

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

NEYLOR JOSÉ SILVA E SILVA

MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH

PRO: uma proposta para o ensino de Física

São Luís

2019

NEYLOR JOSÉ SILVA E SILVA

MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH

PRO: uma proposta para o ensino de física

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processos de Ensino e Aprendizagem e Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Moraes Diniz

São Luís

2019

**Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA**

Silva, Neylor José Silva e.

Mapeamento de ruído usando o programa google Earth
pro: uma proposta para o ensino de Física / Neylor José
Silva e Silva. -2019.

179 f.

Orientador(a): Eduardo Moraes Diniz

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet, Universidade
Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

1. Ensino de Física. 2. Teoria de Vygotsky. 3. Método
dialético. 4. Ruído de tráfego veicular. 5. Mapeamento de
ruído. I. Diniz, Eduardo Moraes. II. Título.

NEYLOR JOSÉ SILVA E SILVA

MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH

PRO: uma proposta para o ensino de Física

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 25/04/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Moraes Diniz (Orientador)

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Antônio José Silva Oliveira (Examinador)

Doutor em Física

Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dra. Eliane Angela Veit (Examinador)

Doutora em Física

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico esta dissertação aos meus pais,
irmãos e sobrinhos, por sempre
acreditarem na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que nos deu a vida, e que sem ele nada seria possível.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro – Código de Financiamento 001.

À Universidade Federal do Maranhão.

Aos meus pais, irmãos e sobrinhos, que, indiscutivelmente, me apoiam de todas as formas.

À minha namorada Georgia pela paciência e apoio em todas as horas.

Ao Prof. Dr. Eduardo Moraes Diniz pelas valiosas contribuições, como orientador e professor.

À coordenação e professores do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Ao Centro de Ensino Manoel Beckman pela disponibilização da estrutura, essencial ao desenvolvimento da pesquisa.

A todos os colegas de turma e do Mestrado, em especial, Gladiston, Arimael e Rogério, pelas palavras de incentivo nos momentos mais críticos.

Ao amigo Prof. Me Ricardson Borges pelas valiosas e incontáveis contribuições para a pesquisa, principalmente, nos momentos mais difíceis.

Ao amigo Diego Carvalho pelo apoio e ajuda que vieram na hora certa.

Enfim, a todos e todas que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse possível.

“Quando acompanhamos a história das grandes invenções, das grandes descobertas, quase sempre é possível notar que elas surgiram como resultado de uma imensa experiência anterior acumulada. A imaginação origina-se exatamente desse acúmulo de experiência. Sendo as demais circunstâncias as mesmas, quanto mais rica é a experiência, mais rica também deve ser a imaginação.”

L. S. Vygotsky

RESUMO

As práticas de ensino de Física, normalmente, têm privilegiado a transmissão de conteúdos estáticos e desconectados da realidade social. Priorizar a construção do conhecimento, dando sentido ao que é ensinado, para que a Física se torne atraente aos alunos representa um desafio da prática docente. Com o objetivo de propiciar uma prática pedagógica contextualizada e problematizadora, fundamentada no método dialético, foi elaborada uma proposta que integra um conjunto de ações didático-pedagógicas pautadas no mapeamento de ruído de tráfego veicular usando o programa Google Earth Pro, como estratégia para instrumentalizar o processo de ensino e aprendizagem de Física. Através do mapeamento de ruído promoveu-se um ensino que parte do contexto social dos alunos e retorna a ele numa perspectiva transformadora. Desta forma, oportunizou-se a participação ativa dos educandos em atividades realizadas fora do ambiente de sala de aula, que envolvem o uso de tecnologias, com enfoque no ruído, que além de som, é problema ambiental e questão de saúde pública. O produto educacional desenvolvido foi aplicado a uma turma da 2ª série do ensino médio de uma escola pública da cidade São Luís – MA, para avaliação da metodologia e das ações executadas, mostrando-se uma proposta teórico-prática adequada para ser usada em escolas. Os alunos ao estudarem a problemática do ruído de tráfego veicular se sentiram mais motivados, representando um diferencial para uma participação mais efetiva. A utilização do referencial teórico de Vygotsky (2007) associado ao método didático de Gasparin (2012) evidenciou a importância da mediação no aprendizado dos educandos, que passaram a compreender o ruído não apenas como conhecimento físico, mas também como problema ambiental e questão de saúde pública.

Palavras-chave: Ensino de Física. Teoria de Vygotsky. Método dialético. Ruído de tráfego veicular. Mapeamento de ruído.

ABSTRACT

Physics teaching practices usually privilege the transmission of contents which are static and disconnected from social reality. Prioritizing knowledge construction, giving meaning to what is taught, so that Physics become attractive for students represents a teaching challenge. In order to provide a contextualized and problematizing pedagogical practice, based on the dialectical method, it was elaborated a proposal that integrates a set of didactic-pedagogical actions based on noise mapping using the Google Earth Pro (GEP) as a strategy to instrumentalize the Physics teaching and learning process. Through noise mapping, we provide teaching that starts from the students' social context and return to it in a transforming perspective. Thus, it was allowed the active participation of students in activities outside of the classroom environment, involving the use of technologies, focusing on noise, which, besides being a sound, is an environmental problem and a public health issue. The educational product developed was applied to a 2nd grade class of Ensino Médio (Brazilian equivalent to High School) of a public school in São Luís - MA, to assess methodology and the actions performed, proving to be a theoretical-practical proposal suitable for use in schools. Students felt more motivated studying the problem of vehicular traffic noise, representing a differential for a more effective participation. The use of theoretical reference of Vygotsky (2007), associated with Gasparin's didactic method (2012), showed the importance of mediation in students' learning, who came to understand noise not only as a physical knowledge, but also as an environmental problem and a public heat issue.

Keywords: Physics Teaching. Vygotsky's Theory. Dialectical Method. Vehicular Traffic Noise. Noise Mapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: (a) Onda transversal numa corda, (b) onda longitudinal num tubo com ar. ...	21
Figura 2: Gongos.....	22
Figura 3: Ciclo de propagação do som.	22
Figura 4: Compressão e rarefação numa mola.	23
Figura 5: Elementos de uma onda senoidal pura.	24
Figura 6: Comparação da onda senoidal pura com algumas ondas complexas.	26
Figura 7: Gráfico da função $\sin \omega t$	28
Figura 8: Gráfico da função $\frac{1}{2} \sin 2 \omega t$	28
Figura 9: Gráfico da função $\frac{1}{3} \sin 3\omega t$	28
Figura 10: Gráfico da função $\frac{1}{4} \sin 4\omega t$	28
Figura 11: Gráfico da função $\frac{1}{5} \sin 5\omega t$	28
Figura 12: Gráfico das 5 componentes.	28
Figura 13: Gráfico da onda complexa P.	29
Figura 14: Representação da onda sonora.	30
Figura 15: Processamento do som nos seres humanos, do nível físico ao psíquico.	32
Figura 16: Estruturas do ouvido humano.	32
Figura 17: Curvas de mesmo nível de audibilidade para tons puros.	34
Figura 18: Frentes de onda esféricas.	35
Figura 19: Reflexão, transmissão e absorção do som.....	36
Figura 20: Fenômeno da difração numa fenda em uma cuba d'água.....	37
Figura 21: Mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar livre.....	38
Figura 22: Processo estímulo-mediação-resposta (VYGOTSKY, 2007).....	55
Figura 23: Sistema utilizado para suportar os equipamentos. (A) Câmera de registro do Tráfego; (B) Suporte do celular e do medidor de nível sonoro; (C) exemplo de como o sistema ficou durante a coleta de dados. Fonte: própria.	84
Figura 24: Percentuais de sim e não das respostas das questões 1, 2, 3 e 4.	87
Figura 25: Percentuais de concordância e discordância das questões 5, 6 e 7.	87
Figura 26: Percentuais por nível das respostas das questões de conhecimentos prévios.	90
Figura 27: Nível de conhecimento prévio dos educandos.	90
Figura 28: Percentuais de sim comparativo das respostas das questões 1, 2, 3 e 4.	98
Figura 29: Percentuais de concordância e discordância das questões 5, 6 e 7.	99

Figura 30: Percentuais por nível da reaplicação das questões de conhecimentos prévios.	101
Figura 31: Nível de conhecimentos final dos educandos.	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Método para elaboração de material didático.....	74
Quadro 2: Ações didático-pedagógicas, instrumentais e recursos disponibilizados de acordo com os objetivos específicos.	78
Quadro 3: Ações didático-pedagógicas e técnicas de pesquisa de acordo com as etapas do método didático.	79
Quadro 4: Grandezas acústica, morfológicas e de tráfego levantadas na aula de campo.	83
Quadro 5: Exemplos de respostas das questões de conhecimentos prévios.	89
Quadro 6: Exemplos de respostas da questão – 1 de avaliação das ações didático-pedagógicas.	92
Quadro 7: Exemplos de anotações realizadas na atividade prática de campo.	93
Quadro 8: Exemplos de respostas da questão – 2 de avaliação das ações didático-pedagógicas.	94
Quadro 9: Exemplos de respostas da questão – 3 de avaliação das ações didático-pedagógicas.	95
Quadro 10: Exemplos de respostas da questão – 4 de avaliação das ações didático-pedagógicas.	96
Quadro 11: Exemplos de respostas da questão – 5 de avaliação das ações didático-pedagógicas.	97
Quadro 12: Exemplos de respostas das questões reaplicadas de conhecimentos prévios.	100

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 ESTUDOS RELACIONADOS	16
2.1 O problema do ruído de tráfego veicular	16
2.2 O uso do Google Earth Pro no ensino	18
3 FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA	20
3.1 Fundamentos de acústica	20
3.1.1 Natureza do som	20
3.1.2 Descrição de ondas sonoras	23
3.1.2.1 Ondas harmônicas.....	24
3.1.2.2 Ondas complexas.....	26
3.2 Ruído, percepção sonora e propagação do som	29
3.2.1 Conceito de ruído e nível sonoro	29
3.2.2 O ouvido humano	31
3.2.3 Propagação sonora.....	35
3.2.3.1 Propagação em espaço livre	35
3.2.3.2 Propagação com obstáculos.....	36
3.2.3.3 Mecanismos de atenuação sonora.....	38
4 FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA	41
4.1 A gênese do pensamento de Vygotsky	41
4.1.1 A biografia de Vygotsky.....	41
4.1.2 Conjuntura da psicologia europeia no século XIX	42
4.1.3 Estrutura teórica marxista de seu pensamento.....	44
4.2 A natureza social do psiquismo	49
4.3 A teoria histórico-cultural de Vygotsky: concepções e implicações	54
4.3.1 Implicações pedagógicas da teoria histórico-cultural	62
4.4 O método didático dialético	65
5 METODOLOGIA	73
5.1 Da elaboração do produto educacional	75
5.1.1 Definição dos objetivos do produto.....	75
5.1.2 Elaboração do produto educacional.....	76
5.2 Da aplicação do produto educacional preliminar	78

5.2.1 O público alvo	78
5.2.2 Etapas de aplicação do produto	79
6 RESULTADOS	87
6.1 Da prática social inicial	87
6.2 Da problematização	91
6.3 Da instrumentalização	92
6.3.1 Das aulas expositivas dialogadas	92
6.3.2 Da atividade prática de campo	93
6.3.3 Da análise dos dados no laboratório de informática	95
6.3.4 Da construção do mapa de ruído usando o Google Earth Pro	95
6.4 Da catarse	96
6.5 Da prática social final	102
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
Apêndice A Questionário de verificação da percepção dos alunos para as ações didático-pedagógicas propostas	112
Apêndice B Questionário de conhecimentos prévios	113
Apêndice C Questionário de avaliação das ações didático-pedagógicas	114
Apêndice D Modelo de estrutura de relatório	116
Apêndice E Banner apresentado pelos alunos	118
Apêndice F Produto Educacional Aplicado	119

1 INTRODUÇÃO

A discussão acerca das práticas de ensino de Física tem sido amplamente difundida em pesquisas de diferentes formas, com destaque nos últimos anos para o desenvolvimento de produtos educacionais, impulsionados por um avanço dos mestrados profissionais em todo o país.

Esses produtos, em sua maioria, apresentam diferentes propostas e iniciativas às ineficientes práticas de ensino de Física adotadas no Brasil, que têm privilegiado a transmissão de conteúdos estáticos e desconectados da realidade social, estimulando a aprendizagem mecânica e a memorização desses conteúdos.

A falta de interesse e de motivação dos alunos em relação à disciplina Física são reflexos da distância existente entre os conteúdos estudados na escola e o mundo real. Os educandos têm resistido a essa forma de ensino, externando questionamentos do tipo “qual a utilidade desse conteúdo para minha vida? para que devo aprendê-lo?”.

Portanto, é preciso que se entenda que na sociedade atual não há mais espaços para práticas de ensino descontextualizadas da realidade social dos alunos. A escola precisa preparar o educando para enfrentar os desafios da vida em sociedade. Nesse sentido, é imprescindível uma mudança de paradigma nesse ensino.

Para tanto, é preciso transpor o paradigma da narrativa, centrado no professor, baseado em aulas expositivas e na resolução de questões, para propiciar metodologias ativas e colaborativas, focadas no aluno e em seu cotidiano, que promovam por meio da interação social a formação de uma consciência crítica, essencial ao exercício da cidadania.

Nesse contexto, o objetivo central deste trabalho foi desenvolver uma prática pedagógica contextualizada e problematizadora, fundamentada no método didático dialético de Gasparin (2012), e pautada no mapeamento de ruído usando o programa Google Earth Pro, que propiciasse a apreensão das múltiplas dimensões inerentes ao ruído de tráfego veicular.

Para isso, foi elaborado um produto educacional (apêndice F), que integra um conjunto de ações didático-pedagógicas, tais como: aula expositiva dialogada, leitura orientada de artigos científicos, atividade prática de campo, análise de dados no laboratório e construção de mapa de ruído, para instrumentalizar o processo de ensino e aprendizagem da Física.

A elaboração e avaliação desse produto educacional se baseou na metodologia de desenvolvimento de materiais didáticos de Richardson (2015) e na utilização de métodos e técnicas da pesquisa qualitativa, respectivamente. Portanto, este estudo se deu em dois momentos, no primeiro foi realizada a construção do produto, e no segundo, ele foi aplicado para ser testado e avaliado no ambiente educacional.

A aplicação do produto educacional foi realizada no Centro de Ensino Manoel Beckman, escola da rede estadual de ensino localizada na cidade de São Luís - Maranhão, e envolveu 35 (trinta e cinco) alunos da 2ª série do ensino médio, na qual se obteve uma avaliação qualitativa e quantitativa desse produto.

Este trabalho foi estruturado em seis capítulos. No primeiro (estudos relacionados à temática em estudo) são apresentadas algumas publicações de fontes reconhecidas e acessíveis, que discutem a problemática do ruído de tráfego veicular, o mapeamento de ruído e o uso do Google Earth Pro no ensino, temáticas que embasam a pesquisa desenvolvida.

No segundo capítulo (fundamentos de acústica) são discutidos conceitos de acústica e ruído, relacionados à temática do ruído de tráfego veicular, conteúdo teórico físico que embasa a elaboração e aplicação do produto educacional. O terceiro capítulo tem como base a teoria histórico-cultural de Vygotsky e o método didático dialético de Gasparin (2012), referenciais teórico-epistemológicos desse estudo.

No quarto capítulo está a metodologia, onde são descritos todos os métodos e técnicas usados para elaborar e avaliar o produto educacional proposto. Neste tópico são abordados todos os passos de construção do material didático e da aplicação das ações didático-pedagógicas contidas nele. No quinto capítulo são discutidos os resultados obtidos na aplicação do produto educacional.

Por fim, nas considerações finais são apresentadas as reflexões sobre os principais resultados apurados junto aos alunos e os objetivos atingidos, que atestam a eficácia do produto educacional no seu campo de aplicação, bem como, os desdobramentos da pesquisa e as perspectivas para trabalhos futuros.

2 ESTUDOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados alguns trabalhos publicados em fontes reconhecidas e acessíveis, que discutem a problemática do ruído de tráfego veicular, e dentro desta, o mapeamento de ruído, além do uso de geotecnologias como o Google Earth Pro na educação, temáticas escolhidas para o estudo da dissertação, como forma de situar e embasar a pesquisa desenvolvida.

2.1 O problema do ruído de tráfego veicular

A motivação para o estudo do ruído de tráfego veicular e, especificamente, do mapeamento de ruído resulta dos problemas sociais e das demais implicações trazidas à sociedade por esse tipo de poluição, considerada pela Organização Mundial de Saúde – OMS, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas, depois da poluição do ar e da água (FIGUEIREDO, 2013 apud FONSECA, 2015).

Estudos como Murgel (2007), Sapata et al. (2010), Specht et al. (2009), Mendonça et al. (2014), Guedes e Bertoli (2015) apontam o ruído do tráfego veicular como a principal fonte de poluição sonora em áreas urbanas. Guedes (2005) vai além, especificando que o ruído de tráfego é um dos principais problemas que afetam a saúde e o bem estar das pessoas em ambientes urbanos, sendo responsável por 80% das perturbações sonoras, conforme Fiorillo (2014 apud FONSECA, 2015).

Murgel (2007) considera que a exposição contínua a elevados níveis de ruído pode causar desde efeitos neuropsíquicos até a perda auditiva. Duran (2003) afirma que as ondas acústicas podem produzir sensação de mal-estar, vertigem e náusea. Cantieri et al. (2010) ressaltam que estes ruídos provocam efeitos negativos para o sistema auditivo das pessoas, além de provocar alterações comportamentais e orgânicas.

De acordo com a OMS, o nível médio sonoro a que as pessoas podem ser expostas sem prejudicar sua saúde e o seu bem estar é de 55 dB(A). Níveis acima de 65 dB(A) podem provocar dificuldades para dormir ou descansar, incômodo e queda na qualidade de realização de atividades de trabalho e lazer. Níveis acima de 85 dB(A) podem acarretar perdas de audição nas pessoas (SURIANO; SOUZA; SILVA, 2014).

Portanto, a abordagem do ruído de tráfego veicular no ensino médio oportuniza os alunos compreenderem os danos provocados por esse tipo de degradação ambiental para enfrentá-lo de maneira acertada (PEREIRA, 2017). Mais que isso,

Pozzebon et al. (2018) destacam que as temáticas ambientais contribuem para a formação de cidadãos conscientes e críticos, aptos a atuarem na realidade social e ambiental.

A relevância de temas ambientais aplicados ao ensino, que é evidenciada pelos PCN's, justifica-se também pela possibilidade de levar o aluno a discutir um problema que traz consequências para a sua vida e para a sociedade. Desta forma, o discente é estimulado a entender o seu contexto imediato e remoto, já que o ruído de tráfego se trata de uma problemática global.

Estima-se que na Europa cerca de 80 milhões de pessoas são afetadas com níveis de ruído acima de 65 dB(A), provenientes do tráfego urbano, expondo cerca de 90% da população (PORTUGAL, 2004 apud MACIEL et al., 2009). No Brasil, considerando sua população estimada de mais de 200 milhões de habitantes, dentre os quais 84,35% vivem na zona urbana, segundo o IBGE (2010), essa exposição pode ser ainda maior.

No contexto brasileiro, o crescimento desordenado das cidades, o aumento acelerado da frota de veículos, a falta de planejamento territorial e a ausência de um plano efetivo para o controle do ruído têm contribuído para agravar essa problemática, aumentando a exposição a patamares elevados, ocasionando a redução da qualidade de vida da população (SURIANO; SOUZA; SILVA, 2014).

Uma estratégia reconhecida mundialmente, muito utilizada na Europa e que poderia ser aplicada no caso brasileiro, é o mapeamento de ruído. Este importante instrumento de planejamento territorial e urbano, conforme Guedes (2005) permite estudar, diagnosticar e controlar o ruído ambiental. Por sua efetividade, se tornou obrigatório às cidades europeias com mais de 250 mil habitantes (DIRECTIVA, 2002).

Pesquisas como Bessa, Lima e Junior (2017), Sapata et al. (2010), Guedes e Bertoli (2015), Mendonça et al. (2013), Cantieri et al. (2010), Maciel et al. (2009), Penteadó et al. (2016), dentre outros, que desenvolveram mapas de ruído de diferentes locais do Brasil, propõem o mapeamento de ruído como estratégia fundamental para atenuar e controlar o ruído de tráfego veicular.

Suriano, Souza e Silva (2015) consideram que a melhoria da qualidade de vida da população que habita os centros urbanos exige, portanto, um monitoramento das condições de exposição da população, tanto para o planejamento e a intervenção da saúde como para que sejam alcançadas soluções de controle e atenuação acústica.

No entanto, segundo Mendonça et al. (2013), essa importante estratégia de planejamento urbano ainda não é amplamente difundida no Brasil, ficando as poucas iniciativas de aplicação limitadas a pesquisas em âmbito acadêmico, como em Brito e Coelho (2013), Cantieri et al. (2010), Mardones (2009), Moraes et al. (2009), entre outros, que se baseiam em programas específicos para construção dos mapas.

Diante dos dados apresentados, a problemática proposta se configura como temática relevante do contexto social que pode ser explorada no Ensino de Física a fim de desenvolver uma prática pedagógica contextualizada e problematizadora, que permita o aluno transitar do senso comum para o conhecimento científico, na perspectiva da apreensão do fenômeno em suas múltiplas dimensões, requisito essencial a uma prática transformadora.

2.2 O uso do Google Earth Pro no ensino

Com o avanço da tecnologia o mundo vem passando por várias transformações que têm modificado os rumos da sociedade e alterado a forma como produzimos, consumimos e nos relacionamos. As ferramentas digitais estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas. Da TV digital aos serviços bancários por aplicativo, as novas tecnologias estão em todos os setores importantes da sociedade.

Segundo os PCN's, a escola deve possibilitar aos alunos integrarem-se ao mundo contemporâneo. E neste sentido, a incorporação das novas tecnologias é uma exigência básica. Estudos como Silva e Chaves (2011), Oliveira (2012) e Bezerra et al. (2016), dentre outros, defendem que a escola deve se inserir no contexto tecnológico a fim de tornar eficiente o processo de ensino-aprendizagem.

Bezerra et al. (2016) afirmam que se tratando de inovação da prática em sala de aula, têm destaque os recursos atrelados às Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). Kripka, Viali e Lahm (2014) apontam que o uso de TICs no Ensino de Ciências tem aumentado consideravelmente, nos últimos anos, principalmente em relação à exploração do uso de computadores em sala de aula.

Existem diversas ferramentas computacionais utilizadas no espaço educacional, com as quais o aluno aprende desenvolvendo algo ou executando uma tarefa por intermédio do computador. Dentre estas, Voges e Nascimento (2007) destacam o programa Google Earth (GE) e suas contribuições para o ensino.

O Google Earth que já tem versão Pro disponível gratuitamente em <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/versions/> é uma geotecnologia que permite visualizar imagens em 3D do globo terrestre, marcar locais, medir distâncias, marcar trajetos, traçar polígonos, determinar altitude e as coordenadas dos locais visualizados, fazer passeios virtuais em 3D, entre outras (KRIPKA;VIALI;LAHM, 2014).

De acordo com Souza e Costa (2017), o uso do GEPro no contexto educacional tem como diferencial a possibilidade de colocar o aluno diante de sua realidade próxima ou distante, estimulando-o a conhecer o meio em que vive e o mundo. Kripka, Viali e Lahm (2014) destacam o caráter inovador que envolve a aplicação de geotecnologias no ensino, permitindo enxergar novos caminhos para as práticas pedagógicas.

Outra vantagem da utilização do GEPro como recurso didático é favorecer a compreensão, conscientização e busca de soluções para os problemas socioambientais (FLORENZANO,2002 apud SILVA;CHAVES, 2011). Conforme Kripka, Viali e Lahm (2014), potencializa a aprendizagem desse recurso em atividades mediadas pelo professor, sobretudo as que envolvem o meio ambiente, possibilitando a formação da consciência crítica dos alunos.

Estudos como: Oliveira (2010) que propôs os mapas digitais do GE como alternativa para o ensino de cartografia nas aulas de Geografia; Voges e Nascimento (2007) que aplicaram o GE para auxiliar no ensino de questões ambientais; Souza e Aguiar (2011) que apresentaram uma alternativa para ensinar física a partir do cálculo de velocidade de barcos visualizados no GE, entre outros, atestam a versatilidade e o uso cada vez mais frequente desse recurso na Educação Básica.

Considerando os dados apresentados, o GEPro constitui recurso tecnológico pertinente com propostas de ensino inovadoras e contextualizadas, um instrumento que permite integrar professor e alunos através de diferentes técnicas como satélites, fotografias aéreas e outras tecnologias digitais, com projetos de ensino-aprendizagem comprometidos com o entendimento do espaço vivido pelos sujeitos alunos e comunidade em geral (PEREIRA et al. 2012).

3 FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA

3.1 Fundamentos de acústica

3.1.1 Natureza do som

As ondas na superfície da água, as produzidas nas cordas de um violão, as ondas sísmicas no interior e superfície terrestre e os sons que se propagam no ar são exemplos típicos de fenômenos ondulatórios, e familiares do ponto de vista da experiência cotidiana. Portanto, para compreendê-los é necessário recorrer ao conceito de onda e como esta se propaga nos meios materiais (YOUNG; FREEDMAN, 2008).

Segundo Nussenzveig (2002), uma onda, num sentido bastante amplo, é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro do meio, com velocidade definida, sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos a outro. Nesse sentido, uma onda na superfície da água sacode um barco ao atingi-lo, sem mudar a sua posição horizontal, pois é a onda que se propaga na superfície da água. Portanto, uma onda transporta energia e momento sem transportar a matéria.

Na visão de Serway (1996), o conceito de onda é bastante abstrato, sendo interpretado como uma perturbação de um corpo, ou meio, de propagação. Para este, a onda é considerada um movimento de perturbação. De acordo com Young e Freedman (2008), uma onda surge quando um sistema é deslocado de sua posição de equilíbrio e a perturbação se propaga de uma região para outra do sistema.

Desta forma, cada sistema, seja uma corda, um gás no interior de um tubo ou água em um tanque, tem um estado de equilíbrio, que será perturbado tão logo seja produzido o movimento ondulatório (YOUNG; FREEDMAN, 2008). Cabe ressaltar, segundo Serway (1996), que o movimento da perturbação não pode ser confundido com o movimento das partículas do meio, pois estas apenas oscilam em torno das suas respectivas posições de equilíbrio.

Conforme Hewitt (2015), uma onda constitui um movimento que ocorre tanto no tempo quanto no espaço, que se estende de um lugar a outro. O som e a luz são exemplos clássicos de ondas, que se propagam através do espaço, no entanto, apresentam naturezas totalmente diferentes.

O som é uma onda mecânica, e como tal, necessita de um meio material para se propagar, seja sólido, líquido, gás ou plasma. Enquanto com a luz é diferente,

ela é uma onda eletromagnética, logo, não necessita de um meio material para se propagar. A luz pode atravessar diversos materiais, mas não precisa de nenhum.

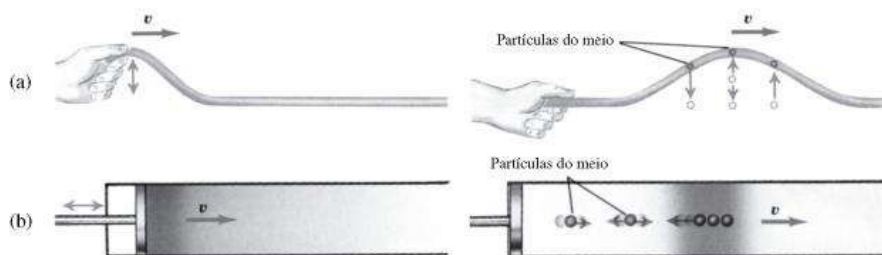
De acordo com Young e Freedman (2008), de todas as ondas mecânicas na natureza, as mais importantes em nosso cotidiano são as ondas sonoras. Isso se deve em grande parte à importância do conjunto de aplicações tecnológicas e, sobretudo industriais, como: naval, petrolífera, sísmica, dentre outras, mas também, ao seu carácter essencial como “instrumento” de comunicação. O foco desta pesquisa são as ondas que se propagam através do ar, e que são audíveis pelas pessoas, o som.

Nas ondas mecânicas, dependendo da sua natureza, à medida que se propagam através do meio, as partículas que compõem este meio podem se deslocar de modos distintos, caracterizando a direção de vibração ou de oscilação dos elementos que constituem o meio. Assim, a onda pode ser classificada segundo esse critério em: transversal ou longitudinal.

Dessa forma, se a direção de vibração é perpendicular à direção de propagação da onda, tem-se um movimento transversal dos elementos do meio, portanto, uma onda transversal. Uma onda numa corda, na figura 1(a), é um exemplo típico de onda transversal, pois suas partículas vibram perpendicularmente à direção de propagação.

Entretanto, se a direção de vibração é paralela à direção em que a onda viaja, tem-se um movimento longitudinal, e, portanto, uma onda longitudinal. As ondas sonoras na atmosfera, por exemplo, são ondas longitudinais, pois à medida que se propagam, cada elemento do fluido que se comprime e descomprime para produzir o som, se move para frente e para trás, paralelamente ao movimento da onda, como na figura 1(b).

Figura 1: (a) Onda transversal numa corda, (b) onda longitudinal num tubo com ar.



Fonte: Adaptada de Young e Freedman (2008).

Segundo Nussenzveig (2002), o entendimento do que acontece com um gongo quando golpeado, pode produzir uma boa noção intuitiva de como as ondas sonoras se propagam no ar. A imagem de um gongo é apresentada na figura 2.

Figura 2: Gongo.



Fonte: <https://br.reuters.com/article/internetNews/idBRKCN1M02YM-OBRIN>.

Quando o gongo é golpeado, ele vibra num movimento harmônico comprimindo na ida e descomprimindo na volta as porções de ar em sua vizinhança, gerando uma onda de compressão e outra de descompressão ou rarefação, respectivamente, que vai se transmitindo sucessivamente às camadas adjacentes do ar (NUSSENZVEIG, 2002). Dessa forma, a onda sonora será o resultado das vibrações produzidas pelo movimento harmônico do gongo, que se propagam por meio das compressões e rarefações do ar.

Em síntese, o que ocorre de acordo com o autor, é que o deslocamento do ar provocado pela vibração do gongo muda a densidade do fluido em sua vizinhança, que por sua vez, provoca uma mudança de pressão desse ar, produzindo as ondas de compressão e rarefação que se propagam como onda na atmosfera (Idem). Na figura 3 o ciclo que descreve todo o processo.

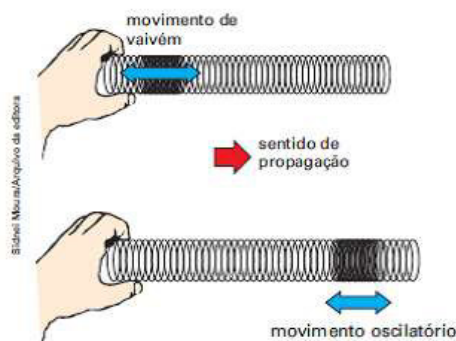
Figura 3: Ciclo de propagação do som.



Fonte: Nussenzveig (2002).

Do mesmo modo, se uma mola esticada (figura 4) é empurrada e puxada repetidas vezes, para frente e para trás, em movimento harmônico, partes dessa mola serão comprimidas, formando uma onda de compressão, e outras, serão distendidas, produzindo uma rarefação, que se propagarão na mesma direção ao longo da mola. Portanto, uma onda periódica é gerada e cada elemento da mola oscila periodicamente.

Figura 4: Compressão e rarefação numa mola.



Fonte: <http://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/2017/08/caracteristicas-das-ondas-mecanicas.html>.

Com isso, para Young e Freedman (2008), uma onda produzida por movimento harmônico simples é uma onda periódica, sendo caracterizada como uma onda senoidal. Portanto, uma curva senoidal é uma representação de uma onda harmônica.

Assim sendo, o estudo das senóides se torna altamente relevante, merecendo destaque, pois compreendê-las é a chave para o entendimento dos fenômenos ondulatórios. Logo, fazer uma descrição ondulatória implica compreender o comportamento das ondas senoidais, seja qual for o tipo de onda mecânica e, para isso, é necessário estudar essas ondas, seus elementos, características e particularidades.

3.1.2 Descrição de ondas sonoras

Young e Freedman (2008) ressaltam ser possível determinar muitas características das ondas periódicas a partir dos conceitos de velocidade da onda, amplitude, período, frequência, e comprimento de onda. Assim sendo, é possível obter uma descrição qualitativa de uma onda a partir da análise de suas características físicas, seja a onda transversal ou longitudinal.

3.1.2.1 Ondas harmônicas

Ondas harmônicas são o tipo mais básico de ondas periódicas. Todas as ondas, periódicas ou não, podem ser modeladas com uma superposição de ondas harmônicas. Consequentemente, uma compreensão do movimento ondulatório harmônico pode ser generalizada para formar uma compreensão de qualquer tipo de movimento ondulatório. (TIPLER, 2009, p.509).

Dessa forma, partindo do pressuposto de que ondas harmônicas são ondas periódicas e de que qualquer movimento ondulatório pode ser compreendido a partir dessas ondas, que têm perfil senoidal, será objeto da descrição qualitativa a onda senoidal pura, da figura 5.

Figura 5: Elementos de uma onda senoidal pura.



Fonte: <http://vivenciandoafisicanamusica.blogspot.com/>.

Segundo Hewitt (2015), o período de uma vibração ou de uma onda é o tempo que dura uma oscilação completa. Matematicamente, o período é o inverso da frequência, logo, conhecida a frequência se pode determinar o período ou vice-versa aplicando a equação (0.1).

$$T = \frac{1}{f} \quad (0.1)$$

A frequência da onda, de acordo com Hewitt (2015), representa a taxa de repetição de uma vibração ou oscilação completa, ou seja, é o número de oscilações por unidade de tempo. Assim, se numa onda ocorre uma oscilação a cada segundo, a frequência será de 1Hz, para duas oscilações completas a cada segundo, a frequência será de 2Hz.

Segundo Young e Freedman (2008), por se tratar de uma onda periódica, a forma da onda é uma configuração que se repete sempre, variando entre pontos de máximo e pontos de mínimo, denominados respectivamente de cristas e vales.

A amplitude é a distância da crista ou vale ao ponto médio da vibração da onda, ou seja, representa o máximo deslocamento em relação ao nível de equilíbrio. Enquanto que o comprimento de onda (λ) é a distância entre duas cristas e dois vales, consecutivos. No caso da onda sonora, representada por uma onda de pressão, a crista corresponde ao máximo de compressão, e o vale à máxima rarefação (HEWITT, 2015).

A velocidade da onda no movimento periódico está relacionada ao comprimento de onda e à frequência, pois à medida que a onda se propaga, durante um período desse movimento, a onda percorre uma distância de um comprimento de onda (TIPLER, 2009). Portanto, é possível determinar a velocidade da onda dividindo o comprimento de onda pelo período ou multiplicando este comprimento pela frequência, na equação (0.2).

$$v = \frac{\lambda}{T} = f \cdot \lambda \quad (0.2)$$

De acordo com Tipler (2009), ondas sonoras harmônicas podem ser produzidas por um alto-falante vibrando em movimento harmônico simples. Em síntese, quando a onda sonora se propaga, as vibrações da fonte são transmitidas às moléculas de ar próximas fazendo-as oscilar em MHS em torno de suas posições de equilíbrio. Os deslocamentos das moléculas $s(x, t)$ em torno das posições de equilíbrio são dados pela equação (0.3).

$$s(x, t) = s_0 \text{sen}(kx - \omega t) \quad (0.3)$$

Na equação acima se pode verificar que as moléculas do ar oscilam executando um MHS com amplitude de deslocamento s_0 , frequência angular ω e número de onda k . A partir dessas características físicas, outros elementos da onda podem ser determinados como: período, frequência, comprimento de onda, velocidade da onda, enfim, todas as variáveis que determinam seu comportamento.

Desse modo, partindo da premissa de que as vibrações da fonte sonora produzem mudança de densidade do ar nas vizinhanças da fonte que, por sua vez, geram as ondas de compressão e rarefação, onde a pressão em qualquer ponto é dada pela equação (0.4).

$$p(x, t) = p_0 \operatorname{sen}\left(kx - \omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -p_0 \cos(kx - \omega t) \quad (0.4)$$

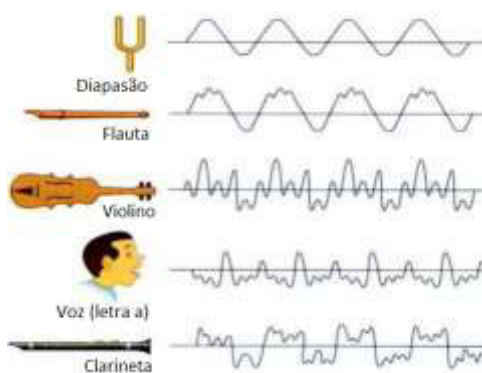
Na equação acima, observa-se que à medida que a onda se propaga, a pressão do ar em qualquer posição varia senoidalmente com amplitude de pressão p_0 , frequência angular ω e número de onda k . Logo, a equação que descreve as variações de amplitude de pressão é senoidal, assim como o deslocamento das moléculas de ar e da densidade.

3.1.2.2 Ondas complexas

Nem todas as ondas são simples como a senóide pura, representativa de ondas harmônicas produzidas por um diapásão. Na verdade, em sua grande maioria, as ondas são complexas. Diferentemente, da senóide pura, que possui uma única frequência, as onda complexas apresentam diversas frequências para formar um único som, como em uma nota musical.

A maior parte dos instrumentos musicais, segundo Serway (1996), emitem ondas complexas. A figura 6 mostra a forma de onda do som produzido por uma flauta, um violino, a voz humana pronunciando a letra “a” e uma clarineta, evidenciando a complexidade dessas representações perante a simplicidade da onda senoidal pura do diapásão.

Figura 6: Comparação da onda senoidal pura com algumas ondas complexas.



Fonte: <http://boltz.ccne.ufsm.br/st12/?q=node/72>.

A análise de ondas complexas só pôde ser realizada a partir da teoria desenvolvida pelo matemático francês Jean Baptiste Fourier no início do século XIX, hoje conhecida como análise de Fourier. Este método de análise demonstra que

qualquer onda pode ser decomposta em uma combinação de ondas primitivas, todas com a forma senoidal. Na realidade,

é possível representar qualquer função periódica, ou qualquer função finita, por uma série de parcelas de senos e co-senos, mediante uma técnica matemática baseada no teorema de Fourier. A soma dos termos que representa a onda periódica é a série de Fourier. (SERWAY, 1996, p.54).

Dessa forma, a partir da análise de Fourier, é possível decompor uma onda complexa em suas componentes senoidais, e assim transformar uma representação da amplitude em função do tempo em outra, que relaciona amplitude e frequência, que compõem a estrutura da onda complexa. A essa representação, dá-se o nome de espectro sonoro ou espectro de Fourier.

Nesta perspectiva, cada componente senoidal que constitui a onda complexa é uma componente no espectro de Fourier, um termo que representa a onda, que quando combinados, todos eles, formam a série de Fourier. O processo inverso da análise de Fourier é denominado síntese de Fourier e consiste na soma de todas as componentes senoidais que compõem a onda complexa.

De acordo com Aleixo (2003), as ondas sonoras complexas geradas por um instrumento musical sempre poderão ser representadas por uma série de Fourier constituída da frequência fundamental e de suas harmônicas. Assim, seja uma função periódica no tempo $y(t)$, com período T , a análise de Fourier afirma que essa função pode ser escrita na forma da equação (0.5).

$$y(t) = \sum_n (A_n \text{sen } 2\pi f_n t + B_n \text{cos } 2\pi f_n t) \quad (0.5)$$

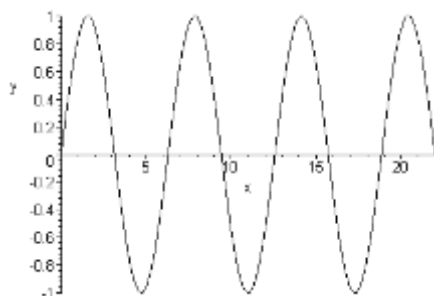
Na equação acima a frequência mais baixa $f_1 = 1/T$ é a frequência fundamental, e os múltiplos dessa, são as suas frequências harmônicas. Os coeficientes A_n e B_n são as amplitudes das diversas ondas que compõem a onda complexa. Na expressão (0.6), tem-se a função de uma onda complexa obtida por análise de Fourier.

$$P(t) = \text{sen } \omega t + 1/2 \text{sen } 2\omega t + 1/3 \text{sen } 3\omega t + 1/4 \text{sen } 4\omega t + 1/5 \text{sen } 5\omega t \quad (0.6)$$

Nas figuras de 7 a 11, são apresentados os gráficos das componentes senoidais individuais da série acima, construídas separadamente. Na figura 12, o

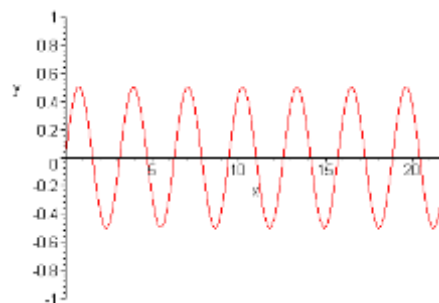
conjunto que compõem a síntese de Fourier. O resultado combinado de todos os termos da série de Fourier, onda complexa (P), é representado na figura 13.

Figura 7: Gráfico da função $\sin \omega t$.



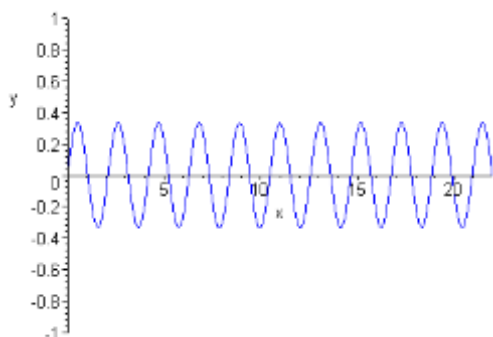
Fonte: Aleixo (2003).

Figura 8: Gráfico da função $1/2 \sin 2 \omega t$.



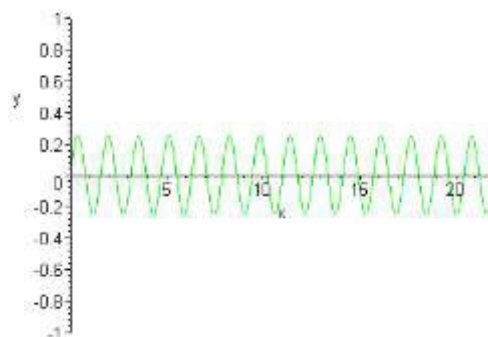
Fonte: Aleixo (2003).

Figura 9: Gráfico da função $1/3 \sin 3 \omega t$.



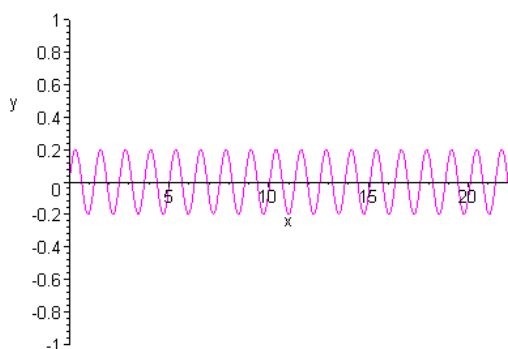
Fonte: Aleixo (2003).

Figura 10: Gráfico da função $1/4 \sin 4 \omega t$.



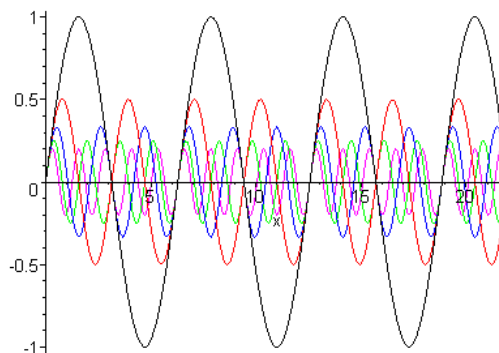
Fonte: Aleixo (2003).

