte: (Própria, 2019)

Em seguida, fizemos a identificação com os alunos de três outras imagens, (fotografia 4), mostrando ambientes de intenso nível sonoro, tais como: grandes avenidas, empresas/fábricas/indústrias que emitem som em seus processos e casas de shows. Feito o reconhecimento de cada imagem, perguntamos aos alunos qual a relação entre aquelas figuras. Logo ouvimos algumas respostas, como: “som” e “som forte”.

Fotografia 4 - Slide 3: A produção do som



Fonte: (Própria, 2019)

Na sequência, foram lançadas duas perguntas respectivamente:

-O que é uma onda?

-O som é uma onda?

Fizemos a primeira pergunta: O que é uma onda? Rapidamente um aluno respondeu: “é uma onda de algum rio” (aluno 10).

Perguntei em seguida quem poderia dar outra resposta. Logo tivemos duas respostas: “são ondas sonoras” (aluno 21); e “são ondas eletromagnéticas” (aluno 13). Essas respostas surgiram espontaneamente a partir de experiências vivenciadas pelos alunos. No caso da primeira resposta, é algo natural para a maioria relacionar a palavra onda com rio. No caso das outras respostas, os alunos expressaram algo que já tinham ouvido falar, por meios diversos, sem ter um conhecimento aprofundado do assunto.

Em seguida mostramos a definição de onda do livro de Nussenzveig (2002), que também é descrita de forma semelhante no livro didático utilizado pelos alunos da escola:

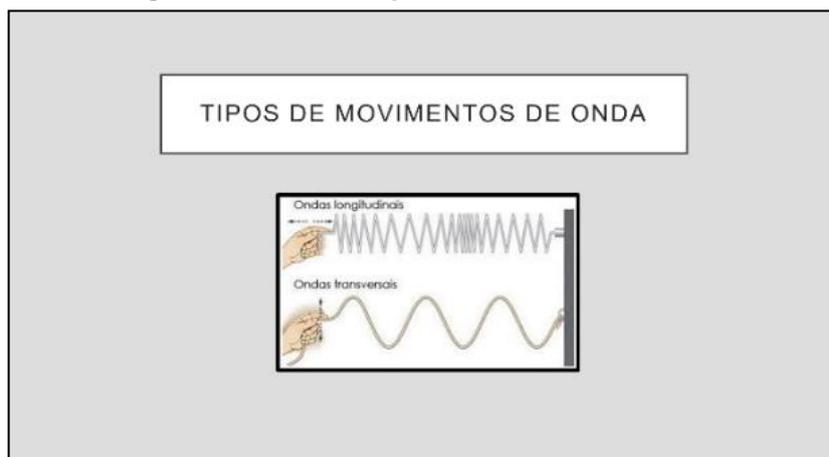
Onda “é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro em um meio, com velocidade definida. Além disso, em geral, fala-se de onda quando a transmissão de sinal ocorre sem que haja transporte direto de matéria.” (NUSSENZVEIG, 2002, p.98).

Logo a seguir, indagamos se de acordo com essa definição, “a onda do rio seria uma onda?” Após algumas opiniões, concluímos que a onda do rio não seria uma onda, pois ela transporta matéria (a água). Foi explicado que o uso da palavra onda para definir o movimento das águas de rios e mares é só uma maneira simples/comum de nos expressarmos – senso comum, mas que não corresponde à realidade, sob o ponto de vista da ciência.

Em seguida, ainda partindo da definição de onda, questionamos se o som era uma onda, como sugeriu um dos alunos. Concluímos com base em algumas explicações dadas pelo professor, que o som é uma onda, ou seja, uma onda sonora.

O professor destacou que, de maneira geral, existem dois tipos de movimentos de ondas: as ondas longitudinais e as ondas transversais, e exemplificou como mostra na fotografia 5 para que os alunos tivessem uma noção sobre o comportamento das mesmas.

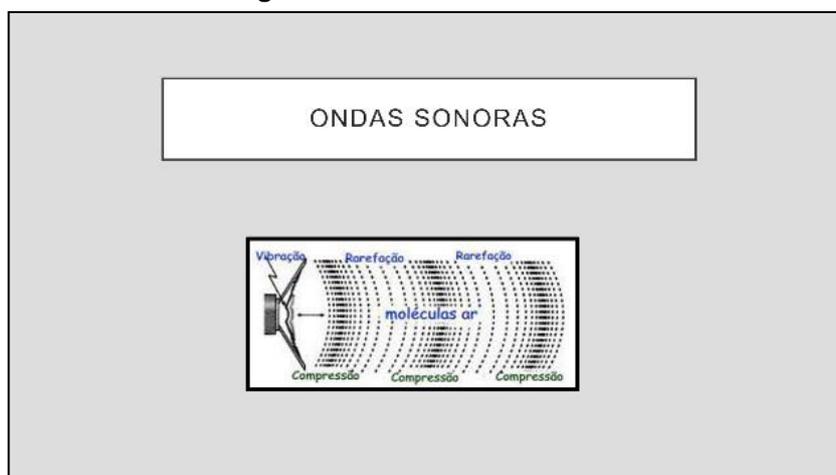
Fotografia 5 - Slide 5: Tipos de movimentos de Ondas



Fonte: (Própria, 2019 - Figura tirada de CANDIA, 2015, p. 6)

A seguir foi lançada mais uma pergunta: “O som é uma onda com qual tipo de movimento?” A resposta foi por dedução (eles não tinha conhecimento do movimento das moléculas, que o som se propaga, e tentaram adivinhar), uns falaram que era longitudinal e outros transversal, mas de acordo com o exemplo mostrado (fotografia 6), o som produz a agitação das moléculas do ar, fazendo movimentos paralelos à propagação do som. Concluimos ao final, que o som é um tipo de onda longitudinal.

Fotografia 6 - Slide 6: Ondas sonoras



Fonte: (Própria, 2019 – Figura tirada de PAULA, 2019)

Após um debate sobre algumas características do som, em slide, exibimos algumas matérias controversas relacionadas ao som. As matérias disponíveis na

internet tratavam do perigo do som, tais como: “Barulho demais afeta o coração”¹⁶, “Exposição a ruídos no trabalho pode ser um risco para perda auditiva”¹⁷, “Plantas também sofrem danos devido à poluição sonora, diz estudo”¹⁸ e “Poluição sonora põe reprodução de aves em risco”¹⁹.

Logo em seguida foram apresentados dois pequenos vídeos sobre poluição sonora: O primeiro vídeo apresentado era de um jornal da TV Bandeirantes e a matéria trata da poluição sonora no centro de Manaus, chamando a atenção para as devidas precauções tomadas pelo poder público no local²⁰; O segundo vídeo era da TVSINAL Paraná²¹, e a matéria trata da poluição sonora em uma fábrica, também destacando a poluição sonora presente nas grandes avenidas e centro da cidade de Curitiba.

Apresentado todo esse material e relacionando os perigos que podem ser atribuídos ao som, lançamos mais uma pergunta: “O que vocês conhecem ou já ouviram falar sobre poluição sonora e que riscos podem ser causados aos seres vivos?”. A maioria dos alunos falaram que já tinham ouvido falar sobre poluição sonora, mais não sabiam quais eram todos os seus riscos. Com relação aos perigos da poluição sonora para as plantas e aves, nunca tinham ouvido falar e não sabiam nada sobre isso.