Figura 11: Gráfico da função $1/5 \sin 5 \omega t$.

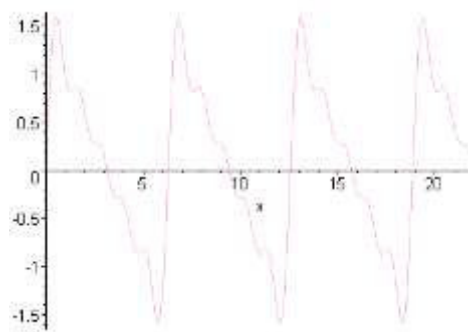


Fonte: Aleixo (2003).

Figura 12: Gráfico das 5 componentes.



Fonte: Aleixo (2003).

Figura 13: Gráfico da onda complexa P.

Fonte: Aleixo (2003).

A construção da síntese de Fourier acima e, por conseguinte, da própria onda complexa a partir da série de Fourier, demonstra que esta onda é sintetizada por uma frequência fundamental e uma sequência de quatro harmônicos ímpares múltiplos da fundamental, $B_n = 0$ para todo n . Portanto, evidencia que uma análise detalhada de uma onda complexa pode ser obtida da análise individualizada de suas componentes.

3.2 Ruído, percepção sonora e propagação do som

3.2.1 Conceito de ruído e nível sonoro

O som se apresenta de diversas formas no cotidiano humano, por exemplo, como: música, canto dos pássaros, um alarme, batida numa porta, murmúrio do vento, as ondas do mar etc (BISTAFA, 2006). Dessa forma, segundo o autor, o som é sensação produzida no sistema auditivo (Idem).

Entretanto, na sociedade moderna muitos sons são desagradáveis e indesejáveis, e esses são definidos como ruído (GERGES, 1996). Porém, essa definição de ruído é subjetiva, pois o que pode ser desagradável para uma pessoa, pode não ser para outra. Logo, o que diferencia som de ruído, depende de cada indivíduo e da relação que cada um estabelece com o que é ouvido.

Neste sentido, Bistafa (2006) define ruído como um som sem harmonia, e na maioria das vezes de conotação negativa. Contudo, o mesmo destaca que tal definição depende do contexto, ressaltando que sons com qualificação de ruído podem transmitir informações úteis, como: o alerta da velocidade de um automóvel, ou o sinal indicativo de que o café de uma cafeteira está pronto.

Fisicamente, segundo Gerges (1996), o som se caracteriza por flutuações de pressão em um meio compressível. Costa (2016) afirma que o som é o resultado das vibrações dos corpos elásticos. Bistafa (2006) considera que sons são vibrações das moléculas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes. Murgel (2007, p.21) destaca que “para tocar um sino, deve-se golpeá-lo para que o metal vibre e emita a sua sonoridade característica”.

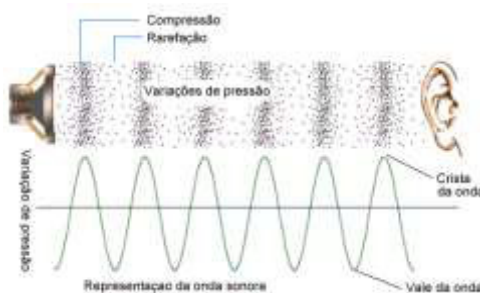
No entanto, de acordo com Bistafa (2006), nem toda estrutura que vibra gera som. Dessa forma, para que haja som é necessário que as condições de vibração sejam induzidas de forma adequada. Isto significa afirmar, que tanto a amplitude das vibrações, como a frequência com que se repetem, devem estar dentro de uma faixa determinada de valores, denominada intervalo audível. Assim,

a menor variação de pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo é da ordem de 2×10^{-5} Pa. Essa pressão chama-se limiar da audibilidade. E a variação da pressão ambiente capaz de provocar dor é o limiar da dor, sendo da ordem de 60 Pa [...] As frequências de 20 Hz e 20 kHz [...] sons com frequência nessa faixa são aqueles que o sistema auditivo consegue detectar [...] essa faixa de frequências recebe o nome de faixa de áudio. (BISTAFA, 2006, p. 6-7).

Desta maneira, ondas sonoras cujas frequências de repetição das flutuações de pressão estejam acima ou abaixo das frequências geradoras de sensação auditiva, ou seja, fora do intervalo audível, não serão percebidas pelo ouvido humano, estas são denominadas, respectivamente, de ondas ultrassônicas e ondas infrassônicas, (GERGES, 1996).

Neste contexto, o som pode ser definido, segundo Bistafa (2006), como uma variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo. Na figura 14, a representação real e gráfica da onda sonora em termos das variações de pressão do ar, para um som produzido por um alto-falante e recebido pelo ouvido.

Figura 14: Representação da onda sonora.



Fonte: <https://www.institutonetclaroembratel.org.br/educacao/para-ensinar/planos-de-aula/ondas-sonoras>.

De outra forma, o som é uma forma de energia que é transmitida pela colisão das moléculas do meio, umas contra as outras, sucessivamente. Assim, à medida que uma onda sonora se propaga na atmosfera, essa transfere energia de um ponto a outro do espaço deste meio (GERGES, 1996).

Uma forma de caracterizar a energia transportada por uma onda sonora, de acordo com Young e Freedman (2008), é por meio da intensidade sonora I , que corresponde à taxa média de energia transferida pela onda ao meio de propagação, por unidade de área deste meio, portanto, especificada na unidade w/m^2 .

Como a intensidade do som varia com o quadrado de sua amplitude, que para o ouvido humano vai de 10^{-5} m, para o som mais alto, e 10^{-11} m, para o som mais baixo detectável, uma faixa de 10^6 para a amplitude, e de 10^{12} para a intensidade (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2006). Por isso, o ouvido humano é considerado muito sensível e reage a um intervalo muito grande de intensidade sonora.

Consequentemente, a utilização de uma escala linear para caracterizar a intensidade do som, com uma variação de 1 bilhão de valores, entre o mínimo e o máximo, é pouco prática e pouco representativa da resposta do ouvido humano, tornando-se muito mais realista a utilização de uma escala logarítmica, de nível de pressão sonora em decibel (dB), (MATEUS, 2008). Assim, o nível sonoro é dado pela equação (0.7).

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0} \quad (0.7)$$

Nesta perspectiva, de acordo com Hewitt (2015), ao valor de intensidade 10^{-12} W/m^2 , considerado o limiar da audição, foi adotado como intensidade de referência, correspondendo a 0 bel, e ao valor de 1 W/m^2 , o limiar da dor, 120 dB em escala logarítmica. Logo, um som 10 vezes mais intenso que o limiar de audição tem intensidade de 1 bel (10^{-11} W/m^2) ou 10 decibéis.

3.2.2 O ouvido humano

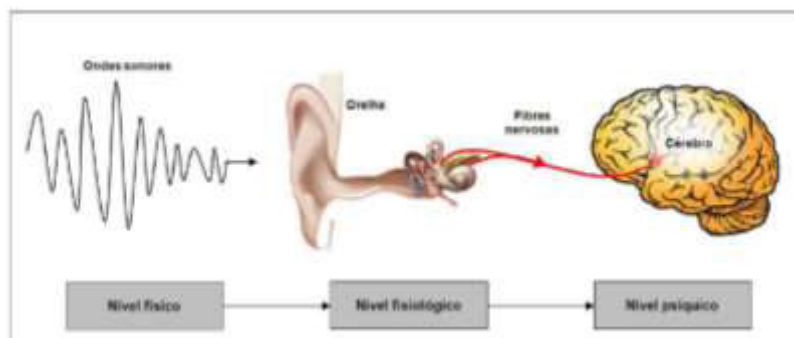
Nos seres humanos, uma onda sonora só ganha significado quando é recebida pelo aparelho auditivo, processada e interpretada pelo cérebro. Dessa forma,

uma série de eventos deve ocorrer para que um som seja percebido por uma pessoa (BISTAFA, 2006).

1) O som é gerado; 2) o som se propaga até a aurícula e em seguida para o interior do conduto auditivo externo; 3) o tímpano vibra; 4) os ossículos da orelha média vibram; 5) ondas de pressão são transmitidas para o líquido no interior da cóclea; 6) a cóclea codifica o som; 7) o som codificado é transmitido ao cérebro via nervo auditivo. (BISTAFA, 2006, p. 29).

Nesta perspectiva, segundo Nepomuceno (1977), a percepção dos sons pelo sistema auditivo pressupõe a participação de um conjunto complexo de estruturas fisiológicas, responsáveis por transformar sons em sensações psíquicas. Na figura 15, é apresentado o processamento do som do nível físico ao psíquico.

Figura 15: Processamento do som nos seres humanos, do nível físico ao psíquico.



Fonte: LESKI (2012) adaptado de Bistafa (2006).

Apesar da complexidade desse processo, consideram-se as estruturas que participam mais ativamente do mecanismo da audição. Neste sentido, o ouvido humano é dividido em três partes: ouvido externo, médio e interno (figura 16). Enquanto nos dois primeiros ocorrem processos mecânicos, no último acontecem processos mecânicos e elétricos, que fazem dele o mais complexo dos ouvidos (RUI, 2007).

Figura 16: Estruturas do ouvido humano.



Fonte: www.confrariaaudiovisual.com.br/post/audicao_consciente_a_anatomia_da_audicao_humana.html

O ouvido externo é constituído da aurícula ou orelha, que é responsável por imprimir informação direcional aos sons recebidos, funcionando como uma corneta acústica que capta e concentra as ondas sonoras mediante reflexões, e do canal auditivo que é um duto fechado de 7 mm de diâmetro e 30 mm de comprimento, que se encarrega de conduzir essas ondas até o tímpano no ouvido médio (BISTAFA, 2006).

O ouvido médio é composto pelo tímpano, uma membrana elástica de aproximadamente 0,1 mm de espessura, e por três ossículos: martelo, bigorna e estribo. De acordo com Rui (2007), quando um som atinge o tímpano, este começa a vibrar transmitindo a energia da onda para o conjunto de ossículos que, por sua vez, se encarregam de amplificar esta vibração e levá-la até a janela oval, porta de entrada da cóclea no ouvido interno.

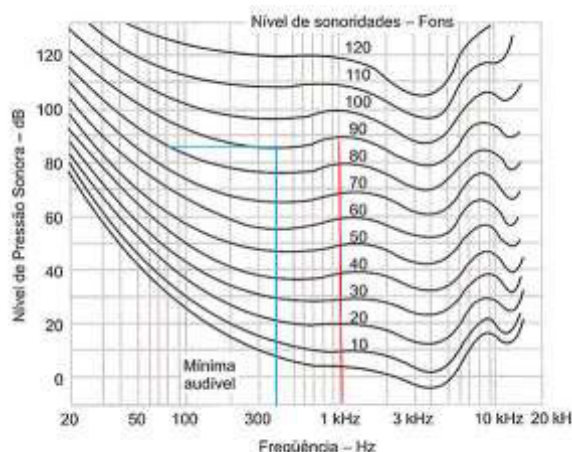
O ouvido interno contém a cóclea e, nesta, o órgão de Corti, que é responsável por converter a energia transportada pelo estímulo sonoro em um sinal elétrico que, por conseguinte, será levado ao córtex auditivo, onde será interpretado como som (DURÁN, 2003). Bistafa (2006), afirma que a cóclea constitui um conjunto de seis dutos que compõe o labirinto membranáceo, com função de detecção e codificação do som em sinais elétricos, transmitidos ao cérebro via nervo coclear.

Entretanto, segundo Duran (2003), o ouvido humano não é igualmente sensível a todas as frequências do intervalo audível, isto é, não percebe com a mesma intensidade sons de frequências diferentes. Dessa forma, Murgel (2007, p. 24) afirma, que “[...] sons de frequência muito alta ou muito baixa são escutados em menor intensidade que os de média frequência, embora a pressão sonora seja igual”.

Desse modo, Duran (2003) destaca que sons com frequências médias, compreendidas entre 500 Hz e 5000 Hz, são mais sensíveis ao ouvido humano, e, portanto, são percebidos com maior intensidade que frequências próximas aos extremos do intervalo audível, visto que para igual intensidade física, a intensidade fisiológica é maior nessa faixa. Logo, de acordo com Bistafa (2006), “a sensação subjetiva de intensidade depende da frequência do som”.

Assim, partindo do pressuposto de que um nível de pressão sonora, expresso em decibel (dB), não é verdadeiramente representativo da sensação auditiva humana, uma grandeza psicoacústica, denominada nível de audibilidade, função do nível sonoro e da frequência do som, foi criada para mensurar subjetivamente a intensidade dos sons (BISTAFA, 2006). Na figura 17 são apresentadas as curvas isofônicas para tons puros.

Figura 17: Curvas de mesmo nível de audibilidade para tons puros.



Fonte: <http://contatonva.wixsite.com/niveldeacao/single-post/2016/06/06/Exposi%C3%A7%C3%A3o-Ru%C3%ADdo-Aplica%C3%A7%C3%A3o-pt4>.

As curvas isoaudíveis da figura 17, de acordo com Murgel (2007), indicam que 1kHz, em destaque, representa a frequência de maior sensibilidade do ouvido humano, não havendo, portanto, a necessidade de correção do nível sonoro. Entretanto, o autor destaca que conforme variam as frequências, é necessário subtrair certos valores do nível medido, para representar melhor a “sensação sonora”. Por exemplo,

[...] um tom puro com nível sonoro de 30 dB em 1000 Hz, gera um nível de audibilidade de 30 fones, que é o mesmo nível de audibilidade gerado por um tom puro com nível sonoro de aproximadamente 45 dB em 100 Hz. Necessita-se, portanto, de mais energia nas baixas frequências do que nas altas para produzir o mesmo nível de audibilidade. (BISTAFA, 2006, p. 55).

Neste sentido, as curvas isofônicas, na visão de Bistafa (2006), revelam uma menor sensibilidade do sistema auditivo nas baixas frequências do que nas altas frequências. Logo, há a necessidade de corrigir o nível em 100 Hz, subtraindo-se 15 dB do nível 45 dB, resultando em 30 fones ou 30 dB(A). Tal fato é corroborado por Murgel (2007), quando afirma, por exemplo, que a correção para 20000 Hz é de 9,3 dB e de nada menos que 50,5 dB para 20 Hz.

Na prática, devido à necessidade de melhor representar a resposta do ouvido humano, os aparelhos de medição de nível sonoro fazem essa correção eletronicamente. Em síntese, segundo Murgel (2007), uma curva de correção na escala (A) reduz os pesos de baixas e altas frequências, dando mais ênfase àquelas as quais o ouvido é mais sensível. Assim, o nível de pressão sonora, antes, expresso em dB, depois de ponderado, passa a ser dado em dB(A).

3.2.3 Propagação sonora

Inicialmente, cabe ressaltar que a compreensão do comportamento do som em espaço livre, ou com obstáculo, permite aprofundar o entendimento do fenômeno em estudo, fornecendo elementos para a análise dos mecanismos de atenuação envolvidos na propagação sonora, servindo como subsídio para as possíveis formas de intervenção para o controle do ruído.

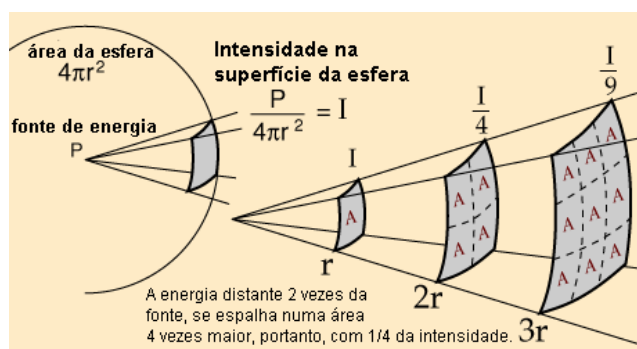
Neste sentido, este tópico tem por objetivo compreender como o som se comporta numa propagação livre e com obstáculos. Para isso, faz-se uma descrição qualitativa de algumas propriedades de propagação do som como reflexão, refração, absorção e difração, princípios físicos determinantes do fenômeno sonoro, que embasam os mecanismos e as estratégias utilizadas na atenuação acústica.

3.2.3.1 Propagação em espaço livre

Segundo Nepomuceno (1977), as ondas sonoras propagam-se esféricamente, em todas as direções quando não há influências de barreiras ou obstáculos no caminho percorrido por essas ondas, configurando uma propagação do som no espaço livre.

Halliday, Resnick e Walker (2006) concebem que, se considerada a fonte sonora pontual, essa emitirá o som isotropicamente, ou seja, as ondas serão transmitidas na atmosfera com a mesma intensidade em todas as direções. Logo, essas ondas se expandem se afastando da fonte em três dimensões, e suas frentes de onda são superfícies esféricas concêntricas, como na figura 18 (TIPLER, 2009).

Figura 18: Frentes de onda esféricas.



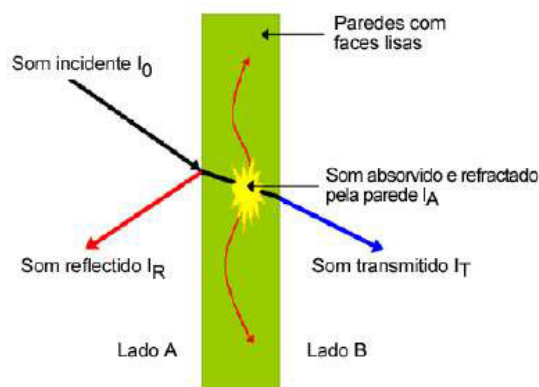
Fonte: <http://pneumotronic.blogspot.com.br/2013/09/>.

Porém, Gerges (1992) ressalta que, teoricamente, o som se propaga em forma de ondas esféricas a partir de uma fonte pontual, pois se há barreiras ou obstáculos no meio em que se propagam essas ondas, este modelo de propagação esférica será afetado, não representando mais a onda sonora, pois suas características serão modificadas.

3.2.3.2 Propagação com obstáculos

De acordo com Serway (1996), quando uma onda sonora incide numa superfície de descontinuidade entre dois meios, como uma parede ou obstáculo, parte desta ou toda ela será refletida. Quando somente uma parcela da onda é refletida, a outra parte é transmitida através do obstáculo, podendo ocorrer também absorção parcial do som incidente pela parede (TIPLER, 2009). Na figura 19 a representação dos três fenômenos.

Figura 19: Reflexão, transmissão e absorção do som.



Fonte: https://ctborracha.com/?page_id=1667.

A reflexão é a propriedade sonora que consiste na mudança de sentido de propagação da onda, quando esta incide numa superfície de dimensões muito maiores que o seu comprimento de onda, que é da ordem de 1m. Assim, quando a onda sonora encontra um obstáculo, esta sofre uma reflexão, retornando ao meio original de propagação (BORGES E RODRIGUES, 2017).

Cabe ressaltar, segundo Tipler (2009), que a quantidade de energia refletida por uma superfície depende de sua capacidade de reflexão. Paredes planas rígidas, pavimentos e tetos são bons refletores de ondas sonoras, enquanto materiais porosos e

menos rígidos, como tecidos de cortinas e revestimentos de móveis, absorvem muito do som incidente e, portanto, são maus refletores.

Conforme já foi visto, quando uma onda sonora incide sobre um obstáculo e o atravessa, a onda transmitida ou se aproxima da normal, ou se afasta dela, dependendo da velocidade da onda no segundo meio. A esse desvio da onda transmitida dá-se o nome de refração (TIPLER, 2009).

Nesse sentido, a refração, de acordo com Tipler (2009), consiste no desvio ou mudança de direção da onda sonora, quando transmitidas de um meio a outro, decorrente da variação de velocidade de propagação do som ao mudar de meio. Assim, a velocidade e a direção do som variam, mas a frequência permanece a mesma.

De acordo com Costa (2003), quando um som incide num obstáculo, parte deste é absorvido pelo material, se dissipando na forma de calor. Logo, a absorção consiste na conversão da energia da onda sonora em energia térmica devido a vibrações internas produzidas por essas ondas no material, podendo ainda ser dispersa por meio de inúmeras e sucessivas reflexões internas.

Um material é considerado bom ou mau absorvedor pela medida do seu coeficiente de absorção, que depende essencialmente da natureza do material (COSTA, 2003). Portanto, materiais porosos e fibrosos, como madeira aglomerada, cortinas, espumas e lãs são bons absorvedores de som, sendo largamente utilizados para fins de tratamento acústico de ambientes.

Se uma frente de onda é parcialmente bloqueada por um obstáculo, a parte não bloqueada da frente de onda contorna o obstáculo. Esse desvio ou espalhamento da onda é chamado de difração (TIPLER, 2009). A difração permite que sons sejam ouvidos em locais diferentes daqueles onde estão sendo produzidos (BORGES; RODRIGUES, 2017). Na figura 20 (a), (b) e (c) o fenômeno da difração em fendas de diferentes dimensões em uma cuba d'água.

Figura 20: Fenômeno da difração numa fenda em uma cuba d'água.



Fonte: <http://www.pbx-brasil.com/FisQuan/Notas/Area01/oticaFisica/oticaFisica.html>.

Apesar das ondas que passam por uma fenda, sofrerem sempre algum grau de desvio, a medida da difração dependerá da razão entre o comprimento de onda da onda e a largura da fenda (BORGES; RODRIGUES, 2017). Por isso, segundo o autor, quanto maior esta razão, maior a extensão da curva de difração. Do contrário, se o comprimento de onda é pequeno em relação à fenda, o efeito da difração será pequeno.

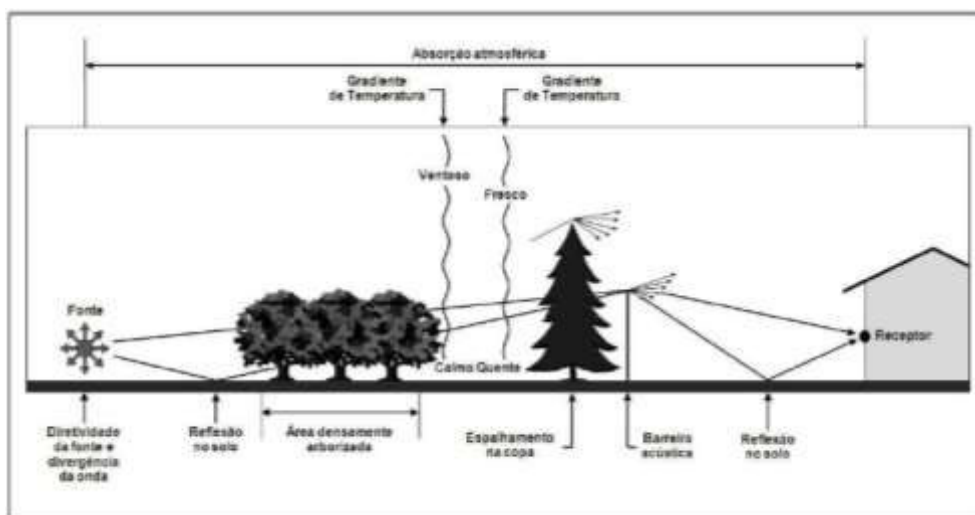
Na prática, a difração não ocorre apenas em fendas, pode acontecer em bordas laterais, superiores ou numa abertura no próprio obstáculo (COSTA, 2003). Como os comprimentos de onda do som audível são geralmente grandes, segundo Borges e Rodrigues (2017), da ordem de 1m, a difração é observada regularmente, principalmente, quando se tratam de sons e ruídos vindos de longa distância.

3.2.3.3 Mecanismos de atenuação sonora

Bistafa (2006) afirma que para estudar a propagação ao ar livre, normalmente, se considera três componentes: a fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor. Portanto, será a partir da análise desses aspectos e do que acontece no fenômeno sonoro, que poderão ser levantados os mecanismos que mais significativamente interferem na atenuação sonora ao ar livre.

Segundo Gerges (1992), os fatores causadores de atenuação em propagações ao ar livre são: distância percorrida, absorção atmosférica, condições meteorológicas, efeito da vegetação e barreiras. Esses mecanismos, ilustrados na figura 21, são considerados os mais significativos de atenuação sonora ao ar livre (BISTAFA, 2006).

Figura 21: Mecanismos mais significativos da atenuação sonora ao ar livre.



Fonte: Leski (2012) adaptado de Anderson e Kurze (1992).

Atenuação do ruído com a distância

Uma vez emitido um som, este se propaga esfericamente, em todas as direções, até encontrar um obstáculo que impeça sua trajetória. No entanto, conforme aumenta a distância da fonte, a frente de onda ocupa uma área maior. Como o nível de energia é constante na frente de onda, esse aumento de área implica uma diminuição da intensidade sonora. Logo, à proporção que o ruído se distancia da fonte, a sua intensidade diminui segundo uma equação exponencial. (MURGEL, 2007, p. 27).

De acordo com Gerges (1992), a atenuação do nível de pressão sonora com a distância, depende de como a fonte de ruído está distribuída. Dessa forma, Murgel (2007) considera que se a fonte sonora for pontual, o decaimento do nível de ruído será de 6 dB a distância dobrada da fonte. Já para uma fonte linear, a diminuição é menos intensa, havendo uma perda de apenas 3 dB.

Para Gerges (1992), um fluxo de veículos em uma via, estrada ou rodovia pode ser considerada uma fonte sonora linear, pois diferentemente do comportamento pontual causado por um único veículo isolado que passa pela via, tem-se um fluxo de veículos que apresenta ruído residual constante ao longo da via. Segundo Murgel (2007), este é o comportamento puro de uma fonte linear.

Absorção atmosférica

Durante a propagação, o som é absorvido pelo ar atmosférico. Essa atenuação conforme Gerges (1992) se deve ao fato do ar não ser um meio perfeitamente elástico. Logo, durante as compressões e rarefações, ocorrem vários processos irreversíveis complexos de absorção sonora, que dependem da frequência.

Bistafa (2006) considera que dois processos determinam como o ar absorve a energia do som, o macroscópico ou absorção clássica, resultante das combinações dos efeitos de viscosidade e de condução do calor durante um ciclo de pressão, e o microscópico ou relaxação molecular, que ocorre pela redistribuição da energia entre os modos energéticos translacional, rotacional e vibracional das moléculas do ar.

Condições meteorológicas

“Os caminhos de propagação do som são influenciados por variações de temperatura e velocidade do vento” (GERGES, 1992, p. 230). Isto ocorre porque os

gradientes de temperatura e de velocidade do vento provocam gradientes de velocidade do som (BISTAFA, 2006).

O aumento de temperatura com a altura (inversão térmica) provoca aumento das velocidades de frente de ondas que causa a mudança de direção das ondas ascendentes, empurrando-as na direção do solo. Se a temperatura diminui com a altitude, tem-se o comportamento oposto, ou seja, as frentes das ondas das ondas descendentes divergem afastando-se do solo e formando uma sombra acústica. (GERGES, 1992, p. 230).

Efeito da Vegetação

O efeito da vegetação na propagação sonora pode ocorrer de duas formas, por absorção ou espalhamento. “De um modo geral, folhagens, gramas, pequenos ramos, arbustos, etc. têm a propriedade de absorver o som, ainda que parcialmente. Já troncos, ramos grandes e folhagem densa espalham o som” (BISTAFA, 2006, p. 206). Sendo assim, podem ser aproveitados para atenuação de ruído.

Assim, uma árvore densa colocada entre a fonte e o receptor funciona como uma barreira acústica natural, absorvendo e espalhando o som que incide sobre ela. Especificamente, a atenuação é causada pelo espalhamento sonoro nos troncos e galhos das árvores nas médias frequências, e pelo espalhamento e absorção sonora na folhagem, nas altas frequências (BISTAFA, 2006).

Barreiras

Barreiras são utilizadas para atenuação de ruído de tráfego, máquinas, geradores, transformadores (GERGES, 1992). Tal aplicação é possível, pois a presença de barreiras intercepta o segmento que une a fonte ao receptor, bloqueando o caminho de propagação da onda sonora, causando atenuação por difração (BISTAFA, 2006).

Bistafa (2006) destaca que uma barreira acústica é qualquer estrutura ou obstáculo que impede a visão da fonte pelo receptor, provocando atenuação sonora por difração, criando assim uma zona de sombra acústica atrás da barreira. Cabe ressaltar, segundo Gerges (1992), que a atenuação obtida depende da altura, da posição da barreira e do comprimento da onda acústica.

4 FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA

4.1 A gênese do pensamento de Vygotsky

Inicialmente, é importante ressaltar que ao analisar a gênese do pensamento de Vygotsky não se pode desvinculá-lo do contexto ao qual estava inserido, tampouco, eximir-se das influências que permearam seu percurso teórico-metodológico. Sendo assim, para uma maior compreensão da sua teoria histórico-cultural, discutem-se alguns aspectos que nortearam suas ideias, como: sua biografia, a conjuntura da psicologia europeia num contexto de “crise” e as influências marxistas do seu pensamento.

4.1.1 A biografia de Vygotsky

Lev Semenovich Vigotski nasceu em 17 de novembro de 1896, na cidade de Orsha, próxima a Mensk, capital da Bielorrússia, mas foi na cidade de Gomel, na mesma região da Bielorrússia, que viveu grande parte de sua vida. Oriundo de família de situação econômica confortável, Vygotsky iniciou sua educação formal em casa, com tutores particulares, vindo a finalizar o curso secundário num colégio privado em 1913.

O ambiente de atmosfera familiar intelectualizada, desde cedo, despertou em Vygotsky o interesse pelos estudos em diversas áreas do conhecimento. Tinha um gosto especial por literatura, poesia e teatro, atividades as quais se dedicou durante toda a vida, mas foi na Psicologia, anos mais tarde, que se tornou mundialmente conhecido.

Cursou Direito na Universidade de Moscou, e, ao mesmo tempo, frequentou cursos de História e Filosofia na Universidade de Shanyavskii, onde aprofundou seus conhecimentos em psicologia, filosofia e literatura. Ainda, estudou Medicina em Moscou e Kharkov. Seu interesse diversificado e formação acadêmica interdisciplinar permitiram-lhe construir um pensamento de amplo espectro e longo alcance.

Vygotsky atuou em diversas instituições como professor e pesquisador nas áreas de psicologia, filosofia, literatura, deficiência física e mental. Seus quase 200 trabalhos científicos sobre temas variáveis, que vão da neuropsicologia até a crítica literária, passando pelas deficiências físicas e mentais, linguagem, psicologia, educação e outros, atestam sua vasta produção para uma vida tão curta.

Vygotsky morreu aos 38 anos, vítima de tuberculose, mal insuperável para a época, deixando uma extensa obra na psicologia, área que se dedicou até os últimos dias de sua vida, continuada por seus fiéis seguidores Luria e Leontiev. Seu maior propósito era construir uma psicologia verdadeiramente científica, que consistisse numa síntese integradora das principais concepções vigentes no mundo pós Revolução Russa.

4.1.2 Conjuntura da psicologia europeia no século XIX

Até a segunda metade do século XIX, o estudo da natureza humana era um atributo da Filosofia. Enquanto à ciência competia estudar o homem do ponto de vista de seu corpo físico, aos estudos filosóficos incumbiam à investigação de sua alma. Foi sob essa visão dicotômica de homem, compreendido de forma dividida em corpo e alma, que duas correntes antagônicas de pensamento se destacaram ao desenvolverem suas concepções sobre a psicologia humana (VYGOTSKY, 2007).

De acordo com o autor, de um lado, estavam os teóricos do empirismo, seguidores de John Locke, que enfatizavam a origem das ideias a partir da combinação de sensações simples produzidas por estimulação ambiental. Do outro, os adeptos de Immanuel Kant afirmavam que ideias complexas como de quantidade, qualidade e relação se originavam na mente humana e não poderiam ser decompostas em elementos mais simples. No centro, uma grande questão em discussão “como explicar a gênese dos processos psicológicos superiores?”. Esses processos são

[...] os mecanismos psicológicos mais sofisticados, mais complexos, que são típicos do ser humano e que envolvem o controle consciente do comportamento, a ação intencional e a liberdade do indivíduo em relação às características do momento e do espaço presentes. O ser humano tem a possibilidade de pensar em objetos ausentes, imaginar eventos nunca vividos, planejar ações a serem realizadas em momentos posteriores. Esse tipo de atividade é considerada “superior” na medida em que se diferencia de mecanismos mais elementares tais como ações reflexas (a sucção do seio materno pelo bebê, por exemplo), reações automatizadas (o movimento da cabeça na direção de um som forte repentino, por exemplo) ou processos de associação simples entre eventos (o ato de evitar o contato da mão com a chama de uma vela, por exemplo). (OLIVEIRA, 1993, p. 26).

Diante desse impasse, Vygotsky (2007) afirma que três livros publicados nos anos 1860, a saber: *A origem das espécies*, de Darwin, *Die psychophysik*, de Gustav Fachner, e *Reflexos do cérebro*, de I. M. Sechenov mudaram os termos dessa discussão ao fornecerem as questões centrais que ocupariam a Psicologia na segunda metade do século XIX: Quais as relações entre comportamento humano e animal? Entre eventos

ambientais e mentais? Entre processos fisiológicos e psicológicos? Essas publicações são consideradas a base do pensamento psicológico do final do século XIX.

Objetivando responder essas questões, surgiram várias escolas da Psicologia, dentre as quais se destacou a corrente introspectiva que, consoante Vygotsky (2007), buscou compreender a consciência humana por meio de processos mentais, que consistiam em analisar os vários estados da consciência em seus elementos constituintes, denominadas sensações simples. Tais estudos desconsideravam as sensações complexas, pois os seus pressupostos teóricos eram limitados e, por isso, não conseguiam explicar o surgimento dessas funções.

Consequentemente, a abordagem introspectiva sofreu duras críticas de psicólogos descontentes com a subjetividade das pesquisas e a esterilidade dos resultados, que diante dos avanços científicos propiciados pelos estudos dos reflexos condicionados de Pavlov e pela teoria evolutiva de Darwin, resolveram abandonar o exame da consciência em favor do comportamento, privilegiando as unidades estímulo-resposta em detrimento das sensações (BIZERRA; URSI, 2014).

Nesse contexto, Vygotsky (2007) destaca que em contraposição aos estudos introspectivos, dois grupos se sobressaíram. Os *behavioristas*, que concordavam com a validade de analisar os processos psicológicos em seus constituintes básicos, mas somente para os comportamentos observáveis, aos quais os estudos científicos da psicologia deveriam se limitar. E os *gestaltistas*, que discordavam da tendência introspectiva de examinar a atividade humana em seus aspectos “moleculares” e que, portanto, rejeitavam a proposta de que através dos processos psicológicos mais simples seria possível explicar os processos mais complexos.

Dessa forma, Oliveira (1993) corrobora com Vygotsky (2007) ao sintetizar que a psicologia estava dividida em duas partes irreconciliáveis, uma, com características de “ciência natural”, que se relacionava com a psicologia experimental e que procurava explicar os processos elementares sensoriais e reflexos, considerando o homem basicamente como corpo, e, outra, com características de “ciência mental”, mais próxima das ciências humanas, que descrevia as propriedades dos processos psicológicos superiores, tomando o homem como mente, consciência espírito.

Resumidamente, era essa a situação da psicologia europeia quando Vygotsky veio à cena. Não diferentemente, na Rússia pós-revolucionária, a psicologia no início do século XX desenvolvia-se entre movimentos dissonantes. De um lado, estavam os psicólogos idealistas liderados por Chelpanov, que defendiam a introspecção

experimental, do outro, os materialistas encabeçados por Kornilov, com sua forma de estudar as reações humanas em seu ambiente biossocial (RIVIERE, 1985 apud MARTINS, 1994).

Para Vygotsky (2007) esse cenário de controvérsias e indefinições na psicologia configurava o que frequentemente se referia como a “crise na psicologia”. Ele fazia questão de ressaltar que nenhuma das escolas existentes apresentava embasamento sólido para estabelecer uma psicologia verdadeiramente científica, pois, para isso, era preciso voltar aos escritos de Marx, já que “uma psicologia que não esta [psicologia marxista] não pode existir [...]. Tudo o que foi e é genuinamente científico pertence à psicologia marxista. Este conceito [...] coincide com o conceito científico por si só” (VYGOTSKY, 1997 apud. ELHAMMOUMI, 2016, p. 25).

4.1.3 Estrutura teórica marxista de seu pensamento

É importante destacar que Vygotsky desde os primeiros contatos com os textos de Hegel, Marx e Engels, antes mesmo de iniciar seus estudos universitários, tornou-se um profundo admirador e entusiasta do pensamento marxista. E como tal, sempre percebeu nos métodos e princípios do materialismo histórico-dialético, além de uma valiosa fonte científica, a solução dos paradoxos científicos fundamentais com que se defrontavam seus contemporâneos (VYGOTSKY, 2007).

Assim, Vygotsky acreditava que para a construção de uma psicologia verdadeiramente científica seria necessária uma teoria que realizasse a mediação entre o materialismo dialético e os estudos sobre os fenômenos psíquicos concretos (DUARTE, 2000). Segundo Vygotsky (1996 apud GONZÁLES; MELLO, 2014), o estabelecimento de uma psicologia geral, abrangente e dialética estava condicionado à apropriação da totalidade do método marxista.

Nesse sentido, Vygotsky (2007) pretendia bem mais que citar o marxismo em suas relações com a psicologia, como faziam seus contemporâneos soviéticos. Ele repudiava o “método das citações” expondo: “não quero descobrir a natureza da mente fazendo uma colcha de retalhos de inúmeras citações. O que eu quero é, uma vez tendo apreendido a totalidade do método de Marx, saber de que modo a ciência tem que ser elaborada para abordar o estudo da mente” (VYGOTSKY, 2007, p. 11).

Desse modo, fica evidente que a teoria marxista não só teve papel primordial no pensamento de Vygotsky, como foi o princípio de toda sua

fundamentação teórica. Tal como se confirma em Vygotsky (2007, p. 9) “uma aplicação do materialismo histórico e dialético relevante para a psicologia seria um resumo preciso da teoria sociocultural de Vygotsky dos processos psicológicos superiores”. Assim, Santa e Baroni (2014) afirmam que Vygotsky não foi um teórico marxista, mas um pensador marxista.

Portanto, torna-se requisito básico para o entendimento da obra de Vygotsky, identificar a influência materialista na construção das ideias que embasam os pressupostos de sua teoria. Cabe ressaltar que não se tem aqui a pretensão de analisar e explicitar todas as categorias ontológicas e gnosiológicas do materialismo histórico-dialético de Marx que subsidiaram a abordagem de Vygotsky, mas identificar no âmago de sua teoria histórico-cultural as raízes marxistas de seu pensamento.

Preliminarmente, de modo a delinear e sustentar o percurso teórico desta exposição, permitindo um primeiro contato com as concepções materialistas, para facilitar a compreensão do que está por vir, destacam-se as principais ideias marxistas que influenciaram Vygotsky e, que por sua vez, percebe-se, claramente, incorporadas em sua teoria histórico-cultural. Nas palavras de Oliveira (1993 p. 28):

a) O modo de produção da vida material condiciona a vida social, política e espiritual do homem. b) O homem é um ser histórico, que se constrói através de suas relações com o mundo natural e social. O processo de trabalho (transformação da natureza) é o processo privilegiado nessas relações homem/mundo. c) A sociedade humana é uma totalidade em constante transformação. É um sistema dinâmico e contraditório, que precisa ser compreendido como processo em mudança, em desenvolvimento. d) As transformações qualitativas ocorrem por meio da chamada “síntese dialética” onde, a partir de elementos presentes numa determinada situação, fenômenos novos emergem [...].

Nesta perspectiva, de acordo com Gonzáles e Mello (2014), uma das concepções materialistas que pautam a análise dos processos de transformação do desenvolvimento humano de Vigotsky é a de que o ser humano não é só estrutura biológica. Além deste estado filogenético, tem também desenvolvimento ontogenético, pois tem consciência, e sociogenético, porque se humaniza dentro do contexto social, no coletivo. No entanto, é sobre os dois últimos aspectos que Vygotsky foca sua análise.

É importante deixar claro, conforme Gonzálles e Mello (2014), que o enfoque dado aos processos ontogenético e sociogenético não significou para Vygotsky negar a parte biológica do ser humano, mas enfatizar os aspectos social e cultural enquanto elementos determinantes no desenvolvimento do psiquismo humano. Isto quer dizer, segundo os autores, compreender que o âmbito histórico, cultural e social são categorias que determinam a formação psicológica do ser humano.

Neste prisma, Vygotsky (2007) assume que o mecanismo de mudança individual ao longo do desenvolvimento tem sua raiz na sociedade e na cultura, pois na melhor tradição marxista, mudanças históricas na sociedade e na vida material produzem mudanças na consciência e no comportamento humano. O que significa afirmar em Marx (2008, p. 47 apud GONZÁLES; MELLO, 2014, p. 23) que “[...] não é a consciência dos homens que determina o seu ser; ao contrário, é o seu ser social que determina a sua consciência”.

Outra concepção marxista que se percebe ter influência significativa no legado teórico de Vygotsky é o conceito de trabalho. Entretanto, Censi (2005) sinaliza para a necessidade de se ter bastante cautela quanto à compreensão deste conceito, pois pode mudar de acordo com o contexto. Dessa forma, Manacorda (1991 apud CENSI, 2005) pontua que a expressão “trabalho” pode ter dois sentidos: um negativo, como alienação, e outro, positivo, como atividade vital.

Desse modo, Engels (1876 apud CENSI, 2005) defende a ideia de que o trabalho é a condição básica e fundamental de toda a vida humana. A tal ponto, que se pode afirmar que o trabalho criou o próprio homem. Analogamente, Marx (2006 apud SANTA; BARONI, 2014) concebe o trabalho como “atividade vital”, sendo assim, é o fundamento ontológico do próprio surgimento humano.

Com efeito, afirmar o trabalho enquanto categoria ontológica humana significa que ele é um processo imanente somente ao homem, pois é resultado de suas faculdades psíquicas e físicas, isto é, a ação consciente do homem sobre a natureza, mediada pelo uso de instrumentos, transforma a natureza e, ao fazê-lo, transforma a si mesmo. Portanto, o trabalho representa a expressão da vida, um ato de autocriação, no qual o homem se faz humano (GONZÁLES; MELLO, 2014, p. 26).

De modo bastante contundente, sem preterir da sua forma negativa, Vygotsky (2007) se apropria do conceito de trabalho em Marx e Engels e os reformula a partir da ideia de mediação simbólica. Dessa forma, ele estende a concepção de mediação ao uso de signos ou sistemas simbólicos (a linguagem, a escrita, sistemas numéricos), que a exemplo dos instrumentos, são criados pelas sociedades, ao longo da história humana, e modificam a forma social e o nível de seu desenvolvimento cultural.

Isto implica afirmar, de acordo com Vygotsky (1995 apud CENSI, 2005), que o homem não se relaciona diretamente com o mundo, mas sempre em relações mediadas por signos e instrumentos presentes na cultura. Desse modo, “o uso de signos conduz os seres humanos a uma estrutura específica de comportamento que se destaca

do desenvolvimento biológico e cria novas formas de processos psicológicos enraizados na cultura” (VYGOTSKY, 2007 p. 30).

Com efeito, percebe-se claramente, conforme Rivière (1985 apud SANTA; BARONI, 2014), a existência de uma ligação intrínseca entre a mediação (instrumental e simbólica) e a gênese histórico-cultural das funções psicológicas superiores, que não possuem somente uma origem natural, mas, sobretudo, uma história social. Logo, pode-se inferir, segundo Vygotsky (2007), que as funções mentais superiores são socialmente formadas e culturalmente transmitidas.

Neste sentido, Vygotsky (2007, p. 12) ao adotar a máxima de P.P. Blonsky de que "o comportamento só pode ser entendido como a história do comportamento", assume a posição de que a compreensão das funções mentais complexas está condicionada a uma análise do desenvolvimento. Para tanto, segundo ele, seria preciso introduzir uma psicologia historicamente fundamentada, onde a tarefa do cientista seria a de reconstruir, através de estudos históricos, a origem e o curso do desenvolvimento do comportamento e da consciência.

Nesse contexto, cabe considerar, conforme Vygotsky (2007), que estudar um fenômeno historicamente significa estudá-lo como processo em movimento e em mudança, pois é somente em movimento que um corpo mostra o que é de verdade, sua natureza, sua essência, esse é o requisito básico do método dialético. “Não só todo fenômeno tem sua história, como essa história é caracterizada por mudanças qualitativas (mudança na forma, na estrutura e características básicas) e quantitativas” (VYGOTSKY, 2007 p.10).

Portanto, nas palavras de Vygotsky (2007 p. 14) “Se os processos psicológicos superiores surgem e sofrem transformações ao longo do aprendizado e do desenvolvimento, a psicologia só poderá compreendê-los completamente determinando a sua origem e traçando a sua história”. Neste intento, Vygotsky se baseia no método dialético para acompanhar as mudanças qualitativas do comportamento, que ocorrem ao longo do desenvolvimento biológico, e a relação que este estabelece com o contexto social (SANTA; BARONI, 2014).

A partir dessa premissa, pode-se observar, conforme Gonzáles e Mello (2014), que a metodologia experimental de Vygotsky é o próprio método dialético marxista, pois somente este permite ir à raiz do problema, possibilitando compreender as determinações e contradições existentes no interior do objeto de estudo, neste caso,

as funções psicológicas superiores e, assim, ir do abstrato ao concreto na perspectiva da totalidade dialética.

Neste aspecto, convém ressaltar que a visão de totalidade a que se refere não tem o significado de conhecer todos os fatos, pois totalidade no pensamento dialético, segundo Kosik (1976, apud GONZÁLES E MELLO, 2014), não significa todos os fatos, mas a realidade como um todo estruturado, dialético, no qual um fato ou um conjunto de fatos pode vir a ser compreendido racionalmente. Portanto, compreender a totalidade do objeto é compreender a sua própria essência.

Dessa forma, fica evidenciado, de acordo com Gonzálles e Mello (2014), que o método histórico-dialético tem uma ação abrangente, totalizante e só analisa o processo dos fatos, não o resultado final do processo. Para os autores, dialeticamente quer dizer que o processo indica a forma qualitativa da pesquisa, contrapondo-se à análise exclusivamente quantitativa, cujo objetivo principal é comprovar os resultados por meio de instrumentos numéricos e estatísticos.

Seguindo essa concepção dialética da pesquisa, Vygotsky (2007) empreende todo seu trabalho na busca por um método que, segundo ele, representava um dos problemas mais importantes de todo intento para a compreensão das formas especificamente humanas de atividade psicológica. Nesse caso, o método é, ao mesmo tempo, pré-requisito e produto, o instrumento e o resultado do estudo. Em síntese, Vygotsky (2007, p. 46) apresenta os fatores essenciais da análise psicológica:

- (1) uma análise do processo em oposição a uma análise do objeto; (2) uma análise que revela as relações dinâmicas ou causais, reais, em oposição à enumeração das características externas de um processo, isto é, uma análise explicativa e não descritiva; e (3) uma análise do desenvolvimento que reconstrói todos os pontos e faz retornar à origem o desenvolvimento de uma determinada estrutura.

No final, “o resultado do desenvolvimento não será uma estrutura puramente psicológica [...], nem a simples soma de processos elementares [...], e sim uma forma qualitativamente nova que aparece no processo de desenvolvimento” (VYGOTSKY, 2007 p. 46). Portanto, segundo o autor, o estudo histórico do comportamento não é um aspecto auxiliar ou acessório do estudo teórico, mas sim sua verdadeira base e essência.

4.2 A natureza social do psiquismo

A psicologia histórico-cultural desde o seu surgimento no início do século XX desenvolveu-se tendo como base certa visão de homem, de sociedade e de relação entre esses núcleos (MARTINS, 2013). Portanto, configura requisito básico e necessário para a compreensão deste referencial teórico, buscar nesses eixos, sobretudo, na relação que se estabelece entre o homem e a natureza, as concepções que sustentam a natureza social do psiquismo, marco central e originário da teoria em discussão.

Em *A ideologia alemã*, Marx (1998, apud. GOMEZ, 2004) apresenta que o homem é por natureza um ser empírico, e como tal, assim como qualquer outro ser vivo, depende da natureza para existir. Isto quer dizer que o homem tem essência como ser natural, pois pertence à natureza e, conseqüentemente, encontra-se submetido ao estatuto da dependência. De acordo com o autor, essa dependência é um aspecto essencial da vida humana. Isto, pois

um ser que não tem sua natureza fora de si não é um ser natural, não participa da natureza. Um ser que não tem nenhum objeto fora de si mesmo não é um ser objetivo. Um ser que não é ele mesmo objeto para um outro é um ser que não tem nenhum ser como objeto; ou seja, é um ser que não se encontra em relações objetivas e, portanto, seu ser não é objetivo. Um ser não-objetivo é um não-ser. (MARX, 1996, p. 171 apud GOMEZ, 2004, p. 24).

No entanto, Gomez (2004) esclarece que essa definição de homem como ser natural não significa reduzir a existência humana ao seu aspecto orgânico, biológico, mas servir apenas para indicar a relação de dependência existente entre o homem e a natureza. Isto porque, “o homem [...] não é apenas um ser natural, mas um ser natural humano, isto é, um ser que é para si próprio e, por isso, um ser genérico, que enquanto tal deve atuar e confirmar-se tanto em seu ser quanto em seu saber [...]” (MARX, 1987 p. 207 apud DUARTE, 1993, p. 31).

Dessa premissa, emana um elemento central para a concretização do homem como ser genérico, a atividade vital. É esta a responsável por reproduzir a vida e, assim sendo, é o que toda espécie animal, inclusive a humana, precisa realizar para existir e reproduzir a si própria enquanto espécie (DUARTE, 1993). Isto significa, segundo o autor, que a atividade vital humana não assegura apenas a sobrevivência do indivíduo, mas também a reprodução das características fundamentais do gênero humano.

Neste sentido, Duarte (1993) reitera que a atividade vital, entendida como meio de garantir a existência da espécie humana, pressupõe um intercâmbio entre o homem e a natureza. Logo, a atividade vital humana não é fim em si mesmo, mas

mediação para atingir um fim (MORETTI; ASBAHR; RIGON, 2011), que é precipuamente “assegurar as condições materiais da existência do gênero humano” (DUARTE, 1993, p. 30). Essa atividade vital, denominada por Marx como trabalho é:

um processo de que participam o homem e a natureza, processo em que o ser humano, com sua própria ação, impulsiona, regula e controla seu intercâmbio material com a natureza. Defronta-se com a natureza como uma de suas forças. Põe em movimento as forças naturais de seu corpo – braços e pernas, cabeças e mãos –, a fim de apropriar-se dos recursos da natureza, imprimindo-lhes forma útil à vida humana. Atuando assim sobre a natureza externa e modificando-a, ao mesmo tempo, modifica sua própria natureza. Desenvolve as potencialidades nela adormecidas e submete ao seu domínio o jogo das forças naturais. (MARX, 1998, p. 211 apud GOMEZ, 2004, p. 26).

Nesse contexto, o trabalho se destaca como forma exclusivamente humana, pois é atividade adequada a um fim, por meio da qual o homem se apropria dos recursos naturais para satisfazer às necessidades que lhe são próprias (MORETTI; ASBAHR; RIGON, 2011). Assim, por sua atividade vital, o homem transforma a natureza, ao mesmo tempo, que se autotransforma, humanizando-se (BERNARDES, 2017). “O trabalho, escreve Engels, criou o próprio homem. Ele criou também a consciência do homem” (LEONTIEV, 1978, p. 76).

Nesta perspectiva, Duarte (1993) assegura que a atividade vital humana é o que distingue o homem dos outros animais, pois sua essência é reproduzir o gênero humano, e como tal, sua atividade é livre e consciente. “Só por essa razão é que ele é um ser genérico” (MARX, 1989, p. 165 apud DUARTE, 1993, p. 29). Assim, enquanto o animal faz da sua atividade vital o simples ato de consumir os objetos que satisfaçam suas necessidades imediatas, o homem, para atender suas necessidades, produz uma realidade humanizada, humaniza a si próprio (DUARTE, 1993).

Isto porque, conforme Gomez (2004), as necessidades humanas, desde as mais elementares, se configuram como processos mediados historicamente, ou seja, o homem precisa produzir os meios materiais pelos quais irá satisfazer suas necessidades. Eis o que Rossler (2004) afirma ser o caráter material da existência humana, cuja produção das condições materiais da vida é elemento explicativo e constitutivo do processo de humanização. Tal fato é confirmado na afirmação de que o alimento precisa ser devidamente preparado para ser forma humana de comida (GOMEZ, 2004).

Isto significa, segundo Duarte (1993), que o homem, em função de suas necessidades, realiza sua atividade vital criando uma realidade humanizada tanto objetiva quanto subjetivamente. Contudo, é preciso que se compreenda que “o homem não cria uma realidade sua, humana, sem apropriar-se da realidade natural [...], essa

apropriação não se realiza sem a atividade humana” (DUARTE, 1993, p. 34). Nestes termos, percebe-se claramente que a relação entre objetivação e apropriação é a dinâmica própria da atividade vital humana pela qual o homem cria a realidade humanizada (DUARTE, 1993).

Segundo Duarte (1993), a produção de instrumentos é o exemplo mais clássico e claro de apropriação da natureza pelo homem. Para Leontiev (1978), o trabalho começa com a fabricação de instrumentos. Então, quando um objeto natural é transformado em instrumento, passa a ser uma objetivação, transforma-se em objeto humanizado, portador de funções sociais (DUARTE, 1993). Por exemplo, um machado não é apenas um simples corpo físico constituído de cabo e lâmina, é também este meio de ação elaborado socialmente (LEONTIEV, 1978). Assim,

um instrumento é não apenas algo que o homem utiliza em sua ação, mas algo que passa a ter uma função diversa de sua função natural, uma função cuja significação é dada pela atividade social. O instrumento é, portanto, um objeto que é transformado para servir a determinadas finalidades no interior da atividade social. (DUARTE, 1993, p. 33).

Contudo, de acordo com Leontiev (1978), a produção de instrumentos só é possível em condições de atividade comum coletiva. “A atividade vital é desde sua origem uma atividade coletiva” (DUARTE, 1993, p. 37). Dessa forma, o fabrico de instrumentos e o coletivo são elementos interdependentes, o que significa afirmar que o homem não entra apenas numa relação determinada com a natureza, mas com outros membros de uma dada sociedade (LEONTIEV, 1978).

Cabe considerar que a atividade vital humana sendo por natureza uma atividade coletiva, não se realiza sem a comunicação entre os homens (DUARTE, 1993). Daí a afirmação de Leontiev (1978) de que primeiro vem o trabalho e, com ele, a linguagem. Portanto, segundo esse autor, o surgimento da linguagem só pode ser entendido em relação à necessidade de comunicação que se origina do trabalho. Assim, “a atividade de comunicação foi, ao longo da história primitiva, se objetivando em processos que originaram a linguagem” (DUARTE, 1993, p. 37).

Nesse sentido, Duarte (1993) ressalta que além da produção de instrumentos, a linguagem e as relações humanas também são objetivações e apropriações da atividade humana. Conforme Leontiev (1978) são estas as condições que possibilitam o surgimento da consciência. Logo, é pelo trabalho que se desenvolve essa etapa superior de psiquismo. Pois, mesmo o uso ou fabrico de instrumentos somente são possíveis a partir da consciência do fim da ação de trabalho, que supõe o reflexo dos objetos para os quais ela se orienta (LEONTIEV, 1978).

Isto quer dizer, segundo Martins (2016), que a pré-ideação do produto a ser alcançado, por ser uma característica fundamental da atividade vital humana, exigiu o desenvolvimento de domínios cognitivos, sem os quais, seria impossível a construção de uma imagem mental da realidade. Portanto, a autora afirma que foi à necessidade de melhor captar e dominar a realidade que determinou as alterações no substrato psíquico natural do homem, permitindo a estruturação do psiquismo humano.

Logo, é neste potencial de criar uma realidade subjetiva, que se assenta o caráter consciente da atividade produtiva humana, faculdade que se revela na capacidade de antecipar mentalmente o resultado da ação (GOMEZ, 2004). Nesta perspectiva, o homem ao transformar o material sobre o qual opera, imprime ao mesmo o projeto que tinha conscientemente em vista e, no final, surge um resultado que já existia idealmente em sua imaginação (MARX, 1968 apud. GONZÁLES; MELLO, 2014). Dessa forma,

a consciência surge no ser humano como resultado da forma evolutiva do seu processo de atividade superior, estabelecido pelo exercício do trabalho numa relação dialética entre a própria natureza e as relações humanas. Sem o trabalho e as relações humanas, não seria possível a existência da própria consciência humana. Seria como o animal, com sua psique, mas sem consciência. (GONZÁLES; MELLO, 2014, p. 27).

Nesse sentido, os autores destacam que a consciência emerge como resultado da atividade vital humana e das relações sociais. Ambos são elementos intrinsecamente relacionados e dialeticamente vinculados. Dessa forma, tal como esclarece Krapivine (1986, apud GONZÁLES; MELLO, 2014, p. 29), “a consciência surgiu das necessidades da produção e da vida social em geral. Por isso, não pode nem aparecer, nem existir fora das relações sociais”. Do início ao fim ela é um produto social e como tal é resultado da atividade coletiva dos homens.

De certo, o ser humano não nasce consciente, “desenvolve sua consciência nessa relação dialética entre atividade própria do ser humano e a própria matéria” (GONZÁLES; MELLO, 2014, p. 29). Assim, para os autores, uma criança recém-nascida desenvolverá a consciência ao longo da sua vida, na convivência em sociedade, na relação constante com outros seres humanos. Quanto maior o grau de integração social do indivíduo, maior será o nível de desenvolvimento da sua consciência.

Não obstante, Gonzáles e Mello (2014) destacam que o famoso caso das meninas-lobo, Amala e Kamala, encontradas vivendo em estado de pura natureza, sem relação com outro ser humano, revela que a relação imediata, unilateral, como a realizada entre o animal e a natureza, não lhe possibilita desenvolver a sua consciência,

pois ela só é possível nessa mediação constante que acontece entre os homens e a natureza no contexto social.

Assim, o homem é um ser social, pois não consegue viver sozinho, isolado de tudo e de todos, e mesmo se conseguisse, jamais conseguiria ser humano na sua própria individualidade em si. Ser humano quer dizer ser social e, para isso, é preciso estar inserido na sociedade humana, que é o espaço onde o ser vive e se desenvolve. É onde a vida social acontece e a história humana é escrita. Portanto, “a vida social é o produto da atividade humana” (GONZÁLES; MELLO, 2014, p. 22).

[...] só o ser humano é capaz de transformar a natureza e a partir dela constituir a sua própria história, uma história humana de desenvolvimento e de grandes realizações humanas. Só o ser humano é social porque consegue fazer, escrever a sua própria história, uma história dialética que pressupõe o desenvolvimento, aquisição e apropriação do produto humano realizado ao longo da história. O ser humano imprime uma característica humana a própria natureza. (GONZÁLES; MELLO, 2014, p. 22).

Isto quer dizer, que o homem não nasce ser humano, ele aprende a ser. Pois, “o que a natureza lhe dá quando nasce não lhe basta para viver em sociedade. É-lhe ainda preciso adquirir o que foi alcançado no decurso do desenvolvimento histórico da sociedade humana” (LEONTIEV, 1978, p. 285). Por isso, os homens têm de se apropriar das objetivações produzidas pelo gênero humano, desde os objetos e instrumentos, passando pela linguagem e as relações sociais, até as formas mais elevadas e genéricas, como a arte, a filosofia e a ciência (DUARTE, 1993).

Em outras palavras, o homem não herda biologicamente as suas aptidões psíquicas, visto que “não são incorporadas nem nele, nem nas suas disposições naturais, mas no mundo que o rodeia, nas grandes obras da cultura humana” (LEONTIEV, 1978, p. 301), razão pela qual delas ele deve se apropriar. Para Leontiev (1978 apud ROSSLER, 2004, p. 101) todas estas objetivações acima referidas “[...] materializam trabalho humano, faculdades e aptidões humanas desenvolvidas ao longo da história da humanidade, e constituem-se em uma síntese dessa própria história”.

Neste sentido, Leontiev (1978) destaca que cada geração começa sua vida num mundo criado por gerações precedentes, do qual deve se apropriar, participando no trabalho, na produção e nas diversas formas de atividade social. Desse modo, as gerações que sucedem adquirem as aptidões humanas, desenvolvendo as capacidades e faculdades especificamente humanas (DUARTE, 1993). Cabe considerar, que toda aquisição de nova aptidão requer um processo de aprendizagem, assim acontece com a linguagem, o pensamento, o saber em geral (LEONTIEV, 1978).

Diante do exposto, “o homem é um ser de natureza social, que tudo o que tem de humano nele provém da sua vida em sociedade, no seio da cultura criada pela humanidade” (LEONTIEV, 1978, p. 279). Logo, não restam dúvidas de que o psiquismo humano só pode ser compreendido como um produto do desenvolvimento sócio-histórico. Assim sendo, assenta-se na atividade humana de que resulta a apropriação da cultura material e intelectual produzidas pela humanidade. Portanto, o desenvolvimento psíquico tem caráter essencialmente cultural e se estrutura a partir da atividade social de cada indivíduo (LEONTIEV, 1978).

4.3 A teoria histórico-cultural de Vygotsky: concepções e implicações

No tópico anterior foi discutida a natureza social do homem, que pelo trabalho conquista humanidade à medida que cria a cultura e a sociedade, tornando-se dependente de sua própria criação. É nesse contexto que surge a consciência, forma psíquica superior, intrinsecamente, ligada à atividade vital humana. Portanto, a questão que se nos põe é “de que modo se desenvolvem essas funções superiores?”.

Neste intento, parte-se da tese na qual Vygotsky identifica as funções mentais superiores, definidoras das características específicas do homem, com a cultura, a qual é obra do próprio homem (PINO, 2005). Logo, se o homem conquista humanidade à medida que produz a cultura, esta é a condição e o resultado daquela, sem a qual, seria impossível tornar-se humano (MARTINS, 2016).

Dessa forma, Vygotsky entende “o desenvolvimento psíquico como desenvolvimento cultural” (PINO, 2005, p. 30). Assim, aliando a estruturação do psiquismo à reorganização dos mecanismos naturais por decorrência da apropriação da cultura, Vygotsky postula que as particularidades psíquicas tipicamente humanas se instituem na transformação dos processos naturais e imediatos em processos instrumentais e mediados (MARTINS, 2016).

Isto significa, segundo Oliveira (1993, p. 27), que “ao longo do desenvolvimento do indivíduo as relações mediadas passam a predominar sobre as relações diretas”. Para Vygotsky, conforme a autora, a relação do homem com o mundo não é direta, mas mediada. Por esta razão, ele afirma a existência de dois tipos de funções psicológicas: elementares e superiores (MARTINS, 2016).

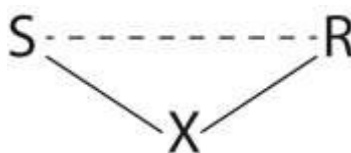
De acordo com Vygotsky (2007), a diferença essencial entre essas funções está no fato de que enquanto as elementares pressupõem uma reação direta à

estimulação ambiental, as superiores requerem um elo entre o estímulo e a resposta, estímulos artificiais se tornam a causa imediata do comportamento. Destarte, Oliveira (1993) esclarece que nas funções psicológicas superiores existem mediadores, ferramentas auxiliares da atividade humana. Assim,

Quando um indivíduo aproxima sua mão da chama de uma vela e a retira rapidamente ao sentir dor, está estabelecida uma relação direta entre o calor da chama e a retirada da mão. Se, no entanto, o indivíduo retirar a mão quando apenas sentir o calor e lembrar-se da dor sentida em outra ocasião, a relação [...] será mediada pela lembrança da experiência anterior. Se, em outro caso, o indivíduo retirar a mão quando alguém lhe disser que pode se queimar, a relação estará mediada pela intervenção dessa outra pessoa. (OLIVEIRA, 1993, p. 26).

Neste exemplo, o processo estímulo-resposta simples e direto é substituído por um ato complexo e mediado, como representado na figura 22. Nessa figura, o estímulo (S): calor da chama e a resposta (R): retirada da mão são mediadas pelo elo intermediário (X): lembrança da dor ou o aviso de outra pessoa sobre o risco de queimadura (OLIVEIRA, 1993). Estudos demonstram que esse é um tipo básico de organização para todos os processos psicológicos superiores (VYGOTSKY, 2007).

Figura 22: Processo estímulo-mediação-resposta (VYGOTSKY, 2007).



Fonte: Próprio autor.

Segundo Pino (2005), as formas elementares e superiores de psiquismo também se distinguem quanto à natureza. Ao passo que as primeiras são *biológicas* e, por conseguinte, comuns aos animais e ao homem, resultantes da evolução biológica, as segundas são *culturais*, especificamente humanas, produtos da evolução histórica e conquistas do desenvolvimento do ser cultural (MARTINS, 2016).

Sendo assim, percebe-se, claramente, que “o ser humano é constituído por uma dupla série de funções, as naturais, regidas por mecanismos biológicos, e as culturais, regidas por leis históricas” (PINO, 2005, p. 30-31). Todavia, o autor destaca que à semelhança dos animais superiores, a criança, no início de sua vida, age muito mais como um ser biológico, porém, à medida que se insere no mundo da cultura, a partir das relações com os outros, passam a agir como um ser cultural.

Conforme Vygotsky (2007), isso quer dizer que no curso evolutivo as funções culturais passam a prevalecer sobre as biológicas. Isso mostra, segundo Pino

(2005), que a origem das funções superiores na criança não está no plano biológico em que ela nasce, mas no plano cultural em que ela precisa acessar para chegar às “formas culturais maduras”. Dessa forma, o autor destaca que o desenvolvimento cultural é colocado em termos da conversão do biológico em cultural. Pois,

as funções culturais, que definem a especificidade humana de homo, não emergem diretamente da natureza por força das “leis” naturais que regem o desenvolvimento orgânico, como se fossem um mero desdobramento dele ou o simples produto da sua maturação. Elas surgem como resultado da progressiva inserção da criança nas práticas sociais do seu meio cultural [...]. (PINO, 2005, p. 31-32).

No entanto, Vygotsky ressalta que afirmar o desenvolvimento cultural não significa ignorar o biológico, pois ambos são interdependentes e fazem parte da mesma história humana (PINO, 2005). Para Vygotsky (2007), cultural e biológico constituem duas linhas distintas de desenvolvimento, que se encontram e se imbricam no decurso evolutivo, de tal modo, conforme Pino (2005), que se interpenetram e se fundem, formando uma unidade complexa que só pode ser separada por abstração.

Logo, “como realidades naturais ou biológicas podem adquirir forma cultural e como realidades culturais podem se concretizar, ou objetivar, em realidades naturais ou biológicas” (PINO, 2005, p. 51). Com este propósito, Martins (2016) destaca a essencialidade da relação dialética entre esses núcleos. “Por relação dialética entende-se aqui uma relação entre os dois termos que a compõem, embora negando-se mutuamente, são mutuamente constitutivos” (PINO, 2005, p. 39).

Em termos práticos, “de um lado, as funções biológicas se transformam sob a ação das culturais e, de outro, estas têm naquelas o suporte de que precisam para constituir-se, o que as torna, em parte, condicionadas pelo amadurecimento biológico daquelas” (PINO, 2005, p. 31). Isso quer dizer que a história do desenvolvimento das funções psíquicas superiores não seria possível se não tivesse como base a pré-história das raízes biológicas e orgânicas (VYGOTSKY, 2007).

Deste modo, Vygotsky (1997, apud PINO, 2005) sustenta que a essência do desenvolvimento cultural está na colisão entre a “ordem da cultura” e a “ordem da natureza”. Para Martins (2016, p. 105), resulta “do confronto, das *contradições* entre o legado de condições passadas e as forças vivas da situação presente”. Para Vygotsky, segundo a autora, faltava apenas descobrir as bases reais do desenvolvimento. E ele as encontrou ao formular a sua lei genética geral. De acordo com essa lei

no desenvolvimento cultural da criança cada função aparece em cena duas vezes, em dois planos, primeiro o social, depois o psicológico, primeiro entre pessoas como uma categoria interpsicológica, depois no interior da criança como uma categoria intrapsicológica. (VYGOTSKY, 1997, p.106 apud PINO, 2005, p. 31).

Nesses termos, a constituição das funções culturais em cada indivíduo, se dá em dois planos diferentes, primeiro no social e, depois, no pessoal (PINO, 2005). Isso quer dizer, de acordo com o autor, que ocorre uma espécie de “transposição” de planos, a qual Vygotsky (2007) denomina de *internalização* ou *conversão*. Com isso, uma operação que antes representava uma atividade externa, interpessoal, é transformada em intrapessoal, passando a ocorrer no interior da criança.

Dessa forma, Vygotsky (1997 apud PINO, 2005) enuncia que acontece uma transposição da experiência coletiva para o indivíduo, processo que ocorre pela conversão das funções sociais em pessoais. Isto significa que os ganhos culturais de cada indivíduo ocorrem pela internalização dos significados culturalmente estabelecidos, portanto, acontecem “de fora para dentro” e dependem da inserção num grupo cultural (OLIVEIRA, 1992).

Para exemplificar esse processo, Vygotsky (2007) destaca o “movimento de apontar” na criança, considerado por Pino (2005) o modelo explicativo da constituição cultural da criança, pois explica a passagem do biológico ao cultural e vice-versa. Além disso, marca o início de quando os primeiros atos naturais da criança passam a significar para o outro e, somente depois, para si (VYGOTSKY, 1997 apud PINO, 2005).

inicialmente o bebê tenta pegar, com a mão, um objeto – um chocalho, por exemplo – que está fora de seu alcance. Estica a mão na direção do chocalho fazendo, no ar, movimento de pegar, sem conseguir tocá-lo. Do ponto de vista do bebê, este é um gesto dirigido ao chocalho, uma tentativa malsucedida de alcançar um objeto. Quando um adulto vê essa cena, entretanto, ocorre uma transformação na situação. Observando a tentativa da criança de pegar o chocalho, o adulto provavelmente reage dando o chocalho para a criança. Na verdade está interpretando aquele movimento malsucedido de pegar um objeto como tendo o significado “Eu quero aquele chocalho” (OLIVEIRA, 1992, p. 39).

Conforme Pino (2005) pode-se inferir que esse é um processo que se dá em três fases. A primeira é uma tentativa mal sucedida de pegar alguma coisa, uma operação externa dirigida ao objeto, é a fase do dado “em si”. Na segunda a mãe vem em ajuda da criança, o dado “em si” transforma-se em dado “para o outro”, a resposta emerge de outra pessoa. Na última, a criança internaliza a situação e passa a ver seu ato como um apontar, torna-se um dado “para si” (VYGOTSKY, 1997 apud PINO, 2005).

Portanto, “é pela reação do Outro que a criança descobre a significação do seu movimento” (PINO, 2005, p. 166). Assim, Oliveira (1992) afirma que é a partir da

interpretação do outro, segundo os significados culturais, que as coisas passam a ter significação para o indivíduo, assim ele desenvolve seus processos psicológicos internos. “O movimento de pegar transforma-se no ato de apontar, com uma interação orientada não mais para o objeto, mas para outra pessoa” (OLIVEIRA, 1992, p. 39).

Nesse sentido, o ato de apontar constitui para Vygotsky (1997 apud PINO, 2005) um exemplo paradigmático do desenvolvimento cultural. É esse caso, segundo Pino (2005), que ele relaciona com o método dialético e percebe que as três fases: dado “em si”, “para o outro” e “para si” correspondem, respectivamente, ao momento que se inicia no plano natural das funções biológicas, passa pela mediação do outro e termina no plano cultural das funções simbólicas. Assim, ele traça a dinâmica desse processo

O desenvolvimento humano passa, necessariamente, pelo outro; portanto, a história de cada uma das funções psíquicas é uma história social [...]. Nesse processo, a criança não desempenha um papel passivo, muito pelo contrário, pois é a iniciativa dela (o ato de apontar) que constitui a razão e origem da ação do outro. As funções superiores constitutivas da pessoa foram antes relações sociais. (PINO, 2005, p. 66-67).

Em síntese, a passagem do biológico ao cultural e vice-versa se dá pela mediação do outro, detentor da significação (PINO, 2005). Parafraseando o respectivo autor, se existe conversão daquelas nestas, deve existir um mediador ou “conversor”. Portanto, a chave para o entendimento de como a cultura se torna constitutiva da natureza humana está na mediação semiótica, uma vez que a significação, função primordial do signo, é o grande conversor (PINO, 2005).

Eis o motivo de Vygotsky (2007) enfatizar que o signo não pode ser entendido como um simples conectivo adicionado na cadeia estímulo-resposta, nem como um método para melhorar a eficiência dessa operação. Sua real função é cumprir o ato mediado e, portanto, é na atividade mediadora que os signos encontram seu verdadeiro significado (VYGOTSKY, 1997 apud MARTINS, 2016).

Daí a centralidade do termo mediação e a necessidade de revisitar este conceito de importância vital para Vygotsky. “A mediação é interposição que provoca transformações, encerra intencionalidade socialmente construída e promove desenvolvimento, enfim, uma condição externa que, internalizada, potencializa o ato de trabalho, seja ele prático ou teórico” (MARTINS, 2016, p. 106).

Dessa forma, os signos, assim como os instrumentos, se enquadram no conceito mais geral de atividade mediada, atuando de maneira análoga, mas em campos diferentes (VYGOTSKY, 2007). Enquanto os instrumentos são meios externos ao indivíduo, transformam os objetos para controlar a natureza, os signos são ferramentas

da atividade psíquica, são meios orientados internamente, se dirigem ao controle dos processos psicológicos, ou seja, do próprio indivíduo (OLIVEIRA, 1993).

Neste sentido, Oliveira (1993) ressalta que quando um indivíduo se utiliza de varetas ou pedras para o registro e controle de quantidades, ou de um nó num lenço para lembrar-se de um compromisso, está recorrendo ao uso de signos, que o auxiliam em tarefas que exigem memória e atenção. Lembrar, comparar coisas, relatar e escolher são alguns dos problemas psicológicos que os signos se propõem a solucionar (VYGOTSKY, 2007).

Como se pode perceber, os signos na sua forma mais elementar, como nos casos da utilização de pedras, varetas e nó num lenço, surgem como marcas externas, que ampliam as possibilidades de ação do homem no mundo (OLIVEIRA, 1993). Entretanto, uma vez que os signos externos são internalizados, os signos internos assumem a condição de ferramentas psíquicas indispensáveis para o desenvolvimento da consciência e da conduta complexa mediada por ela (MARTINS, 2016).

Em outras palavras, a utilização de signos “confere à operação psicológica formas qualitativamente novas e superiores, permitindo aos seres humanos, com o auxílio de estímulos extrínsecos, controlar o seu próprio comportamento” (VYGOTSKY, 2007, p. 34). Isso revela como “a mediação é um processo essencial para tornar possíveis atividades psicológicas voluntárias, intencionais, controladas pelo próprio sujeito” (OLIVEIRA, 1993, p. 33).

Desse modo, as funções mentais superiores humanas só podem ser compreendidas se entendidas a natureza e a função instrumental dos signos, traduzidas pela mediação semiótica (ELHAMMOUMI, 2016). Isto, pois a atividade mediadora é a base estrutural que promove a superação das formas primitivas em formas culturalmente desenvolvidas do comportamento humano (MARTINS, 2016). Assim,

[...] o mecanismo da “mediação semiótica” explica o que é essencial na natureza desse processo: 1) a reconstituição em si das características da espécie, o que implica a transposição de planos a que já me referi e 2) a capacitação da criança para utilizar os meios simbólicos, de maneira que possa tornar-se intérprete do mundo e comunicadora com os outros homens. (PINO, 2005, p. 160).

Se por um lado, a mediação semiótica é responsável por operar a conversão do plano social para o da subjetividade, por outro, possibilita à criança apropriar-se do saber humano que a capacita a interpretar o mundo e a comunicar-se com os outros (PINO, 2005). Dessa forma, o autor destaca que o signo possibilita não só a circulação

das significações dos objetos culturais e a sua contínua ressignificação, mas também a constituição do indivíduo como ser cultural.

Por isso, falar em signos implica falar em processos de significação, pois são meios criados para significar (PINO, 2005). Como tal, conforme Vygotsky (1994, 1997 apud PINO, 2005), além da função de comunicação entre as pessoas, permitindo agir sobre os outros e sobre si próprio, os signos têm também função de representação, possibilitando pensar em objetos ausentes. Ambas, respectivamente, são funções do falar e do pensar articuladas na unidade do signo.

Portanto, quando se pensa num gato, não se tem em mente, o próprio gato, mas uma ideia, um conceito, uma imagem, uma palavra, enfim, algum tipo de representação de signo, que substitui o gato real pensado (OLIVEIRA, 1993). Neste caso, conforme a autora, a ideia de gato fará a mediação entre o gato real (que pode estar ausente) e a atividade psicológica do sujeito (pensar sobre o gato).

Pino (2005) exemplifica que uma cadeira é um objeto material que carrega o significado do que ela é e a intenção para o qual foi feita. Nesse sentido, o autor afirma que produzir cultura equivale a atribuir significação às coisas naturais e às produzidas pelo homem em sua ação, de modo que possam ser pensadas e comunicadas, isto é, fazendo delas, coisas humanas. Para Pino (2005, p. 147), significar

[...] é encontrar para cada coisa o *signo* que a representa para si e para o Outro. É passar do plano do perceptível ao do enunciável e do inteligível. É encontrar a razão que permite relacionar as coisas entre si e, dessa forma, conhecê-las. É dizer o que elas são. Em suma, é conferir-lhes outra forma de existência. Isso é obra, ao mesmo tempo, da palavra e da ideia.

Conforme Martins (2016), a representação dos objetos da natureza sob a forma de imagens mentais conscientes exige que se ultrapasse a singularidade sensível do objeto representado e se institua conceitos. Desse modo, a linguagem por sua função de pensamento generalizante, desponta como “o signo dos signos”, que fornece os conceitos e as formas de organização do real, que constituem a mediação entre o sujeito e o objeto de conhecimento (OLIVEIRA, 1993).

Com efeito, “o acesso ao concreto não se efetiva sem a mediação do abstrato, isto é de signos” (MARTINS, 2016, p. 110). O uso dessas representações abstratas da realidade possibilita ao homem operar mentalmente sobre o mundo, isto é, fazer relações, planejar, comparar, lembrar, etc. (OLIVEIRA, 1993). Assim, o homem, através dos signos, pode objetivar a subjetividade e subjetivar a objetividade (BERGER; LUCKMANN, 1972 apud PINO, 2005).

De certo, a invenção de signos possibilitou ao homem se desprender do concreto e do singular, e desenvolver formas abstratas e genéricas de representação, sem as quais, seria impossível pensar a natureza e a si mesmo (PINO, 2005). No entanto, de acordo com o referido autor, essa tarefa não faz parte do desenvolvimento cultural da criança, pois já foi cumprida pela espécie, cabendo apenas sua recriação no plano pessoal como condição do seu acesso à cultura.

Sendo assim, “[...] o desenvolvimento cultural da criança é o processo através do qual ela deverá apropriar-se [...] das significações atribuídas pelos homens às coisas (mundo, existência e condições de existência humana)” (PINO, 2005, p. 152). Segundo o autor, já que a significação é uma produção social, os processos de significação se concretizam na vida cotidiana das pessoas, nas diferentes formas de práticas sociais. Leontiev (1978, p. 290) sintetiza essa questão,

as aquisições do desenvolvimento histórico das aptidões humanas não são simplesmente *dadas* aos homens nos fenômenos objetivos da cultura material e espiritual que as encarnam, mas são aí apenas *postas*. Para se apropriar destes resultados, para fazer dele *as suas* aptidões, os “órgãos da sua individualidade”, a criança, o ser humano deve entrar em relação com os fenômenos do mundo circundante através doutros homens, isto é, num processo de comunicação com eles. Assim a criança *aprende* a atividade adequada. Pela sua função, este processo é, portanto, um processo de *educação*.

Nesse contexto, Duarte (1992) destaca que a formação do indivíduo é, em sua essência, um processo educativo, que ocorre pela apropriação dos resultados da história social, e isso implica, de acordo com Martins (2016), o desafio de apreender mediatamente o que é dado imediatamente pelo sensorial. Por conseguinte, segundo a autora, essa tarefa visa à apreensão das características essenciais do objeto, que não se revelam em sua expressão empírica, mas nos seus reflexos como concreto pensado.

Neste sentido, “o pensamento desponta, assim, como função psíquica a quem compete à conversão das relações sincréticas aparentes captáveis do real concreto (instância empírica) em relações sintéticas, próprias ao real pensado” (MARTINS, 2016, p. 110). Desse modo, entende-se o conhecimento como o movimento que parte da síntese (concreto empírico) e que passando pela análise (abstração), chega à síntese (concreto pensado) (CORAZZA, 1991 apud GASPARIN, 2012).

4.3.1 Implicações pedagógicas da teoria histórico-cultural

Como se pode perceber, ao longo de todo seu trabalho, Vygotsky busca compreender como se originam e se desenvolvem os processos psicológicos superiores. Neste intento, enfatiza a importância do aprendizado que considera essencial para o surgimento dessas funções. Para ele, aprendizagem e desenvolvimento estão diretamente relacionados desde o nascimento da criança (OLIVEIRA, 1993).

Isto explica porque para Vygotsky (2007), o desenvolvimento, a aprendizagem, e a relação entre os dois são temas centrais em sua obra. Segundo Oliveira (1993), para Vygotsky, existe um percurso de desenvolvimento, em parte definido pela maturação, pertencente à espécie humana, mas é o aprendizado que possibilita o despertar dos processos internos do indivíduo.

Dessa forma, Vygotsky se opõe às concepções teóricas que concebem a relação entre desenvolvimento e aprendizagem como processos independentes ou mesmo coincidentes, salientando com clareza que não faz sentido falar de aprendizado separado de desenvolvimento, pois a aprendizagem deve ser considerada um fator de desenvolvimento (LEONTIEV et al., 2005).

Para explicar a origem dessa concepção, Leontiev et al. (2005) partem da ideia de que a aprendizagem da criança começa antes da aprendizagem escolar. Isto significa, que a aprendizagem escolar nunca parte do zero, pois tem sempre uma história prévia. Antes de estudar aritmética na escola, a criança já teve algumas experiências com quantidades e com operações, como adição e divisão (VYGOTSKY, 2007).

No entanto, isso não significa uma continuidade direta, tampouco uma igualdade entre essas duas etapas (LEONTIEV et al., 2005). Segundo os autores, a aprendizagem escolar pode desviar o curso da pré-escolar e até tomar uma direção contrária. Portanto, a primeira difere nitidamente da segunda, pois é sistematizada e produz algo completamente novo no desenvolvimento da criança (VYGOTSKY, 2007).

Neste sentido, Vygotsky (2007) ressalta que a compreensão da relação entre desenvolvimento e aprendizagem em crianças em idade escolar torna-se essencial para elaboração das dimensões do aprendizado nessa fase. Para esse fim, o referido autor formula um conceito novo e fundamental, sem o qual, esse problema não poderia ser resolvido: a Zona de Desenvolvimento Proximal – ZDP.

O ponto de partida para a descrição desse conceito é a tese de que “existe uma relação entre determinado nível de desenvolvimento e a capacidade potencial de

aprendizagem” (LEONTIEV et al., 2005, p. 35). Contudo, Vygotsky (2007) destaca que esta relação não poderá ser compreendida efetivamente se limitada à determinação do nível de desenvolvimento atual, como defende a psicologia clássica. Para ele,

o nível de desenvolvimento real da criança caracteriza o desenvolvimento de forma retrospectiva, ou seja, refere-se a etapas já alcançadas, já conquistadas pela criança. As funções psicológicas que fazem parte do nível de desenvolvimento real da criança em determinado momento de sua vida são aquelas já bem estabelecidas naquele momento. São resultados de processos de desenvolvimento já completados, já consolidados. (OLIVEIRA, 1993, p. 59).

Dessa forma, Vygotsky (2007) contesta a tradicional concepção de que só é indicativo da capacidade mental das crianças aquilo que elas conseguem fazer sozinhas. Segundo Leontiev et al. (2005), defender este ponto de vista significa negar o papel do aprendizado no desenvolvimento de funções em amadurecimento, o que em síntese quer dizer afirmar que o desenvolvimento precede sempre a aprendizagem.

Além disso, testes realizados para determinar o nível de desenvolvimento mental de duas crianças de dez anos de idade demonstraram que elas tinham a mesma capacidade para a resolução independente de problemas, correspondente à idade de oito anos. Porém, quando estes testes foram orientados por um professor, essas crianças apresentaram diferentes idades mentais, 12 e 9 anos (VYGOTSKY, 2007).

Estes resultados, segundo Leontiev et al. (2005), tornaram evidente que as crianças tinham a mesma idade mental em termos dos ciclos já realizados, mas as dinâmicas de desenvolvimento das duas eram totalmente diferentes. Por isso, Vygotsky (2007) chama atenção para a necessidade de determinar não somente o nível de desenvolvimento real, mas também o nível de desenvolvimento potencial, compreendido como a

[...] capacidade de desempenhar tarefas com a ajuda de adultos ou de companheiros mais capazes. Há tarefas que uma criança não é capaz de realizar sozinha, mas que se torna capaz de realizar se alguém lhe der instruções, fizer uma demonstração, fornecer pistas, ou der assistência durante o processo. (OLIVEIRA, 1993, p. 59).

Assim, o estado de desenvolvimento mental da criança só pode ser determinado se considerados os níveis de desenvolvimento real e potencial (LEONTIEV et al., 2005). Com base nessa assertiva, Vygotsky (2007) define a ZDP como a distância entre esses dois níveis. Tomados os resultados dos testes citados pelo autor, a diferença entre doze e oito, e entre nove e oito são as ZDP's das crianças.

Sendo assim, a ZDP possibilita examinar o que já foi produzido e o que está em processo de maturação, permitindo determinar os futuros passos da criança e a

dinâmica do seu desenvolvimento (LEONTIEV et al., 2005). Segundo Oliveira (1993), a ZDP indica o caminho a ser percorrido pelo indivíduo para desenvolver as funções em amadurecimento, e que serão consolidadas no seu nível de desenvolvimento real.

[...] A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de "brotos" ou "flores" do desenvolvimento, ao invés de "frutos" do desenvolvimento. (VYGOTSKY, 2007, p. 58).

“O que a criança consegue fazer hoje com o auxílio dos adultos poderá fazê-lo amanhã por si só” (LEONTIEV et al., 2005, p. 37). Isto só ocorre, conforme Vygotsky (2007), porque o aprendizado cria a ZDP, despertando vários processos internos de desenvolvimento, possíveis apenas no âmbito das inter-relações com outros, que uma vez internalizados, tornam-se parte das aquisições individuais da criança.

Parafraseando Oliveira (1993), se o aprendizado é o propulsor do desenvolvimento e, ao mesmo tempo, o próprio objetivo do processo escolar, então a escola tem um papel essencial nas conquistas psicológicas da criança. Nesse contexto, a autora enfatiza que a intervenção pedagógica é um processo privilegiado, que permite o professor interferir na ZDP dos alunos, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente.

Desse modo, Oliveira (1993) evidencia a importância da mediação do professor na apropriação dos elementos culturais e do conhecimento científico mais elaborado pela criança, que não têm condições de percorrer, sozinha, o caminho do aprendizado. Portanto, é ineficaz a orientação tradicional de que o ensino deveria se pautar no desenvolvimento já atingido pela criança (VYGOTSKY, 2007).

Dessa constatação, Vygotsky estabelece o princípio geral que propõe uma nova fórmula, a de que “o único bom ensino é o que se adianta ao desenvolvimento” (LEONTIEV, et al., 2005, p. 38). Isto quer dizer, segundo os autores, que um ensino orientado é capaz de dirigir o curso do desenvolvimento. Para tanto, são exigidas a participação ativa do aluno e a atitude colaborativa do professor (OLIVEIRA, 1993).

Para Vygotsky (2007), o aprendizado envolve três elementos básicos: o sujeito capaz de aprender, um objeto do mundo a ser conhecido e um elemento mediador. Em outros termos, a criança se desenvolve em condições de interação com o meio, quando surge uma forma final de desenvolvimento, que supera as formas iniciais. Assim, a criança aprende e se desenvolve (VYGOTSKII; LURIA; LEONTIEV 2010).