O professor comentou sobre o nível sonoro explorado nos vídeos e que sua medição é feita em decibéis, explicando que existe um nível sonoro máximo que não afeta a saúde humana. Foi lançada mais uma pergunta: “Qual será o nível sonoro da escola em horário de aulas? Para responder a essa pergunta, o professor sugeriu que os alunos deveriam trazer na próxima aula seus celulares, com um aplicativo medidor de nível sonoro para fazer a medição²². Ao final da aula, o professor informou o nome do aplicativo que deveria ser baixado nos celulares para o próximo encontro.

¹⁶ Disponível em: <<https://vivabem.uol.com.br/colunas/paulo-chaccur/2019/04/28/barulho-demais-afeta-coracao-veja-este-e-mais-5-fatores-de-risco-ignorados.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

¹⁷ Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/exposicao-a-ruídos-no-trabalho-pode-ser-um-risco-para-perda-auditiva,a7f0351b8212016cfc44c3333a803e1cw5wh8t4r.html>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

¹⁸ Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/03/plantas-tambem-sofrem-danos-devido-poluicao-sonora-diz-estudo.html>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

¹⁹ Disponível em: <<https://www.revistaplaneta.com.br/poluicao-sonora-poe-reproducao-de-aves-em-risco-diz-estudo-britanico/>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

²⁰ Disponível em: <https://youtu.be/DnmO6fN_PLE>. Acesso em: 14 jul. 2019.

²¹ Disponível em: <<https://youtu.be/BAijxmOIHU>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

²² Sound Meter (pode ser baixado facilmente pelo Play Store).

A partir da discussão provocada pelo material apresentado, partimos para a apresentação de uma situação problema: *“Muitos de nós já ouvimos dizer que a poluição sonora pode causar danos à humanidade e outros seres vivos. Mas, o que há de verdade nessas informações? Hoje, literalmente, nos grandes centros urbanos, principalmente, vivenciamos esse fenômeno. Quais os riscos de se viver em um mundo imerso em poluição sonora?”*.

Foi explicado que essa situação-problema deveria nortear as investigações que seriam desenvolvidas por eles. Que se tratava de um tema bastante controverso e que eles deveriam realizar as pesquisas para tentar chegar a uma resposta. Por se tratar de um tema amplo e complexo, sugerimos que os alunos se organizassem em grupos, com até seis membros, para a escolha de um “subtema” como foco de sua pesquisa.

Para uma melhor compreensão da proposta, apresentamos algumas possibilidades de “subtemas”, tais como: Ruídos das indústrias, Ruídos dos veículos automotores, Ruídos que afetam a fauna e flora e Ruídos dos eletrodomésticos e de casas de shows. Ressaltamos que essas eram apenas sugestões e que outros “subtemas” seriam bem-vindos. Após a organização dos grupos, o professor oportunizou aos mesmos o acesso a alguns materiais impressos (fotografia 7). Esse material teve a intenção de mostrar aos alunos os variados subtemas possíveis para escolha. Em seguida foram escolhidos os subtemas pelos grupos.

Fotografia 7 - Escolha dos subtemas



Fonte: (Própria, 2019)

Dando continuidade à aula, descrevemos, sem muitos detalhes, as atividades que seriam realizadas posteriormente e em quais datas iriam ocorrer. Para próximo encontro que aconteceria no dia 14/08/2019 (uma semana depois do primeiro encontro), foi anunciado aos grupos que eles já deveriam ter realizado as pesquisas externas à sala de aula (durante a semana, fora do horário escolar), e que deveriam se planejar para realização dessas pesquisas. Nesse encontro aconteceria o início da investigação interna (sugerida pelo professor), a orientação para as apresentações (pesquisas realizadas) e que as apresentações poderiam ser em forma de mídia, cartazes ou outro recurso.

Após a escolha dos subtemas, que não deveriam ser repetidos, apresentamos a atividade do próximo encontro, que seria realizado no dia 21/08/2019, com a entrega do trabalho escrito e as apresentações dos resultados por grupo, ressaltando a importância de incluir alguns conceitos da Física na apresentação. No mesmo encontro, seria oportunizado aos alunos uma avaliação do projeto aplicado e o seu resultado a respeito do conhecimento adquirido pelos alunos.

O fato de termos deixado a apresentação das próximas etapas da sequência didática para o final da aula, permitiu tratar a situação-problema de forma mais leve e envolvente, sem a pressão de um trabalho que se anuncia. Entendemos que o anúncio precoce dessas etapas geraria muitos questionamentos e dúvidas que poderiam interferir na compreensão da situação-problema.

Consideramos a abordagem inicial da situação-problema de suma importância para o desenvolvimento do trabalho posterior, pois, foi neste momento que tivemos a chance de fazer o aluno perceber a relevância do tema e se interessar por ele. Nesse sentido, uma situação-problema deve ter como tema principal algo que de fato, esteja intimamente ligado ao dia a dia do aluno.

A tabela 3 mostra os subtemas escolhidos e os grupos formados na turma, com máximo seis alunos cada:

Tabela 3 - Distribuição dos subtemas por grupo

Grupo	Subtema
1	Ruídos que afetam os animais
2	O barulho e seus efeitos
3	Ruídos dos eletrodomésticos
4	Ruídos dos veículos automotores
5	O som do bar, do vizinho e da Igreja
6	Ruídos das Industrias

Fonte: (Própria, 2019)

4.2 Descrição da Aula 2

A segunda aula ocorreu uma semana depois da primeira, no dia 14/08/2019, em dois tempos de 45 minutos. Essa aula foi realizada na própria sala de aula, com os grupos já organizados, como mostra a fotografia 8.

Fotografia 8 - Início da segunda aula



Fonte: (Própria, 2019)

A aula começou com o professor perguntando sobre as pesquisas externas realizadas pelos grupos. Os grupos fizeram pesquisas na internet e trouxeram impressas, com anotações no caderno ou em mídias (celular). Em seguida foram disponibilizados alguns materiais impressos para cada grupo com seus respectivos subtemas e foi pedido para que os mesmos concluíssem as investigações com os

materiais dispostos. Após aproximadamente 25 minutos dados para as finalizações das investigações, ou seja, para a leitura do material oferecido pelo professor, foram feitas algumas indagações a respeito das investigações: “Do que tratam as pesquisas feitas?” Uns falaram que era sobre o som e outros sobre a poluição sonora.

Logo em seguida o professor fez uma breve revisão sobre o que foi falado sobre o som na última aula e lançou mais uma pergunta: “O que é a poluição sonora?” Logo um aluno levantou a mão para informar que poluição sonora seria: “De natureza do som, onde em certa situação afeta o nosso sistema auditivo, e o prejudica” (aluno 10). Após essa resposta, o professor pergunta “que situações podem ser definidas como poluição sonora?” O mesmo aluno falou que “seria em local de muito barulho ou volume de um som muito forte” (aluno 10). O professor incentivou outras respostas e fez alguns comentários sobre as respostas dadas pelos alunos, que estavam corretas.

A poluição sonora seria então, “qualquer excesso de ruídos de fontes sonoras com o som forte em período prolongado que torne prejuízos à saúde e ao bem-estar da população” (ESTEVAM, 2013). O professor comentou com os alunos, que “quando nos referimos ao volume do som ou falamos de um som forte, estamos falando de **intensidade sonora**, e que esta intensidade está relacionada à **potência sonora** por uma área de uma superfície. Essa potência tem relação com a energia transferida por um intervalo de tempo. Completou que o nível sonoro encontrado nos textos é medido em decibel, que se refere à unidade de grandeza dada a esse nível sonoro e estabelece a possível detecção de audibilidade do ser humano.