Neste prisma, Vygotsky (2008) distingue dois tipos de conceitos: *os espontâneos*, constituídos na experiência cotidiana, e *os científicos*, elaborados

sistematicamente e apresentados no ensino. Com isso, este autor enfatiza a superioridade dos conceitos científicos, que têm o potencial de produzir as mudanças mais decisivas na estrutura psicológica da criança. Neste aspecto, à escola, a quem compete instruir o conhecimento científico, é atribuída uma importância ímpar.

Dessa forma, o ensino dos conhecimentos historicamente sistematizados é o caminho que permite superar os conceitos espontâneos e de senso comum, que captam o real apenas em suas aparências, para então, promover a formação de conceitos científicos, capazes de desenvolver o pensamento abstrato e a consciência. Essa é a “[...] tarefa essencial de uma educação escolar deveras comprometida com a formação omnilateral dos indivíduos” (MARTINS, 2016, p. 118). Diante disso,

entende-se o conhecimento como o movimento que parte da *síncrese* (sensorial concreto, o empírico, o concreto percebido), passando pela *análise* (abstração, separação dos elementos particulares de um todo, identificação dos elementos essenciais, das causas e contradições fundamentais) e chegando à *síntese* (o concreto pensado, um novo concreto mais elaborado, uma prática transformadora). (CORAZZA, 1991, p. 85 apud GASPARI, 2012, p. 4-5).

A partir desse processo de construção do conhecimento, fundamentado no materialismo histórico-dialético, fica evidenciado que os princípios da psicologia histórico-cultural apontam na direção da pedagogia histórico-crítica, da mesma forma, que as bases psicológicas desta são fornecidas por aquela, o que as tornam complementares (MARTINS, 2016). Esta conexão criou bases consistentes para uma concepção metodológica dialética do processo educativo, que se realiza no método didático de Gasparin (2012).

4.4 O método didático dialético

Inicialmente, vale ressaltar que existem inúmeras concepções sobre o ensino e aprendizagem, e que a definição do método didático é fundamental para o êxito desse processo. Isto porque o método determina o tipo de aprendizagem pretendida e quais ações organizadas de forma sistemática deverão ser desenvolvidas para que essa aprendizagem se efetive do modo esperado (MARANHÃO, 2014).

Neste sentido, o método didático é o fio condutor do trabalho pedagógico da escola e da ação docente (MARCHIORATO, 2014). Segundo esta autora, ele apresenta de forma detalhada o fazer pedagógico e, por isso, é considerado o núcleo do ensino pelas Diretrizes Curriculares do Estado do Maranhão (DCEs) (MARANHÃO, 2014).

Sendo assim, precisa estar vinculado aos objetivos educacionais, ao papel social e específico da escola e à concepção de aprendizagem. Neste contexto, Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica (DCNs), sustentam que a escola tem a função de disseminar o conhecimento socialmente produzido e acumulado pela humanidade (BRASIL, 2013). Seguindo a mesma linha, as DCEs consideram que

o papel social da escola diz respeito à apropriação dos elementos culturais essenciais à compreensão mais elaborada e sistematizada da realidade física, cultural, social, econômica e política. A escola, pois, tem como seu objeto específico o conhecimento elaborado e sistematizado historicamente pela humanidade, o qual deve ser trabalhado de forma a propiciar a ampliação da visão de mundo dos sujeitos. (MARANHÃO, 2014, p. 12).

Como se pode perceber, tanto as DCNs como as DCEs apontam para o referencial dialético. Com isso, se aproximam do método didático de Gasparin (2012) que se fundamenta na teoria dialética do conhecimento e nos pressupostos da teoria histórico-cultural. Portanto, a viabilidade dessa didática na efetivação da aprendizagem, a concatenação desta com o referencial teórico de Vygotsky e o alinhamento com as políticas educacionais atuais justificam a escolha do método dialético.

Essa opção metodológica esclarece “[...] o movimento do conhecimento como a passagem do empírico ao concreto, pela mediação do abstrato. Ou a passagem da síntese à síntese, pela mediação da análise” (SAVIANI, 2011, p. 120). Em outros termos, esse método consiste em partir da prática social, teorizar sobre ela e voltar à prática para transformá-la (CORAZZA, 1991 apud GASPARIN, 2012).

Analisando o método dialético (prática-teoria- prática) sob a lupa da teoria histórico-cultural, suas três fases coincidem com um processo que parte do nível de desenvolvimento real dos alunos, trabalha na zona de desenvolvimento proximal, para chegar a um novo nível de desenvolvimento real. Estes três momentos se desdobram nos cinco passos da didática de Gasparin (2012), apresentados a seguir: prática social inicial, problematização, instrumentalização, catarse e prática social final.

1º Passo: Prática Social Inicial

Esse primeiro passo consiste em preparar e mobilizar os alunos para a construção do conhecimento. Para isso, o aluno precisa ser desafiado, sensibilizado, para que perceba alguma relação entre o conteúdo a ser estudado e a sua vida cotidiana, suas necessidades, problemas e interesses. Assim, cria-se um clima de predisposição favorável para a aprendizagem (GASPARIN, 2012).

Neste sentido, Vasconcellos (1993 apud GASPARIN, 2012) destaca que o professor deve conhecer o que os alunos pensam, sabem e sentem sobre o objeto do conhecimento, isto é, suas vivências cotidianas mais próximas e as mais remotas relacionadas ao conteúdo. Dessa forma, o professor poderá contextualizar o conhecimento prévio dos educandos, situando-o à luz do conhecimento científico e, por sua vez, da totalidade social. Por exemplo,

o ponto de partida para o estudo dos conceitos de volume, força, e peso, será as noções que os alunos levam para a aula, oriundas de sua vivência cotidiana. A função do professor consiste em aprofundar e enriquecer essas concepções, ou retificá-las, esclarecer as contradições, reconceituando os termos de uso diário. (GASPARIN, 2012, p. 18).

O encaminhamento prático dessa primeira fase do método se dá em dois momentos: o professor faz o anúncio dos conteúdos a serem estudados e dos objetivos da aprendizagem. Em seguida, através do diálogo, o professor realiza o levantamento da vivência cotidiana dos alunos em relação a estes conteúdos. Essa é a oportunidade que os educandos têm de demonstrar o que já sabem e o que gostariam de saber a mais sobre esses conteúdos (GASPARIN, 2012).

É importante destacar, segundo o autor, que o professor pode escolher o melhor procedimento para a concretização desta etapa, como por exemplo: utilizar questionários, mapas conceituais, para levantar os conhecimentos prévios e, se necessário, usar materiais motivadores como: jornais, revistas, filmes, recursos virtuais. Sem esquecer, é claro, que esse não é o momento para discussões e debates, mas somente para registrar o estado atual de compreensão dos alunos sobre o conteúdo.

2º Passo: Problematização

A problematização representa o momento em que a “prática social é posta em questão, analisada, interrogada, levando em consideração o conteúdo a ser trabalhado e as exigências sociais de aplicação desse conhecimento” (GASPARIN, 2012, p. 34). Segundo o autor, essa fase consiste em selecionar e discutir os principais problemas originados na prática social, relacionados ao conteúdo que será tratado.

De acordo com Gasparin (2012), esses problemas, em consonância como os objetivos de aprendizagem, direcionam todo o trabalho pedagógico, inclusive a seleção dos conteúdos, que devem responder com o conhecimento necessário à proposição de soluções, ao menos no plano teórico. Assim, o ensino está em função também desses problemas, retomados no nível sistematizado pelo conteúdo curricular.

Nas palavras de Vasconcellos (1993, p. 70 apud GASPARIN, 2012, p. 33), “na origem do conhecimento está colocado um problema (oriundo de uma necessidade)”. Dessa forma, os conteúdos por serem científicos, e a ciência, um produto social, que surge de necessidades históricas, econômicas, políticas, filosóficas, dentre outras, são revestidos das múltiplas dimensões que os originaram (GASPARIN, 2012).

Portanto, é imprescindível que os conteúdos sejam tratados na sua totalidade para que possam subsidiar a construção do domínio requerido, que permitirá, na visão de Saviani (1999 apud GASPARIN, 2012), resolver os problemas da prática social. Neste sentido, cabe ao professor fazer a leitura das necessidades sociais e selecionar os conhecimentos adequados à satisfação desse objetivo (GASPARIN, 2012).

Esta fase pode ser operacionalizada pelo professor, conforme o autor, encaminhando uma breve discussão sobre os problemas sociais postos pela prática e pelo próprio conteúdo, buscando compreendê-los, bem como, entender as razões pelas quais esse conhecimento precisa ser aprendido. Paralelamente, expõem-se as diversas faces sociais que os conceitos carregam consigo. Assim, os alunos começam a ser preparados para apreenderem o conteúdo em suas múltiplas dimensões.

Para a definição dessas dimensões, Gasparin (2012) pontua que é preciso transformar o conteúdo da unidade em questões, em perguntas problematizadoras, levando em conta as dimensões, que englobam os aspectos que se deseja focar no estudo. Dependendo do conteúdo, dos alunos e dos objetivos, são selecionadas as dimensões mais apropriadas para o desenvolvimento do trabalho. Esse é um processo que pode ser feito previamente pelo professor, no planejamento.

3º Passo: Instrumentalização

A instrumentalização se caracteriza pela necessidade dos sujeitos envolvidos no processo ensino-aprendizagem, professor e alunos, acessarem o conhecimento sistematizado (o conteúdo), para que possam responder às questões levantadas na Problematização (GASPARIN, 2012).

É nesta etapa, de acordo com o autor, que ocorrem os atos docente-discentes, fundamentais para a efetiva construção conjunta do conhecimento científico. Nesse processo, que é sempre triádico, cabe ao *professor*, através da mediação, a apresentação sistemática do *conteúdo* aos *alunos*, para que dele possam se apropriar. Sendo assim, a mediação pedagógica pode ser entendida como

a atitude, o comportamento do professor que se coloca como um facilitador, incentivador ou motivador da aprendizagem, que se apresenta com a disposição de ser uma ponte entre o aprendiz e sua aprendizagem – não uma ponte estática, mas uma ponte “rolante”, que ativamente colabora para que o aprendiz chegue aos seus objetivos. É a forma de se apresentar e tratar um conteúdo ou tema que ajuda o aprendiz a coletar informações, relacioná-las, organizá-las, discuti-las e debatê-las com seus colegas, com o professor e com outras pessoas [...], até chegar a produzir um conhecimento [...] que o ajude a compreender sua realidade humana e social, e mesmo interferir nela. (MASETTO, 2000, p. 144-145).

Neste sentido, para Gasparin (2012), a instrumentalização é o caminho que leva os alunos ao conteúdo sistematizado para que seja apropriado e transformado em instrumento de construção pessoal. Sendo assim, a mediação pedagógica deve ser dirigida para aquilo que o aluno não sabe e precisa saber para chegar a um nível mais elevado de autonomia intelectual (MARANHÃO, 2014).

Para tanto, é requisito básico a apreensão “[...] dos instrumentos teóricos e práticos necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social” (SAVIANI, 2016, p. 92). Isto porque o conteúdo não é mais estudado por si mesmo, mas com a intenção de equacionar e/ou resolver, ainda que teoricamente, as questões que desafiam o professor, os alunos e a sociedade (GASPARIN, 2012).

Neste contexto, o professor apresenta as ações didático-pedagógicas e os recursos adequados, conforme as dimensões adotadas, para criar condições dos alunos, por meio de suas ações, estabelecerem o confronto mental das suas vivências cotidianas com o conhecimento científico apresentado, a fim de apreender o novo conteúdo em suas múltiplas determinações e relações (GASPARIN, 2012).

Portanto, segundo o referido autor, proporcionar as experiências que permitam o aluno relacionar os conteúdos e as situações da aprendizagem com os muitos contextos da vida social e pessoal é função do professor no âmbito da mediação pedagógica. Neste aspecto, ele deve usar todos os recursos necessários e disponíveis para o seu efetivo cumprimento.

Dessa forma, Gasparin (2012) afirma que tanto as técnicas convencionais de ensino, como as novas tecnologias, podem ser trabalhadas na perspectiva da mediação pedagógica, desde que seja revista a postura do professor, na forma de abordar os conteúdos, no modo de estabelecer o relacionamento entre os alunos, e os debates com seu contexto maior. Neste sentido, são características da mediação pedagógica

dialogar permanentemente de acordo com o que acontece no momento, trocar experiências, debater dúvidas, questões ou problemas, apresentar perguntas orientadoras, orientar nas carências e dificuldades técnicas ou de conhecimento quando o aprendiz não consegue encaminhá-las sozinho, garantir a dinâmica do processo de aprendizagem, propor situações-problema e desafios, desencadear e incentivar reflexões, criar intercâmbio entre a aprendizagem e a sociedade real onde nos encontramos, nos mais diferentes aspectos, colaborar para estabelecer conexões entre o conhecimento adquirido e novos conceitos, fazer a ponte com outras situações análogas, colocar o aprendiz frente a frente com questões éticas, sociais, profissionais, por vezes conflitivas, colaborar para desenvolver crítica com relação à quantidade e à validade das informações obtidas, cooperar para que o aprendiz use e comande as novas tecnologias para suas aprendizagens e não seja comandado por ela ou por quem as tenha programado, colaborar para que se aprenda a comunicar conhecimentos, seja por meio de meios convencionais, seja por meio de novas tecnologias. (MASETTO, 2000, p. 145).

Neste prisma, chama à atenção de Gasparin (2012), um grupo de técnicas convencionais que põem o aluno em contato direto com situações reais: aulas práticas, estágios, excursões, visitas técnicas, dentre outras. Segundo ele, estas técnicas são um excelente meio para confrontar teoria e prática, e verificar pontos de concordância ou de divergência. Neste caso, a própria realidade torna-se mediadora da aprendizagem. Além destes, podem ser considerados atos didático-pedagógico mediadores:

exposição dialogada, leitura do mundo, leitura orientada de textos selecionados, trabalhos em grupo, pesquisa sobre o tema, seminário, entrevista com pessoas-fonte, palestras, análise de vídeos ou filmes, discussões, debates, observação da realidade, painel integrado, trabalhos individuais, trabalhos em laboratório ou experimentais, demonstração, tarefas de assimilação de conteúdos, tarefas de elaboração pessoal, grupo de verbalização e grupo de observação, uso de recursos audiovisuais, ensino com pesquisa. [...], informática, computador, multimídia, [...] etc. (GASPARIN, 2012, p. 108-109).

Diante do exposto, Masetto (2000) ressalta que a mediação pedagógica coloca em evidência o aluno como sujeito ativo do processo ensino-aprendizagem, e redefine o papel do professor, como mediador, e dos instrumentos teórico-práticos utilizados para aprendizagem. Portanto, esse é um processo que pressupõe atitudes e ações do professor e dos alunos, antes, durante e depois da aula (GASPARIN, 2012).

4º Passo: Catarse

A catarse é a expressão elaborada da nova forma de entendimento da teoria e da prática social. Sendo assim, indica o ponto de chegada do processo pedagógico, que se realiza por meio da nova síntese mental do educando, manifestada num posicionamento intelectual mais elevado, mais consistente e estruturado, sobre as questões que conduziram seu aprendizado (GASPARIN, 2012).

Com isso, de acordo com esse autor, a realidade que antes parecia um conjunto de partes dispersas e desconexas, passa a ser vista e compreendida em sua totalidade concreta, produto de múltiplas determinações. Isto quer dizer que o empírico tornou-se concreto, o sincrético transformou-se em sintético. Daí o porquê da catarse, para Saviani (2016), ser o ponto culminante do processo educativo.

A catarse “é a verdadeira apropriação do saber por parte dos alunos” (WACHOWICZ, 1989, p.107 apud GASPARIN, 2012, p.125). É nela, segundo Saviani (2016, p. 92), que “[...] ocorre à efetiva incorporação dos instrumentos culturais, transformados agora como elementos ativos de transformação social”, função explícita assumida pelo conhecimento nessa perspectiva.

Dessa forma, a aprendizagem passa a ter num novo sentido para o aluno, pois “percebe, então, que não aprendeu apenas um conteúdo, mas algo que tem significado e utilidade para sua vida, algo que lhe exige o compromisso de atuar na transformação social” (GASPARIN, 2012, p. 126). Conforme esse autor, este é o momento em que o educando demonstra o quão próximo chegou da solução dos problemas que orientaram o processo ensino-aprendizagem.

Para tanto, o aluno é solicitado a expressar o que aprendeu sobre o conteúdo, qual a sua nova síntese, a conclusão a que chegou, tendo como referência os objetivos propostos na prática social inicial, verificando se foram ou não atingidos. Esta etapa se realiza em dois momentos: elaboração teórica da nova síntese e expressão prática da nova síntese (GASPARIN, 2012).

No primeiro momento, o educando compara o que sabia com o adquirido no decorrer do processo, para elaborar mentalmente a síntese em suas multidimensões. No segundo, ele expressa através de uma avaliação formal ou informal, oral ou escrita, se e como ocorreu a nova síntese. Cabe ressaltar, que a avaliação não ocorre só nessa etapa, mas durante o transcorrer de todas as atividades (GASPARIN, 2012).

5º Passo: Prática social final

Este quinto e último passo é o ponto de chegada do método didático na perspectiva histórico-crítica, é o retorno à prática social, compreendida agora não mais como prática inicial, mas como práxis, uma nova forma de ação, uma prática transformadora (GASPARIN, 2012).

Esta fase, de acordo com o referido autor, representa a passagem do teórico para o prático, visto que professor e alunos modificaram-se intelectual e qualitativamente em relação aos conteúdos e à prática social, e agora, precisam concretizar na prática essa nova compreensão. A prática transformadora é a melhor evidência do aprendizado teórico.

Contudo, Gasparin (2012) destaca que essa prática não necessariamente significa realizar uma ação material, como plantar uma árvore, fechar uma torneira, pode ser um processo mental, que permita o entendimento mais amplo e crítico da realidade, determinando uma nova maneira de pensar, de entender e julgar os fatos e as ideias, enfim, uma nova ação mental. Portanto,

A Prática Social Final é a confirmação de que aquilo que o educando somente conseguia fazer com a ajuda dos outros agora o consegue sozinho, ainda que trabalhando em grupo. É a expressão mais forte de que de fato se apropriou do conteúdo, aprendeu, e por isso sabe e aplica. É o novo uso social dos conteúdos científicos aprendidos na escola. (GASPARIN, 2012, p. 142).

Nesta etapa, o educando no nível de desenvolvimento atual, assume uma nova postura prática, uma nova atitude e uma nova visão do conteúdo diante da realidade que acaba de conhecer. Portanto, a realização dessa fase com os alunos, envolve dois pontos: 1) nova atitude prática; 2) proposta de ação (GASPARIN, 2012).

Segundo este autor, no primeiro ponto, o aluno manifesta sua nova atitude prática, que se expressa nas intenções e predisposições de como ele colocará em prática os novos conhecimentos. No segundo, o educando elabora um plano de ação, se comprometendo a executá-lo no seu cotidiano, para pôr em efetivo exercício o conteúdo científico aprendido.

5 METODOLOGIA

De acordo com Richardson (2015), método em pesquisa, de um modo geral, significa a escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação de fenômenos e, para isso, precisa estar apropriado ao tipo de estudo que se deseja realizar. Desta forma, a abordagem qualitativa é o modelo mais adequado à proposta apresentada neste trabalho, pois reúne tanto o método de elaboração como as técnicas necessárias para avaliação do produto educacional.

Nos últimos anos têm sido cada vez mais frequentes nas Ciências Sociais, sobretudo, na área da educação, estudos de natureza qualitativa (LUDKE; ANDRÈ, 2013). Isto, segundo Godoy (1995), torna evidente o lugar de destaque ocupado por essa metodologia, entre as várias possibilidades de se estudar os fenômenos que englobam as relações de caráter humano e social, estabelecidas em diversos ambientes.

Dentre os fatores que contribuem para o uso desse enfoque na pesquisa educacional, André (1983) aponta a capacidade de apreender o caráter multidimensional dos fenômenos em sua manifestação natural, de capturar os diferentes significados das experiências vividas pelos sujeitos no ambiente escolar e de contribuir para o estudo de constructos importantes como “criatividade” e “pensamento crítico”.

Neste sentido, a pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares, que ultrapassam a região visível e concreta dos fenômenos, apreendida pelas análises quantitativas, aprofundando-se no universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes dos sujeitos, dimensões não perceptíveis e não captáveis em equações, médias e estatísticas (MYNAIO, 1994).

Contudo, Trivinos (2017) ressalta estritamente que não existe uma oposição entre essas duas abordagens. Segundo ele, à luz da perspectiva dialética, base teórica deste estudo, toda pesquisa pode ser, ao mesmo tempo, quantitativa e qualitativa. Isto, pois, de acordo com Mynaio (1994), existe uma relação necessária entre as duas, da qual se pode constatar que a quantidade é uma das qualidades dos fatos e fenômenos.

Consequentemente, Trivinos (2017) afirma que pode ser feita a passagem do quantitativo ao qualitativo e vice-versa. Uma forma de realizar essa mudança, consoante Richardson (2015), consiste em definir critérios e categorias que caracterizam os estados qualitativos do objeto em análise e quantificá-los, por meio de métodos estatísticos, para determinar as frequências com que se manifestam.

Nesta perspectiva, a abordagem qualitativa apresenta a abrangência e flexibilidade que permitem ao pesquisador delinear diferentes caminhos para a pesquisa (GODOY, 1995). Nesse contexto, essa metodologia dispõe de um vasto instrumental, claro, coerente e elaborado, constituído por um conjunto de técnicas capazes de encaminhar os impasses teóricos para o desafio da prática (MYNAIO, 1994).

Diante das muitas possibilidades colocadas pela abordagem qualitativa, é no método para elaboração de material didático de Richardson (2015) que se pautou o percurso metodológico deste estudo, que objetiva elaborar, testar e avaliar um produto educacional. Portanto, esta pesquisa se dá em dois momentos, no primeiro são desenvolvidos os passos de construção do produto, e no segundo, ele é testado e avaliado no ambiente educacional.

A pesquisa para elaborar material didático é um processo que consiste em desenvolver e validar produtos educacionais. Relativamente nova, essa metodologia de trabalho aparece como uma das mais promissoras estratégias já utilizadas, particularmente, no campo educacional. (RICHARDSON, 2015, p. 83).

Seu objetivo, segundo o autor, é produzir livro-texto, material audiovisual, equipamento específico, material de treinamento, enfim, qualquer produto essencial ao desenvolvimento do ensino-aprendizagem. Para ele, o emprego dessa metodologia se justifica no seu potencial de superar e corrigir graves problemas educacionais, no tocante ao uso de materiais inadequados ou ineficientes para a aprendizagem.

Dessa forma, esta pesquisa se distingue da pesquisa básica, pois não tem o objetivo estrito de produzir conhecimentos numa área específica, mas elaborar um produto educacional que possa ser, efetivamente, usado em escolas (RICHARDSON, 2015). Para este fim, este autor apresenta uma sequência de passos (quadro 1), que considera uma importante contribuição à área da pesquisa educacional.

Quadro 1: Método para elaboração de material didático.

1. Definir os objetivos específicos que o produto deve atingir;	Elaboração do produto educacional
2. Rever pesquisas que apresentam produtos elaborados a fim de verificar eventuais falhas e identificar formas de superá-las;	
3. Elaborar o produto de modo que sejam atingidos os objetivos previstos;	
4. Testar o produto numa situação real de ensino para avaliar sua adequação aos objetivos;	Aplicação do produto educacional
5. Revisar o produto com base nos resultados obtidos;	
6. Repetir o teste e a revisão tendo em vista a otimização do produto.	

Fonte: Adaptada de Richardson (2015).

5.1 Da elaboração do produto educacional

Neste tópico é descrita a sequência utilizada na pesquisa para a elaboração do produto educacional (apêndice F), conforme Richardson (2015). Ressalta-se que das seis etapas do método aplicado, foram realizadas cinco (Definição dos objetivos específicos, Revisão bibliográfica, Elaboração do produto, Testagem e avaliação da aplicação do produto e Revisão do produto com base nos resultados da aplicação), pois se entendeu que foram satisfatórias para elaborar, testar e avaliar o material didático produzido.

5.1.1 Definição dos objetivos do produto

Para o desenvolvimento da estratégia didática proposta no produto educacional, tomou-se como marco referencial epistemológico a teoria dialética do conhecimento, tanto para fundamentar a concepção metodológica e o planejamento do ensino-aprendizagem como a ação docente-discente. Abaixo são apresentados os objetivos gerais e específicos que foram traçados para o produto educacional.

- a) Vivenciar, em unidade teoria e prática, uma das formas de produção do conhecimento científico;
 - Discutir os conceitos básicos de acústica e ruído, necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social inicial;
 - Promover o entendimento de métodos e técnicas aplicados na pesquisa;
 - Investigar o ruído de tráfego veicular, levantando os dados, analisando-os e propondo modelos explicativos.
- b) Permitir o contato direto com o fenômeno em estudo, ruído de tráfego veicular, através de situações reais;
 - Realizar a observação e levantamento de dados, in loco, sobre o ruído de tráfego veicular.
- c) Desenvolver atitudes, capacidade investigativa, autonomia intelectual, reflexão crítica e a participação ativa dos educandos;

- Produzir e apresentar uma síntese dos passos aplicados e dos resultados obtidos na pesquisa, a fim de identificar indícios das capacidades desenvolvidas.
- d) Compreender a realidade em suas múltiplas dimensões, na perspectiva de sua transformação.
- Identificar a nova postura mental dos alunos em relação aos conteúdos e à prática social.

5.1.2 Elaboração do produto educacional

A escolha da temática

A opção pelo tema ruído de tráfego veicular se justifica pela possibilidade de conscientização dos educandos quanto aos efeitos da poluição sonora, problemática cada vez mais presente no cotidiano das pessoas. Soma-se a isso, a possibilidade de estudar conceitos de Acústica a partir do ruído de tráfego, temática relevante do contexto social, que permite a apreensão das múltiplas dimensões dessa realidade, na perspectiva de sua transformação.

Além disso, temas que envolvem o meio ambiente precisam ser mais contemplados nas aulas de Física, pois os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999) e as pesquisas sobre o ensino de Física e de Ciências apontam que tais assuntos podem contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, permitindo ao indivíduo interpretar os fenômenos, os processos naturais e suas transformações.

Essas temáticas possibilitam um olhar investigativo sobre o mundo real, e evidenciam que a Física está associada às outras formas de expressão e produção humanas. Portanto, é necessário incluir a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos técnicos e tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. Assim, será possível trabalhar os caminhos pelos quais se chega até tais conhecimentos e as consequências que eles trazem para nossa vida (SASSERON, 2010).

A revisão da literatura

Seguindo a sequência apresentada por Richardson (2015), foi feita a revisão da literatura, a fim de levantar os conhecimentos da área de interesse e sobre como

poderiam ser aplicados no produto desenvolvido. Neste sentido, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre o ruído de tráfego veicular, os conteúdos de Acústica, a teoria histórico-cultural de Vygotsky e o método dialético. A pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza, a partir do:

[...] registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utilizam-se dados de categorias teóricas já trabalhadas por outros pesquisadores e devidamente registrados. Os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir de contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos (SEVERINO, 2007, p.122).

A pesquisa bibliográfica realizada se pautou em livros e trabalhos científicos, tais como: teses, dissertações e artigos publicados em fontes reconhecidas como as plataformas: Periódicos CAPES, CNPq e do MNPEF, estudos que discutem as temáticas de interesse deste trabalho. Para isso, foram utilizadas as seguintes palavras-chave: poluição sonora, ruído de tráfego veicular, mapeamento de ruído, ensino de Física, teoria de Vygotsky no ensino e método dialético.

Desse instrumental de pesquisa resultaram os capítulos iniciais do presente trabalho, que não só embasam todo o processo de elaboração do produto educacional, da seleção dos conteúdos, passando pela definição do método didático, até o delineamento das ações didático-pedagógicas e dos recursos necessários para a efetivação da aprendizagem, como também compõem o próprio produto.

A elaboração do produto educacional preliminar

Nesta etapa foram desenhadas e planejadas, de acordo com os objetivos específicos, todas as ações didático-pedagógicas e os recursos necessários ao ciclo de elaboração do produto educacional preliminar (RICHARDSON, 2015). Após o planejamento, são produzidos todos os instrumentais das ações e disponibilizados todos os recursos necessários (quadro 2), para a instrumentalização e avaliação da prática pedagógica proposta no produto preliminar.

Quadro 2: Ações didático-pedagógicas, instrumentais e recursos disponibilizados de acordo com os objetivos específicos.

Objetivos	Ações didático-pedagógicas	Instrumentais e recursos disponibilizados
Vivenciar, em unidade, teoria e prática, uma das formas de produção do conhecimento científico	Apresentação da proposta do trabalho, aulas expositivas dialogadas, leitura de artigos selecionados, atividade prática de campo, análise dos dados em laboratório e construção dos mapas de ruído.	Texto explicativo da proposta da pesquisa; Slides das aulas ministradas; Selecionar artigos; Formulários para coleta e análise dos dados e Roteiros para elaboração do mapa de ruído.
Permitir o contato direto com o fenômeno em estudo, ruído de tráfego veicular, através de situações reais.	Pesquisa de campo para observar e coletar dados sobre o ruído de tráfego veicular.	Aparelho de medição, câmera fotográfica, suporte do tipo tripé, pranchetas, trena e blocos de anotações.
Desenvolver atitudes, capacidade investigativa, autonomia intelectual, reflexão crítica e a participação ativa dos educandos.	Apresentação do relatório da pesquisa em banner e divulgação dos resultados por meio de apresentação oral.	Elaboração de questionários Cadernos de anotações de campo. Apresentação de seminário no auditório.
Compreender a realidade em suas múltiplas dimensões, na perspectiva de sua transformação.	Divulgação dos resultados por meio de apresentação oral.	Elaboração de questionários. Cadernos de anotações de campo.

Fonte: Próprio autor.

5.2 Da aplicação do produto educacional preliminar

Depois de elaborado e estruturado sob a forma recomendada, o produto educacional preliminar foi testado e avaliado, possibilitando a obtenção de respostas quanto à sua eficácia no campo de aplicação. Dessa forma, esta etapa tem como objetivo obter uma avaliação qualitativa e quantitativa do novo produto. Para tanto, foi produzido um relato de sua aplicação com os alunos (RICHARDSON, 2015).

5.2.1 O público alvo

A aplicação do produto educacional ocorreu no Centro de Ensino Manoel Beckman, escola da rede estadual de ensino, localizada à Rua 51, S/N, Conjunto Bequimão, São Luís - Maranhão, e envolveu 35 (trinta e cinco) alunos, de uma turma da 2ª série do ensino médio, do turno matutino, selecionados aleatoriamente (GIL, 2008). Essa escola dispunha de 10 turmas, biblioteca, quadra de esportes, laboratórios de informática e de ciências, salas de multimídia, dentre outros.

A escolha desse público se baseou no fato de que a temática proposta, ruído de tráfego veicular, está associada aos conteúdos de Acústica, área da Física contemplada nesta série. Além disso, todos esses alunos tinham o livro didático, contendo uma vasta abordagem sobre Acústica, material de apoio importante à prática desenvolvida. Ademais, trata-se de alunos que já cursaram a Física na 1ª série, do que se pode depreender uma vivência inicial dessa disciplina.

5.2.2 Etapas de aplicação do produto

A aplicação do produto educacional consiste na implementação das ações didático-pedagógicas em condições reais de sala de aula ou de espaços não formais de ensino, relatando os resultados dessa experiência (MOREIRA; NARDI, 2009). Para auxiliar neste processo, foram escolhidas técnicas de pesquisa (quadro 3), que em conformidade com as ações desenvolvidas e com as etapas do método didático aplicado, são capazes de atingir extensiva e completa análise (RICHARDSON, 2015).

Quadro 3: Ações didático-pedagógicas e técnicas de pesquisa de acordo com as etapas do método didático.

Etapa do método didático	Ação didático-pedagógica	Técnica de pesquisa
Prática social inicial	Levantamento de conhecimentos prévios e da percepção inicial para as ações desenvolvidas.	Aplicação de questionário fechado e aberto.
Problematização	Exposição dialogada dos problemas postos pela prática e pelo conteúdo, evidenciando as dimensões a serem tratadas no estudo.	Roda de conversa.
Instrumentalização	Exposição dialogada sobre acústica e ruído, leitura orientada de artigos selecionados, aula prática de campo, análise dos dados em laboratório e construção do mapa de ruído.	Observação participante Roda de conversa, aplicação de questionário aberto.
Catarse	Apresentação escrita do relatório da pesquisa, Apresentação oral dos resultados da pesquisa.	Observação participante e reaplicação de questionários fechado e aberto.
Prática social final	Exposição das novas ações pretendidas pelos alunos.	Roda de conversa.

Fonte: Próprio autor.

Prática social inicial

Nesta etapa, que tem como objetivo levantar os conhecimentos prévios dos alunos, inicialmente foi anunciado o tema que seria estudado e, em seguida, foram aplicados dois questionários. Um com questões fechadas (Apêndice A), visando verificar a percepção dos alunos para as ações didático-pedagógicas propostas no produto educacional. O outro, aberto (Apêndice B), contendo questões sobre o ruído de tráfego, utilizadas para determinação do nível de conhecimento dos educandos.

Esse instrumento de coleta de dados é definido por Gil (2008, p.121) como

[...] a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc. [...] Construir um questionário consiste basicamente em traduzir objetivos da pesquisa em questões específicas.

De acordo com o autor, os questionários aplicados proporcionam as respostas requeridas para a descrição das características da população pesquisada. Dessa forma, esse levantamento permitiu reunir informações que foram utilizadas para determinação do nível de conhecimento prévio destes discentes, entendido como aquilo que eles já sabiam sobre o assunto que seria estudado.

Para quantificar as respostas dadas ao questionário do apêndice B e, assim, definir o nível de conhecimento dos alunos, foi feita uma categorização em três níveis, de acordo com Corazza (1991 apud. GASPARI, 2012), a *síncrese*, equivalente ao empírico ou senso comum, a *análise*, que consiste na abstração, na separação dos elementos particulares do todo, e a *síntese*, que é o concreto pensado, um novo concreto mais elaborado, uma prática transformadora.

Problematização

Nesta fase que objetiva questionar a realidade e os conteúdos relacionados, buscando as razões para estudá-los, foram selecionados os principais problemas identificados na prática social e que têm relação com o ruído de tráfego. Para isso, foi realizada roda de conversa, que contou com a participação dos 35 alunos, na qualidade de interlocutores, e do professor, pesquisador, com função de impulsionar o diálogo e participar ativamente dele, visto que o processo pedagógico exige do docente uma atuação mediadora. Nesta direção, a roda de conversa é,

[...] uma forma de produzir dados em que o pesquisador se insere como sujeito da pesquisa pela participação na conversa e, ao mesmo tempo, produz dados para discussão. É, na verdade, um instrumento que permite a partilha de experiências e o desenvolvimento de reflexões sobre as práticas educativas dos sujeitos, em um processo mediado pela interação com os pares, através de diálogos internos e no silêncio observador e reflexivo. (MOURA; LIMA, 2014, p. 99).

Segundo Melo e Cruz (2014), a roda de conversa é um rico instrumento para ser utilizado como prática metodológica no cotidiano pedagógico do ensino médio, pois permite uma comunicação dinâmica e produtiva entre os alunos e o professor. Por meio dela, os participantes têm a oportunidade de expressarem suas impressões, conceitos, opiniões e concepções sobre o tema proposto.

Visando otimizar a aplicação desse instrumento, a turma foi dividida em dois grupos, um com 17 alunos, o outro, com 18. A roda de conversa teve início com uma exposição sobre “Ruído de tráfego veicular: problema ambiental e questão de saúde pública”, cuja finalidade foi suscitar o início do diálogo e direcioná-lo, criando um clima favorável à exposição de ideias e experiências, para o levantamento das dimensões a serem estudadas. Ao final, foram reunidos todos os relatos e definidos os conteúdos e os problemas que deveriam ser respondidos.

Instrumentalização

Nesta etapa, que visa apresentar aos alunos os instrumentos teórico-práticos necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social, foi aplicado um conjunto de ações didático-pedagógicas, que agregaram os mais variados recursos disponíveis, a fim de proporcionar aos educandos as experiências que possibilitassem o confronto mental dos conhecimentos prévios com o conhecimento científico apresentado, para apreenderem o novo conteúdo em suas múltiplas faces.

Esse conjunto de ações, constituído por: exposição dialogada sobre acústica e ruído de tráfego veicular, leitura orientada de artigos científicos do tema, aula prática de campo para coleta de dados, análise dos dados em laboratório e construção de mapa de ruído, foi pensado e planejado para contemplar todas as dimensões definidas na problematização.

Estas estratégias, por sua vez, oportunizaram o uso de recursos tecnológicos e convencionais, tais como: slides, instrumentais de pesquisa, roteiros, aparelho de medição do ruído, câmeras fotográficas e de celular, programas de computador e geotecnologias, que tiveram o propósito de auxiliar e intermediar o ensino-

aprendizagem, além de motivar os alunos a aprenderem com tecnologias. A seguir, são descritas as ações desenvolvidas e as técnicas utilizadas para avaliá-las.

Inicialmente, foram feitas exposições dialogadas sobre acústica e ruído de tráfego veicular, onde foram abordados: o conceito de onda e onda sonora, características e propagação, intensidade e nível sonoro, mecanismo da audição, conceito de ruído, tipos e fontes de ruído, nível equivalente, efeitos do ruído, mecanismos de atenuação, mapeamento de ruído, gestão e controle de ruído ambiental. Essa abordagem teve como objetivo discutir os conceitos necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social inicial.

A opção por esse tipo de intervenção pedagógica se pautou na possibilidade de estabelecer um diálogo com os alunos, levando-os a interpretar, questionar e discutir o conteúdo em estudo, que eles próprios ajudaram a selecionar, já que foram as respostas do questionário de conhecimentos prévios que nortearam tal escolha. Dessa forma, buscou-se a partir da contextualização privilegiar a participação ativa dos alunos.

No segundo momento, com o objetivo de discutir os métodos e técnicas aplicados na pesquisa, foram apresentados para leitura orientada três artigos científicos: Lacerda et al. (2005), Specht et al. (2009) e Bessa, Lima e Silva Júnior (2017). Estes trabalhos versam, respectivamente, sobre o ruído urbano e a percepção da população na cidade de Curitiba – PR, o ruído de tráfego de veículos buscando ações que evitem a geração e/ ou minimizem seus efeitos e a avaliação do ruído de tráfego veicular a partir do mapeamento de ruído realizado em Manaus – AM.

Para dinamizar o processo de leitura, os alunos foram divididos em três grupos. Assim, tiveram um primeiro contato com o que teriam pela frente, um trabalho de pesquisa que envolveu coleta de dados em atividade de campo, análise de dados em laboratório e construção de mapa de ruído. Além disso, puderam levantar questões, dúvidas e discutir em grupo e com o professor possíveis respostas.

Na sequência, foi realizada a atividade prática de campo, que objetivou observar o ambiente pesquisado e coletar dados sobre o ruído de tráfego. Nesta atividade foram levantadas, com o preenchimento do formulário no apêndice A do produto, as grandezas: acústica, morfológicas e de tráfego (quadro 4), a fim de verificar como as variáveis associadas a essas grandezas influenciavam esse fenômeno e, assim, propiciar um amplo e aprofundado conhecimento teórico-prático.

Quadro 4: Grandezas acústica, morfológicas e de tráfego levantadas na aula de campo.

	Variável	Dados Coletados	Método	Fonte
Grandeza acústica	Nível de ruído do tráfego de veículos em dB(A).	Nível de pressão sonora - NPS da área de estudo.	Pesquisa de campo por meio da medição do NPS com decibelímetro.	Visitas <i>in loco</i>
Grandezas morfológicas	Hierarquia da via	Caracterização da via quanto ao sentido de tráfego, número de faixas e velocidade máxima permitida.	Pesquisa de campo por meio de observações, anotações e fotografias.	Visitas <i>in loco</i>
	Recobrimento da via	Características das vias quanto ao recobrimento, categorizando em asfalto, concreto, solo natural e paralelepípedo.	Pesquisa de campo por meio de observações, anotações e fotografias.	Visitas <i>in loco</i>
	Tipo de estabelecimento ao longo da via.	Características dos estabelecimentos presentes no entorno da via, tipificando a área de acordo a NBR 10151/2000.	Pesquisa de campo por meio de observações, anotações e fotografias.	Visitas <i>in loco</i>
Grandeza de tráfego	Fluxo total de veículos e composição do tráfego (leves e pesados)	Quantidade de veículos (leves e pesados) que passam na via em estudo.	Pesquisa de campo por meio de observação, contagem, anotações e filmagem.	Visitas <i>in loco</i>

Fonte: Próprio autor.

Para otimizar a atividade de campo, a turma foi dividida em 5 grupos de 7 alunos, e cada grupo ficou encarregado de realizar a coleta de dados num dos cinco pontos previamente definidos (Hospital São Domingos, Colégio Educator, Uniceuma – Cohama, Colégio Adventista – Centro de Nefrologia de São Luís e Shopping da Ilha), com duração média de 40 min, incluídos o tempo gasto no trajeto. A escolha desses locais teve como critério a presença de escolas, faculdades e/ou hospitais, que exigem um controle mais rígido do ruído.

Antes da saída para o local pesquisado, foram apresentados, em sala, os procedimentos, orientações e formulários necessários para coletar os dados, enfim, todo instrumental para realização da atividade de campo. Além disso, foram designadas algumas funções específicas como a contagem manual dos veículos.

Chegando ao local destinado para pesquisa, todos os equipamentos foram montados na base (figura 23), aparelho de medição do ruído, câmera fotográfica para filmar o tráfego e o celular usado para gravar os valores medidos. Feito isso, a base foi localizada na calçada, num ponto fixo a 2 metros da via e os alunos se prepararam para

de forma sincronizada iniciar o levantamento dos dados acústico e de tráfego e, concomitantemente, efetuarem a contagem manual dos veículos que passavam.

Figura 23: Sistema utilizado para suportar os equipamentos. (A) Câmera de registro do Tráfego; (B) Suporte do celular e do medidor de nível sonoro; (C) exemplo de como o sistema ficou durante a coleta de dados. Fonte: própria.



Fonte: próprio autor.

Durante as medições, que teve duração de 10 minutos, à medida que foram filmados os valores medidos e o tráfego correspondente, alguns alunos fizeram a contagem manual dos veículos, por tipo, enquanto os outros observaram a ocorrência do fenômeno e correlacionaram cada evento em particular com os níveis sonoros obtidos no aparelho, fazendo anotações do ocorrido. Ao final, os dados foram reunidos e discutidos, com a presença do professor, para elaboração das anotações de campo.

Para avaliar a aplicação dessa ação didático-pedagógica, utilizou-se a observação participante. Essa técnica, segundo André e Luke (2013), ocupa um lugar de destaque na pesquisa educacional, sobretudo, quando se trata de pesquisa de campo, pois propicia uma experiência direta do pesquisador com o fenômeno, possibilitando verificar sua ocorrência, que no presente caso é identificar no comportamento e no diálogo dos alunos a realização de operações mentais como: analisar, comparar, criticar, classificar, deduzir, explicar, generalizar, conceituar, dentre outras.

Mais do que acompanhar in loco as experiências dos alunos durante a pesquisa de campo, oportunizando a apreensão dos significados dados por eles à realidade em estudo e às suas próprias ações, a observação participante permitiu, como prevê Mynaio (1994), o professor aproveitar sua experiência no lócus da pesquisa, bem como, da sua intervenção mediadora perante os alunos observados, para modificar e ser modificado pelo contexto em observação.

No encontro seguinte, os dados coletados na pesquisa de campo foram levados ao laboratório de informática para serem analisados. Dessa forma, os alunos construíram gráficos, tabelas e planilhas eletrônicas, usando o Excel, assim como, relacionaram os dados qualitativos levantados, com os resultados obtidos e o cenário observado na atividade de campo. Para tanto, seguiram as orientações do formulário no apêndice B do produto, que continha em forma de questões norteadoras todos os aspectos a serem analisados.

O passo subsequente foi à construção do mapa de ruído usando o programa Google Earth Pro. Para tanto, os alunos utilizaram o roteiro, presente no produto educacional, “Os 10 passos para construção de mapas de ruído”, desenvolvido tendo como base os principais instrumentos de mapeamento de ruído utilizados no Brasil, para adequar, de modo consistente, eficiente e acessível, seu uso ao contexto educacional. Dessa forma, cada grupo construiu o mapa de ruído do seu local pesquisado.

Para avaliar as ações didático-pedagógicas aplicadas, utilizaram-se as questões de 1 a 4 do questionário, disponível no Apêndice C, e roda de conversa, realizada após a catarse, a fim de verificar o que os alunos aprenderam, quais dificuldades tiveram e que importância atribuíram a cada ação. Neste momento, os alunos puderam escrever e relatar o que acharam sobre a metodologia empregada na prática pedagógica, do ponto de vista das aprendizagens e das interações promovidas.

Catarse

Nesta etapa que consiste na expressão elaborada da nova forma de compreender a teoria e a prática social, os alunos tiveram que produzir e entregar o relatório da pesquisa, para isso, foi-lhes apresentado o modelo do apêndice D. Feito isso, os alunos passaram à elaboração do banner para apresentação oral dos resultados do estudo (apêndice E).

A apresentação escrita e oral do relatório da pesquisa foram os instrumentos utilizados para que os educandos traduzissem para si e para os outros, respectivamente, tudo que aprenderam até aquele momento. A avaliação dos alunos na exposição oral levou em conta os seguintes critérios: domínio e segurança na exposição, organização sequencial do conteúdo, clareza e objetividade, utilização de recursos didáticos (banner), domínio e clareza na arguição.

O propósito do relatório da pesquisa foi estimular os alunos a montarem uma síntese escrita, um resumo de tudo que aprenderam com as ações didático-pedagógicas desenvolvidas. Já a apresentação oral, corrobora com um princípio defendido por Vygotsky (2007) de que o educando demonstra que sabe um conteúdo quando fala sobre ele. Além do mais, é um importante meio de divulgação científica.

A apresentação oral foi realizada a um grupo de 20 alunos do 1º ano do ensino médio, do turno matutino, do mesmo Centro de Ensino no qual foi desenvolvida a pesquisa, e contou com a presença do Prof. Dr. Edson Carvalho, Coordenador do MNPEF – Polo UFMA, do Prof. Dr. Eduardo Diniz, Orientador do presente trabalho, de Professores de Física da escola e da comunidade escolar em geral.

Este evento ocorreu na sala de multimídia da escola, e foram utilizados como recurso, os banner's elaborados pelos próprios alunos, tendo como base o relatório da pesquisa. Neste momento, os educandos puderam relatar a experiência vivida, divulgar os resultados do estudo e responder aos questionamentos do público presente.

Com isso, foi possível avaliar se os alunos chegaram à nova síntese mental, entendida como uma nova forma de compreender a realidade, que passa a ser vista em sua totalidade concreta, produto de múltiplas determinações. Para auxiliar neste processo avaliativo, foram reaplicados os questionários de verificação da percepção dos alunos para as ações didático-pedagógicas e conhecimentos prévios, a fim de verificar as mudanças ocorridas ao fim da prática pedagógica.

Prática social final

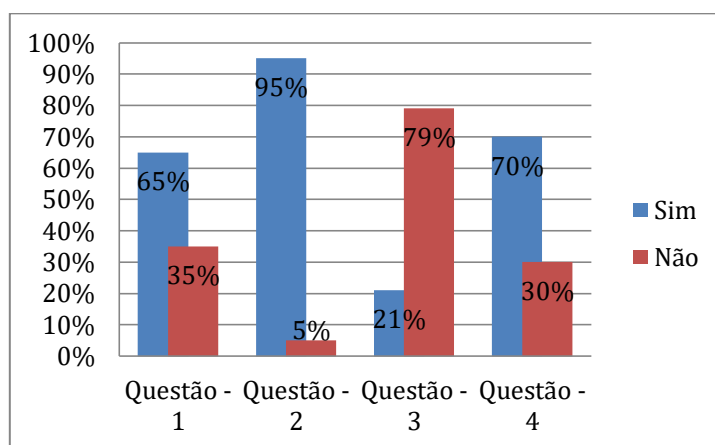
Nesta última etapa do método didático dialético, que consiste em retornar à prática social na perspectiva da práxis transformadora, considerada por Gasparin (2012) a melhor evidência da compreensão da teoria, ocorreu à transposição do teórico para o prático. Nela, os alunos foram convidados a manifestar, por meio de roda de conversa, a nova atitude prática assumida, bem como a nova visão em relação ao conteúdo aprendido e ao método utilizado para aprendê-lo.

6 RESULTADOS

6.1 Da prática social inicial

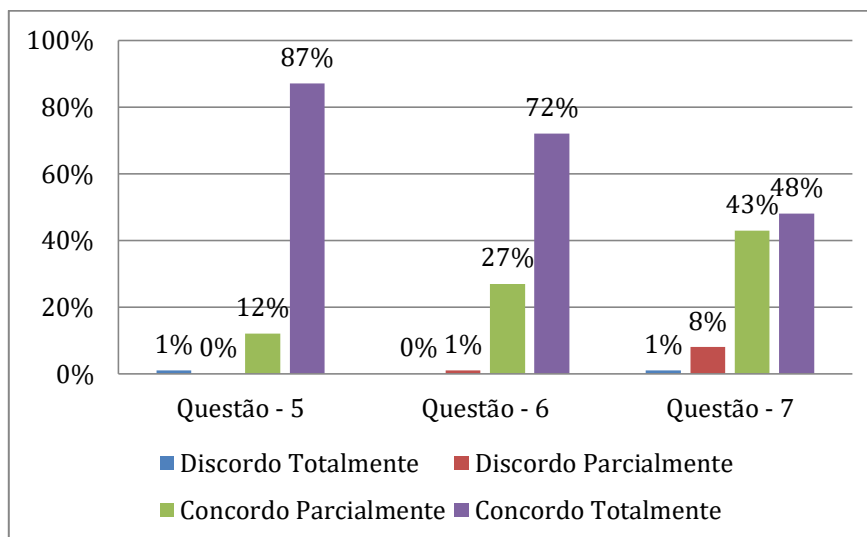
Da aplicação do questionário de verificação da percepção inicial dos alunos para as ações didático-pedagógicas propostas (Apêndice A) foram apurados os resultados apresentados nas figuras 24 e 25.

Figura 24: Percentuais de sim e não das respostas das questões 1, 2, 3 e 4.



Fonte: Próprio autor.

Figura 25: Percentuais de concordância e discordância das questões 5, 6 e 7.



Fonte: Próprio autor.

Quando aplicada a questão – 1: você já participou de atividades práticas nas aulas de Física? 65% (23 alunos) responderam que sim. No entanto, um número significativo de alunos, 35% (12 alunos) afirmaram que nunca tinham participado de

atividades práticas de Física, um dado que impressiona, tendo em vista o vasto campo de possibilidades para implementá-las no ensino dessa disciplina e o potencial que esse tipo de atividade tem de tornar mais eficiente esse ensino.

Indagados na questão – 2: você consegue perceber uma relação entre a Física, o cotidiano e as tecnologias? 95% (33 alunos) disseram que sim, que conseguiam ver uma relação entre essas áreas, enquanto 5% (2 alunos) responderam que não. Isso revela que mesmo alunos que nunca tinham participado de atividades práticas conseguiam perceber uma relação da Física, com o cotidiano e as tecnologias.

Quando investigados na questão – 3: você já participou de alguma atividade prática de Física fora da sala de aula ou do laboratório, como exemplo atividade de campo? 79% (28 alunos) responderam que não e 21% (7 alunos) que sim. O elevado percentual dos que nunca participaram de atividades de campo evidencia que esta ação foi pouco explorada para com esses alunos no ensino de Física, provavelmente provocado pelos entraves burocráticos, financeiros, tempo exímio para organização e o preconceito de professores para com essa atividade (VIVEIRO; DINIZ, 2009).

Por outro lado, os 21% (7 alunos) que disseram que já tinham participado de atividades desse tipo, quando comparados aos 65% (23 alunos) que já tinham tido alguma atividade prática em Física, revelam que desses 65%, 44% (13 alunos) só tinham participado de atividades dentro do ambiente escolar, que na maioria das vezes, se resumem a demonstrações em sala ou experiências em laboratório, o que mostra uma tendência de repetição desses instrumentos.

Interrogados na questão – 4: você consegue relacionar a Física com problemas ambientais e questões de saúde pública? 70% (24 alunos) disseram que sim e 30% (11 alunos) declararam que não. Os alunos que não conseguiam perceber tal relação, ou não tiveram experiências que a propiciasse ou foram ineficientes as oportunidades ofertadas.

Quando perguntados na questão – 5: você concorda que atividades práticas podem contribuir com o aprendizado nas aulas de Física? De todos os pesquisado, 87% (30 alunos) concordaram totalmente. Esse percentual ultrapassa os 65% dos alunos que já tinham participado de atividades práticas em Física, demonstrando que tanto os alunos que tiveram essa experiência, como grande parte dos que nunca a vivenciaram, acreditavam na efetividade dessas ações didático-pedagógicas.

Quando indagados na questão – 6: você concorda que é possível aprender Física fora do ambiente escolar, no cotidiano a partir da interação com o ambiente? Do

total, 72% (25 alunos) concordaram totalmente, 27% (9 alunos) concordaram parcialmente e 1% (1 aluno) discordou parcialmente, o que demonstra uma predominância de opiniões favoráveis a esse tipo de atividade.

Inquiridos na questão – 7: Você concorda que a Física pode auxiliar na solução de problemas ambientais e questões de saúde pública? 48% (17 alunos) concordaram totalmente, 43% (15 alunos) concordaram parcialmente e 9% (3 alunos) discordaram total ou parcialmente. Esses números denotam um cenário de dúvidas por parte do alunado.

No levantamento de conhecimentos prévios sobre ruído (Apêndice B), foram feitas três perguntas: 1. Escreva o que você entende por ruído. 2. Escreva como você percebe a relação entre o ruído e a Física. 3. Estabeleça uma relação entre ruído, problemas ambientais, saúde e bem-estar individual e coletivo. No quadro 5 são apresentadas algumas das respostas dos alunos, nos níveis sincrético e analítico, definidos a partir da caracterização de Corazza (1991 apud. GASPARIN, 2012).

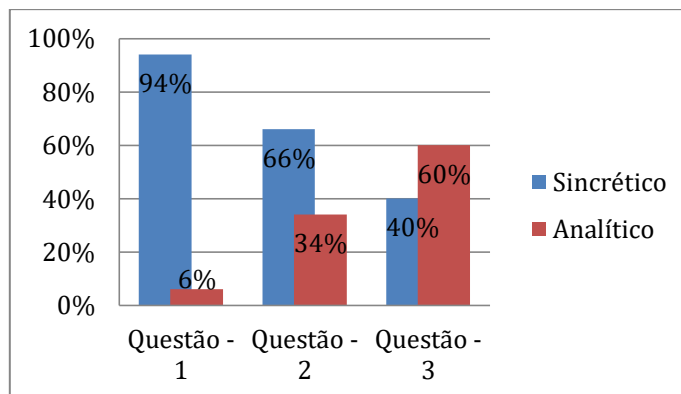
Quadro 5: Exemplos de respostas das questões de conhecimentos prévios.

Questão	Sincrético	Analítico
Questão 1 - Escreva o que você entende por ruído.	<i>Bem no meu ponto de vista ruído é uma zoada irritante que incomoda muito, uma zoada que parece que nunca vai parar.</i>	<i>Um som emitido por algum objeto ou pessoa, com certa frequência, que pode ser monitorada por aparelhos. Algum tipo de poluição sonora que gera incômodo.</i>
	<i>Ruído é todo som que é emitido através de vácuos no ar.</i>	<i>Ruído é todo e qualquer som prejudicial à saúde dos meus ouvidos, barulhos, sons sem nexos, com falta de ritmo ou harmonia.</i>
Questão 2 - Escreva como você percebe a relação entre ruído e a física.	<i>Todo ruído precisa de uma força pra ser emitido, além da necessidade de um meio.</i>	<i>Na Física, o ruído é estudado como uma frequência emitida em certa altura, o ruído pode ser considerado uma onda, no meu ponto de vista.</i>
	<i>A relação acho que é porque quando ocorre alguma reação ou sei lá, ou porque a física estuda várias coisas.</i>	<i>Dentro da Física existe uma ciência chamada ondulatória, e esta ciência estuda ondas. O ruído é causado pela interferência de algumas ondas (de tv, rádio etc).</i>
Questão 3 - Estabeleça uma relação entre ruído, problemas ambientais, saúde e bem estar individual e coletivo.	<i>-Não consigo relacionar ruído com problemas ambientais.</i>	<i>O ruído muitas vezes não é percebido pelos indivíduos no dia a dia, já se tornou normal ouvir buzinas de carros, motos, sons automotivos em alta frequência. Certas vezes causando incômodo à sociedade.</i>
	<i>Os problemas ambientais, de saúde e de bem estar individual e coletivo, tem haver com a falta de ética e de preocupação das pessoas para com o próximo.</i>	<i>O ruído em excesso causa problemas tanto ambientais, quanto à saúde, gerando a poluição sonora que causa problemas auditivos prejudicando a saúde e atrapalhando o bem estar de quem convive com isso frequentemente.</i>

Fonte: Próprio autor.

Na figura 26 são apresentados os resultados da quantificação dessas respostas dadas nesse questionário aberto.

Figura 26: Percentuais por nível das respostas das questões de conhecimentos prévios.

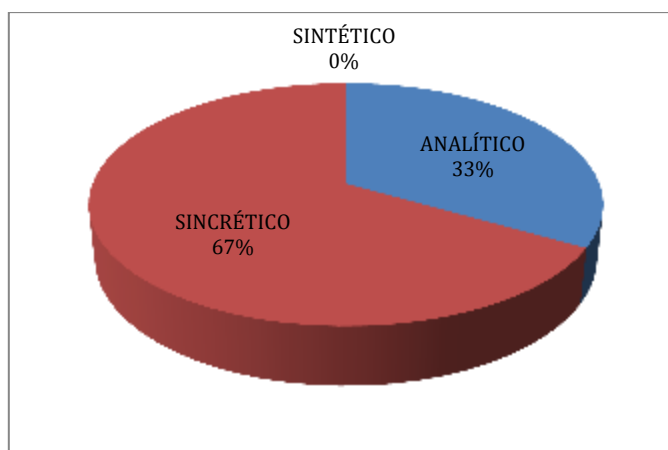


Fonte: Próprio autor.

Os elevados percentuais do nível sincrético para as três questões no levantamento de conhecimentos prévios revelou uma visão caótica e fragmentada dos alunos em relação ao tema ruído, constituída na experiência empírica imediata de cada indivíduo e manifestada nos conceitos espontâneos e de senso comum que apresentaram, do que se pode depreender a não ocorrência do processo de sistematização desse conhecimento.

O maior percentual de analítico na questão – 3 pode ser um indício de que os alunos tenham predisposição positiva em relação aos temas ambientais e questões sociais. Os resultados da figura 26, representados num gráfico combinado, apresentam os percentuais da figura 27, que indicam o nível de conhecimento prévio dos educandos em relação ao tema que seria estudado.

Figura 27: Nível de conhecimento prévio dos educandos.



Fonte: Próprio autor.

Como se pode perceber na figura 27, nenhum dos alunos teve conhecimento prévio no nível sintético. Do total, 67% (23 alunos) apresentaram o nível sincrético e 33% (12 alunos) obtiveram o nível analítico. O percentual de alunos no sincrético evidencia que a maioria dos pesquisados ainda não acessou o conhecimento sistematizado relativo a esse tema. E ainda que o processo de sistematização tivesse sido iniciado, como no caso dos que atingiram o analítico, ele se deu parcialmente.

6.2 Da problematização

Durante a roda de conversa cada aluno teve a oportunidade de expor seu ponto de vista e seus questionamentos a respeito da temática em diálogo, sendo ouvido com atenção pelos colegas. No início os alunos estavam um pouco tímidos, mas com o transcorrer das falas, a maioria deles se sentiu motivada, e até os mais calados fizeram questão de compartilhar sua experiência e/ou dúvida.

Surgiram relatos do tipo: *a minha rua é bem barulhenta, isso incomoda bastante, quando eu fico muito tempo ouvindo música com fone de ouvido a minha cabeça fica doendo. Será se doentes em hospitais à beira de grandes avenidas se incomodam com o ruído? E as pessoas que trabalham nas avenidas, como ambulantes, flanelinhas, guarda de trânsito, o que sentem?*

A partir dessas indagações dos próprios alunos na roda de conversa, chegou-se aos principais problemas relacionados com o ruído de tráfego veicular e, por conseguinte, às dimensões que foram discutidas nas ações didático-pedagógicas desenvolvidas.

- Científica: Por que nas proximidades de hospitais, clínicas, escolas e faculdades o ruído deve ser controlado? Qual a importância da medição do ruído? O que acontece quando ficamos expostos ao ruído? Que medidas podem ser tomadas para reduzir o ruído? Como o tipo de veículo pode influenciar o ruído?
- Conceitual: o conceito de onda, onda sonora: conceito, características e propagação, conceito de ruído, características, intensidade e nível sonoro, e o mecanismo da audição.
- Cultural: Falta de conscientização da população.

- Social: Quais problemas à saúde e bem estar das pessoas podem ocasionar a exposição a ruídos? O que faz do ruído uma questão de saúde pública?
- Ambiental: Por que o ruído é considerado um problema ambiental? Quais impactos ambientais podem ser ocasionados pelo ruído?

6.3 Da instrumentalização

6.3.1 Das aulas expositivas dialogadas

Perguntados no questionário de ações didático-pedagógicas (Apêndice C), questão – 1: você teve a oportunidade de assistir duas aulas expositivas dialogadas sobre o tema: *acústica e ruído*, onde foram tratados: o conceito de onda, conceito de som e ruído, como são gerados, como se propagam, características do ruído, como são percebidos pelo ouvido, quais os seus efeitos danosos, etc. De que modo estes conceitos contribuíram para a construção da base teórica da pesquisa? Que importância você atribui a essas aulas? Os alunos relataram as opiniões do quadro 6.

Quadro 6: Exemplos de respostas da questão – 1 de avaliação das ações didático-pedagógicas.

<i>Os conceitos foram fundamentais para o melhor entendimento da proposta da pesquisa e para que ela fosse desenvolvida de forma mais fácil. As aulas serviram de apoio e aprofundamento do conteúdo.</i>
<i>A importância atribuída nessas aulas, tendo como base o tema acústica e ruído juntamente com seus conceitos proporcionou uma ampla visão sobre como elas se propagam como se formam e principalmente suas consequências.</i>
<i>Contribuíram para um entendimento amplo do assunto abordado de forma que nos possibilitou relacionar a realidade com a teoria aprendida nas aulas.</i>
<i>Os conceitos atribuídos em sala foram de extrema importância para entendermos o trabalho e porque deveria ser feito devido sua importância social.</i>
<i>Contribuíram de forma positiva, ajudando a compreender alguns fatos. As aulas foram de extrema importância para conhecer um fenômeno que é tão presente no dia a dia da sociedade, mas que não é notado.</i>

Fonte: Próprio autor.

As opiniões dos alunos indicam um núcleo comum de pensamento, expresso na relevância dada aos conceitos trabalhados em sala para um desenvolvimento mais efetivo da pesquisa. À medida que essas aulas tiveram como foco a teoria necessária para a prática, os alunos tiveram a oportunidade de relacionar, em unidade, teoria e prática, proporcionando uma ampla e consistente visão sobre o ruído de tráfego, embasada nos conceitos científicos que o envolve.

6.3.2 Da atividade prática de campo

As anotações realizadas por intermédio da observação dos alunos durante a atividade de campo foram reunidas, categorizadas por tipo em: Fluxo de veículos, Fontes do ruído, Valores de ruído medidos, Incômodo sentido, Percepção da atividade, e apresentadas no quadro 7. Em todos os grupos perceberam-se elementos comuns de observação, pois os locais pesquisados apresentavam características semelhantes.

Quadro 7: Exemplos de anotações realizadas na atividade prática de campo.

Fluxo de veículos	<i>É grande a quantidade de veículos leves – carros de pequeno porte. Também é grande o fluxo de veículos pesados: caminhões e ônibus.</i>
	<i>É um lugar bastante movimentado – trânsito intenso – grande fluxo de veículos – fluxo fica intenso, depois menos intenso – caráter flutuante, variável. Predominância de veículos leves – muitos veículos leves.</i>
Fontes do ruído	<i>Motores dos carros influem no ruído. Buzinas, veículos leves e principalmente motos fazem mais barulho. Não existe um tamanho específico de veículo para o barulho que faz, motos e carros pequenos fazem mais barulho que carros grandes.</i>
	<i>O ruído aumenta na passagem de motos, com a buzina dos ônibus, na passagem de caminhão. A priori os alunos pensavam que o nível maior de ruído seria do maior veículo. Mas tem motos que fazem mais barulho.</i>
Valores de ruído medidos	<i>Os valores do equipamento ficam mudando continuamente entre 65 e 78, mas também sai dessa média. Com o barulho da sirene da ambulância aumentou para 80 no aparelho.</i>
	<i>No momento em que passaram caminhões o valor aumentou. À medida que veículos pesados passavam aumentava a medida no aparelho. O fluxo intenso de ônibus e caminhões elevavam o nível medido no aparelho.</i>
Incômodo sentido	<i>Incomoda a quantidade de veículos que passam – maior nível de ruído – muita buzina. Foi levantada a questão da presença de uma barraca no canteiro, quanto aos efeitos sobre a vendedora por exposição contínua ao ruído.</i>
	<i>Os alunos sentiram um incômodo – mesmo com o tempo curto de exposição. Eles entendem que com um tempo de exposição maior, maior seria o incômodo.</i>
Percepção da atividade	<i>Trabalho muito interessante, conseguimos relacionar a passagem e fluxo de veículos com os valores medidos no aparelho.</i>
	<i>Não tínhamos ideia do incômodo causado pelo barulho dos carros, passava despercebido. É bem legal perceber na prática e medir isso.</i>

Fonte: Próprio autor.

Nessas anotações de campo observaram-se indícios da realização de operações mentais, tais como: análise, comparação, classificação, dedução, explicação,

generalização, dentre outras, pertinentes à etapa de instrumentalização e resultantes do processo de mediação, essencial ao surgimento da síntese (CORAZZA, 1991 apud GASPARIN, 2012).

Quando os alunos foram interrogados no questionário de avaliação das ações didático-pedagógicas (Apêndice C), questão 2: na pesquisa de campo você teve a oportunidade de perceber e verificar na prática, in loco, o fenômeno ruído de tráfego veicular, bem como levantar dados e verificar os fatores que mais influenciam para os altos níveis de ruído apresentados nestes locais. Nesta perspectiva, de que modo à pesquisa de campo contribuiu para a compreensão do fenômeno ruído de tráfego? Qual a importância você atribui à pesquisa de campo? Quais as dificuldades nessa etapa? Eles apresentaram as respostas do quadro 8.

Quadro 8: Exemplos de respostas da questão – 2 de avaliação das ações didático-pedagógicas.

<i>Ela contribuiu para entender como funciona na realidade a questão do ruído, como afeta a população que sofre constantemente com esse problema. A pesquisa de campo foi um fator fundamental para a compreensão da área pesquisada e os fatores que influenciam o problema do ruído no local, não houve dificuldades.</i>
<i>A pesquisa de campo foi bem interessante, porque paramos para prestar atenção nesse ocorrido e com o medidor pudemos ver como isso é interessante. Eu amei muito, pois não ficou só na teoria, mas foi para a realidade.</i>
<i>Na pesquisa de campo, nós tivemos a oportunidade de presenciar e sentir como o ruído causado pela pista e os carros são prejudiciais à nossa saúde. Descobrimos a importância disso através do incômodo que o ruído transmite. A maior dificuldade na pista de campo é a contagem de veículos pequenos, pois é feita a olho, é necessário habilidade.</i>
<i>A importância do trabalho de campo contribuiu para verificar na prática o ruído de tráfego, suas influências e os seus níveis de apresentação. A importância da pesquisa de campo é justamente apresentar as dificuldades como falta de infraestrutura completa e consciência dos motoristas no tráfego.</i>
<i>É muito mais fácil compreender e amadurecer o conhecimento teórico a partir da visualização do fenômeno acontecendo. Assim a pesquisa de campo foi fundamental para melhor compreensão do fenômeno estudado sem apresentar nenhuma dificuldade.</i>

Fonte: Próprio autor.

A partir desses relatos, verificou-se claramente a importância da atividade de campo como estratégia que permitiu o aluno vivenciar na prática o fenômeno ruído de tráfego veicular, oportunizando o contato direto com a realidade, que se tornou mediadora da aprendizagem, permitindo o desenvolvimento do conhecimento teórico-prático e, conseqüentemente, um aprendizado mais efetivo.

6.3.3 Da análise dos dados no laboratório de informática

Indagados no questionário de avaliação das ações (Apêndice C), questão 3: na etapa de análise dos dados você teve a oportunidade de analisar qualitativa e quantitativamente os aspectos que influenciam o fenômeno ruído, assim como suas contribuições, construímos gráficos e tabelas. Que importância você atribui a essa etapa para o entendimento do fenômeno ruído? E para o desenvolvimento da pesquisa? Quais as dificuldades nessa etapa? Os alunos deram as respostas do quadro 9.

Quadro 9: Exemplos de respostas da questão – 3 de avaliação das ações didático-pedagógicas.

<i>Ao apresentar a pesquisa é extremamente necessária a presença dos gráficos e tabelas, para comprovar que aquilo que está sendo passado aos indivíduos é real. Dificuldade não é a palavra certa a ser usada, porém ao passar os dados coletados para os gráficos e tabelas, foi preciso muita atenção para evitar qualquer equívoco.</i>
<i>A importância dos gráficos e tabelas contribuiu para o desenvolvimento da pesquisa para a realização dos dados, conclusão do trabalho. As dificuldades são mais relacionadas à construção dos mesmos de maneira que nada fique de fora e a leitura correta.</i>
<i>Foi através dessa etapa que tivemos o entendimento e evoluímos na nossa pesquisa sobre o ruído. Não tivemos dificuldades, pois o resultado do trabalho foi claro e deu a entender todo o processo feito.</i>
<i>Nas análises qualitativas e quantitativas foram notados os números elevados e quão grave é o nível de ruído e como afeta a saúde das pessoas e elas nem percebem. Dificuldade nessa etapa também não foram problemas para mim.</i>
<i>Com o entendimento do fenômeno do ruído foi possível perceber o problema nos locais pesquisados. Para o desenvolvimento da pesquisa foi possível transformá-lo em algo visível. Não houve dificuldades.</i>

Fonte: Próprio autor

Da análise das declarações dos alunos, apurou-se que essa ação não só melhorou o entendimento da pesquisa, como também, tornou mais claras as informações coletadas em campo, permitindo enxergar e compreender as relações existentes entre as diferentes variáveis que influenciam o fenômeno e as suas consequências, favorecendo o desenvolvimento de uma visão sistêmica. Apesar de ser uma atividade que inspira bastante atenção, os alunos não tiveram dificuldades em realizar as análises qualitativas e quantitativas com o instrumental proposto.

6.3.4 Da construção do mapa de ruído usando o Google Earth Pro

O quadro 10 apresenta o resultado da aplicação dessa ação didático-pedagógica, apurado através da questão 4 (Apêndice C): na etapa de elaboração dos mapas de ruído você teve a oportunidade de representar numa cartografia em escala de

cores a distribuição do ruído nos locais pesquisados, de acordo com os dados coletados nos dias e horários estabelecidos na pesquisa. Que importância você atribui a este mapa para o entendimento do fenômeno ruído, da exposição da população, e das possíveis estratégias de intervenção nestes locais? Quais as dificuldades nessa etapa?

Quadro 10: Exemplos de respostas da questão – 4 de avaliação das ações didático-pedagógicas.

<i>Compreensão mais ampliada do ruído, da exposição da população e das possíveis estratégias de intervenção, tudo isso é mostrado no mapa. Dá uma visão melhor sobre as dificuldades do ruído nos locais. As dificuldades foram à falta de experiência do aplicativo.</i>
<i>A intensidade do ruído no mapa foi determinada por cores nos permitindo “enxergar” o ruído no mapa, facilitando a compreensão. A maior dificuldade encontrada foi transferir os dados para o mapa, (aplicativo) do qual não tínhamos habilidade suficiente.</i>
<i>A elaboração dos mapas de ruídos mostra de uma forma mais clara e visual um fenômeno naturalmente sonoro, sem apresentar dificuldade tendo em vista que houve o auxílio de um roteiro para o uso do programa “Google Earth”.</i>
<i>Foi a través dos mapas que vimos quais locais estavam mais afetados e em quais partes da avenida a população estava mais vulnerável. Após fazermos todo o processo no aplicativo, tivemos mais clareza. A dificuldade dessa etapa foi à elaboração do mapa, pois na primeira houve um certo problema que tivemos que refazer novamente.</i>
<i>Com os mapas foi possível perceber através de imagens o problema do ruído nos locais das pesquisas. Dificuldades com o aplicativo para montar os mapas.</i>

Fonte: Próprio autor

No discurso dos alunos é explícita a extrema relevância dada a essa ação didático-pedagógica, principalmente porque permite visualizar o ruído de tráfego nos locais pesquisados, propiciando uma vasta compreensão desse fenômeno, da exposição da população e das formas de intervenção para o controle e atenuação desse ruído. Alguns alunos apresentaram dificuldades devido à pouca experiência no uso do Google Earth Pro, que logo foram solucionadas com algumas explicações.

Na roda de conversa realizada para avaliar essa ação, os alunos destacaram a importância das ferramentas computacionais na organização e operacionalização dos dados, especialmente, na construção dos mapas de ruído usando o software Google Earth Pro, que consideram essencial para a pesquisa. Deram ênfase à aplicação das cores utilizadas para representar as zonas mais afetadas pelo ruído de tráfego e, assim, poder materializar em imagem o que antes se restringia apenas à percepção sonora.

6.4 Da catarse

Seguindo as orientações e o modelo proposto (apêndice D), os alunos elaboraram o banner (apêndice E), que foi utilizado como recurso para apresentação oral dos resultados do estudo sobre o ruído de tráfego. Nele, os alunos montaram uma

síntese escrita de tudo que produziram, das informações mais relevantes tratadas na pesquisa e de seus principais resultados, mostrando um resumo do que aprenderam com as ações didático-pedagógicas desenvolvidas.

Os alunos iniciaram a apresentação oral com uma breve introdução sobre o ruído de tráfego veicular, mostraram o objetivo da pesquisa. Depois, passaram à metodologia, onde falaram sobre os materiais e métodos utilizados. Posteriormente, em resultados e discussão, apresentaram as tabelas, gráficos e o mapa de ruído produzido. Ao final, foi apresentada a conclusão, com algumas estratégias de intervenção para atenuar e controlar o ruído de tráfego no espaço urbano.

Durante a exposição oral, os alunos se sentiram bastante seguros e discorreram de forma clara e concisa sobre o ruído de tráfego. Fizeram o uso correto da terminologia científica, utilizaram o recurso adequadamente e responderam com segurança os questionamentos dos presentes. Esses resultados são indicativos do desenvolvimento de atitudes, capacidade investigativa, autonomia intelectual, reflexão crítica e participação ativa.

Para avaliar essa ação didático-pedagógica, os alunos tiveram que responder a questão 5 do Apêndice C: Descreva quais mudanças atitudinais e comportamentais foram incorporadas pelo estudo da problemática do ruído (*O que mudou em sua vida depois da pesquisa? Como você percebe hoje o problema do ruído?*). Que importância você atribui à pesquisa, como um todo, para essa mudança de atitude e comportamento? De que forma o estudo sobre ruído contribuiu para sua formação enquanto cidadão? Relate uma ou mais experiências que você tenha tido relacionada com o ruído depois da pesquisa. Algumas dessas respostas foram apresentadas no quadro 11.

Quadro 11: Exemplos de respostas da questão – 5 de avaliação das ações didático-pedagógicas.

<i>Bom, as mudanças foram várias mais creio eu que a principal foi o uso de fone de ouvido. Antes não sabia muitas das consequências, agora sei que se usar no máximo, por exemplo, aquilo pode trazer consequências extremas, aprendi a ter mais consciência. Percebi no cotidiano por coisas que antes pensava que eram normais. Vejo como a população é ignorante de certa forma. Com o estudo acredito que me ajudou a me tornar uma pessoa mais consciente em meus deveres como cidadã.</i>
<i>A forma como eu percebo o ruído no dia a dia e como eu me preocupo com o mesmo mudou meu jeito de “ver” o barulho e minha preocupação com a saúde. Me tornei um cidadão mais atento e observador aos malefícios do ruído.</i>
<i>Após diversas pesquisas sobre o problema ambiental do ruído, eu pude perceber de forma mais nítida o quanto o ruído incomoda. Nossa pesquisa teve como objetivo levantar soluções para mitigar o nível de ruído em alguns pontos estratégicos da cidade de São Luís. Vale ressaltar que foi muito importante na conscientização das pessoas envolvidas. Por estar diariamente nas ruas, indo à escola ou curso, sempre estou exposta a elevados níveis de ruído principalmente de veículos, porém, só percebi esse problema após tomar conhecimento da pesquisa.</i>

Antes eu não percebia o ruído, com a participação e colaboração com esse projeto, mudou completamente as minhas atitudes e comportamentos perante a um problema alarmante, mas que não recebe sua devida atenção. A pesquisa contribuiu para que eu entendesse melhor esses ruídos e os graves problemas à saúde que ele causa e me incentivou a buscar meios de melhoria. Depois da pesquisa o ruído que antes era imperceptível para mim, passa a ser percebido por mim em nível maior, e pensar o quanto nós cidadãos estamos expostos a esse problema.

Ocorreram mudanças comportamentais do tipo de me pegar pensando no problema cotidiano e formas de resolver tais ruídos ocorridos nas ruas, mudou minha percepção como cidadão, procurar não contribuir com o ruído, que a pesquisa foi de extrema importância para abrir meus olhos em relação a isso, que antes da pesquisa não dava devida importância.

Antes da pesquisa o ruído não era notado por mim, hoje em dia percebo a gravidade do problema. A pesquisa teve impacto direto na minha vida e percebi que deveria adotar comportamentos diferentes. Durante uma caminhada pela via pesquisada, fiquei exposto e percebi o quanto é ruim.

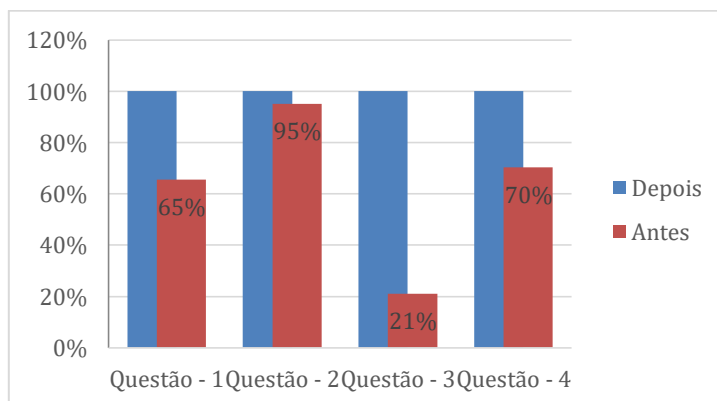
Hoje é mais fácil perceber o ruído nos diversos ambientes, o que antes era banal hoje é mais perceptível. A pesquisa foi um meio de conhecer melhor o ruído, que é um problema cotidiano, e mudar a visão sobre essa problemática, buscando meios de intervir para proporcionar uma melhoria na qualidade de vida da população. Como cidadã a questão ganhou uma maior visibilidade e interesse em tentar promover a diminuição do ruído.

Fonte: Próprio autor.

Nessas respostas, constatou-se que os alunos não só passaram a compreender o ruído como problema ambiental e questão de saúde pública, como também, mudaram de atitude frente a essa problemática, se tornando cidadãos mais conscientes e críticos, preocupados com as questões socioambientais e com a melhoria da qualidade de vida da população, um desertar para a ação transformadora.

Ao final, com a reaplicação do questionário de verificação da percepção dos alunos para as ações didático-pedagógicas propostas (apêndice A), foram gerados os gráficos das figuras 28 e 29, que apresentam, respectivamente, o comparativo das respostas apresentadas nas questões 1, 2, 3 e 4, registrando a percepção desses alunos antes e depois da aplicação do produto educacional, e os percentuais de concordância e discordância para as ações desenvolvidas.

Figura 28: Percentuais de sim comparativo das respostas das questões 1, 2, 3 e 4.

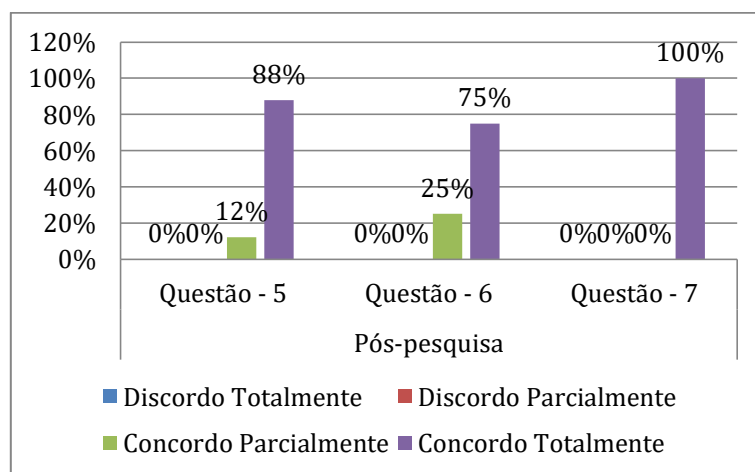


Fonte: Próprio autor.

Verificou-se nos resultados da figura 28 que para todas as questões atingiu-se 100% de alunos que disseram sim, o que significa para cada questão na sequência:

- Questão – 1: que esta foi à primeira participação em atividades práticas de Física de 35% (12 alunos);
- Questão – 2: que os 5% (2 alunos) que não conseguiam perceber a relação entre a Física, o cotidiano e as tecnologias, passaram a percebê-la. O que mostra que a proposta desenvolvida propiciou essa relação;
- Questão – 3: que esta foi à primeira participação em atividades práticas de campo em Física de 79% (28 alunos);
- Questão – 4: que os 30% (10 alunos) que não conseguiam perceber uma relação entre a Física, problemas ambientais e questões de saúde pública passaram a percebê-la. O que demonstra que a proposta desenvolvida promoveu essa relação.

Figura 29: Percentuais de concordância e discordância das questões 5, 6 e 7.



Fonte: Próprio autor.

Verificou-se nos dados da figura 29, que para todas as questões alcançou-se 100% de respostas concordando total ou parcialmente, o que quer dizer para cada questão na sequência:

- Questão – 5: que 88% (31 alunos) concordaram totalmente que as atividades práticas podem contribuir para o aprendizado aulas de Física, enquanto 12% (4 alunos) concordaram parcialmente com essa possibilidade. Esses números demonstraram que nenhum aluno discordou parcial ou totalmente que essas atividades pudessem contribuir para que o aluno aprendesse mais nas aulas de Física.

- Questão – 6: que 75% (26 alunos) e 25% (9 alunos) concordaram total e parcialmente, respectivamente. Esses percentuais tiveram um acréscimo após a aplicação do produto, reforçando a percepção favorável dos alunos em relação à aprendizagem fora do ambiente de sala de aula, no cotidiano, na interação com o ambiente.
- Questão – 7: que 100% (35 alunos) concordaram totalmente com a possibilidade de a Física auxiliar na solução de problemas ambientais e questões de saúde pública.

No quadro 12 foram apresentadas algumas das respostas dos alunos, nos níveis sintético e analítico, definidos a partir da caracterização feita por Corazza (1991 apud. GASPARIN, 2012).

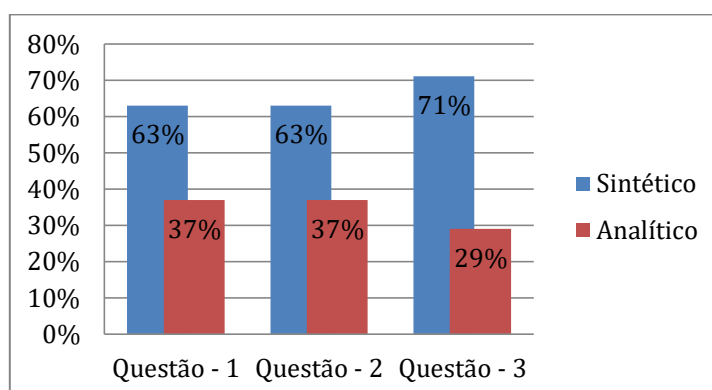
Quadro 12: Exemplos de respostas das questões reaplicadas de conhecimentos prévios.

Questão	Analítico	Sintético
Questão 1 - Escreva o que você entende por ruído.	<i>São barulhos não harmônicos e incômodos.</i>	<i>Ruído é algo presente em nosso cotidiano não podemos ver, mas o reconhecemos por meio da nossa audição. Ele não é só um problema ambiental, mas sim de saúde pública, já que o ruído está presente completamente na vida das pessoas e quando elas estão constantemente expostas a esses ruídos podem causar diversos problemas de saúde e correndo o risco de perder a própria audição.</i>
Questão 2 - Escreva como você percebe a relação entre ruído e a física.	<i>A principal relação acredito que seja através da propagação que são as ondas e etc. através das ondas vemos a física.</i>	<i>Sim. O ruído é um som (sem harmonia), portanto, é também onda sonora por exemplo, quando falamos o som sai e se propaga até chegar no receptor. O ruído causado por ônibus por exemplo, é uma onda sonora de intensidade elevada. Ruído é igual a som que é onda sonora, portanto há relação entre o ruído e a física.</i>
Questão 3 - Estabeleça uma relação entre ruído, problemas ambientais, saúde e bem estar individual e coletivo.	<i>O ruído é um som sem harmonia, ele causa estresse, hipertensão, problemas auditivos, problemas gastrointestinais.</i>	<i>O ruído é um problema ambiental, assim como a poluição do ar e das águas, ela está situada em vários pontos das cidades e em níveis elevados. O ruído, é visto também como um problema de saúde, já que quando alguém é exposta diariamente a esses ruídos, mesmo sem problemas pode causar problemas de saúde, como problemas gastrointestinais, dores de cabeça, estresse, insônia e etc..</i>

Fonte: Próprio autor.

Reaplicado o questionário de conhecimentos prévios sobre o ruído (apêndice B) e quantificados devidamente como feito no início do estudo, foram apurados os resultados apresentados na figura 30.

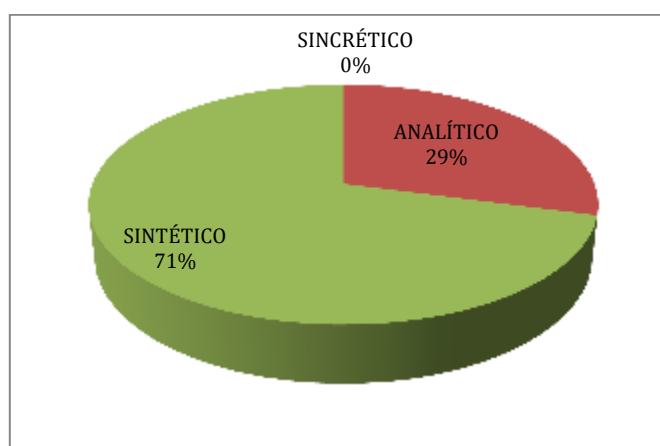
Figura 30: Percentuais por nível da reaplicação das questões de conhecimentos prévios.



Fonte: Próprio autor.

Como se pode perceber na figura 30, não se obteve respostas no nível sincrético, o que denota a ocorrência de uma transposição para níveis mais elevados, analítico ou sintético. Essas respostas foram combinadas para gerar a figura 31, que indica o nível de conhecimento final dos educandos.

Figura 31: Nível de conhecimentos final dos educandos.