Nesse momento o professor explorou ainda a mínima e máxima intensidade, relatando que o mínimo seria o menor valor da intensidade sonora ainda audível pelo ser humano, e máximo seria o maior valor da intensidade sonora suportável pelo ouvido.

Após isso, o professor comentou que somos regidos por leis, e que a Lei nº 9605/98 – Lei de Crimes Ambientais, controla os riscos que a poluição sonora pode causar. O professor ainda comentou sobre alguns ambientes controlados pela Lei municipal 605/2001, do município de Manaus, estabelecendo o máximo de tal nível sonoro. Foram dados alguns exemplos, como nas escolas, que o nível sonoro previsto é entre 40 e 50 decibéis para que o alunado possa ter concentração nos estudos, ou

que no futuro não possa prejudicá-lo. Após esse comentário o professor e os alunos que trouxeram o aplicativo medidor de nível sonoro no celular, detectaram o nível sonoro em sala de aula, e verificaram que em alguns momentos, o barulho ultrapassou o máximo previsto para aquele ambiente. Nos celulares, o uso do aplicativo forneceu em média um nível sonoro de 70 decibéis. Nesse momento os alunos se conscientizaram que deveriam baixar o seu tom de voz.

Ainda nesse encontro, o professor mostrou em slides, como deveriam ser compostos os tópicos para as apresentações, e tirou algumas dúvidas em relação a construção das mesmas.

4.3 Descrição da Aula 3 – apresentação dos grupos

Nesse encontro estavam previstos dois tempos de aula de 45 minutos para as devidas apresentações dos grupos, mas, antes de entrar em sala, fomos informados que o encontro que estava proposto pra esse dia (21/08/2019), só poderia ser realizado em um tempo, pois nesse dia a escola teria uma aplicação de prova de nivelamento, com todas as turmas. Foi negociado então com o professor que no dia 23/08/2019 teríamos mais um tempo de aula de 45 minutos para finalizar as apresentações e a avaliação. Então as apresentações e as finalizações do projeto aconteceram nesses dois dias, cada um com o tempo de 45 minutos, na própria sala de aula.

Grupo 1

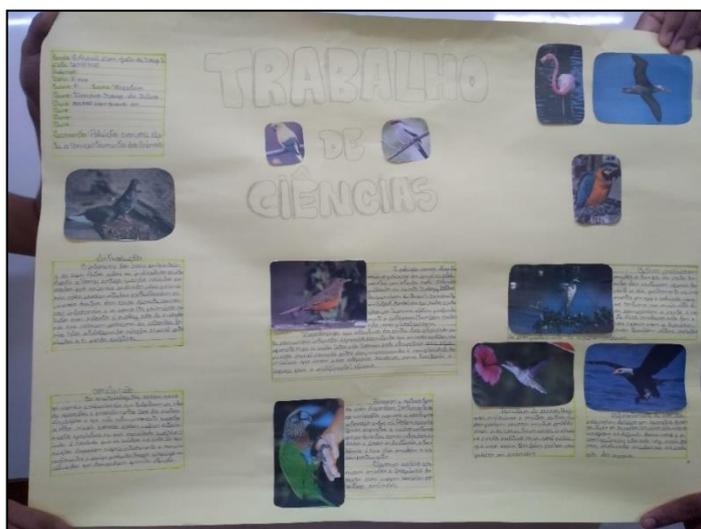
O primeiro trabalho apresentado pela turma foi sobre “Ruídos que afetam os animais”. A apresentação foi realizada em forma de cartaz, como mostra a fotografia 9.

Na introdução, relataram que os sons provocados nos ambientes naturais e os seus efeitos vêm desde os tempos remotos. Que na Roma antiga, veículos puxados por animais andando pelas primeiras vias pavimentadas, já perturbavam as pessoas dentro das casas. Em seguida relataram que a poluição sonora nos ambientes naturais, são emitidos principalmente pelo movimento de veículos nas estradas, pelas cidades e áreas industriais, e que afetam os animais. Que os pássaros e outros tipos

de aves dependem fortemente da comunicação sonora e vocal, porém, os ruídos sonoros intensos, atrapalham essa comunicação.

Comentaram também que na água, onde vivem algumas espécies, essas também sofrem com os efeitos de ruídos sonoros, e as vezes até em maior proporção, pois os sons emitidos na água podem percorrer uma velocidade muito maior que no ar (Nesse momento relataram que a velocidade do som depende do meio material que se encontra). Os golfinhos por exemplo emitem sons para se locomoverem devido a pouca visão, ou seja, eles têm um sonar biológico e orientam-se pelos ecos dos sons que emitem, e que os ruídos sonoros (provocados por navios, lanchas, barcos a motor) no local prejudicam seu habitat.

Fotografia 9 - Grupo 1



Fonte: (própria, 2019)

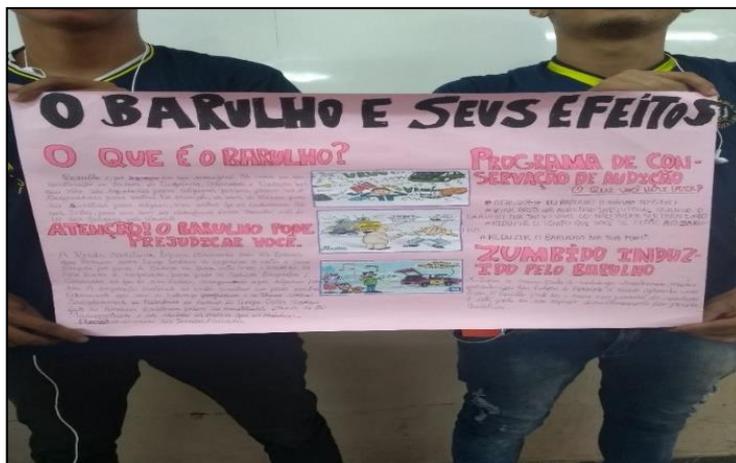
Para concluir a apresentação do grupo, o professor perguntou: “quem são os culpados por esses ruídos sonoro que afeta os animais?” Um aluno do grupo falou que “nós mesmo, somos os responsáveis pelos ruídos sonoros emitidos por equipamentos que fabricamos” (aluno 5). Em seguida o professor pediu que o grupo concluísse a apresentação com uma sugestão para sanar esse problema. Outro aluno do grupo então conclui que “nós mesmos seres humanos que poderíamos sanar esses problemas, pensando em maneiras de abafar esses ruídos sonoros e que o poder público com as leis específicas para a poluição sonora ajuda com a vigilância desses efeitos, para os animais viverem sem prejuízos” (aluno 16).

Grupo 2

O segundo grupo apresentou o tema “O barulho e seus efeitos” e a forma de apresentação também foi em forma de cartaz, como mostra a fotografia 10.

Inicialmente foi feita a apresentação dos componentes do grupo e seu respectivo subtema. Na introdução definiram o que era o barulho, que por definição, “é um som indesejável, que varia em composição, em termos de frequência, intensidade e duração, e especificaram cada um destes termos. Ainda na introdução relataram sobre os sons que não são agradáveis para algumas pessoas, mas que podem ser agradáveis para outras. No entanto, concluíram que para um som ser classificado como barulho, este deve ser julgado pelo ouvinte.