Fonte: Próprio autor.

Esses dados mostram que 71% (25 alunos) incorporaram o conhecimento sistematizado no nível sintético, enquanto 29% (10 alunos) obtiveram o nível analítico. O fato de não se obter alunos no nível sincrético, demonstra que todos os alunos participantes têm um nível mais elaborado de conhecimento, favorecido pelo processo de sistematização das ações didático-pedagógicas desenvolvidas.

6.5 Da prática social final

Da roda de conversa realizada objetivando um último momento de diálogo para concluir a avaliação da aplicação do produto educacional, foram obtidas respostas curtas e objetivas dos alunos, concernentes à pragmática do estudo – as lições sobre o tema que constituíram marcas de aprendizado para a vida. As reações dos educandos foram as seguintes:

- Aluna 01: Externou o entendimento de que o ruído é algo presente na vida moderna. Em qualquer lugar o mesmo pode se apresentar, de variadas formas, e o pensamento de solucionar tal questão nos diversos cenários se tornou recorrente.
- Aluno 02: Explicou sobre a diferença que o conhecimento causou em sua vida, exemplificando que poderia visualizar graficamente o mapa de ruído, inclusive com jogo de cores, de um lugar habitual.
- Aluno 03: Considerou a particularidade dos levantamentos de dados na representação matemática probatória do problema de saúde pública causado pelo ruído. Enfatizou, ainda, a ociosidade dos gestores públicos quanto à questão.
- Aluna 04: Relatou que passou a relacionar problemas de saúde com o ruído, tais como dor de cabeça, estresse e até mesmo outros desconfortos, como dor no estômago, que antes eram focados em outras razões, diante da ignorância sobre a quantidade de exposição gratuita aos sons considerados como ruídos.
- Aluna 05: Exclamou que após o projeto percebeu o quanto estava acostumada à exposição do ruído, de uma forma naturalizada aos sons urbanos, ignorando a afetação dos mesmos no tocante às consequências para a saúde – insônia, falta de concentração, dores de cabeça, entre outras.
- Aluno 06: Versou sobre sua rotina de ida para a escola em uma das avenidas mais movimentadas da ilha de São Luís (Av. Jerônimo de Albuquerque) e do quanto ele mantinha o percurso inconcebível diante das mazelas dos ruídos intensos do referido local. Continuou levantando a questão, que após os estudos e compreender a gravidade para a saúde e

o meio ambiente, pôde, enfim, sentir incômodos com o barulho dos veículos e demais ruídos.

- Aluno 07: Destacou a pesquisa de campo e o nível de afetação a qual todos são atingidos, através das rotinas diárias no meio urbano. Utilizou a expressão “refém” para se referir ao nível de condicionamento humano na questão de absorção dos ruídos como normalidade no dia a dia e esquecimento posterior dos efeitos negativos para a saúde ao final da jornada diária.
- Aluno 08: Considerou a importância da pesquisa de campo e elaboração dos mapas, sendo esta etapa crucial para observar o comportamento das pessoas sujeitas aos efeitos nocivos do ruído e como estas mantêm uma inércia para mudar a realidade da problemática dos ruídos. Finalizou generalizando os barulhos diversos como ruídos.

Após falarem sobre o que aprenderam com as ações didático-pedagógicas desenvolvidas, os alunos teceram as considerações finais, declarando que o ruído veicular não é simplesmente som ou onda, em sentido estrito da Física, mas coaduna importâncias de estudo e ações tangentes ao meio ambiente e à saúde pública, demonstrando a relevância do estudo e suas aplicações.

Dessa forma, evidenciou-se o alcance do produto educacional compartilhado e trabalhado junto aos alunos representantes do ensino médio, que tratou de levantar a importância desse estudo para o aprendizado dos educandos de toda a rede pública de ensino, carente de pesquisas na área, com foco em conexões teórico-práticas, e com potencial de conceber nas mentes de quem delas participam a relevância social e o caráter de gestão pública a que o ruído deve se submeter.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão sobre as práticas descontextualizadas do ensino de Física pautou-se na ineficiência das metodologias de ensino que privilegiam à mera transmissão de conteúdos estáticos e desconectados da realidade social, aprendidos de forma mecânica e memorizada, deixando de lado o seu real propósito que é promover um ensino capaz de preparar o educando para enfrentar os desafios da vida em sociedade.

Entende-se que para uma efetiva aprendizagem, o ensino precisa ser significativo para o aluno, e para isso, deve privilegiar a conexão do que é ensinado em sala com o contexto social. Portanto, o ensino precisa ser contextualizado para ser atraente, motivador e eficiente no desenvolvimento das capacidades dos educandos.

Esse foi um dos desafios assumidos neste trabalho, que teve como objetivo propiciar uma prática pedagógica contextualizada e problematizadora, que possibilitasse a apreensão das múltiplas dimensões inerentes ao ruído de tráfego veicular, a partir de ações didático-pedagógicas pautadas no mapeamento de ruído usando o programa Google Earth Pro (GEPPro).

Os resultados mostraram que os alunos, apesar de não terem o hábito de realizar atividades práticas, conseguiam relacionar que a realização de tais atividades são facilitadoras da aprendizagem, principalmente, se forem associadas ao uso de tecnologias. Com o número de 79% (28 alunos) que nunca tinham participado de atividades práticas de campo, aprovaram o uso dessa estratégia no ensino de Física, passando a vê-la com “outros olhos”, relacionando-a com problemas ambientais e questões de saúde pública.

Da problematização se obteve as dimensões que nortearam todo o trabalho (conceitual, cultural, social e ambiental), na qual as ações realizadas na instrumentalização, como as aulas expositivas dialogadas, a atividade prática de campo, a análise dos dados no laboratório de informática, e a construção dos mapas de ruído usando o Google Earth Pro, levaram a incorporação de novos conhecimentos e novas atitudes frente à problemática em estudo, o desenvolvimento de capacidades que caracterizam a evolução em especial ascendente dos alunos.

Ter como ponto de partida e de chegada a prática social dos educandos, foi um diferencial para a construção do conhecimento. As TIC's e a geotecnologia Google Earth Pro foram consideradas primordiais para o sucesso da pesquisa e dos resultados

de aprendizagem obtidos, uma vez que os alunos puderam materializar todos os conhecimentos em um produto. Verificou-se que os alunos se sentiram bastante motivados em estudar a problemática do ruído de tráfego que eles próprios vivenciam no cotidiano, mostrando-se preocupados com os efeitos à saúde da população.

Dessa forma, o ensino com pesquisa desenvolvido oportunizou os alunos assumirem o papel de protagonistas na investigação, pois à medida que passaram a atuar como pesquisadores, se inseriram como conhecedores da realidade pesquisada, na promoção de soluções às demandas sociais. Assim, a escola se destaca enquanto núcleo de produção científica capaz de promover estudos e pesquisas que atendam às necessidades da comunidade a qual está inserida.

A maioria dos educandos passaram de conhecimento sincrético (concreto percebido) para o sintético (concreto pensado), o conhecimento elaborado, demonstrando que desenvolveram atitudes, autonomia intelectual, capacidade investigativa, consciência crítica e reflexiva, corroboradas na apresentação oral dos resultados da pesquisa sobre ruído.

Com isso, apreenderam o ruído de tráfego veicular em suas múltiplas dimensões, passando a compreendê-lo, não so como conteúdo da Física, mas como problema ambiental e questão de saúde pública, uma nova forma de ver a realidade, agora, em sua totalidade concreta. Todos esses resultados atestam a efetividade das ações didático-pedagógicas desenvolvidas, fazendo do produto educacional uma proposta adequada para ser aplicada em escolas.

Essa pesquisa não se encerra por aqui. De sua aplicação com os alunos, foi desenvolvido o projeto (Mapeamento de ruído a partir de modelagem computacional: possibilidades de intervenção para o espaço urbano), que foi submetido e aprovado no edital 004/2018 - Geração Ciência do Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão (FAPEMA), destinado a pesquisas do ensino médio.

Portanto, este trabalho permite pensar em abordagens futuras, como o uso do mapeamento de ruído para verificar como o ruído dentro da sala de aula pode afetar a aprendizagem dos alunos. Outra possibilidade de estudo, seria aplicar essa ferramenta para avaliar a eficiência de barreiras físicas naturais ou artificiais no controle e atenuação do ruído. Enfim, o mapeamento de ruído ainda pode ser realizado para estudar a exposição da população, com vistas na implementação de políticas públicas de saúde. E o mais importante, é que todas essas alternativas oportunizam práticas contextualizadas e problematizadoras, um novo pensar e agir pedagógico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ, M. E. D. A. Texto, contexto e significado: algumas questões na análise de dados qualitativos. **Cadernos de Pesquisa**, (45): 66-71, 1983.

BERNARDEZ, Maria Eliza Mattosinho. **“O método na teoria histórico-cultural: a pesquisa sobre a relação indivíduo-gêneridade na educação”**. In: A Questão do Método e a Teoria Histórico-Cultural: bases teóricas e implicações pedagógicas. MENDONÇA, S. G. L.; PENITENTE, L. A. A.; MILLER, S. (organizadores). – Marília : Oficina Universitária ; São Paulo : Cultura Academica,2017.

BESSA, J. C. A., LIMA, A. M. M., SILVA JUNIOR, J. A. Avaliação da poluição sonora e zoneamento de ruído em área piloto no município de Manaus/AM. **ENGEVISTA**, V. 19, n.2 , p. 409-426, Maio 2017.

BEZERRA, F. A. S... [et al.]. Considerações sobre o uso do Google Earth e do Google Maps como ferramentas didáticas no ensino de Geografia. In: III Congresso Nacional de Educação – CONEDU: **Cenários contemporâneos: a educação e suas multiplicidades**, Natal – RN, 05 a 07 de Outubro de 2016.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Blucher, 2006.

BIZERRA, Alessandra; URSI, Suzana. **Teorias da Aprendizagem: Influências da Psicologia Experimental**. Introdução aos Estudos da Educação, USP/Univesp, São Paulo, 2014.

BORGES, A. N.; RODRIGUES, C. G. **Introdução á física acústica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**/ Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral – Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**/ Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília, 1999.

BRITO, F. A.; COELHO, J. L. B. **Carta Acústica de Fortaleza**. Fortaleza-CE: Prefeitura de Fortaleza, 2013.

CANTIERI, E... [et al.]. Elaboração de um mapa de ruído para a região central da cidade de Curitiba - PR. **Produção**, 10(1), 71-95.

CENSI, Adriane. Trabalho em Marx/Engels e a apropriação desse conceito por Vygotski. **Anais** – UFSM, Santa Maria – RS, 2005.

COSTA, Ennio Cruz Da. 2003. **Acústica Técnica**. 1ªed., São Paulo : Edgard Blücher Ltda, 2003.

DIRECTIVA 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. **Official Journal of the European Communities**, p.12-25, 2002.

DUARTE, Newton. **A Individualidade Para-Si (Contribuição a uma Teoria Histórico-Social da Formação do Indivíduo)**. Campinas: Autores Associados, 1993.

DUARTE, Newton. A anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco: a dialética em Vigotski e em Marx e a questão do saber objetivo na educação escolar. **Educação e Sociedade**, 21(71), 79-115, 2000.

DURÁN, José Enrique Rodas. **Biofísica: Fundamentos e aplicações**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

ELHAMMOUMI, Mohamed. “**O Paradigma de Pesquisa Histórico-Cultural de Vygotsky: a Luta por uma Nova Psicologia**”. In: BARBOSA, M. V.; MILLER, S.; MELLO, S. A. (org.). *Teoria histórico-cultural: questões fundamentais para a educação escolar*. Marília - São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

FONSECA, Renato Penido. Danos ambientais causados por transporte público coletivo: entre o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado e o direito à liberdade de locomoção. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 5, n. 1, 2015 (p. 161-177).

GASPARIN, João Luiz. **Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica**. 5ª ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

GERGES, SAMIR N.Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 1ª ed., Florianópolis, 1992.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOMEZ, André Villar. “O Conceito de homem de Marx”. In: **A Dialética da Natureza de Marx Os Antagonismos entre Capital e Natureza**. Dissertação de Mestrado – PUC do Rio. Rio de Janeiro – RJ, 2004.

GONZÁLEZ, A. G. G.; MELLO, M. A. Vigotsky e a Teoria Histórico-Cultural: bases conceituais marxistas. **Cadernos da Pedagogia**. São Carlos, Ano 7 v.7 n.14, p. 19-33, 2014.

GUEDES, Italo César Montalvão; BERTOLI, Stelamaris Rolla. Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju - Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 40-51, jul./dez. 2014.

GUEDES, I. C. M. **Influência da Forma Urbana em Ambiente Sonoro: Um estudo no bairro de Jardins em Aracajú (SE)**. 2005. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert e WALKER, Jearl. 2002. **Fundamentos de Física**. Vol. 2, 7ª ed. Rio De Janeiro: Ltc, 2006.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. [Trad.] Trieste freire Ricci. 12ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores sociais municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010**. 2011. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/indicadores_sociais_municipais.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2018.

KRIPKA, R. M. L; VIALI, L; LAHM, R. A. Utilização dos recursos do Google Earth™ e do Google Maps™ no ensino de ciências. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa – RELATEC**, Cáceres, Espanha, v. 13 (2), p. 89-101, 2014.

LACERDA, A. B. M... [et al.]. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição sonora. In **Ambiente e Sociedade – Vol. VIII nº 2**, 2005.

LEONTIEV, Aléxis. **O desenvolvimento do Psiquismo**. Lisboa: Livros Horizonte, 1978.

LEONTIEV, Aléxis /... [et al.]. **Psicologia e pedagogia: bases psicológicas da aprendizagem e do Desenvolvimento**. Tradução de Rubens Eduardo Frias. São Paulo: Centauro, 2005.

LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2ª Ed, São Paulo: EPU, 2013.

MACIEL, B. A... [et al.]. Modelagem do ruído urbano como instrumento de gestão ambiental. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, INPE, p. 5301-530, abril 2009.

MARDONES, M. D. M. 2009. **Mapeamento dos níveis de ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, através de simulação computacional**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

MARTINS, J. B. A perspectiva metodológica em Vygotsky: o materialismo dialético. **Semina: Cio Soc./Hum.**, Londrina, v. 15, n. 3, p. 287-295, seta 1994.

MARTINS, Lígia Márcia. “**A Internalização de Signos como Intermediação entre a Psicologia Histórico Cultural e a Pedagogia Histórico-Crítica**”. In: BARBOSA, M. V.; MILLER, S.; MELLO, S. A. (org.). **Teoria histórico-cultural: questões fundamentais para a educação escolar**. Marília - São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

MARANHÃO. **Diretrizes Curriculares/ Secretaria de Estado da Educação do Maranhão – SEDUC**, 3ª ed. São Luís, 2014.

MARCHIORATO, Liliane. **Caderno de apoio à elaboração da proposta pedagógica da escola: caderno de apoio**, 1ª edição, Brasília, DF: 2014.

- MASETO, M. T. “**Mediação pedagógica e o uso da tecnologia**”. In: Novas tecnologias e mediação pedagógica. MORAN, J. M.; MASETO, M. T.; BEHRENS, M. A. Campinas, Papirus, 2000.
- MELO, M. C. H. de; CRUZ, G. de C. Roda de conversa: uma proposta metodológica para a construção de um espaço de diálogo no ensino médio. *Imagens da Educação*, v. 4, n. 2, p. 31-39, 2014.
- MENDONÇA, A. B. D... [et al.]. Classes de quadras urbanas determinadas pelos níveis de ruídos. **Rev. Brasileira de Gestão Urbana**, 5(2), 63-77.
- MINAYO, M. C. S. **Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social**. In: . (Org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. 18ª ed, Petrópolis: Vozes, p. 9-29, 1994.
- MORAES, E. M. L., SIMON, F.; GUIMARÃES, L. H. R. **Mapa Acústico de Belém atualizado por programa matemático de predicción**. *Traços*, 11(24), 9-18, 2009.
- MORETTI, V. D.; ASBAHR, F. S. F.; RIGON, A. J. O humano no homem: os pressupostos teórico-metodológicos da Teoria Histórico-Cultural. **Psicologia e Sociedade**; 23 (3): 477-485, 2011.
- MOREIRA, M. A., NARDI, R. O. mestrado profissional na área de Ensino de Ciências e Matemática: alguns esclarecimentos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia** –v.2, n.3, p. 1-9, 2009.
- MOURA, A. F.; LIMA, M. G. A reinvenção da roda: roda de conversa: um instrumento metodológico possível. **Revista Temas em Educação**, João Pessoa, v.23, n.1, p. 98-106, 2014.
- MURGEL, Eduardo. **Fundamentos de acústica ambiental**. São Paulo: Editora Senac, 2017.
- NEPOMUCENO, L. X. **Acústica**. São Paulo: Edgar Blüncher, 1977.
- NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**. V.2. 4ª ed., São Paulo: Blucher, 2002.
- OLIVEIRA, E. G. da P. **A utilização do Google Earth e Google Maps como recurso didático para o ensino de Cartografia escolar**. 26 f. Monografia (Conclusão do Curso de Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 2012.
- OLIVEIRA, M. K. Vygotsky, **aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico**. Série Pensamento e Ação no Magistério. São Paulo: Scipione, 1993.
- PENTEADO L. D... [et al]. Identificação Expedida Do Ambiente Acústico Urbano Na Cidade De São Carlos. **7º Encontro Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrável e Sustentável: contrastes, contradições e complexidades**, Maceió – Brasil, 5 a 7 de outubro de 2016.
- PEREIRA, Márcio Donizete. **Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio usando smartphone**. 138 f. Dissertação (Conclusão do Curso de Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba, Sorocaba, São Paulo, 2017.

PEREIRA, T. R. D. S... [et al.]. Potencial social de articulação entre ensino médio e a engenharia articulação universidade e ensino médio: as potencialidades das geotecnologias e o conhecimento científico na escola. **Revista Dynamis – FURB**, v. 18, n. 2, p. 29-35, 2012.

PINO, Angel. **As marcas do humano: às origens da constituição cultural da criança na perspectiva de Lev S. Vigotski**. São Paulo, SP: Cortez, 2005.

POZZEBON, B. C... [et al.]. Educação ambiental no ensino médio: preservação, conscientização e busca pelo conhecimento. **Revista eletrônica de extensão – Extension**, UFSC, Florianópolis – SC, v. 15, n. 28, p. 64-76, 2018.

RICHARDSON, Roberto Jany. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. Colaboradores José Augusto de Souza Peres... [et al.]. – 3ª ed. - 16. reimpr. - São Paulo : Atlas, 2015.

ROSSLER, J. H. O desenvolvimento do psiquismo na vida cotidiana: aproximações entre de Aléxis N. Leontiev e a Teoria da Vida Cotidiana de Agnes Heller. **Cadernos Cedex**, Campinas, v. 24, n. 62, p. 100 a 116, 2004.

RUI, Laura Rita. **A Física na audição humana**. Instituto de Física, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, UFRGS – Porto Alegre, 2007.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. 1ª ed., São Paulo: Atlas, 2017.

SANTA, Fernando Dala; BARONI, Vivian. As raízes marxistas do pensamento de Vigotski: contribuições teóricas para a Psicologia Histórico-Cultural. **Revista Eletrônica Kinesis**, Unesp – Marília, 2014.

SAPATA, A. M. A; SOARES, P. F.; LISOT, GANZOTTO, L.; SOUZA, R. A. Avaliação Do Conforto Acústico Em Edificações Localizadas Em Região De Cânion Urbano. In: **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC**, Canela – RS, Brasil, 6 a 8 de outubro de 2010.

SASSERON, Lúcia Helena. “**Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino de Física**”. In: Ensino de Física. CARVALHO, Ana Maria Pessoa... [et al.]. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações**. 11ª ed. rev.— Campinas, SP: Autores Associados, 2011.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física II**. [Trad.] Cláudia Santana Martins. 12ª ed.. Rio De Janeiro : Ltc, 2008.

SERWAY, Raymond A. **Física 2**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ltc, 1996.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, A. P. A; CHAVES, J. M. Utilização do Google Maps e Google Earth no ensino médio: estudo de caso no Colégio Estadual da Polícia Militar-Diva Portela em Feira de

Santana-BA. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

SOUZA, J. de B; COSTA, S. M. Aplicações acadêmicas e escolares do Google Earth. In: IV Congresso Nacional de Educação – CONEDU: **A Educação brasileira: desafios na atualidade**, João Pessoa, PB, Brasil, 15 a 18 de Novembro de 2017.

SOUZA, A. R.; AGUIAR, C. E. Física com o Google Earth. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**, 2011 – Manaus – AM.

SPECHT, L. P... [et al.]. Causas, formas de medição e métodos para mitigação do ruído decorrente do tráfego de veículos. **Rev. Tecnologia Fortaleza**, v.30, n.1, p.12-26, jun. 2009.

SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L.; SILVA, A. N. R. Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana. **Temas livres**, 2014.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 1985. 108p.

TIPLER, Paul A. 1994. **Física Para Cientistas E Engenheiros v.1**. [Trad.] Paulo Machado Mors. 2ª ed. Rio De Janeiro : Ltc, 2009.

VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. Tradução de: Maria da Pena Villalobos – 11ª edição - São Paulo: ícone, 2010.

VIVEIRO, Alessandra Aparecida; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. As atividades de campo no ensino de ciências: reflexões a partir das perspectivas de um grupo de professores. In: NARDI, R. org. Ensino de ciências e matemática, I: **temas sobre a formação de professores** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 258 p.

VOGES, M. S.; NASCIMENTO, R. S. Práticas Pedagógicas e as imagens do Google Earth – Alguns centros urbanos Brasileiros e as questões ambientais, **II encontro Iberoamericano de Educação**, Araraquara 2007.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7ª ed., São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 4ª ed., São Paulo: Martins Fontes, 2008.

Apêndice**A****Questionário de verificação da percepção dos alunos para as ações didático-pedagógicas propostas****MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH
PRO: uma proposta para o ensino de física****QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS ALUNOS PARA AS
AÇÕES DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS PROPOSTAS**

1. Você já participou de atividades práticas nas aulas de Física?
 Sim Não

2. Você consegue perceber uma relação entre a Física, o cotidiano e as tecnologias?
 Sim Não

3. Você já participou de alguma atividade prática de Física fora da sala de aula ou do laboratório, como exemplo pesquisa de campo?
 Sim Não

4. Você consegue relacionar a Física com problemas ambientais e questões de saúde pública?
 Sim Não

5. Você concorda que atividades prática podem contribuir com o aprendizado nas aulas de Física?
 Discordo totalmente
 Discordo parcialmente
 Concordo parcialmente
 Concordo totalmente

6. Você concorda que é possível aprender Física fora do ambiente escolar, no cotidiano a partir da interação com o ambiente?
 Discordo totalmente
 Discordo parcialmente
 Concordo parcialmente
 Concordo totalmente

7. Você concorda que a Física pode auxiliar na solução de problemas ambientais e questões de saúde pública?
 Discordo totalmente
 Discordo parcialmente
 Concordo parcialmente
 Concordo totalmente

Apêndice B**Questionário de conhecimentos prévios****MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH****PRO: uma proposta para o ensino de física****QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS**

Aluno: _____

1. Escreva o que você entende por ruído.

2. Escreva como você percebe a relação entre o ruído e a Física.

3. Estabeleça uma relação entre ruído, problemas ambientais, saúde e bem-estar individual e coletivo.

Apêndice C

Questionário de avaliação das ações didático-pedagógicas

MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH

PRO: uma proposta para o ensino de física

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS

1. Você teve a oportunidade de assistir duas aulas expositiva-dialogadas sobre o tema: *acústica e ruído*, onde foram tratados: o conceito de onda, conceito de som e ruído, como são gerados, como se propagam, características do ruído, como são percebidos pelo ouvido, quais os seus efeitos danosos, etc. De que modo estes conceitos contribuíram para a construção da base teórica da pesquisa? Que importância você atribui a essas aulas?

2. Na pesquisa de campo você teve a oportunidade de perceber e verificar na prática, in loco, o fenômeno ruído de tráfego veicular, bem como levantar dados e verificar os fatores que mais influenciam para os altos níveis de ruído apresentados nestes locais. Nesta perspectiva, de que modo a pesquisa de campo contribuiu para a compreensão do fenômeno ruído de tráfego? Qual a importância você atribui à pesquisa de campo? Quais as dificuldades nessa etapa?

3. Na etapa de análise dos dados você teve a oportunidade de analisar qualitativa e quantitativamente os aspectos que influenciam o fenômeno ruído, assim como suas contribuições, construímos gráficos e tabelas. Que importância você atribui a essa etapa

para o entendimento do fenômeno ruído? E para o desenvolvimento da pesquisa? Quais as dificuldades nessa etapa?

4. Na etapa de elaboração dos mapas de ruído você teve a oportunidade de representar numa cartografia em escala de cores a distribuição do ruído nos locais pesquisados, de acordo com os dados coletados nos dias e horários estabelecidos na pesquisa. Que importância você atribui a este mapa para o entendimento do fenômeno ruído, da exposição da população, e das possíveis estratégias de intervenção nestes locais? Quais as dificuldades nessa etapa?

5. Descreva quais mudanças atitudinais e comportamentais foram incorporadas pelo estudo da problemática do ruído (*O que mudou em sua vida depois da pesquisa? Como você percebe hoje o problema do ruído?*). Que importância você atribui à pesquisa, como um todo, para essa mudança de atitude e comportamento? De que forma o estudo sobre ruído contribuiu para sua formação enquanto cidadão? Relate uma ou mais experiências que você tenha tido relacionada com o ruído depois da pesquisa.

Apêndice D

Modelo de estrutura de relatório

MODELO DE ESTRUTURA DE RELATÓRIO

1. CAPA

Deverá conter: o nome da instituição onde foi realizada a pesquisa, título do trabalho centralizado, nomes dos autores e suas respectivas identificações, âmbito de realização da pesquisa (disciplina, projeto, programa), local e data.

2. INTRODUÇÃO

Os alunos devem fazer uma descrição sucinta dos fundamentos teóricos que embasaram a pesquisa, relatando, em linhas gerais, o assunto tratado e os principais conceitos utilizados, referenciando-os de acordo com a literatura. Além disso, precisam expor as justificativas para o desenvolvimento do trabalho e a importância do mesmo.

3. OBJETIVOS

Devem indicar as finalidades para as quais a pesquisa foi realizada. Cada objetivo deve iniciar com um verbo no infinitivo (Ex.: analisar, demonstrar, elaborar, verificar).

Geral – apresenta, resumidamente, a ideia central do trabalho, descrevendo sua finalidade;

Específicos – Detalham os processos e ações necessários para a realização do trabalho.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Devem-se apresentar a relação dos materiais utilizados e a descrição precisa dos procedimentos adotados na pesquisa (coleta de dados, análise dos dados em laboratório e construção dos mapas de ruído), permitindo que essas etapas possam ser reproduzidas e sejam obtidos resultados semelhantes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devem-se apresentar os resultados obtidos na pesquisa por meio da construção de planilhas, tabelas e gráficos, acompanhados da discussão, que deve se basear na comparação desses resultados face aos objetivos pretendidos, aos resultados esperados ou encontrados na literatura, estabelecendo uma relação de causa e efeito a partir das observações experimentais.

6. CONCLUSÃO


Deve-se apresentar de forma clara e objetiva o que foi possível responder em relação aos objetivos propostos na pesquisa. Além disso, é necessário que se faça recomendações e sugestões sobre as possibilidades de intervenção no espaço pesquisado de acordo com as conclusões da pesquisa.

7. REFERÊNCIAS


Devem ser apresentadas, segundo as normas da ABNT, todas as referências bibliográficas e eletrônicas consultadas para a elaboração do relatório.

Apêndice E

Banner apresentado pelos alunos



UFMA
Universidade Federal do Maranhão




MNPEF
Museu Nacional Profissional em Ensino de Física

Mapeamento de ruído a partir de modelagem computacional: possibilidades de intervenção para o espaço urbano

Neylor José Silva e Silva^{1,2*}, Ana Lídia Lindoso Furtado³, Isadora Régio dos Santos⁴, Pedro Henrique Costa de Lima⁵, Pedro Lucas Silva Fonseca Pereira⁶, Amanda Rafaela do Rosário Chagas⁷, Artur Pontes Alves da Silva⁸, Carolina Ferreira Lima⁹, Luís Felipe Garófalo Garcia Pinto⁹, Yohana Torres de Melo⁹ e Eduardo Moraes Diniz⁹

¹ Centro de Ensino Menor Beckman, 65062-470, São Luís, MA
² Museu Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, 65.060-005, São Luís, MA



SBF
SOCIETY BRASILEIRA DE FÍSICA

Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde, a poluição sonora é, depois da poluição do ar e da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas (LACERDA et. al., 2005). Guedes e Bertoli (2014) afirmam que diversos estudos apontam o ruído do tráfego veicular como principal agente de poluição sonora em áreas urbanas.

É consenso na literatura que o ruído proveniente do tráfego de veículos é uma das principais questões que afetam a saúde e o bem estar das pessoas em ambientes urbanos, sendo associado a efeitos neuropsíquicos e à perda auditiva de acordo com Mungel (2007).

O crescimento das cidades e o aumento acelerado da frota de veículos têm contribuído para agravar essa problemática. No contexto brasileiro, soma-se a falta de planejamento territorial e a ausência de um efetivo programa de controle de ruídos.

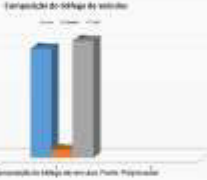
Dessa forma, Suriano et. al. (2014) considera que a melhoria da qualidade de vida nos centros urbanos exige o monitoramento do ruído e das condições de exposição da população para que sejam alcançadas tanto formas de intervenção na saúde como soluções de controle e atenuação acústica.

Nesta perspectiva, este projeto teve por objetivo elaborar mapas de ruído do tráfego veicular de pontos estratégicos em São Luís – MA. Para tal, baseou-se em medições de nível sonoro com decibelímetro e em modelagem computacional com o uso do Google Earth Pro.

Sobre os parâmetros da via e do tráfego

Foi possível verificar que o recobramento da via, acelerações e desacelerações, número de faixas, quantidade, tipo e condições dos veículos influenciam os níveis de ruído medidos.

No gráfico 1 percebe-se a predominância de veículos leves em relação aos pesados. Logo, estes veículos são os que mais contribuem para o cenário sonoro da área.



Sobre os parâmetros acústicos

No gráfico 2 se verifica que as medições variam continuamente, o que se dá por mudanças na condição do tráfego e no tipo de veículo. Todos os valores medidos são superiores ao máximo permitido para a área, 50 dB(A). O nível médio equivalente é de 67 dB(A), um ruído 17 dB(A) acima do permitido. Já o máximo medido foi de 82 dB(A). Estes resultados evidenciam a necessidade urgente de controle do ruído nesse local.



Objetivo

Elaborar mapas de ruído do tráfego veicular de pontos estratégicos em São Luís – MA, a partir de modelagem computacional, com a finalidade de representar a distribuição espacial do ruído, analisar a exposição da população e verificar as possibilidades de intervenção para controlar e atenuar o ruído nestas áreas.

Materiais e Métodos

A pesquisa utilizou o método baseado em coleta de dados, análise de dados, interpretação de dados e modelagem computacional para elaborar mapas de ruído de pontos estratégicos situados em São Luís - MA.

A coleta dos dados foi feita por pesquisa de campo, onde foram levantados os parâmetros das edificações, da via, de tráfego e acústicos a fim de caracterizar o cenário sonoro da área. Esses dados foram analisados no laboratório de informática a partir da construção de gráficos, tabelas e planilhas eletrônicas.

As medições de nível de ruído foram realizadas durante 10 min com decibelímetro digital, modelo DEC-460 da Instrutem, com leituras feitas em dB(A) a cada 5 s de acordo com a NBR 10151/2000. O uso da escala de ponderação (A) se justifica pela necessidade de corrigir os valores medidos aproximando-os à resposta do ouvido humano. Foram feitos vídeos do fluxo de veículos para caracterizar o volume e a composição do tráfego.

Para determinação do nível equivalente de ruído representativo da área pesquisada foi aplicada equação 1 em planilha eletrônica de acordo com a NBR 10151/2000. Essa equação considera todos os níveis (L_i) e o número total de leituras (n).

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right] \quad (1)$$

Para a elaboração dos mapas de ruído foi utilizado o software livre Google Earth Pro, largamente aplicado em geoprocessamento. Nestes mapas são representados em escala cromática os níveis equivalentes de ruído de acordo com sua variação espacial.

Resultados e Discussão

Sobre o parâmetro das edificações

Foi possível verificar que há uma diversidade de tipos de estabelecimentos, com predominância de estabelecimentos comerciais. Entretanto, pela presença de uma escola e um hospital o tipo de área fica definido de acordo com a NBR 10.151/2000 como área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas.

Tipos de áreas	Áreas	Relação
Áreas de áreas de hospitais	43	32
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	30	48
Área mista, predominantemente residencial	39	39
Área mista, com unidades comerciais e administrativas	30	39
Área mista, com unidades industriais	39	39
Área predominantemente industrial	31	39

Tabela 1 - Tipos de edificações avaliadas. NBR 10151/2000. Adaptado de NBR 10151/2000.

Conclusão

O mapeamento de ruído é uma importante ferramenta de análise e controle de ruído, devendo ser amplamente difundida enquanto estratégia de planejamento territorial. Para tal, é essencial que todos reconheçam o ruído de tráfego de veículos como problema ambiental e questão de saúde pública.

Dessa forma, será possível instituir a obrigatoriedade do zoneamento acústico, bem como uma metodologia para a elaboração dos mapas de ruído; Realizar o zoneamento acústico de toda a cidade; Implementar uma política efetiva de combate ao ruído que considere formas de intervenção na saúde.

Possibilidades de intervenção para o meio urbano: incentivar o uso de transporte público coletivo e de meios não motorizados; Intensificar as fiscalizações pelos órgãos competentes; Substituir o recobrimento asfáltico por materiais com propriedades absorvedoras; Investir em estratégias que possibilitem maior fluidez ao tráfego de veículos; Instalar barreiras acústicas naturais ou artificiais; Garantir o recuo das edificações em relação à via.

Referências

[1] GUEDES, João César; MONTABLO, BERTOLI, Skalmirna Rolfs. Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Anápolis – Brasil. *PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, v. 5, n. 2, p. 40-51, 14.06.2014.

[2] LACERDA, MAGN, MORATA, MARQUES E ZAMBINI. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição sonora. In: *Arquitetura e Sociedade* - Vol. VII nº 2 (jul/ago.2008).

[3] MURCELO, Eduardo. Fundamentos de acústica ambiental. São Paulo: Editora Senac, 2007.

[4] SURIANO, M. T.; SOUSA, L. C. L.; SILVA, A. N. R. Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana. *Temas*, Inpec, 2014.

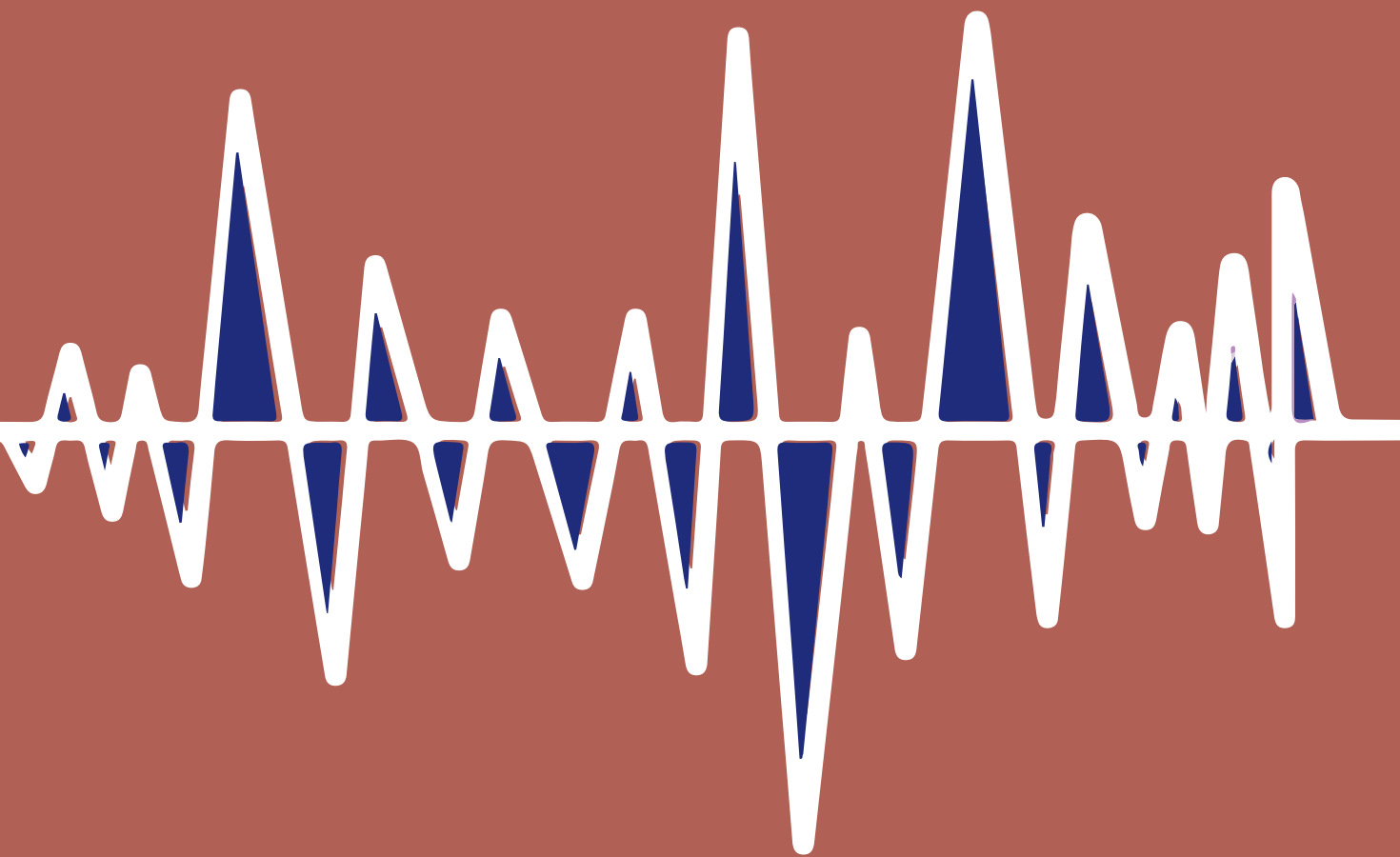
Apêndice F

Produto Educacional Aplicado

Produto Educacional

Mapeamento de ruído

Uma aplicação usando o Google Earth Pro



Neylor José Silva e Silva

Autor

Neylor José Silva e Silva

Orientador

Prof. Dr. Eduardo Moraes Diniz

Capa e Produção Editorial

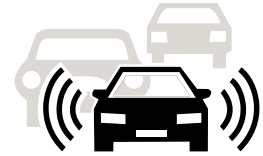
Ricardson Borges Vieira

São Luís - MA
2019

© Neylor José Silva e Silva e Eduardo Moraes Diniz – 2019.

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Por favor, contate os autores caso constate que houve violação de seus direitos autorais. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Apresentação



Caro Professor (a)

Sabemos que questões como: “Professor, qual a utilidade desse conteúdo para minha vida? Para que devo aprendê-lo?” têm sido cada vez mais frequentes, sempre que iniciamos a aula de um novo conteúdo. Não fora desse contexto, certa vez, ouvi uma aluna dizer “Eu não consigo aprender aquilo que eu não entendo a serventia”.

Esses questionamentos revelam a necessidade que o aluno tem de buscar sentido para a aprendizagem, um motivo para aprender. Por outro lado, expõem a inquietude e insatisfação dos educandos frente às metodologias tradicionais, que se pautam na mera transmissão de conteúdos estáticos e descontextualizados da realidade social.

Portanto, é com o objetivo de viabilizar uma prática pedagógica contextualizada e problematizadora, que apresentamos a você, professor do ensino médio, Mapeamento de ruído: uma aplicação usando Google Earth Pro, um material instrucional que oportuniza o uso de tecnologias computacionais e metodologias ativas, promovendo um ensino de Física significativo para os alunos.

Este material reúne uma sequência de etapas que possibilita a elaboração de mapas de ruído de tráfego veicular com a utilização de tecnologias disponíveis e decibelímetro digital, em cuja ausência, não inviabiliza a aplicação deste produto educacional, podendo ser substituído por apps para smartphones. Tal sequência é o núcleo de um conjunto de ações didático-pedagógicas, que permite o professor e os alunos trabalharem juntos, na perspectiva do método didático dialético de Gasparin (2012).

Este método consiste em partir da prática social inicial dos alunos, teorizar sobre ela e retornar à prática, não mais como prática inicial, mas como práxis, nova prática transformadora. Sua aplicação articulada com o presente instrumento privilegia a atividade científica e desenvolve nos alunos: atitudes, capacidade investigativa, autonomia intelectual, reflexão crítica e participativa.

Todas essas competências fazem deste instrumental, objeto comprometido com a formação de um indivíduo capaz de compreender o mundo e transformá-lo. Esperamos, portanto, que este produto educacional seja, nas mãos do professor, um importante material didático para um novo pensar e agir pedagógico, que possibilite ao aluno transitar do senso comum para o conhecimento científico, na perspectiva de compreensão da realidade em suas múltiplas dimensões.

Sumário



A Proposta do produto educacional	5
Conhecendo os mapas de ruído	7
O aplicativo Google Earth pro	9
Etapas do mapeamento	13
Coleta de dados	14
Análise dos dados	19
Construção dos mapas de ruído	24
Um exemplo de aplicação do produto educacional	34
Considerações finais	42
Referências	43
Apêndice A	45
Apêndice B	49
Apêndice C	53
Apêndice D	55
Apêndice E	57

A proposta do produto educacional



Atualmente, com o avanço das tecnologias e dos meios de acesso à informação, o papel da escola, assim como, a atuação do professor, vêm sendo bastante questionados. O que a escola faz e para quê? Ela responde às necessidades sociais atuais? E ao professor, o que compete fazer diante deste cenário de desconfiança? Essas são algumas das questões frequentemente levantadas, que remetem a função social da escola e o papel do professor.

Neste contexto, o que se pode afirmar de imediato é que da forma como vem sendo conduzido o processo de ensino-aprendizagem nas escolas, em especial, o de Física, estas questões se encontram longe de serem resolvidas. Na sociedade atual, não há mais espaços para práticas de ensino descontextualizadas da realidade social dos alunos. A escola precisa preparar o educando para enfrentar os desafios da vida em sociedade. E isso requer uma mudança de atitude do professor.

É com o objetivo de apresentar uma alternativa a essa situação que nasce este produto educacional, fruto do trabalho desenvolvido no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Moraes Diniz, no Polo da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Este instrumento surge como uma proposta de ação docente-discente, que oportuniza a implementação de uma nova concepção metodológica para o Ensino de Física.

Nesta perspectiva, o que se pretende é um ensino contextualizado e problematizador, concatenado com as questões sociais atuais, que permita ao aluno, ativo nessa metodologia, compreender as diversas dimensões da realidade e, assim, poder agir sobre ela de forma consciente e crítica, intervindo em sua transformação. Portanto, nada é mais coerente com a concepção de ensino que aqui se projeta ter como ponto de partida e de chegada, a prática social dos alunos.

Pensando nisso, que se propõe a inclusão do ruído de tráfego veicular, temática relevante do contexto social que pode ser explorada no Ensino de Física. Isso possibilita uma mudança no estudo de Acústica, com o enfoque no ruído, que além de som, é problema ambiental e questão de saúde pública. Isso faz desse tema, objeto privilegiado, pois permite compreender o todo em suas múltiplas dimensões.

Dentre as possibilidades de emprego dessa temática, tem-se o presente produto, que reúne um conjunto de etapas para a elaboração de mapas de ruído (coleta de dados, análise dos dados e construção dos mapas). Para cada etapa desse processo são aplicadas pesquisa de campo, trabalho em grupo, uso de TIC's e de geotecnologias, atividades práticas realizadas fora da sala de aula, que propiciam um ambiente em que professor e aluno trabalham juntos.