Fotografia 10 - Grupo 2



Fonte: (Própria, 2019)

No próximo passo, o grupo passou a dar atenção ao barulho que pode prejudicar os seres humanos, enfatizando que a perda auditiva de muitas pessoas está relacionada à exposição de ruídos variados. O grupo ainda relatou as faixas de frequência que normalmente influenciam para a perda auditiva, e que a frequência está relacionada com o grave e o agudo do som. Também relataram o nível sonoro que facilita para essa perda de audição. Falaram sobre a perda auditiva, e que ela pode ser precoce ou a longo prazo. Recomendaram que as pessoas que vivem em ambientes com exposição a ruídos contínuos, devem sempre fazer diagnósticos audiométricos, para poder se precaver da perda auditiva futuramente.

No passo seguinte, o grupo frisou o que se deve fazer para ter a conservação de audição. Ao final da apresentação falaram sobre o zumbido, fato este que tem

causa ainda desconhecida, porém com grande chance de ser uma consequência do excesso de barulho.

Para finalizar, o professor indagou: “Como evitar o excesso de barulho que pode causar a perda auditiva?” Um aluno do grupo respondeu que “deve-se ter uma união entre as pessoas, pois sozinhos não temos como resolver esse problema” (aluno 10).

Grupo 3

O terceiro grupo apresentou o trabalho com o subtema “Ruídos de eletrodomésticos” e a forma de apresentação foi em slides, como mostra a fotografia 11.

Fotografia 11 - Grupo 3



Fonte: (Própria, 2019)

Inicialmente o grupo se apresentou com seus componentes de equipe e depois apresentou o seu subtema. Em uma introdução destacou o objetivo da apresentação, na qual, seria de conscientizar sobre os efeitos da poluição sonora causada pelos eletrodomésticos. Em seguida relataram que alguns eletrodomésticos nos causam danos auditivos devido à sua forte emissão de ruídos sonoros, que podem causar lesões nas células da parte interna do ouvido, que uma vez lesionadas, não se regeneram, e dessa forma, com o passar do tempo, a capacidade de audição vai se perdendo. Nesse momento falaram sobre os perigos para a saúde, quando o nível sonoro passa de 80 decibéis, exemplificando alguns níveis sonoros de eletrodomésticos. Também relataram que o aumento do nível sonoro está relacionado com a intensidade sonora. Mas adiante deram dicas que podem ser seguidas para

identificar se você está em um ambiente com intensidade sonora potencialmente lesiva à audição. O grupo também apresentou mais alguns eletrodomésticos com seus níveis de potência sonora em decibéis, eletrodomésticos como o liquidificador e secador de cabelo. Logo em seguida, apresentaram o que é importante saber sobre o nível sonoro, quando este ultrapassa os 80 decibéis, relatando que os efeitos causados podem surgir a longo prazo, curto prazo ou de forma imediata.

Para a conclusão da apresentação, relataram que nem mesmo os eletrodomésticos nos livram de ficar com problemas auditivos, como se não bastasse os outros tipos de poluição sonora. Falaram sobre a necessidade de conscientização dos fabricantes desses eletrodomésticos, pensarem em maneiras de amenizar esses ruídos que contribuem para perda auditiva.

Após o término da apresentação, um aluno fora do grupo fez uma pergunta: “O que podemos fazer para amenizar esses ruídos dos eletrodomésticos?” (aluno 5). Um aluno do grupo (aluno 8) falou que “seria impossível não utilizar esses eletrodomésticos para amenizar os ruídos, devido os mesmos terem necessidade de serem usados em seu cotidiano”, porém, “precisam pensar em maneiras de abafar esses ruídos”, exemplificou o que já foi falado, “os fabricantes precisam pensar nessa maneira ou algo similar”.

Grupo 4

O quarto grupo apresentou o seu trabalho com o subtema “Ruídos dos veículos automotores”, e a forma de apresentação foi o cartaz, como mostra a fotografia 12.

Inicialmente o grupo apresentou seus componentes de equipe e depois o subtema que iriam apresentar. Na introdução relataram as fontes sonoras causadas por esses ruídos e que há intenso volume de som através dessas fontes, muito vivenciados no cotidiano, o que pode causar danos irreversível para o ser humano. Ainda nesse momento, relataram que ao ser emitido, o som produz uma variação de pressão nas moléculas do ar, e que ele pode ser medido pela pressão que exerce no sistema auditivo humano. A intensidade sonora está relacionada com essa pressão, ou seja, quanto maior a pressão exercida maior é a intensidade do som.

Fotografia 12 - Grupo 4



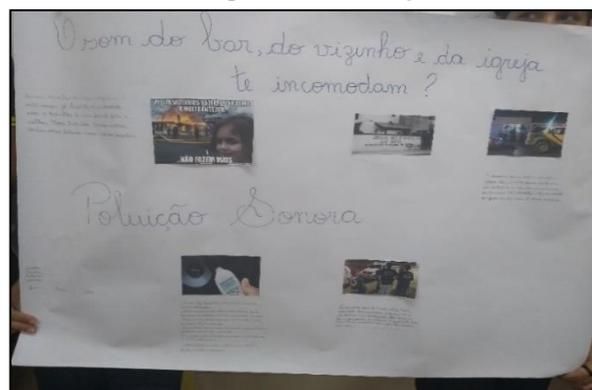
Fonte: (Própria, 2019)

Em seguida apresentaram os riscos desses ruídos causadores de poluição sonora que afeta os seres vivos. Relataram também nesse momento que essa poluição sonora não afeta apenas o órgão da audição, mas também outros órgãos dos seres vivos, como o coração. Que a poluição sonora, por ser estressante, estimula a produção de hormônios do estresse fazendo o coração bater aceleradamente, aumentando as chances de infarto e derrame. Nesse momento também apresentaram alguns sintomas de problemas causados pela poluição sonora. Em conclusão, relataram sobre os mais prejudicados por essa poluição, que seria os moradores próximos das grandes avenidas, e que há uma legislação vigente para esse fenômeno, no entanto, também precisa de conscientização do ser humano.

Grupo 5

O quinto grupo apresentou o subtema “O som do bar, do vizinho e da Igreja”, e a forma de apresentação também foi com cartaz, como mostra a fotografia 13.

Fotografia 13 - Grupo 5



Fonte: (Própria, 2019)

Inicialmente foram apresentados os componentes da equipe e depois o subtema de apresentação. Na introdução apresentaram as reclamações que são feitas aos órgãos do poder público responsáveis pela vigilância da poluição sonora²³, em geral, relativas ao som muito forte em bares, brigas e música com volume intenso na vizinhança e em cultos religiosos. Também relataram que as penalidades para excesso de barulho podem causar multas, indenizações e outras penalidades. Em seguida relataram o que configura o excesso de som da fonte em questão, pois, acreditam que muitos não tenham o conhecimento dos prejuízos causados, ou que muitas vezes não tenham o conhecimento dos limites de som que a lei estabelece para aquele ambiente.

Adiante, relataram que o som produz uma variação de pressão no ar, fazendo as moléculas do ar vibrarem, e que o nosso sistema auditivo detecta algumas dessas variações e que uma determinada pressão exercida no sistema auditivo pode ocasionar problemas. É o caso de sons fortes que exercem pressão intensa no sistema auditivo, lesionando suas células. Nesse momento relatam que existe um medidor de nível sonoro que possibilita detectar quantos decibéis é detectável em certo ambiente e que é dever do órgão público fazer a vigilância através das denúncias, utilizando esse equipamento. Adiante apresentaram alguns fatores que a legislação vigente impõe para cada ambiente e que deve ser seguida, como é o caso de bares, casas de shows e outros, na qual, devem se adaptar para emitir ruídos que não caracterize prejuízo a saúde física e mental da população. Para concluir, o grupo relatou que precisa de mais conscientização das pessoas, comentando que o principal fator pode estar relacionado à falta de conhecimento em relação aos prejuízos causados, embora, muitos tenham o conhecimento e não se conscientizem. Na finalização de suas conclusões enfatizaram que só as medidas impositivas da legislação não são capazes de sanar os prejuízos causados por esse tipo de poluição sonora, já que precisamos da conscientização de todos.