A aplicação desse produto, além de promover uma mudança de foco, ocasionando uma transposição de planos de dentro para fora da sala de aula, serve de motivador à prática da atividade científica, pois privilegia o contato direto com a problemática do



ruído, contexto próprio do aluno, através de tecnologias que permitem estudá-lo e propor soluções. Proporciona uma mudança de papéis, professor e aluno, respectivamente, transmissor do conhecimento e receptor passivo, tornam-se mediador e sujeito ativo desse processo.

Também, oportuniza ao aluno vivenciar um dos caminhos pelos quais se chega ao conhecimento científico e as consequências que ele pode trazer para nossa vida (SASSERON, 2010). Assim como diz Gasparin (2012, p.5) “deve-se educar da mesma forma como se concebe a aquisição do conhecimento pelo sujeito”. Nesse sentido, este produto educacional configura estratégia viável ao Ensino de Física, que permite ao aluno investigar situações, coletar dados, analisá-los e propor modelos explicativos (SASSERON, 2010).

O uso deste material possibilita aplicar no contexto educacional, especificamente, no Ensino de Física, um importante instrumento de planejamento territorial muito utilizado fora do país, principalmente, na Europa. Para isso, combina o uso de tecnologias próprias e alternativas, instrumentais de pesquisa, de análise e de construção de mapas de ruído, que conferem um aspecto realista aos procedimentos e aos resultados.

A construção de mapas de ruído permite materializar em imagem o ruído de um dado local, num determinado momento e, assim, possibilita que o aluno construa um novo significado de uma sensação invisível a olho nu, mas que pode ser percebida pelo ouvido. Dessa forma, os mapas passam a ser vistos pelo educando como ferramentas para o entendimento da problemática do ruído, sensibilizando-o quanto à sua gravidade e à necessidade urgente de soluções, um despertar para a prática transformadora.

Com isso, “entende-se o conhecimento como o movimento que parte da síntese ([...] o empírico, o concreto percebido), passando pela análise (abstração, [...]) e chegando à síntese (o concreto pensado, [...] uma prática transformadora)” (CORAZZA, 1991, p. 85 apud GASPARIN, 2012, p. 4-5). A combinação do produto com esse método, permite ao Professor introduzir em sua prática a abordagem teórica de Vygotsky e pedagógica da didática de Gasparin (2012).

Portanto, além do aspecto realista, o grande diferencial deste produto é a possibilidade de utilizar a ferramenta computacional Google Earth Pro, uma geotecnologia disponível, simples e adaptável ao ambiente educacional. Na página 34, tem-se um exemplo de aplicação deste produto, realizada com um grupo de alunos do ensino médio, acompanhado de uma síntese dos resultados obtidos. Para informações adicionais, recomenda-se a leitura da dissertação intitulada: Mapeamento de ruído usando o Google Earth Pro: uma proposta para o ensino de Física, disponível na plataforma do MNPEF.



Conhecendo os mapas de ruído



Um mapa de ruído é uma representação visual do ruído ambiental em uma área geográfica, num determinado horário ao longo do dia (GUEDES, 2005). Em outros termos, consiste numa imagem em cores representativa de como o ruído está distribuído pelo espaço, num dado tempo, como mostrado na figura 1 (DOMINGUES, 2014).

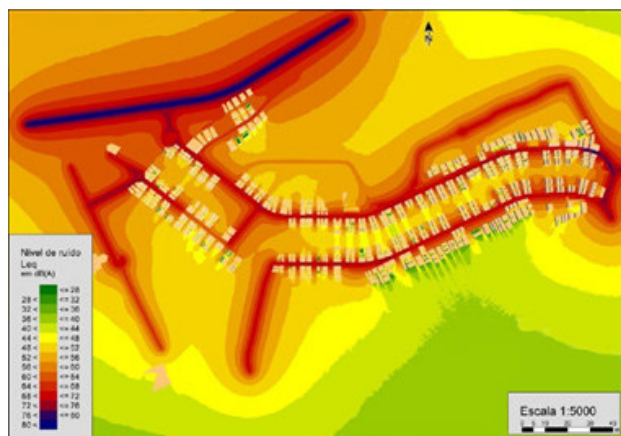


Figura 1 – Mapa de ruído da cidade de Águas Claras – DF. Fonte: Maciel et al. (2009)

Com essa ferramenta é possível, por exemplo, identificar o nível de ruído percebido por pedestres ou pessoas no interior das edificações, verificar quais áreas estão com níveis acima do permitido pela legislação, simular cenários futuros e avaliar o desempenho de medidas de controle e atenuação acústica (CORTÊS; NIEMEYER, 2014).

Todas essas potencialidades fazem do mapeamento de ruído, estratégia reconhecida mundialmente, que permite estudar, diagnosticar e controlar o ruído ambiental (GUEDES, 2005). Tanto que, tornou-se obrigatório na Europa, por meio da Directive 2002/49/EC do Parlamento Europeu, para as cidades com mais de 250 mil habitantes (DIRECTIVA, 2002).

Os mapas de ruído podem ser obtidos por meio de medições sistemáticas de níveis de ruído ou a partir de softwares específicos de simulação acústica (GUEDES; BERTOLI, 2015). Independentemente do método utilizado, são representados por linhas isofônicas (figura 2) sobrepostas ao mapa da região, similarmente às



Figura 2 – Mapa acústico de uma região na cidade de Göteborg (Suécia). Fonte: THORSSON; ÖGREN e KROPP, 2004. (GUEDES, 2005).



curvas topográficas dos mapas convencionais (DINATO; SCHAAL, 2006).

Uma isofônica é uma curva de ruído constituída na interligação do conjunto de pontos de mesmo nível no mapa (GERGES, 1992). Cada isofônica demarca uma zona a ser preenchida com cores padronizadas de acordo com os níveis de ruído obtidos (NARDI, 2008). Assim, é possível saber pela cor qual o nível de ruído equivalente em qualquer ponto da área mapeada (CALIXTO, 2002).

No Brasil, não existe uma metodologia normatizada para mapeamento de ruído, portanto, fica a critério do pesquisador desenvolver método próprio ou aplicar normativos internacionais, já consolidados, e que se baseiam na utilização de softwares comerciais específicos, como o utilizado para gerar a figura 1 (LACERDA et al., 2017).

Como o presente material se trata de um produto educacional, optou-se por apresentar uma metodologia própria para elaboração dos mapas de ruído. Uma alternativa consistente, eficiente e de baixo custo, aplicável no contexto educacional, principalmente, nas escolas públicas, onde os recursos são, quase sempre, escassos.

Consistente, pois está pautado no uso da norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) e recomendações de estudos científicos. É eficiente, porque produz um efeito visual representativo da realidade, apesar das limitações do modelo. É de baixo custo, pois, utiliza ferramentas alternativas, como o software livre Google Earth Pro, podendo ser utilizado aplicativo de smartphone para as medições do ruído.

Este modo próprio de mapear ruído se baseia na superposição dos dados de níveis de ruído em dB(A), obtidos com decibelímetro digital ou app, ao mapa da região no Google Earth Pro. Dessa forma, são representadas no GEPro, três zonas de ruído, preenchidas com as cores vermelho, verde e azul (figura 3), para representar os intervalos de níveis equivalentes, calculados para a área mapeada.

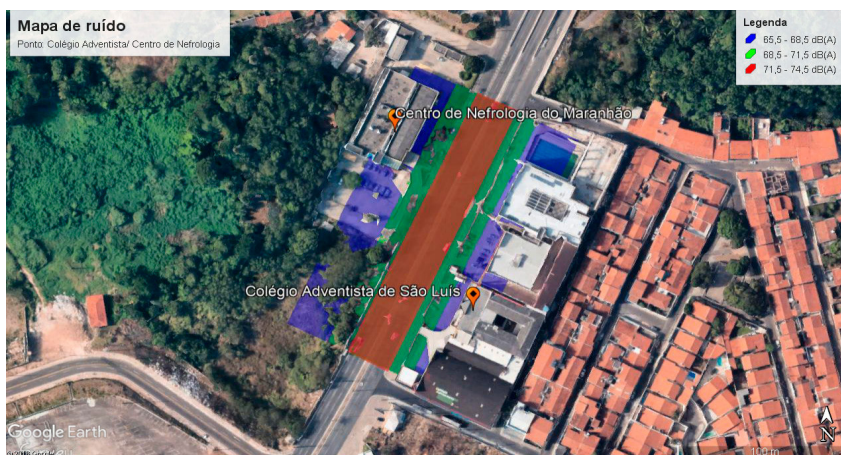


Figura 3 – Mapa de ruído produzido no Google Earth Pro de uma determinada região da Cidade São Luís (BRASIL). Fonte: própria.



Aplicativo Google Earth Pro



O Google Earth (GE) é um software desenvolvido e distribuído pela empresa americana Google LLC, cuja função é apresentar um modelo virtual tridimensional do globo terrestre, construído a partir de imagens de satélite, aéreas e Sistema de Informação Geográfica (SIG) 3D (NETO, 2009). Dessa forma, o GE é uma geotecnologia similar ao Google Maps, porém, mais completo, pois permite

[...] visualizar imagens em 3D de lugares habitados ou não, girar as imagens, marcar locais, medir distâncias entre pontos, marcar trajetos, traçar polígonos, bem como possibilita determinar a altitude e a longitude e latitude dos locais visualizados e permite fazer passeios virtuais em 3D, em grandes cidades, por meio do recurso do Street View. (KRIPKA;VIALI; LAHM, 2014, p.90).

Esse programa foi lançado em 2005 pela Google depois da compra da Keyhole Inc. que, inicialmente, havia desenvolvido o Earth Viewer (PILLAR, 2006). Atualmente, existem três versões do Google Earth, disponíveis gratuitamente em <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/versions/>. Uma para web, outra para dispositivos móveis e a Pro para computadores de diversos sistemas operacionais.

O Google Earth Pro (GEPPro), liberado para acesso gratuito em 2015, além de apresentar as funções da versão básica GE, tem funcionalidades adicionais que superam o seu antecessor (MENEGUETE, 2014). O GEPPro dispõe de ferramentas para mapeamento, impressão de imagens em alta resolução, importação e exportação de dados geográficos, criação de vídeos, cálculo de área geográfica, dentre outras (HEX, 2017).

Toda essa versatilidade, aliada à facilidade de aquisição e manipulação, revelam o vasto potencial de utilização desse programa para a pesquisa e ensino em diversas áreas (LIMA, 2012). Por isso, é cada vez maior o número de trabalhos que têm como foco a aplicação desse recurso na educação básica, principalmente, nas áreas de Geografia, Física e Matemática (KRIPKA; VIALI; LAHM, 2014).

Um diferencial do uso desse recurso para o ensino é a possibilidade de colocar o aluno diante de sua realidade imediata, ponto de partida capaz ampliar seu campo de visão para além do entorno da escola, estimulando-o a conhecer o meio em que vive e o mundo (SOUZA; COSTA, 2017). Outro aspecto pelo qual se destaca, é o caráter inovador que envolve a aplicação de geotecnologias no ambiente educacional, permitindo vislumbrar novos rumos para as práticas pedagógicas (KRIPKA; VIALI; LAHM, 2014).

Portanto, contextualização e inovação são marcas registradas do GEPPro, instrumento afinado com um novo pensar e agir pedagógico, que permite integrar professor e alunos através da utilização de diferentes técnicas como satélites, fotografias aéreas e outras tecnologias digitais, com projetos de ensino-aprendizagem comprometidos com o



entendimento do espaço vivido pelos sujeitos alunos e comunidade em geral (PEREIRA et al., 2012).

Dessa forma, o GEPPro é um recurso didático que favorece a compreensão, conscientização e busca de soluções para os problemas socioambientais (FLORENZANO, 2002 apud SILVA;CHAVES, 2011). Assim, potencializa a aprendizagem, em atividades mediadas pelo professor, sobretudo, em questões que envolvem o meio ambiente, possibilitando a formação científica crítica e consciente dos alunos (KRIPKA; VIALI; LAHM, 2014).

Conhecendo o GEPPro

A priori, deixa-se claro que o presente tópico não se trata de uma descrição detalhada sobre o funcionamento do GEPPro, mas apresentar de forma simples e direta suas principais funções e ferramentas de modo a permitir um contato inicial do professor com este programa e com as funcionalidades exploradas neste produto educacional.

Para utilizá-lo, o primeiro passo é instalá-lo no computador, acessando o link disponibilizado anteriormente e fazer o download da versão mais atual. Uma vez instalado, ele abrirá a interface com o usuário, conforme mostrado na figura 4.

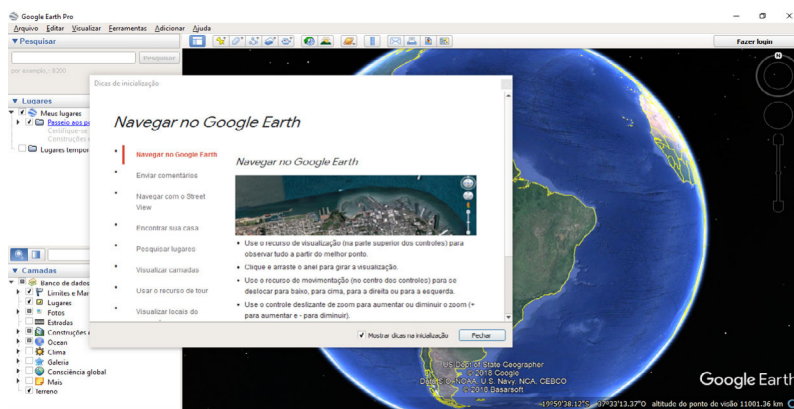


Figura 4 – Tela principal do Google Earth Pro. Fonte: própria.

Em inicializações futuras, o programa poderá ser acessado por um atalho na área de trabalho. A interface inicial tem características facilmente reconhecidas por qualquer pessoa com conhecimentos básicos em informática (OLIVEIRA, 2012). Na figura 5, tem-se ilustrada sua composição, formada por uma parte superior, que contém a barra de menus e de ferramentas do programa; uma parte lateral que oferece campos de pesquisa, seletores de lugares e camadas; uma parte principal, que exibe o visualizador 3D, que contém os botões de navegação; e uma parte inferior, a barra de status, que mostra informações relevantes do local visualizado (MENEQUETE, 2014).





Figura 5 – Grupos de controles e menus do Google Earth Pro. Fonte: própria.

Parte superior: barra de menus e de ferramentas.

Na barra de menus (figura 6), temos as seguintes opções: Arquivo, Editar, Visualizar, Ferramentas, Adicionar e Ajuda, que permitem o acesso às funcionalidades essenciais do GEPro, como: abrir, salvar, visualizar no Google Maps, imprimir, importar, sair, alterar configurações e opções de visualização, acessar recursos adicionais, dicas de ajuda etc.

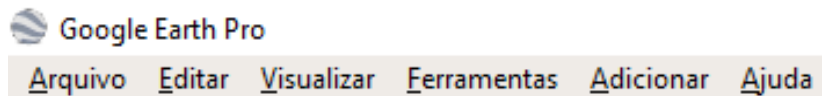


Figura 6 – Barra de menus do Google Earth Pro. Fonte: própria.

A barra de ferramentas (figura 7) exibe em formas de botões de acesso rápido, os recursos mais importantes dos menus, tais como: ocultar/mostrar barra lateral, adicionar marcador, adicionar polígono, adicionar caminho, adicionar superposição de imagem, gravar um passeio, mostrar imagens históricas, mostrar a luz do sol na paisagem, alterna entre Earth, sky e outros planetas, mostrar régua, e-mail, imprimir, salvar imagem e visualizar no Google Maps.



Figura 7 – Barra de ferramentas do Google Earth Pro. Fonte: própria.

Parte lateral: Pesquisar e lugares.

Pesquisar lugares é uma das principais funções utilizadas do GEPro, pois permite localizar e visualizar praticamente qualquer lugar da superfície terrestre. Para isso, basta digitar o endereço ou nome do local no campo pesquisar na parte lateral. Com essa ferramenta é possível obter rotas, guardar lugares visitados para acessos futuros, inserir informações às imagens visualizadas, etc.



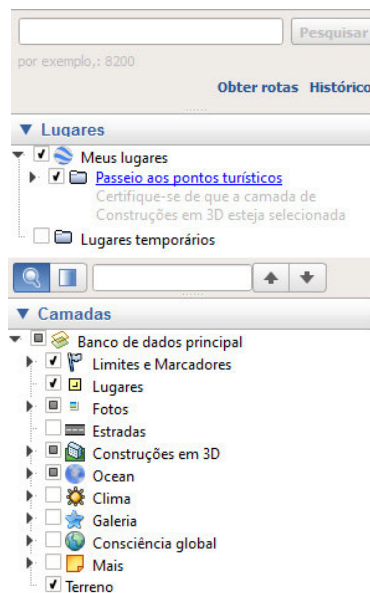


Figura 8 – Painel lateral do Google Earth Pro. Fonte: própria.

Parte principal: visualizador 3D (área de navegação)

O visualizador 3D é a área de navegação do GEPro (figura 9A). É nela que é apresentado o modelo virtual do globo terrestre. Portanto, é o espaço onde as imagens dos lugares são geradas e apresentadas para visualização e/ou manipulação pelo usuário. Com o auxílio do mouse é possível aproximar/distanciar imagens, mudar área de visualização, mudar a inclinação da visão e girar o globo terrestre em qualquer direção. Essas mesmas ações podem ser realizadas por meio dos botões de navegação (figura 9B).



Figura 9 – (A) Área de navegação e (B) controles de navegação do Google Earth Pro. Fonte: própria.

Parte Inferior: barra de status.

A barra de status (figura 10) apresenta informações adicionais sobre o local de visualização, tais como: a data a qual a imagem foi feita, coordenadas geográficas (latitude e longitude), elevação em relação ao nível do mar e altitude do ponto de visão.

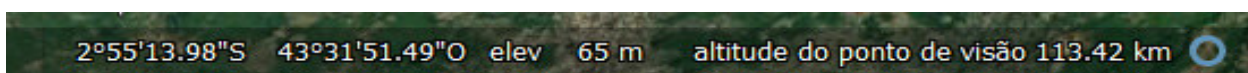


Figura 10 – Barra de status do Google Earth Pro. Fonte: própria.





Etapas do mapeamento

Neste tópico é apresentada uma sequência para o mapeamento de ruído, composta pelas etapas: coleta de dados, análise de dados e construção dos mapas de ruído, bem como, todos os procedimentos metodológicos desenvolvidos na pesquisa, e que resultaram neste produto educacional. No quadro 1 são exibidos os objetivos de cada etapa.

Quadro 1 – Processo de elaboração dos mapas de ruído. Fonte: própria.

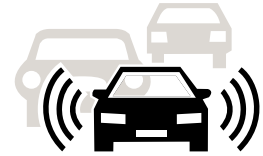
ETAPAS	OBJETIVOS
COLETA DE DADOS	<i>Fazer o levantamento in loco dos dados que influenciam o ruído de tráfego veicular, a fim de caracterizar o cenário sonoro da área em estudo.</i>
ANÁLISE DE DADOS	<i>Analisar qualitativa e quantitativamente (construção de gráficos, tabelas e planilhas) as influências de cada variável na composição do ruído de tráfego veicular.</i>
CONSTRUÇÃO DOS MAPAS DE RUÍDO	<i>Representar em escala cromática a distribuição espacial do ruído no local pesquisado, com a finalidade de identificar onde estão os níveis mais elevados, qual a população exposta, onde devem ser tratados e qual a forma de intervenção.</i>

Para que o Professor possa reproduzir essas etapas, inicialmente é preciso definir o local onde será desenvolvida a pesquisa. Para tanto, devem ser considerados lugares que apresentem intenso tráfego de veículos e, por sua vez, elevados níveis de ruído, grande exposição da população e que façam parte do contexto do aluno. A presença de escolas, faculdades e hospitais, que exigem controle mais rígido do ruído por parte da legislação, torna o estudo mais significativo e relevante.

Definido o local a ser estudado, devem ser estabelecidos no planejamento do mapeamento de ruído o número e a localização dos pontos de medição, os dias, horários e duração das medições, os parâmetros acústicos, meteorológicos, geométricos e de tráfego a serem levantados, os equipamentos a serem utilizados, a configuração e o posicionamento dos mesmos (NAGEM, 2004).



Coleta de dados



Planejamento da coleta de dados.

Definição dos pontos, dias e horários de medição.

A definição dos pontos (quantidade e localização) é um passo fundamental para o mapeamento de ruído, pois estes formam uma malha de amostragem que permite estimar os níveis de ruído para pontos não medidos, por interpolação (NAGEM, 2004). Dessa forma, dependendo das dimensões da malha, da disponibilidade de tempo, de equipamentos e de pessoal, pode-se determinar um ou mais pontos para medição.

Nesta perspectiva, objetivando-se poupar tempo na pesquisa e recursos com materiais e equipamentos, optou-se por realizar medições em um único ponto da região a ser mapeada, distante 2 m da via. Conforme Brasileiro (2017), o ruído de tráfego veicular é calculado como fontes lineares divididas em segmentos, onde cada segmento resulta em um nível de ruído específico de acordo com as características da via e do tráfego.

Dessa forma, podem-se estimar os níveis de ruído para pontos não medidos, traçando a partir do ponto de medição um segmento imaginário, que liga todos os pontos equidistantes da via, ao longo do trecho onde são satisfeitas a mesma condição viária e de tráfego, formando uma linha de mesmo nível de ruído, conforme figura 11.

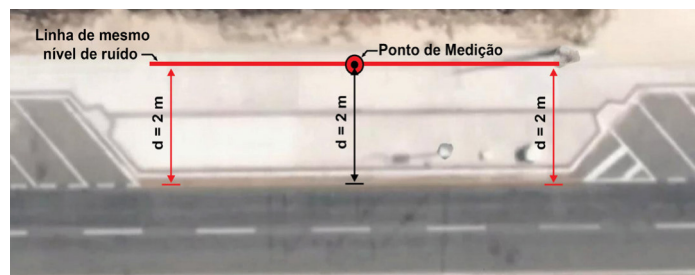


Figura 11 – Determinação do segmento de mesmo nível sonoro. Fonte: própria.

Para pontos que se afastam radialmente da fonte do ruído, essas linhas são geradas aplicando o critério da distância para fontes lineares. Essa regra estabelece um decaimento de 3dB (decibéis) para cada duplicação da distância em relação à fonte (GERGES, 1992).

Para a definição dos dias e horários das medições, por se tratar de pesquisa de campo envolvendo alunos, deve-se considerar, prioritariamente, a disponibilidade desses. Sendo assim, sugere-se que o levantamento de dados seja realizado em dias úteis, o que permite refletir as características típicas do local a ser mapeado (BALZAN, 2011), e em horário propício aos estudantes.

Quanto à duração das medições, o normativo NBR 10151 (ABNT, 2000) estabelece que o tempo de medição deve possibilitar a caracterização do ruído em estudo, podendo



envolver uma única amostra ou uma sequência delas. Segundo Murgel (2007), em vias de tráfego intenso o tempo de amostragem de 5 a 10 minutos é suficiente para fornecer resultados representativos. Desse modo, recomenda-se uma só amostra com duração de 10 minutos para as medições.

Definição das grandezas coletadas e dos equipamentos utilizados.

Todas as grandezas coletadas e procedimentos foram definidos tendo como base o normativo NBR 10151 (ABNT, 2000) e recomendações de outros estudos e trabalhos científicos desenvolvidos na mesma linha de pesquisa, tais como: Nagem (2004), Guedes (2005), Nardi (2008), Balzan (2011) e Brasileiro (2017).

Essa estratégia visa traduzir para o ambiente educacional os mais atuais métodos de pesquisa aplicados no Brasil para o mapeamento de ruído. Com isso, se tem a possibilidade de desenvolver um estudo pautado na realidade dos procedimentos adotados, proporcionando ampla e profunda compreensão da problemática do ruído de tráfego veicular.

Outro aspecto importante é a obtenção de resultados representativos do ambiente sonoro em estudo, e isso depende muito da qualidade dos dados coletados (BRÜEL; KJÆR, 2000 apud NARDI, 2008). Portanto, confiabilidade e capacidade de formar uma visão abrangente da problemática em estudo são os critérios tomados para a definição das grandezas levantadas nesta pesquisa.

Dessa forma, foram elencados para o levantamento de dados de acordo com Nardi (2008) três tipos de grandezas: morfológicas, onde se enquadram as características da via e das edificações do entorno; de tráfego, que abrangem as características do tráfego; e acústicas, que contêm a descrição dos níveis de ruído. A seguir, são apresentadas, individualmente, essas grandezas.

Grandezas acústicas

De acordo com a ISO 1996/1, a melhor forma de descrever o ruído ambiental é através do nível de pressão sonora equivalente contínuo (Leq), com ponderação de frequência na curva A (dBA). Portanto, os níveis de ruído devem ser expressos em termos dessa unidade de medida (NAGEM, 2004). No quadro 2 é apresentada a variável coletada em campo, seus respectivos dados, método de coleta e fonte.

Quadro 2 – Grandezas acústicas. Fonte: própria.

Variável	Dados Coletados	Método	Fonte
Nível de ruído do tráfego de veículos em dB(A).	Nível de pressão sonora - NPS da área de estudo.	Pesquisa de campo por meio da medição do NPS com decibelímetro.	Visitas in loco



As medições de nível de pressão sonora (ruído) são feitas com o auxílio do medidor sonoro, modelo DEC-460 do fabricante Instrutherm, apresentado na figura 12, devidamente calibrado e ajustado para operar no circuito de ponderação A, na condição de resposta rápida (fast) de acordo com a NBR 10151 (ABNT, 2000).

Uma alternativa de baixo custo é o aplicativo Decibel X – medidor de som dB(A), dB(C) e dosímetro, da SKYPAW Co., Ltd, que também registra valores de nível de pressão sonora em dB(A), tem tempo de resposta rápida semelhante ao aparelho profissional e está disponível para os sistemas IOS e Android.



Figura 12 – Instrumento de medição de NPS.
Fonte: própria.

A norma NBR 10151 (ibid.) estabelece que as medições no exterior de edificações que contém a fonte do ruído, como no caso do ruído de tráfego veicular, devem ser efetuadas em pontos afastados, aproximadamente a 1,2 m do piso e pelo menos 2 m do limite de qualquer superfície refletora, como muros, paredes, etc.

Para atender a estes requisitos, pode ser utilizada uma base tripé, como apresentada na figura 13, construída com madeira reutilizada, servindo como suporte para: o medidor de NPS; para a câmera digital usada para filmar o tráfego; e para o celular empregado para gravar o aparelho realizando as medições. Tripés de câmera fotográfica, poderão substituir a base, desde que ajustados de acordo com a NBR 10151 (ibid.).

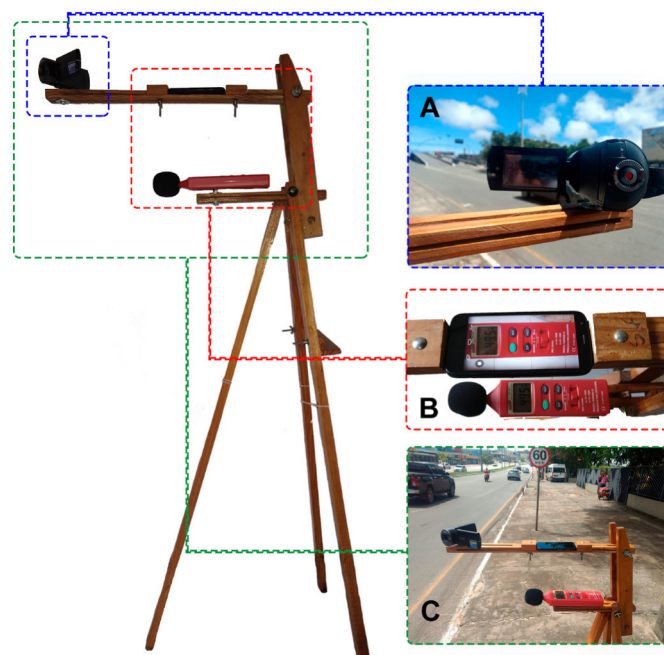


Figura 13 – Um possível sistema para suporte dos equipamentos. (A) Câmera de registro do Tráfego; (B) Suporte do celular e do medidor NPS; (C) exemplo de como o sistema deve ficar durante a coleta de dados. Fonte: própria.



Como o equipamento usado para coletar os dados acústicos não executa medição automática do nível equivalente contínuo, aplica-se o método alternativo prescrito pela NBR 10151 (ibid.), que consiste em calcular essa variável de interesse a partir dos valores de nível de pressão sonora medidos, amostrados a cada 5s. Neste caso, a gravação dos valores medidos com auxílio do celular irá facilitar na captura dos dados da amostra para o cálculo do Leq na etapa de análise dos dados.

Grandezas morfológicas

As características físicas e geométricas da via e do entorno influenciam diretamente na propagação sonora e, conseqüentemente, nos níveis de ruído apresentados na área em estudo. Portanto, há a necessidade de que sejam coletadas as mais diversas informações que caracterizam o cenário do local pesquisado (BRASILEIRO, 2017).

Número de pistas e faixas, sentidos do tráfego de veículos, tipos de pavimento e de edificações, uso e ocupação do solo na circunvizinhança são alguns dos dados morfológicos citados por Nagem (2004), que devem ser coletados in loco. Para auxiliar nesse levantamento, utiliza-se o formulário disponível no apêndice A. O quadro 3 resume todas as variáveis e dados levantados, o método utilizado e a fonte de pesquisa.

Quadro 3 – Grandezas morfológicas. Fonte: própria.

Variável	Dados Coletados	Método	Fonte
Hierarquia da via	Características da via quanto ao sentido de tráfego, número de faixas, categorização do tipo de via (rural, urbana e suas subdivisões).	Pesquisa de campo por meio de observações, anotações e fotografias.	Visitas in loco
Recobrimento da via	Características da via quanto ao recobrimento, categorização em asfalto, concreto, solo natural e paralelepípedo.	Pesquisa de campo por meio de observações, anotações e fotografias.	Visitas in loco
Tipo de estabelecimento ao longo da via.	Características dos estabelecimentos presentes no entorno da via, tipificando a área de acordo a NBR 10151/2000.	Pesquisa de campo por meio de observações, anotações e fotografias.	Visitas in loco

Grandezas de tráfego

Segundo Nagem (2004), para a caracterização do ruído de tráfego veicular é necessário um levantamento específico das condições do tráfego na via em estudo. Isso implica, de acordo com o autor, coletar o fluxo de veículos e a composição do tráfego (veículos leves e pesados), como descrito no quadro 4.



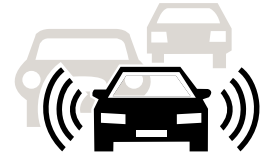
Quadro 4 – Grandezas de tráfego. Fonte: própria.

Variáveis	Dados Coletados	Método	Fonte
Fluxo total de veículos e composição do tráfego (leves e pesados)	Quantidade de veículos (leves e pesados) que passam na via em estudo.	Pesquisa de campo por meio de observação, contagem, anotações e filmagem.	Visitas in loco

Dessa forma, conforme a ISO 1996-2 (2007 apud BALZAN, 2011), paralelamente às medições do nível de pressão sonora, deve-se realizar a contagem do número de veículos que passam na via em ambos os sentidos de fluxo, distinguindo-os em leves e pesados. Como sugestão, os alunos ficarão encarregados de contar o quantitativo de veículos (cada um ficará com um tipo e um sentido de tráfego), de acordo com o formulário no apêndice A.

Para auxiliar na contagem manual desses veículos, a câmera presa à base, direcionada para a via, filmará o tráfego nos dois sentidos de fluxo. Este vídeo poderá ser utilizado para contabilização posterior, a ser realizada na etapa de Análise de dados, visando confirmar ou corrigir as quantidades coletadas.





Análise de dados

Nesta etapa, os dados levantados na pesquisa são tratados e interpretados, favorecendo uma visão sistêmica da problemática do ruído de tráfego veicular. Para ajudar nessa tarefa, é disponibilizado o formulário do apêndice B, que apresenta, em forma de questões norteadoras (retângulos tracejados), todo o percurso na pesquisa.

Com isso, pretende-se orientar o aluno pesquisador na condução da análise dos dados, permitindo-o, a partir da relação dos níveis de ruído medidos, com as variáveis morfológicas e de tráfego, chegar à compreensão da totalidade do fenômeno.

Ainda, possibilita a montagem de um banco de informações sobre o ruído de tráfego nos locais pesquisados, que pode ser divulgado no Google Earth Community, a fim de conscientizar a população quanto à distribuição do ruído, suas causas, efeitos da exposição e possíveis soluções.

Análise das grandezas morfológicas

1. Analisando o registro das quantidades e tipos de estabelecimentos presentes ao longo da via em estudo, classifique essa área quanto ao tipo, de acordo com o nível de critério de avaliação – NCA para ambientes externos no quadro 1, e descreva a relação entre o tipo de área e os limites de níveis permitidos por essa norma.

Tipos de área	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Quadro 1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)
Fonte: NBR 10.151 (2000).

O registro das quantidades e tipos de estabelecimentos presentes ao longo da via estudada (item 1 do Formulário – Pesquisa de campo), permite tipificar a área de acordo com o nível de critério de avaliação – NCA, para ambientes externos, que define os níveis máximos de ruído para o diurno e noturno.

Dessa forma, a predominância de certo estabelecimento no entorno da via são definidores do tipo de área. No entanto, caso seja identificada uma diversidade de tipos que dificulte a tipificação, para efeitos de classificação da área deve ser considerado o menor nível de ruído.

2. Descreva de que modo o tipo de estabelecimento presente na via pode influenciar no tráfego de veículos, e, portanto, no nível de ruído na área objeto de estudo.

Outro aspecto que merece destaque é relacionar o tipo de estabelecimento presente na via com os níveis de ruído de tráfego medidos. De certo, a presença de determinados tipos de estabelecimento intensificam o tráfego de veículos, elevando os níveis de ruído nessas áreas. Isso chama atenção para a necessidade de aplicação do zoneamento urbano via Plano diretor.



3. Explique de que modo a via de tráfego pode contribuir para o nível de ruído apresentado na área em estudo.

4. Analisando as características geométricas, números de faixa e sentidos de tráfego, assim como, o tipo de via e recobrimento, coletadas na pesquisa de campo, explique de que modo cada uma destas variáveis pode influenciar nos níveis de ruído medidos na área em estudo.

A análise das características morfológicas da via, tais como: número de faixas, sentidos do tráfego de veículos e velocidade máxima permitida, possibilita verificar a capacidade de tráfego e, portanto, o potencial de emissão de ruído dessa fonte nessa área. Quanto mais intenso for o tráfego veicular maior será o nível de ruído emitido.

Embora a via não produza o ruído, e sim os veículos que nela trafegam, ela é considerada agente indutora do tráfego e, por isso, é caracterizada como fonte de ruído, mesmo que indireta (MURGEL, 2007).

De acordo com este autor, o ruído gerado pelo atrito pneu-pavimento representa uma parcela significativa do ruído de tráfego veicular. E mais, com o avanço da tecnologia de controle de ruído de motor e escapamento, torna-se mais evidente a influência do ruído relacionado com o tipo de pavimento e seu estado de conservação.

Baseando-se em resultados de pesquisas de renomados institutos internacionais, Murgel (2007) sintetiza no quadro 5 as variações do nível de ruído de tráfego para alguns dos tipos de revestimentos mais utilizados em vias, em comparação como o pavimento asfáltico convencional. Deduz ainda, que pisos projetados para baixa emissão sonora podem reduzir em até 10 dB(A) o ruído produzido por asfalto deteriorado.

Quadro 5 – Variações de nível de ruído para diversos tipos de pavimento comparativamente ao pavimento asfáltico convencional em bom estado. Fonte: Murgel (2007).

Concreto	Asfalto deteriorado, blocos poliédricos ou paralelepípedos	Asfalto de baixa rugosidade	Asfalto poroso
Até +2,5 dB(A)	Até +5 dB(A)	Até -5 dB(A)	De -3 dB(A) a -6 dB(A)

Recobrimentos acusticamente duros, como asfalto, que apresentam características refletoras, elevam o ruído em aproximadamente 3 dB(A), enquanto revestimentos macios com vegetação ou terra arada, que têm caráter absorvedor, podem produzir atenuações da ordem de 30 a 40 dB(A) (BISTAFA, 2006).

Análise das grandezas de tráfego

5. Analisando o vídeo do tráfego de veículos, registrar no quadro 2 abaixo, as quantidades de veículos leves e pesados, e seus respectivos percentuais.

Tipo de veículo	Quantidade	Percentual
Leve		
Pesado		
Total		

Quadro 2 – Quantidade e Percentual de veículos na via por tipo.

A partir do vídeo do tráfego, realiza-se a contagem por tipo (leve e pesado) dos veículos que trafegam na via durante o tempo das medições. Esta contabilização visa confirmar ou corrigir as quantidades coletadas manualmente na pesquisa de campo, para minimizar o erro, aumentando a confiabilidade do estudo.



Tipo de veículo	Quantidade	Percentual
Leve	754	95%
Pesado	39	5%
Total	793	100%

Quadro 6 – Exemplo de preenchimento da tabela. Fonte: própria.

6. Esboçar o gráfico de composição do tráfego, em colunas comparativas das quantidades de veículos leves, pesados e o total.

7. Analisando o gráfico comparativo do tráfego de veículos, o que se pode perceber a respeito da intensidade total de veículos, e da relação entre as quantidades de veículos leves e pesados que compõem esse tráfego.

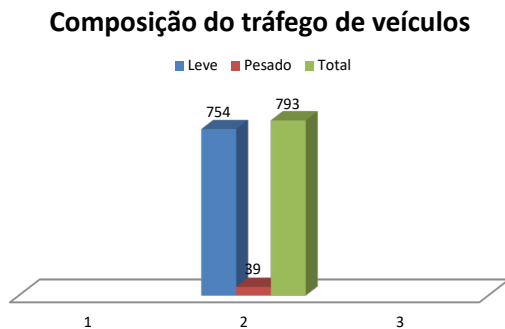


Figura 14 – Exemplo do gráfico de composição do tráfego. Fonte: própria.

8. Analisando o vídeo do tráfego de veículos, simultaneamente ao vídeo das medições, o que se pode perceber a respeito da contribuição de veículos leves e pesados na composição do nível de ruído medido na área de estudo. Quais veículos contribuem para os picos medidos e quais colaboram mais, frequentemente, para o nível equivalente estabelecido na área.

9. Analisando o vídeo do tráfego de veículos, simultaneamente ao vídeo das medições, responda qual a origem do ruído de tráfego, especificando a presença de cada fonte, seja o motor, escapamento, atrito pneu-pavimento, buzinas, sirenes e som automotivo.

A análise desses números, mediante construção de tabelas e gráficos, permitirá relacionar o tráfego veicular total e o tipo de veículo, com os níveis de ruído medidos na área em estudo. Dessa forma, possibilita verificar a contribuição do total e de cada tipo de veículo na composição do ruído medido na área.

O registro do quantitativo de veículos que trafegam na via, bem como sua categorização em leves e pesados, de acordo com a Resolução do Contran nº 396/11 (item 1 dos parâmetros do tráfego), possibilita identificar o total de veículos na área, a quantidade por categoria (leve ou pesado) e os seus respectivos percentuais.

A análise do vídeo do tráfego concomitante ao das medições permitirá identificar quais veículos contribuem para os picos medidos e quais colaboram mais frequentemente para o nível equivalente estabelecido na área. Ainda, possibilitará verificar quais parcelas do ruído foram produzidas pelo motor, escapamento, atrito pneu-pavimento, buzinas, sirenes e som automotivo.

Análise da grandeza acústica

10. Assistir o vídeo das medições de níveis de ruído e montar a amostra com os 120 níveis de ruído, preenchendo o quadro 3. Os dados amostrados são coletados a cada 5 s, durante os 10 min de visualização do vídeo, a iniciar pelo instante 5 s e terminar no instante 10 min.

Quadro 3: Amostra dos níveis de ruído medidos

Assistindo ao vídeo dos valores medidos, monta-se a amostra com os 120 níveis de ruído (quadro 3 do Item 10 do Formulário de Análise de dados) utilizados no cálculo do nível equivalente - Leq - da área, de acordo com a fórmula 1 (ABNT, 2000). Os dados amostrados são coletados a cada 5 s, a iniciar pelo instante 5 s, totalizando as 120 medidas no instante 10 min.



11. Transcrever todos os valores da amostra para a planilha eletrônica Excel, que será utilizada para calcular o nível médio equivalente de ruído da área, aplicando, para isso, a fórmula 1 do Leq à planilha.

$$Leq = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}} \quad (\text{Fórmula 1}).$$

Para o cálculo do Leq, os dados do quadro podem ser transcritos para uma planilha eletrônica Excel, na coluna A, conforme figura 15A. Para isso, a fórmula 1 será dividida em duas partes: uma que calculará a potência de 10, para cada valor da amostra (fórmula 2), gerando esses valores na coluna B; e a outra, fórmula 3, o resultado final do nível equivalente - Leq, de acordo com a figura 15C.

$$=POTÊNCIA(10;0,1*A1) \quad (\text{Fórmula 2})$$

$$=10*LOG(1/120*SOMA(B1:B120);10) \quad (\text{Fórmula 3})$$

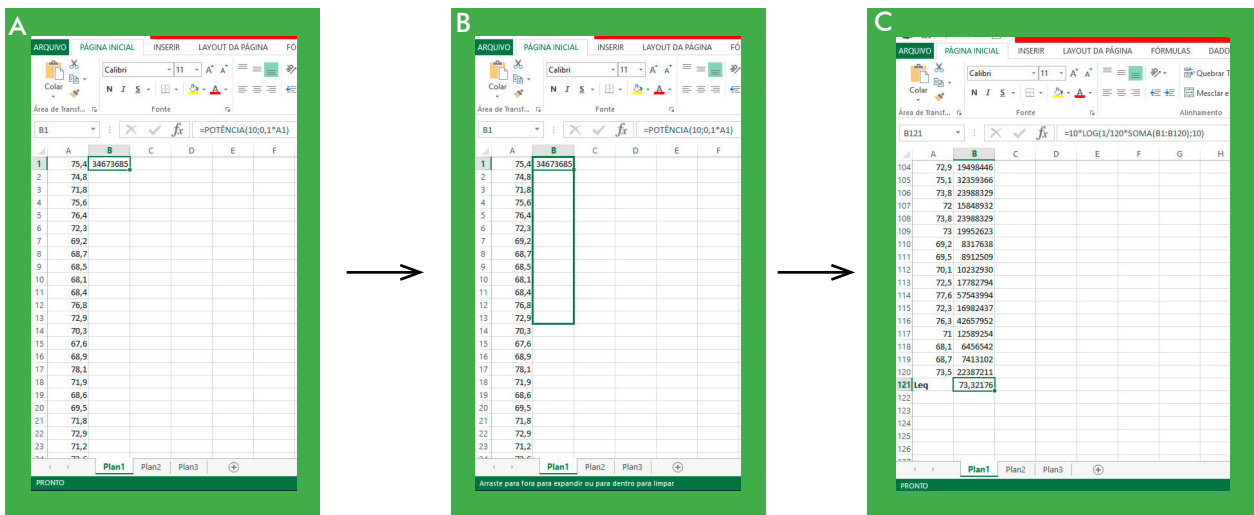


Figura 15 – Tabulação dos dados amostrados e procedimento do cálculo do Leq. Fonte: própria.

(A) Os 120 dados que compõem a amostra são colocados na *coluna A* do Excel, e na *célula 1B*, deve ser escrita a *fórmula 2*, para calcular a potência apertando o *ENTER* no teclado. (B) Posicione a ponteira do mouse sobre o quadrado (parte inferior direita da *célula 1B*), aparecendo uma cruz; clica-se com o botão esquerdo do mouse, arrastando a seleção até a *célula 120B*. (C) Na *célula 121A*, escreva a palavra *Leq*, e na *célula ao lado (121B)*, insira a *fórmula 3* e aperte *ENTER*, para calcular o resultado final do nível médio equivalente de ruído.

12. Preencher o quadro 4, com o nível permitido para área de acordo com o horário das medições (item 1 desse formulário), o nível médio equivalente (calculado no item 11), o nível máximo amostrado (observar na amostra, item 10), e a diferença entre o nível médio equivalente e o nível permitido.