²³ Em Manaus, denúncias dessa natureza são feitas ao Departamento de Fiscalização da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade - Semmas.

Grupo 6

O sexto e último grupo a se apresentar foi o do subtema “Ruídos das Industrias”, e a forma de apresentação foi em slides, como mostra a fotografia 14.

Fotografia 14 - Grupo 6



Fonte: (Própria, 2019)

Após a apresentação dos componentes de equipe e do subtema escolhido, relataram as fontes sonoras causadoras desse ruído específico, que produz a poluição sonora devido ao nível sonoro ser bastante intenso e de tempo bastante longo. Nesse momento enfatizaram que o volume do som está relacionado com a intensidade do som (aumentado o volume do som maior é sua intensidade). Relataram sobre os prejuízos causados tanto no interior das indústrias como no exterior das mesmas, enfatizando os meios de proteção para não sermos afetados por esses ruídos²⁴. Nesse momento também foi falado sobre as leis específicas que regulam o som e que o poder público tem o papel também de vigilância para que não só essas leis possam ser seguidas, mas também para a qualidade de vida dos moradores próximos a essas fábricas e indústrias que são afetados por esses ruídos. Em conclusão o grupo fez uma crítica às empresas que produzem esses ruídos, e que as fábricas e indústrias que produzem a poluição sonora precisam pensar em maneiras de abafar esses ruídos e também propor toda proteção aos seus trabalhadores e circunvizinhança.

²⁴ Aqui se inserem os Equipamentos de Proteção Individual – EPI's.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Consideramos que a aplicação da sequência didática possibilitou o desenvolvimento de inúmeras habilidades e competências importantes ao processo educacional, no geral, e ao ensino de Física em particular, o que passaremos a apontar nos parágrafos seguintes.

Os alunos tiveram a oportunidade de participar de um processo investigativo de forma coletiva, organizados em grupos o que, por vezes, proporcionou autonomia para a tomada de decisões, como definir os “subtemas” de pesquisa, fontes de informação e outros. Com auxílio do professor foi oportunizada a condução do processo de investigação e boa parte das fontes de informação que foram utilizadas pelos alunos.

De acordo com Ribeiro (2008, p.406) “desenvolver habilidades de formular ideias e verbalizá-las adequadamente requer do aluno a participação ativa e senso crítico no trabalho em grupo, a escuta criteriosa e respeitosa, o hábito de colaboração em equipe.” Nesse sentido, entendemos que o trabalho oportunizou a participação ativa e o envolvimento do aluno com o conteúdo de ensino por meio de um trabalho colaborativo.

De forma complementar, os PCN (1998, p.33) indicam que é essencial para o aluno “valorizar o trabalho em grupo, sendo capaz de ação crítica e cooperativa para a construção coletiva do conhecimento.” Apesar de não termos acompanhado todo processo de produção dos grupos, entendemos que esses objetivos foram alcançados pela boa articulação demonstrada entre os integrantes dos diversos grupos durante as investigações feitas, as leituras em sala de aula, o debate entre eles e o professor e também durante as apresentações com os resultados de suas pesquisas.

Também consideramos que a situação-problema proposta foi pertinente no sentido de mobilizar os alunos para a tomada de decisões. Para Perrenoud (2002, p. 114), as situações-problema devem permitir aos alunos “mobilizar recursos, tomar decisões e ativar esquemas.” O incentivo à tomada de decisões também é uma das características importantes das situações-problema, enfatizada por Perrenoud (2000, p. 122) no sentido da mobilização de recursos e no saber agir. Essas habilidades e competências podem ser exemplificadas em vários momentos da aplicação da

sequência didática, que sempre teve o auxílio do professor, pois, como mostrado no capítulo anterior, houve uma mobilização moderada de recursos, pelos diversos grupos em busca de fontes da internet, como artigos, documentários, vídeos e revistas.

Ainda com relação à tomada de decisões, os grupos tinham que escolher a forma de apresentação das pesquisas e alguns desses grupos tiveram a iniciativa de propor outros “subtemas” além daqueles que haviam sido sugeridos na apresentação feita na primeira aula. Entendemos que os alunos foram capazes de perceber a importância do tema e se sentiram instigados pela situação-problema, perante o envolvimento com as atividades propostas. Esse envolvimento repercutiu de forma positiva na escolha dos subtemas em boa parte das informações coletadas, no debate feito na segunda aula e na apresentação final. Todas essas ações foram desenvolvidas possibilitando autonomia por parte dos alunos, mas com auxílio do professor em alguns casos. Também foi explorada a capacidade de argumentação dos alunos nos debates e na apresentação final em sala de aula para seus colegas, quando tiveram a possibilidade de expor e ouvir ideias.

Quanto à sequência didática, podemos concluir que os alunos tiveram oportunidade de observar, questionar, discutir, interpretar, solucionar, analisar, argumentar, verbalizar e ouvir ideias suas, de colegas e ainda ter o contato com pesquisas sobre o tema abordado. De acordo com Pereira (2012), ferramentas culturais, como a linguagem e os instrumentos de trabalho, moldam a ação humana de maneira essencial. E isso refletiu na aprendizagem dos alunos em sala de aula.

Outra parte sobre a aplicação da sequência didática e o conhecimento adquirido pelos alunos, foi o papel do professor. A orientação do professor durante a solução da situação problema teve a intensão de proporcionar aos alunos os conhecimentos necessários, visto, que sem o auxílio do professor seria pouco provável a aquisição dos conhecimentos da maneira como foi realizado. Isso nos faz refletir sobre o que é apontado por Vygotsky, quando trata do nível de desenvolvimento potencial, que no trabalho apresentado foi determinado pela solução de problemas, sob a orientação de um adulto ou em colaboração com parceiros mais capazes, pois só percorrendo esse fator é que internalizamos as coisas, visto que todos temos o potencial de aprender sendo, de início, com a ajuda de uma pessoa mais experiente (VYGOTSKY, 2008).

O envolvimento dos alunos no trabalho de pesquisa nos permite concluir que a situação-problema foi encarada pelos alunos como um verdadeiro problema a ser investigado. Em relação ao aprendizado de Física, foi possível observar a abordagem dos conceitos relacionados ao som durante as apresentações, como pretendido no planejamento, em vários momentos dos trabalhos apresentados:

- Um grupo tratou da velocidade do som em alguns meios, por exemplo, enfatizaram que a velocidade do som na água é maior que no ar, e que é por isso, que os seres vivos que têm como habitat a água, têm maior probabilidade de exposição aos perigos relacionados à poluição sonora;

- Outro grupo definiu o conceito de altura do som que está relacionado com grave e agudo. Um dos grupos definiu o “barulho”, que por definição, “é um som indesejável, que varia em composição e em termos de frequência, intensidade e duração, especificando cada um destes termos;

- Um grupo relatou as faixas de frequência que normalmente influenciam para a perda auditiva;

- Também trataram sobre a intensidade sonora, que se refere o volume de som e que em ambos os casos, em certas circunstâncias, podem contribuir para riscos e danos aos seres vivos.

A Tabela a seguir mostra os conceitos físicos abordados por cada grupo com seus respectivos subtemas nas apresentações.

Tabela 4 - Subtemas e conceitos físicos

GRUPO	TEMA	CONCEITO FÍSICO
01	Ruídos que afetam os animais.	Intensidade / Velocidade
02	O barulho e seus efeitos.	Altura / Intensidade
03	Ruídos de eletrodomésticos.	Intensidade
04	Ruídos dos veículos automotores.	Intensidade
05	O som do bar, do vizinho e da igreja.	Intensidade
06	Ruído das indústrias.	Intensidade

Fonte: (Própria, 2019)

Verifica-se que o conceito de intensidade foi explorado com maior proporção quando os grupos se referiam a poluição sonora, no entanto, alguns grupos, identificaram que outros conceitos (como altura do som e velocidade do som) estavam relacionados com o tema em questão, dessa forma, as apresentações no final da sequência didática tem um papel significativo, pois possibilitou a integração dos conhecimentos.

Considerando que em uma aula expositiva o professor dificilmente propiciaria aos alunos desenvolverem habilidades e competências que a situação-problema propiciou, trazer para próximo da Física os conteúdos de outras disciplinas e oportunizar ao aluno descobrir e investigar aplicações dos fenômenos físicos no seu dia a dia, são ganhos importantes para o processo de ensino e aprendizagem que por si só já referendam a utilização da metodologia aqui apresentada.

Com relação ao tempo disponível, a sequência didática foi pensada inicialmente para ser aplicada em três módulos-aula de 90 minutos. Porém, a última aula necessitou ser reajustada em dois dias, ocupando dois módulos-aula, 45 minutos cada uma. No total, foram utilizados quatro módulos-aula. Isso pode parecer muito quando confrontado com a limitada carga horária dedicada às aulas de Ciências no 9º ano. Porém, julgamos que o ganho em aprendizagem supera essa extrapolação de tempo, uma vez que as competências e habilidades desenvolvidas podem facilitar a apreensão de outros conteúdos no futuro. Ao realizar as investigações, os alunos conseguiram perceber a influência do som em suas vidas, se conscientizando dos seus riscos e assim, agregando significado ao conhecimento escolar.

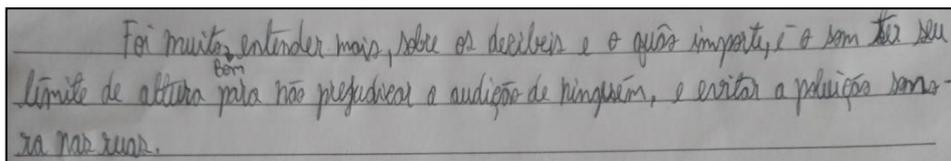
Com relação à sequência didática aplicada com três ações principais, apoiada de forma parecida com a sequência didática do modelo “estudo do meio” de Zabala (1998), percebemos que ela contribuiu para os objetivos pretendidos no trabalho. Além disso, os comentários de Batista, Oliveira e Rodrigues (2016) sobre a elaboração de uma sequência didática visando considerar alguns fatores importante, fatores esses que Zabala (1998), descreve como dimensões ou variáveis para a descrição de qualquer proposta metodológica, possibilitou obter o resultado esperado.

5.1 Sobre os relatos dos alunos feitos ao final da sequência didática considerando os objetivos do projeto aplicado e o conhecimento adquirido.

Com relação os objetivos do trabalho, podemos observar o seu alcance, pois, a situação-problema propôs incentivar o aluno a buscar o conhecimento sobre som e suas relações com o contexto social através da pesquisa bibliográfica e de campo, o que contribuiu para a apresentação final da atividade.

Outro ponto era oportunizar aos alunos o conhecimento sobre a velocidade do som e perceber a relação entre intensidade sonora com a unidade de decibéis em seu dia a dia. Durante a sequência didática isso foi bem explorado, com os alunos adquirindo conhecimentos sobre a velocidade do som em alguns meios materiais; que há uma faixa audível para aos seres humanos dessa intensidade sonora e que o nível sonoro dado a essa faixa é em unidade de grandeza chamada decibéis. Podemos perceber o entendimento com relação ao nível sonoro e sua unidade de grandeza chamada decibéis como mostra em um relato de aluno na fotografia 15.

Fotografia 15 - Relato (aluno 7)



Foi muito bom entender mais sobre os decibéis e o quão importante é o som ter seu limite de altura para não prejudicar a audição de ninguém, e evitar a poluição sonora nas ruas.

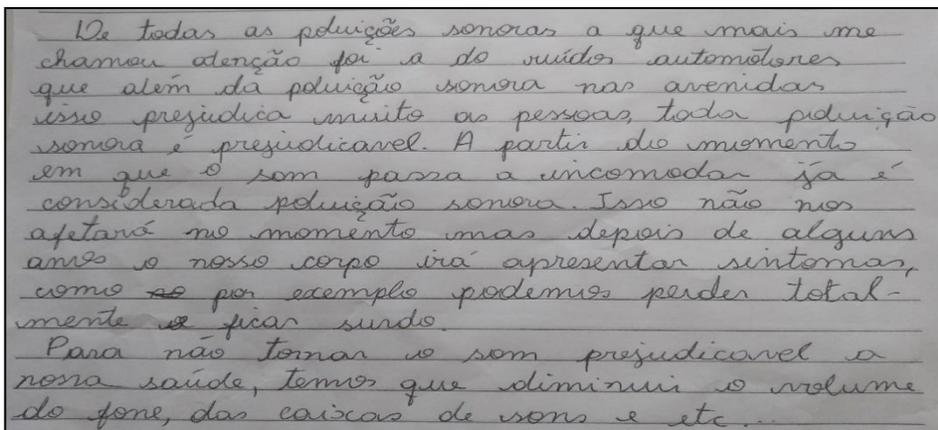
Fonte: (Própria, 2019)

Como pode-se perceber, apesar do aluno ter conhecimento desse fator, deixou a desejar ao falar do “limite de altura”, quando na verdade, se referia ao limite de intensidade do som. Em Física, quando nos referimos à altura do som, estamos nos referindo a frequências baixa e alta, respectivamente o grave e agudo do som. Mas, essa compreensão está presente em muitas pesquisas realizadas, fazendo parte do senso comum, o que deve ser superado.

Ainda em um dos objetivos específicos, seria necessário que o aluno conseguisse relacionar intensidade sonora e poluição sonora. Isso ficou entendido por uma grande parte dos alunos, e foi refletido com bastante destaque no final da sequência didática quando o professor oportunizou aos alunos darem o seu ponto de

vista em relação ao projeto aplicado e o conhecimento adquirido. Um relato dentre outros sobre essa questão mostra-se a fotografia 16.

Fotografia 16 - Relato (aluno 18)



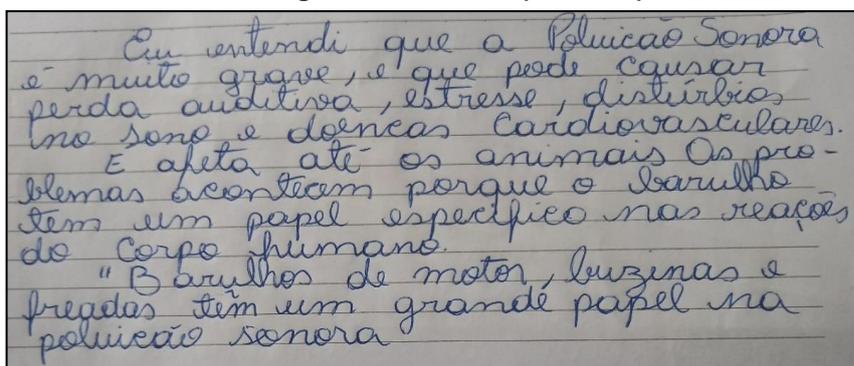
De todas as poluições sonoras a que mais me chamou atenção foi a do ruído automotivos, que além da poluição sonora nas avenidas isso prejudica muito as pessoas, toda poluição sonora é prejudicável. A partir de momentos em que o som passa a incomodar já é considerada poluição sonora. Isso não nos afetará no momento mas depois de alguns anos o nosso corpo irá apresentar sintomas, como ~~ex~~ por exemplo podemos perder totalmente a ficar surdo. Para não tomar o som prejudicável a nossa saúde, temos que diminuir o volume do fone, das caixas de som e etc.

Fonte: (Própria, 2019)

Como podemos observar, o aluno percebeu que o volume do som ou a intensidade sonora influencia para poluição sonora, causando riscos para os seres vivos. Outros alunos descreveram de forma semelhante.

Sobre o tema controverso do som e a poluição sonora, os alunos tiveram conhecimento do seu significado e dos riscos que a mesma pode causar, como podemos ver na fotografia 17 o relato de outro aluno.

Fotografia 17 - Relato (aluno 23)

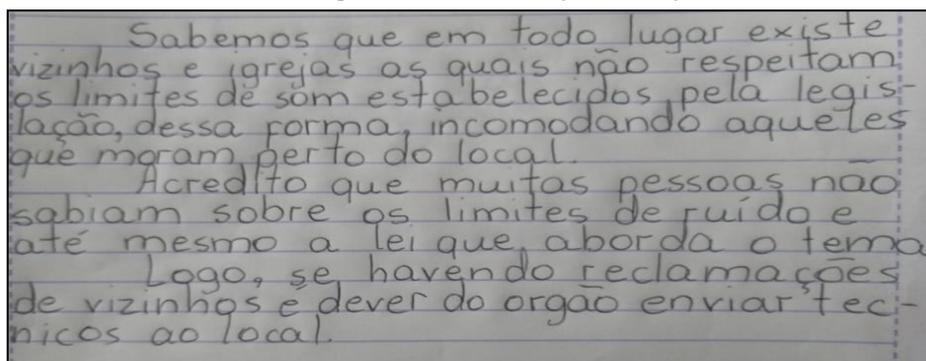


Cu entendi que a Poluição Sonora é muito grave, e que pode causar perda auditiva, estresse, distúrbios no sono e doenças cardiovasculares. E afeta até os animais. Os problemas acontecem porque o barulho tem um papel específico nas reações do corpo humano. "Barulhos de motor, buzinas e freadas tem um grande papel na poluição sonora".

Fonte: (Própria, 2019)

Outro ponto importante que a sequência didática proporcionou, foi de ter conhecimento por partes dos alunos de uma lei que trata sobre esse tema controverso, e esse conhecimento refletiu em alguns relatos feitos por eles, como podemos observar na fotografia 18.

Fotografia 18 - Relato (aluno 19)

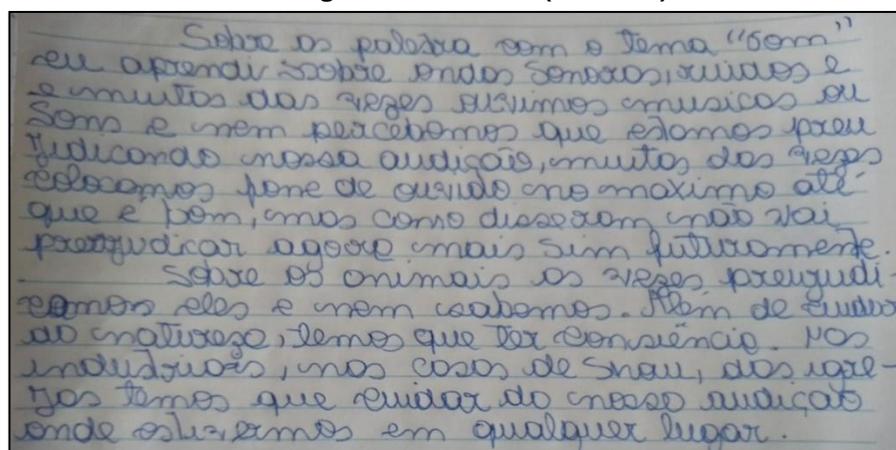


Sabemos que em todo lugar existe vizinhos e igrejas as quais não respeitam os limites de som esta belecidos pela legislação, dessa forma, incomodando aqueles que moram perto do local.
Acredito que muitas pessoas não sabiam sobre os limites de ruído e até mesmo a lei que aborda o tema. Logo, se havendo reclamações de vizinhos e dever do órgão enviar técnicos ao local.

Fonte: (Própria, 2019)

Por fim, percebemos por partes dos alunos o significado do aprendizado sobre o tema poluição sonora, e o conhecimento fornecido fez com que os alunos refletissem sobre alguns modos de vida, como podemos mostrar na fotografia 19 em um relato.

Fotografia 19 - Relato (aluno 10)



Sobre os poluidores com o tema "som" eu aprendi sobre ondas sonoras, audição e muitos das vezes alguns musicos eu sou e nem percebemos que estamos por prejudicando nossa audição, muitos das vezes colocamos fone de ouvido no maximo até que é bom, mas como disseram não vai prejudicar agora mais sim futuramente.
Sobre os animais as vezes prejudicamos eles e nem sabemos. Além de cuidar da natureza, temos que ter consciência. Nos indivíduos, nos casos de show, dos restaurantes temos que cuidar do nosso audição onde estivermos em qualquer lugar.

Fonte: (Própria, 2019)

Observou-se, de maneira geral, que a intervenção alcançou todos os objetivos propostos do trabalho, na qual, pode ser observado nos relatos feitos no final do trabalho e também pela observação feita pelo professor durante a aplicação dessa sequência didática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática, elaborada para o ensino do som para alunos do 9º ano do ensino fundamental, orientada pela investigação de uma situação-problema, que questionou os riscos de se viver em um mundo imerso em sons impróprios e apresentando a possibilidade de abordagem do tema som em uma perspectiva transversal, considerando o contexto social dos educandos. Defendemos a importância da abordagem de temas de Física nas aulas de ciências do ensino fundamental, porém de uma forma diferente da simples transmissão de conteúdo. Por esse motivo, encontramos na abordagem de ensino por meio de situações-problema uma boa estratégia para o ensino de Física em nível fundamental.

A sequência didática desenvolvida possibilitou dois pontos importantes em relação aos alunos: o primeiro, foi criar uma oportunidade de aprendizagem que os permitisse descobrir a Ciência e a Física em particular, presente no cotidiano das pessoas. Os alunos, por meio de suas investigações para resolver uma situação-problema, identificaram que a ciência está contida em aspecto do seu contexto social, como é caso da poluição sonora aqui trabalhada. Esse tema permitiu aos alunos conhecerem alguns conceitos físicos importantes para o conhecimento dessa temática; o segundo ponto, remete às competências e habilidades possíveis de serem desenvolvidas por meio de uma aprendizagem ativa, centrada no aluno. As atividades que os alunos desenvolveram durante a execução da sequência didática proporcionou várias oportunidades para aprimorar e desenvolver competências e habilidades importantes, não só no aprendizado de ciências, mas também as que trarão reflexos futuros em suas vidas, seja nos estudos, no trabalho ou na simples convivência em sociedade. Características como: questionar, saber trabalhar em equipe, pensar e raciocinar, tomar decisões, saber agir, ser flexível, são algumas dessas possibilidades.

O uso da teoria de Vygotsky foi fundamental desde a elaboração até a aplicação do trabalho. Partir do meio social oportunizou desenvolver uma metodologia que atendesse aos objetivos propostos, mantendo o aluno o mais próximo possível de sua realidade. Por outro lado, os materiais e conhecimentos obtidos através de

pesquisa e das situações de interações sociais (aluno-professor, aluno-aluno, aluno-outras pessoas) oportunizaram adquirir conhecimentos para formular soluções para o problema levantado. Na aplicação, com a metodologia definida, o fator ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal) foi a base do processo para as três aulas, onde, inicialmente o professor introduziu o estudo sobre o som e, a partir disso, lançou uma situação problema que deveria ser solucionada pelos alunos. Nessa etapa, o papel do professor foi de suma importância pois forneceu o auxílio necessário para que os alunos buscassem a solução utilizando formas diversas (pesquisa bibliográfica e de campo, na internet e por outros meios).

Com base no que foi observado, consideramos que a aplicação da sequência didática ocorreu de forma satisfatória, pois conseguimos algo que consideramos de grande importância para o ensino de qualquer conteúdo: o envolvimento dos alunos.

A investigação da situação-problema apresentada possibilitou o desenvolvimento de muitas competências e habilidades para o aprendizado de Ciências e de Física, em particular. Entendemos que o trabalho permitiu aos alunos se interessarem pelo conteúdo sobre o som e compreender todos os conceitos que envolvem a poluição sonora. Além disso, o fato de se disporem a buscar respostas para o problema apresentado permitiu que os alunos experimentassem o trabalho em equipe em um processo de pesquisa, tendo que reconhecer fontes relevantes para a investigação de um problema e mobilizar recursos e pessoas para buscar informações.

Por fim, concluímos que este trabalho, cumpriu com seus objetivos, pois mostrou ser possível abordar o conteúdo de Física no 9º ano do ensino fundamental de modo a desenvolver nos alunos entre outras competências e habilidades, a compreensão sobre a importância da pesquisa e investigação de fenômenos do cotidiano. E, como consequência, permitiu aos alunos um contato com uma ciência presente no seu dia a dia, aprendizado este que, se instituídos em sala de aula, podem possibilitar a melhoria na qualidade do ensino e da prática educativa em geral e do ensino de Física em particular.

REFERÊNCIAS

ALONSO, M.; FINN, E. J., **Física: um curso universitário, v.2: Campos e Ondas.** São Paulo. Editora Edgard Blucher, 1972.

BATISTA, R. C.; OLIVEIRA, J. E.; RODRIGUES, S. F. P. **Sequência didática-ponderações teórico-metodológicas.** Cuiabá-MT,2016. Disponível em: <https://www.ufmt.br/endipe2016/downloads/233_9937_37285.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2019.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ciências Naturais.** Brasília: MEC/SEF. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 6 jun. 2019.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares nacionais: Ciências Naturais.** Brasília: MEC/SEF. 1998.

CAMPOS, B. S. et al. Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 1402, 2012.

COLE, M. et al. **A formação Social da mente, Vygotsky, L.S.** Trad. Português. 4ª ed., São Paulo - SP, Ltda, 1991.

ESTEVAM, G. D. **Poluição sonora e seus efeitos na saúde humana: estudo da Região Metropolitana de Campinas.** Campinas-SP, 2013. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2591.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2019.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica.** 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, vol. 2, 2009.

IVIC, I. **Lev Semionovich Vygotsky.** Recife: Fundação Joaquim Nabuco/ Ed. Massangana, 140 p., 2010.

MACEDO, L.; PETTY, A. L. **Passos. Aprender com jogos e situações-problema.** Rio de Janeiro: Artmed, 2002.

MATHPAGES. **Princípio de Huygens.** Disponível em: <<http://www.mathpages.com/home/kmath242/kmath242.htm>>. Acesso em: 07 maio 2019.

MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?.** Rio de Janeiro: Artmed, 1998.

MORAES, A. S.; SILVA, R. A. M. **Do impacto da poluição sonora no meio ambiente urbano**. João Pessoa-PB, 2014. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=2e5cc5258c6fe155>>. Acesso em: 07 maio 2019.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. Psicologia da Educação. São Paulo: EPU, 1999.

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

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica: Fluidos, Oscilações e ondas, Calor**. 4ª ed. São Paulo: Blucher, vol.2, 2002.

PEREIRA, A. P.; JUNIOR, P. L. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.31, n.3, p. 518-535, Porto Alegre-RS, dez. 2014.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, Porto Alegre – RS, v.18, n.1, p.23-39,2012.

PEREIRA, M. D. **Sequência didática: Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio usando smartphone**. Produto educacional. Sorocaba: UFSCar, 2017.

PERRENOUD, P.; THURLER, M. G. **As competências para ensinar no século XXI: A Formação dos professores e o Desafio da Avaliação**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

PERRENOUD, P. **Dez Novas Competências para Ensinar**. Rio de Janeiro: Artimed, 2000.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizagem baseada em problema (PBL): uma experiência no ensino superior**. São Carlos: EduFSCar, 2008.

SILVA, A. B. S. M.; AZEVEDO, R. O. M.; RIVERA, J. A. Elaboração de uma metodologia para o ensino de Ondas Sonoras no Ensino Fundamental. In.: **ATAS do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Paulo – SP, 20 a 25 de Janeiro de 2013.

SILVA, S. T.; AGUIAR, C. E. Propagação do som: Conceitos e experimentos. In.: **ATAS do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus - AM, 30 de Janeiro à 4 de fevereiro de 2011.

UNESP - **Acústica e Ruídos - Princípio do som**. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/jcandido/acustica/Apostila/Capitulo%2003.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem/ L.S. Vygotsky**; tradução Jefferson Luiz Camargo; revisão técnica José Cipolla Nelo. – 4ª ed. – São Paulo: Martins Fontes, 2008.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: Termodinâmica e ondas**. 10ª. ed. São Paulo: Addison Wesley longman, 2004.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SITES CONSULTADOS

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/131339/000980982.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 jul. 2019.

<<https://www.infoescola.com/fisica/ondas-longitudinais/>>. Acesso em: 05 set. 2019.

<<http://lossenderosstudio.com/rarefaction.jpg>>. Acesso em: 24 ago. 2019.

<http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_08.html#>. Acesso em: 23 jul. 2019.

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/matematica/medindo-intensidade-dos-sons.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

<<https://vivabem.uol.com.br/colunas/paulo-chaccur/2019/04/28/barulho-demais-afeta-coracao-veja-este-e-mais-5-fatores-de-risco-ignorados.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

<<https://www.terra.com.br/noticias/dino/exposicao-a-ruidos-no-trabalho-pode-ser-um-risco-para-perda-auditiva,a7f0351b8212016cfc44c3333a803e1cw5wh8t4r.html>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

<<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/03/plantas-tambem-sofrem-danos-devido-poluicao-sonora-diz-estudo.html>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

<<https://www.revistaplaneta.com.br/poluicao-sonora-poe-reproducao-de-aves-em-risco-diz-estudo-britanico/>>. Acesso em: 14 jul. 2019

APÊNDICE