Nível máximo permitido dB(A)	Nível médio-Leq dB(A)	Nível máximo amostrado dB(A)	Diferença entre o médio-Leq e o permitido dB(A)

Quadro 4: Níveis de ruído de interesse

O preenchimento do quadro 4 permitirá visualizar as principais grandezas acústicas do local em estudo, tais como: nível máximo permitido para a área, nível médio equivalente calculado, nível máximo amostrado e a diferença entre o médio equivalente e o permitido, possibilitando uma visão de como o ruído se comporta nessa área.



13. Esboçar gráfico de colunas dos níveis de ruído medidos, bem como inserir três linhas horizontais que representarão o nível máximo permitido para a área em estudo, o nível médio equivalente da área e o nível máximo amostrado.

14. Analisando o gráfico esboçado no item anterior, o que se pode afirmar a respeito dos valores dos níveis de ruído apresentados, do nível máximo permitido, do ruído médio equivalente, do nível máximo e da diferença entre o médio equivalente e o permitido?

A geração do gráfico de colunas dos níveis de ruído, que inclui todos os 120 dados da amostra, além das três linhas horizontais, possibilitará a leitura direta do nível permitido para a área, do nível médio equivalente e do nível máximo amostrado, conforme figura 16, constatando se estão acima ou abaixo do permitido e em que medida. Ademais, proporcionará a visualização do caráter flutuante do ruído.

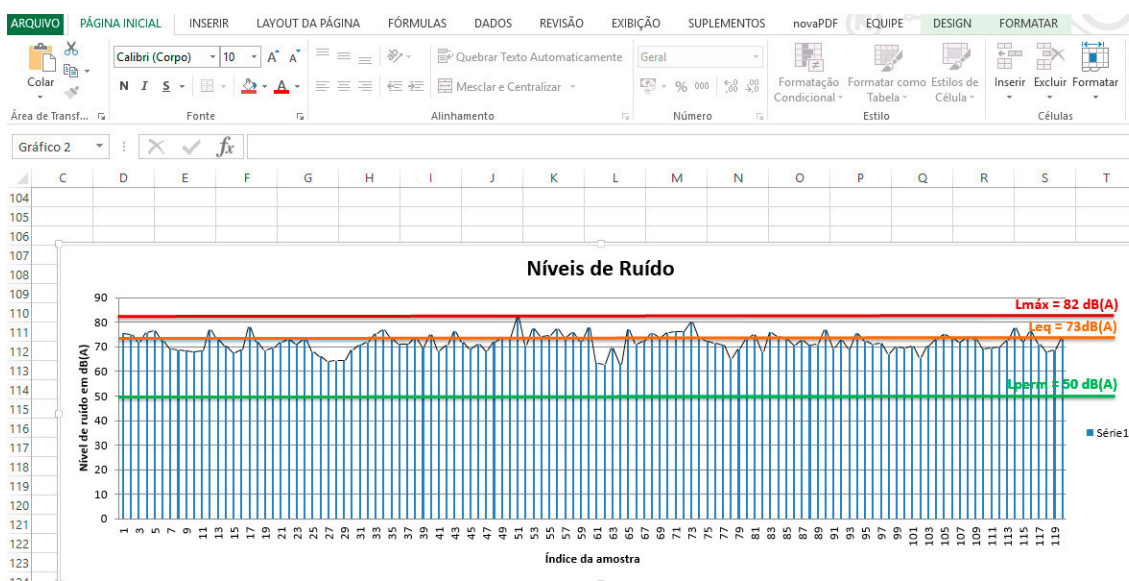


Figura 16 – Exemplo de apresentação do gráfico com as respectivas faixas. Fonte: própria.

Os procedimentos de análise dos dados tornam possível uma olhar amplo e aprofundado da problemática do ruído de tráfego veicular, pois permitem identificar onde estão os níveis mais intensos e as principais causas, assim como, pensar nos efeitos da exposição na população, em estratégias de controle e em formas de divulgação dos resultados obtidos para conscientização da população, favorecendo o desenvolvimento de uma visão sistêmica.



Construção dos mapas de ruído



1º Passo: Abrir o programa Google Earth Pro

- ✓ Para acessar o programa basta dar dois clicks sobre o ícone na área de trabalho do computador, abrindo a interface com o usuário da figura 17. Outro caminho é acessar o Menu iniciar e clicar em Google Earth Pro.

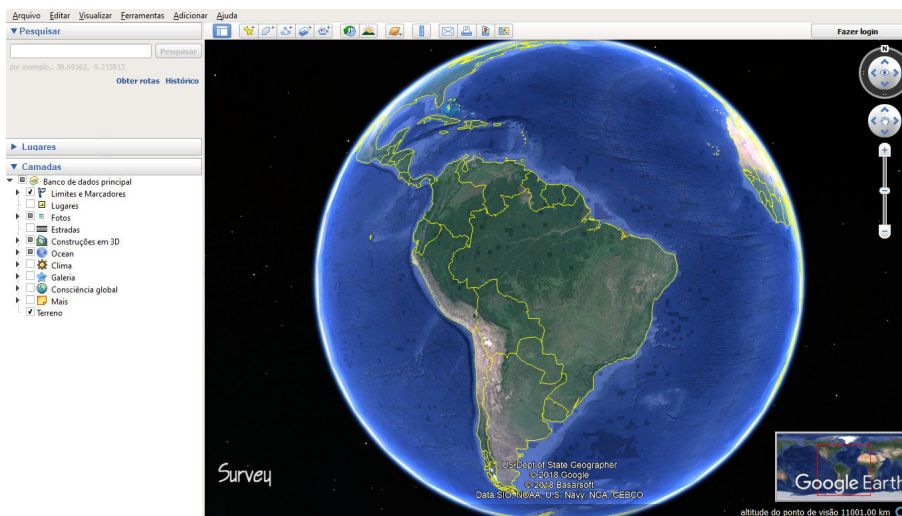


Figura 17 – Interface inicial do programa GEPro. Fonte: Próprio autor.

2º Passo: Configurar o Google Earth Pro

- ✓ Para melhor visualização, desative a inclinação automática (Ferramentas → Opções → Navegação → Não inclinar automaticamente durante o zoom - figura 18A) e minimize o exagero de elevação para 0.01 (Ferramentas → Opções → Vista 3D → Ampliar Elevação - figura 18B).

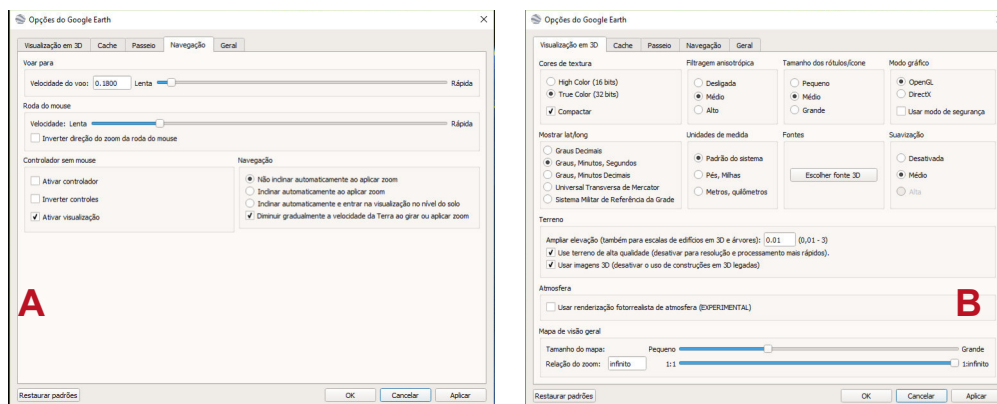


Figura 18 – Configurando o GEPro. Fonte: Próprio autor.



3º Passo: Localizar e visualizar a área em estudo

- ✓ Para localizar a área em estudo, na barra pesquisar (canto superior esquerdo), digite o endereço, o estabelecimento ou ponto de referência e clique em pesquisar. Ex.: Digite Colégio Adventista de São Luís e clique em pesquisar.
- ✓ Para aproximar ou afastar na tela a área em estudo, utilize o botão de rolagem do mouse ou os controles de navegação. Outra opção é clicar duas vezes sobre a área de navegação com o botão esquerdo do mouse para aproximar, e com o direito para afastar.
- ✓ Aproximar a área em estudo para visualizar melhor o ponto de coleta dos dados. Em seguida, usando as ferramentas de navegação, ajuste a via para a posição vertical, como na figura 19.

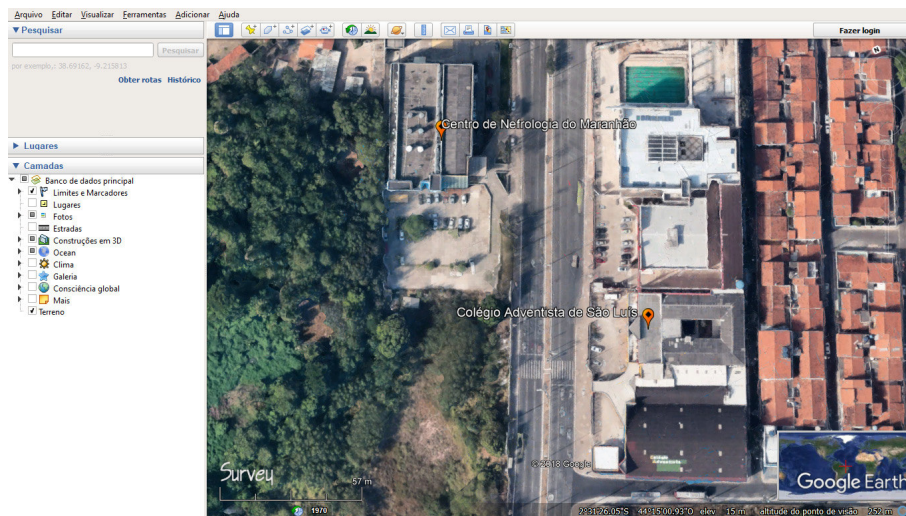


Figura 19 – Localizando local da coleta. Fonte: Próprio autor.

4º Passo: Marcar o ponto de coleta dos dados

- ✓ Para marcar esse ponto, será inserido um marcador, clicando sobre o ícone adicionar marcador na barra de ferramentas. Junto com o ele aparecerá uma janela para configurações (figura 20). Antes de fechá-la, mova o marcador com o mouse, clicando sobre ele e arrastando-o até o local desejado. Feito isso, configure o marcador, seguindo as orientações do próximo item.



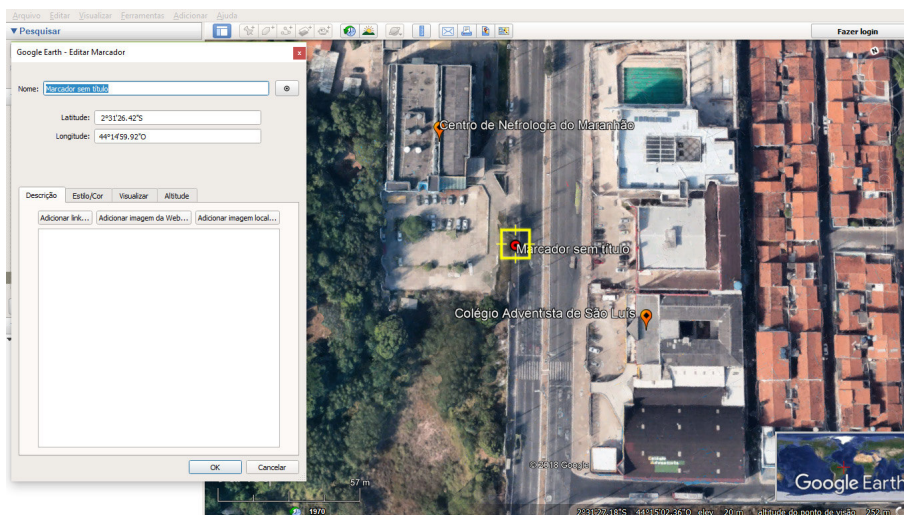


Figura 20 – Marcando o ponto da coleta. Fonte: Próprio autor.

- ✓ Para configurar o marcador, ao lado do nome *Marcador sem título*, na janela de configuração (clique no ícone do marcador → selecionar o marcador de bolinha estilo alvo → ajustar sua cor para vermelho → clicar em OK para confirmar - figura 21). Em seguida, apague o nome do rótulo e clique em OK.

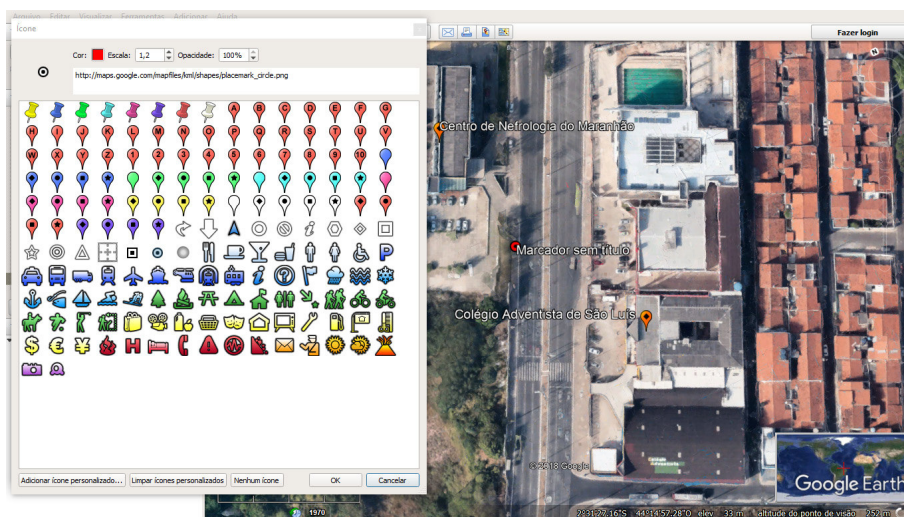


Figura 21 – Selecionando marcadores. Fonte: Próprio autor.

5º Passo: Demarcar os limites da via para construção do mapa de ruído

Este passo demarca os limites extremos da via onde será construído o mapa de ruído, figura 22. Para isso, será traçado um caminho que irá determinar o segmento da área em estudo, em que as condições da via e do tráfego não mudam (sem variações no número de faixas, sem cruzamentos, sem ruas de acesso ou com pouco tráfego).

- ✓ Adicionar dois marcadores, um para cada extremo da via, determinando os limites



do caminho a ser inserido (barra de ferramentas → adicionar marcador → arrastar o marcador na tela até o local desejado e clicar em Ok).

- ✓ Adicionar um caminho entre os dois pontos extremos (barra de ferramentas → adicionar caminho → clicar sobre um dos marcadores e, depois, sobre o outro), um segmento ligando os dois pontos será traçada automaticamente.
- ✓ Na janela lateral de configurações do caminho, clique em estilo e cor, ajuste a cor da linha para vermelho e clique em Ok para concluir as alterações.
- ✓ Adicionar um marcador sobre o segmento que liga os dois pontos extremos, de modo que este fique em posição frontal e alinhado, horizontalmente, ao ponto de coleta dos dados.

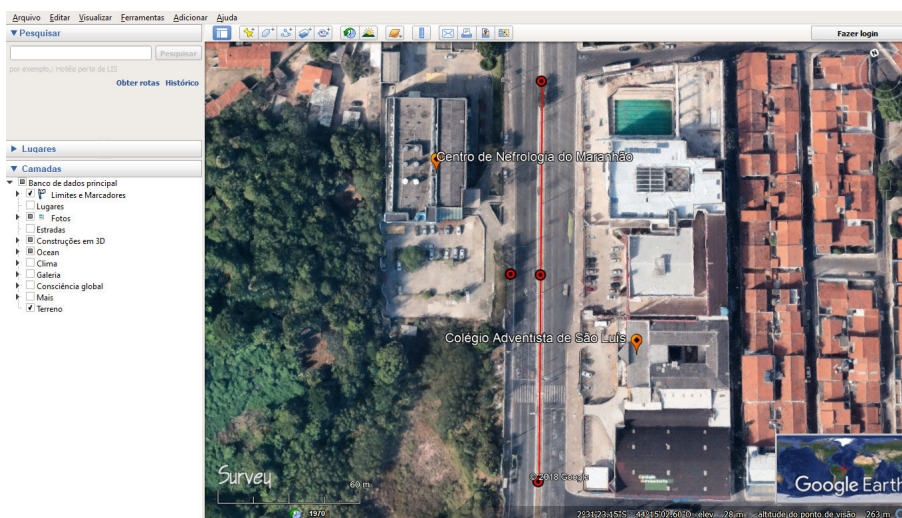


Figura 22 – Delimitando extremos da via. Fonte: Próprio autor.

6º Passo: Demarcar os limites laterais para construção do mapa de ruído

Neste passo serão demarcados os limites laterais das três zonas que irão compor o mapa de ruído. Para isso, serão traçados três círculos concêntricos (mesmo centro), centrados no ponto frontal ao da coleta de dados, como na figura 23.

- ✓ Para adicionar o primeiro círculo (barra de ferramentas → mostrar régua → círculo → ajustar o raio para metros e área para metros quadrados → posicionar o cursor no ponto frontal ao da coleta → clicar e arrastar até o ponto das medições, e soltar → anotar no quadro 7 a medida do raio R1 em metros, e clicar em salvar).
- ✓ Calcular e anotar, de acordo com o quadro 7, a medida dos raios dos outros dois círculos a serem adicionados, R2 e R3.
- ✓ Para adicionar o círculo de raio R2, concêntrico ao de raio R1 traçado (posicionar o cursor no ponto frontal ao da coleta → clicar e arrastar até o ponto que indicar a



medida do raio calculado, e soltar). Repetir o procedimento para adicionar o círculo de raio R3.

Quadro 7 – Dados de formatação dos polígonos. Fonte: Próprio autor.

Raio	Círculo	Medida do Círculo
R1	Pequeno	$R1 = \text{_____} (m)$
R2	Médio	$R2 = 2.R1 = \text{_____} (m)$
R3	Grande	$R3 = 2.R2 = \text{_____} (m)$

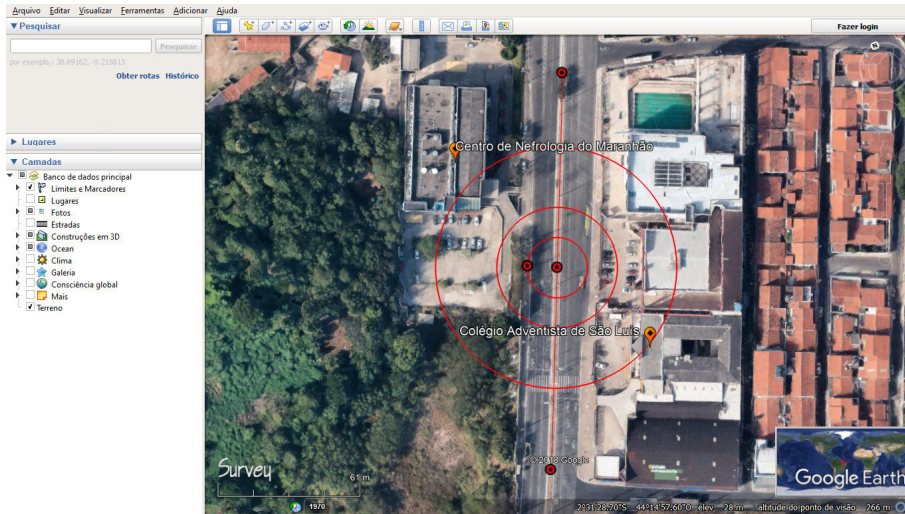


Figura 23 – Inserindo círculos concêntricos. Fonte: Próprio autor.

- ✓ Replicar os círculos concêntricos traçados para os dois pontos extremos do segmento (barra de ferramentas → mostrar régua → círculo → ajustar o raio para metros e área para metros quadrados → posicionar o cursor no primeiro ponto extremo superior → clicar e arrastar até o ponto que indicar a medida do raio, de acordo com o quadro 7, e soltar → clicar em salvar).
- ✓ Repetir o procedimento para o ponto extremo inferior (usar as mesmas medidas de R1, R2 e R3 do quadro 7).
- ✓ Para facilitar a visualização dos pontos que serão os vértices dos polígonos, são traçados os diâmetros dos círculos concêntricos extremos, como na figura 24.
- ✓ Para isso, será inserido um caminho para cada conjunto de círculos concêntricos extremos (barra de ferramentas → adicionar caminho → clicar nos dois pontos extremos do círculo grande). Este segmento deverá passar pelo centro dos círculos concêntricos, e tocar todos eles em dois pontos.
- ✓ Na janela lateral de configurações do caminho, clique em estilo e cor, ajuste a cor da linha para vermelho e clique em Ok para concluir.



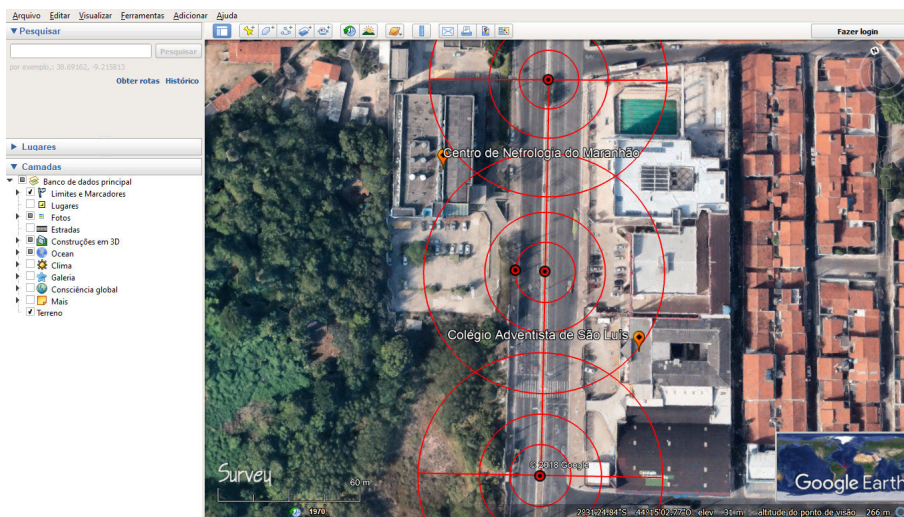


Figura 24 – Traçando os diâmetros das cicunferências. Fonte: Próprio autor.

7º Passo: Construir as zonas do mapa de ruído

- ✓ Para a construção das zonas do mapa de ruído serão inseridos três polígonos (quadriláteros), como na figura 25.
- ✓ Os quatro vértices de cada quadrilátero serão os pontos em que o diâmetro tocar cada círculo de mesmo tamanho, nos dois extremos. Assim, dos quatro lados de cada quadrilátero, dois serão do tamanho dos diâmetros, e os outros dois, se estenderão ao longo de todo o segmento entre os extremos.
- ✓ Para inserir os quadriláteros (barra de ferramentas → adicionar polígono → clicar sobre os pontos que formam os quatro vértices do polígono, no sentido horário ou anti-horário). Junto com o polígono abrirá uma janela para configurações. Antes de fechá-la, configure-o de acordo com o passo seguinte. Esse procedimento deverá ser repetido para criar os outros dois quadriláteros.

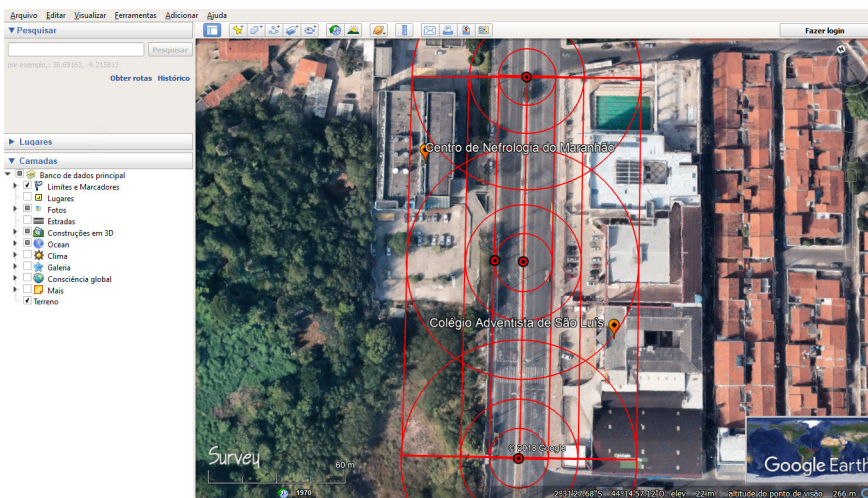


Figura 25 – Inserindo as zonas no mapa usando poligonos. Fonte: Próprio autor.



8º Passo: Configurar as zonas do mapa de ruído

- ✓ Para configurar os polígonos, primeiramente, deve-se mudar o Nome: *Polígono sem título*, na janela de configurações, para o intervalo equivalente de ruído em dBA estabelecido para essa zona do mapa.
- ✓ Para isso, o quadro 8 apresenta, para cada quadrilátero (pequeno, médio e grande), uma fórmula específica para o cálculo do intervalo equivalente de ruído correspondente. O valor do Leq – nível equivalente de ruído a ser substituído nas fórmulas é o calculado na questão 11 da etapa de Análise de dados.
- ✓ Clicar em estilo/cor para ajustar a área para circunscrito + sólido, a opacidade de 100% para 50% e aplicar as cores das linhas e da área, de acordo com o quadro 8.
- ✓ Clicar em Altitude para ajustar a altitude do polígono conforme o quadro 8. Ao final, deve-se clicar em Ok para concluir as alterações (figura 26).

Quadro 8 – Dados de formatação dos polígonos. Fonte: Próprio autor.

Raio	Polígono	Intervalo equivalente de ruído	Cor	Altitude
R1	Pequeno	Leq – 1,5 → Leq + 1,5	Vermelho	Relativo ao solo 2 m
R2	Médio	(Leq – 3 dBA) – 1,5 → (Leq – 3 dBA) + 1,5	Verde	Relativo ao solo 1 m
R3	Grande	(Leq – 6 dBA) – 1,5 → (Leq – 6 dBA) + 1,5	Azul	Preso ao solo

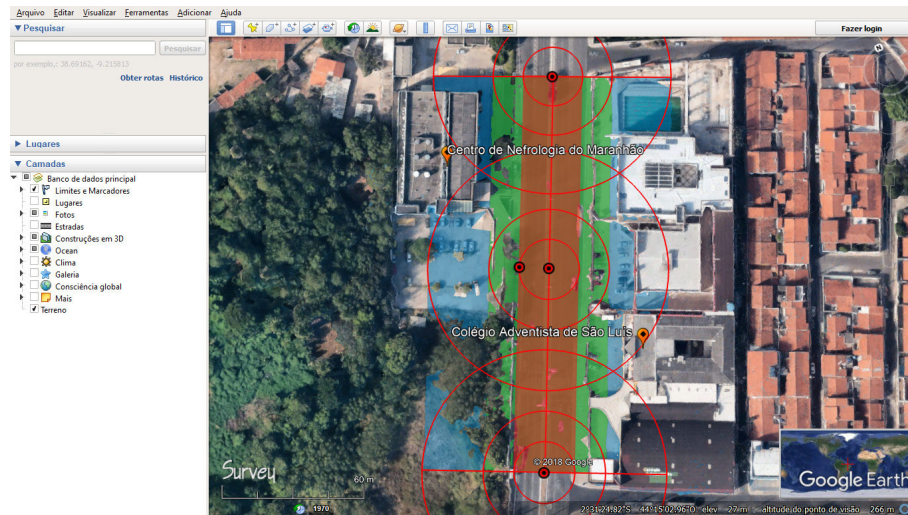


Figura 26 – Preenchimento colorido para delimitação dos intervalos. Fonte: Próprio autor.

- ✓ Retirar os marcadores, os caminhos e os círculos inseridos. Para isso, vá até a janela lugares clique uma vez com o botão esquerdo do mouse sobre o item que deseja excluir, aperte em del, no teclado, para deletar e OK para confirmar, ou clique com o botão direito sobre o item a ser excluído, selecione excluir e OK para confirmar. Se preferir, pode apenas ocultá-los do mapa, clicando sobre o check e desmarcando o item na janela lugares. O mapa ficará igual ao exposto na figura 27.



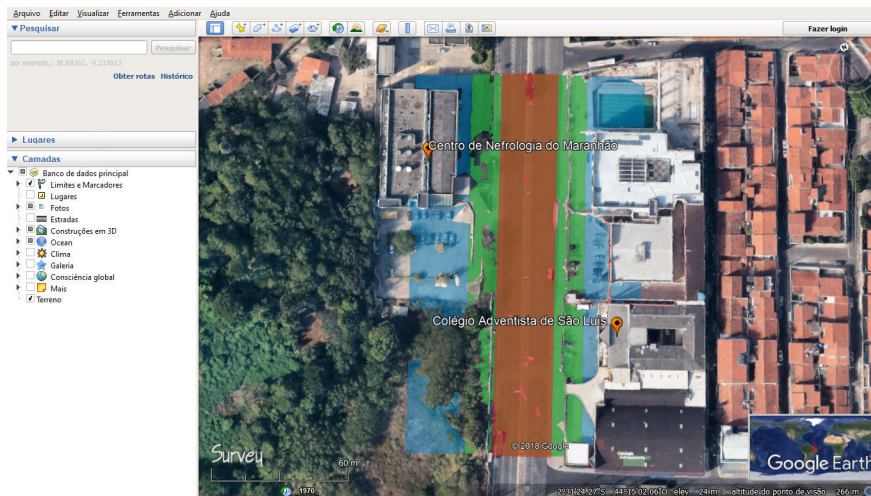


Figura 27 – Remoção dos marcadores e linhas de construção. Fonte: Próprio autor.

- ✓ Para melhor visualização do mapa de ruído e da área em estudo, deve-se clicar sobre o lugar que está sendo mapeado, na janela principal, para aproximar o campo de visualização e fazer os ajustes necessários usando as ferramentas de navegação.

9º Passo: Salvar o mapa de ruído

- ✓ Para salvar o mapa de ruído (barra de ferramentas → salvar imagem). Junto com essa opção, abrirão uma nova barra e duas janelas para edição do título do mapa e da legenda, como na figura 28.
- ✓ Para editar o título do mapa, deve-se clicar sobre a caixa *Mapa sem título* e escrever um título para o mapa (Ex.: Mapa de Ruído – Colégio Adventista).
- ✓ Para editar a Legenda do mapa, deve-se clicar na caixa *Legenda*. Com isso, abrirá uma janela com todos os elementos visualizados no mapa, que permitirá ajustar os títulos dos polígonos, dando dois cliques sobre eles, e escrevendo o intervalo de nível de ruído correspondente para essa zona do mapa (Ex.: 65,5 – 68,5 dBA).
- ✓ Em seguida, devem ser ocultados os elementos desnecessários da Legenda, deixando apenas os intervalos de níveis equivalentes de ruído. Para isso, basta clicar, com o botão esquerdo do mouse, sobre o check do elemento para desmarcar e fechar.



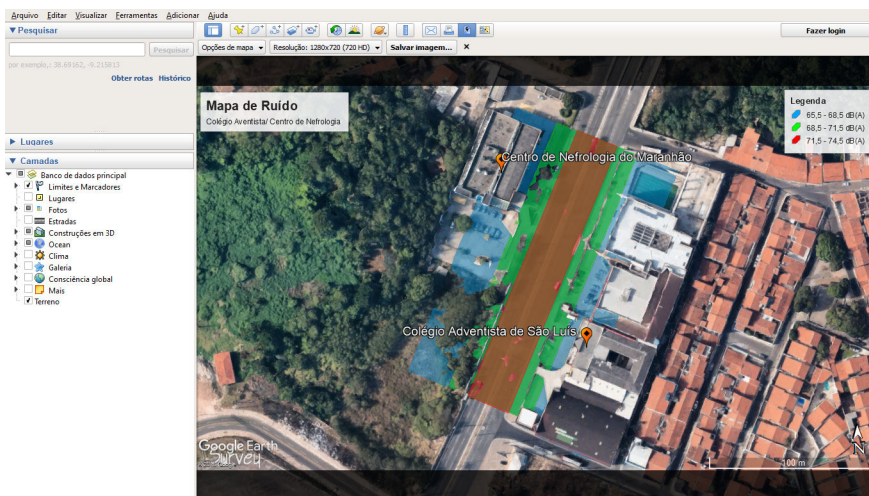


Figura 28 – Editando título e legenda. Fonte: Próprio autor.

- ✓ Por último, para salvar o mapa de ruído, clica-se no ícone salvar imagem na barra de ferramentas, o que habilita uma nova barra contendo o botão “Salvar imagem...”, que deverá ser clicado, abrindo a janela salvar como (figura 29), onde se deve selecionar a pasta de destino, escrever o nome do arquivo e clicar em salvar para gerar a imagem em formato .JPEG do mapa de ruído.

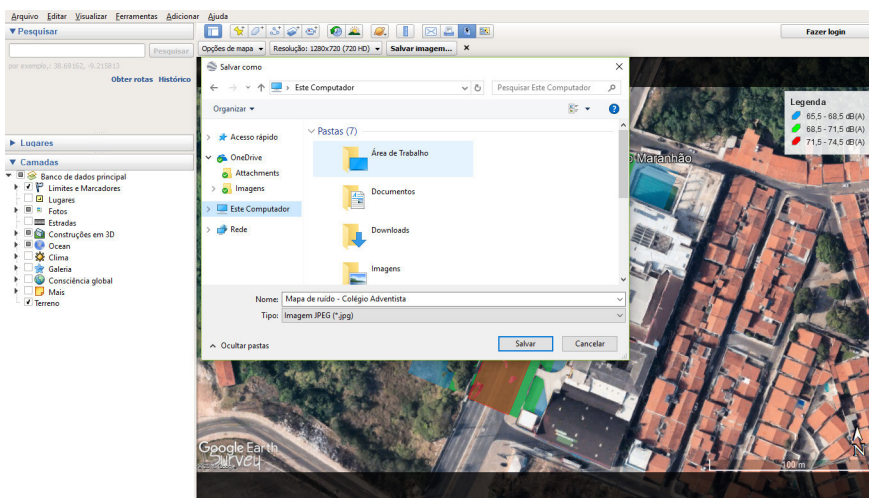


Figura 29 – Janela salvar como. Fonte: Próprio autor.

10º Passo: Abrir o mapa de ruído

- ✓ Para abrir o mapa de ruído salvo, basta ir até o local no qual o arquivo foi salvo e dar dois cliques sobre o arquivo. A imagem .JPEG do mapa de ruído será apresentada na tela do computador, como na figura 30.





Figura 30 – Mapa finalizado. Fonte: Próprio autor.

Sugestão de questionário para exploração dos mapas.

1. O que é um mapa de ruído?
2. O que representa cada cor no mapa de ruído?
3. Onde estão os níveis mais intensos de ruído? E os menos intensos?
4. Os níveis de ruído no mapa estão acima do limite estabelecido pela legislação para a área?
5. Qual a relação entre o ruído de tráfego na área mapeada e a distância em relação à fonte?
6. Qual a população exposta ao ruído de tráfego nessa área? E quais danos à saúde das pessoas pode causar essa exposição?
7. Qual a importância do mapeamento de ruído para a percepção do ruído de tráfego e, conseqüentemente, para a mudança de atitude frente a essa problemática?
8. Como o mapeamento de ruído pode contribuir para o controle e atenuação dos níveis de ruído de tráfego na área estudada? Que medidas poderiam ser aplicadas nesse sentido?
9. Quais iniciativas poderiam ser tomadas para sensibilizar e conscientizar condutores, pedestres, poder público competente, população em geral, quanto aos riscos da exposição ao ruído e à necessidade urgente de que todos assumam seu papel enquanto cidadãos responsáveis e beneficiários de um ambiente ecologicamente equilibrado?



Um exemplo de aplicação do produto educacional



Este tópico tem como objetivo mostrar uma aplicação deste produto educacional, fundamentada no método dialético, que foi realizada com alunos do ensino médio de um centro de ensino público do estado do Maranhão, na qual se obteve uma avaliação qualitativa e quantitativa, que atestou sua eficácia como estratégia para o ensino de Física.

O público alvo

A aplicação da proposta pedagógica ocorreu no Centro de Ensino Manoel Beckman, e envolveu 35 (trinta e cinco) alunos, de uma turma da 2ª série do ensino médio. A escolha desse público alvo se baseou no fato de que a temática proposta, ruído de tráfego veicular, está associada aos conteúdos de Acústica, área da Física contemplada nessa série. Além disso, todos esses alunos tinham o livro didático, contendo vasta abordagem sobre Acústica, material de apoio importante à prática desenvolvida.

Etapas de aplicação do produto

Para sistematização do processo de ensino, implementou-se um conjunto de ações didático-pedagógicas (levantamento de conhecimentos prévios, exposições dialogadas, leitura orientada de artigos, atividade prática de campo, análise dos dados em laboratório, elaboração de mapas de ruído e apresentação de relatórios), planejadas e aplicadas de acordo com as etapas do método didático dialético (quadro 9).

Quadro 9: Ações didático-pedagógicas e técnicas de pesquisa de acordo com as etapas do método didático. Próprio autor.

Etapa do método didático	Ação didático-pedagógica	Técnica de pesquisa
Prática social inicial	Levantamento de conhecimentos prévios e da percepção inicial para as ações desenvolvidas.	Aplicação de questionário fechado e aberto.
Problematização	Exposição dialogada dos problemas postos pela prática e pelo conteúdo, evidenciando as dimensões a serem tratadas no estudo.	Roda de conversa.
Instrumentalização	Exposição dialogada sobre o conteúdo de acústica, leitura orientada de artigos científicos selecionados, atividade prática de campo, trabalhos em laboratório, ensino com pesquisa.	Observação participante; Roda de conversa, aplicação de questionário aberto.
Catarse	Apresentação escrita do relatório da pesquisa, Apresentação oral dos resultados da pesquisa.	Roda de conversa, reaplicação de questionários fechado e aberto.
Prática social final	Exposição das novas ações pretendidas pelos alunos.	Roda de conversa.



Prática social inicial

Nesta etapa, que teve como objetivo levantar os conhecimentos prévios dos alunos, inicialmente foi anunciado o tema que seria estudado e, em seguida, foram aplicados dois questionários. Um com questões fechadas (apêndice C), visando verificar a percepção inicial dos alunos para as ações didático-pedagógicas propostas. O outro, aberto (apêndice D), contendo questões relativas ao ruído de tráfego veicular, utilizadas para determinação do nível de conhecimento dos educandos, entendido como aquilo que eles já sabiam sobre o assunto que seria estudado.

Para quantificar as respostas dadas ao questionário do apêndice D e, assim, definir o nível de conhecimento atual dos alunos, foi feita uma categorização em três níveis, de acordo com Corazza (1991 apud. GASPARIN, 2012), a síncrese, equivalente ao empírico ou senso comum, a análise, que consiste na abstração, na separação dos elementos particulares do todo, e a síntese, que é o concreto pensado, um novo concreto mais elaborado, uma prática transformadora.

Problematização

Nesta fase que objetiva questionar a realidade e os conteúdos relacionados, buscando as razões para estudá-los, foram selecionados os principais problemas identificados na prática social e que tem relação com o ruído de tráfego. Para isso, foi realizada uma roda de conversa, com a turma dividida em dois grupos, iniciada com a apresentação do tema “ruído de tráfego veicular: problema ambiental e questão de saúde pública”, para suscitar o início do diálogo e direcioná-lo, criando um clima favorável à exposição de ideias e experiências, que foram utilizadas para o levantamento das dimensões a serem estudadas.

Instrumentalização

Nesta etapa que visa apresentar aos alunos os instrumentos teórico-práticos necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social, foi aplicado um conjunto de ações didático-pedagógicas, constituído por: exposição dialogada sobre acústica e ruído de tráfego veicular, leitura orientada de artigos científicos do tema, atividade prática de campo, análise dos dados em laboratório e construção do mapa de ruído, a fim de contemplar todas as dimensões definidas na problematização.

Inicialmente, foram realizadas exposições dialogadas sobre acústica e ruído de tráfego veicular, onde foram abordados os seguintes tópicos: o conceito de onda e onda sonora, características e propagação, intensidade e nível sonoro, mecanismo da audição, conceito de ruído, tipos e fontes de ruído, nível equivalente, efeitos do ruído, mecanismos de atenuação, mapeamento de ruído, questão ambiental e saúde pública, gestão e controle de ruído ambiental. Essa abordagem teve como objetivo discutir os conceitos necessários ao equacionamento dos problemas detectados na prática social inicial.



No segundo momento, com o objetivo de discutir os métodos e técnicas aplicados na pesquisa, foram apresentados para leitura orientada três artigos científicos: Lacerda et al. (2005)¹, Specht et al. (2009)² e Bessa, Lima e Silva Júnior (2017)³. Estes trabalhos versam, respectivamente, sobre o ruído urbano e a percepção da população na cidade de Curitiba – PR, o ruído de tráfego de veículos buscando ações que evitem a geração e/ ou minimizem seus efeitos e a avaliação do ruído de tráfego veicular a partir do mapeamento de ruído realizado em Manaus – AM.

Para dinamizar o processo de leitura, os alunos foram divididos em três grupos. Assim, tiveram um primeiro contato com o que teriam pela frente, um trabalho de pesquisa que envolveu coleta de dados em atividade de campo, análise de dados em laboratório e construção de mapa de ruído. Além disso, puderam levantar questões, dúvidas e discutir em grupo e com o professor possíveis respostas.

Na sequência, foi realizada a atividade prática de campo, que objetivou observar e coletar dados sobre o ruído de tráfego veicular. Nesta atividade foram levantadas, com o preenchimento do formulário no apêndice A, grandezas: acústica (quadro 2), morfológicas da via e do entorno (quadro 3), e de tráfego (quadro 4), a fim de verificar como essas variáveis, associadas a essas grandezas, influenciavam esse fenômeno e, assim, propiciar um amplo e aprofundado conhecimento teórico-prático.

Para otimizar a atividade de campo, a turma foi dividida em 5 grupos de 7 alunos, e cada grupo ficou encarregado de realizar a coleta de dados em um dos cinco pontos previamente definidos na pesquisa (Hospital São Domingos, Colégio Educator, Uniceuma – Cohama, Colégio Adventista – Centro de Nefrologia de São Luís e Shopping da Ilha). A escolha desses locais teve como critério a presença de escolas, faculdades e/ou hospitais, que exigem um controle mais rígido do ruído.

Durante a coleta dos dados acústicos, que teve duração de 10 minutos, à medida que foram filmados os valores medidos e o tráfego correspondente (figura 13), alguns alunos fizeram a contagem manual dos veículos, por tipo, enquanto os outros observaram a ocorrência do fenômeno e correlacionaram cada evento em particular com os níveis sonoros obtidos no aparelho, fazendo anotações do ocorrido.

Ao final das medições, as informações levantadas pelos educandos foram reunidas e discutidas, com a presença do professor, para elaboração conjunta das anotações de campo, que serviram de base para identificar no comportamento e diálogo dos alunos a realização de operações mentais, tais como: analisar, comparar, criticar, classificar, deduzir, explicar, generalizar, conceituar, dentre outras.

No encontro seguinte, os dados coletados na pesquisa de campo foram levados ao laboratório de informática para serem analisados. Dessa forma, os alunos construíram

1. LACERDA, A. B. M... [et al.]. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição sonoras. In *Ambiente e Sociedade* – Vol. VIII nº 2, 2005.
2. SPECHT, L. P... [et al.]. Causas, formas de medição e métodos para mitigação do ruído decorrente do tráfego de veículos. *Rev. Tecnologia Fortaleza*, v.30, n.1, p.12-26, jun. 2009.
3. BESSA, J. C. A., LIMA, A. M. M., SILVA JUNIOR, J. A. Avaliação da poluição sonora e zoneamento de ruído em área piloto no município de Manaus/AM. *ENGEVISTA*, V. 19, n.2, p. 409-426, Maio 2017.



gráficos, tabelas e planilhas eletrônicas, usando o Excel, assim como, relacionaram os dados qualitativos levantados, com os resultados obtidos e o cenário observado na atividade de campo. Para tanto, seguiram as orientações do formulário de análise dos dados (apêndice B), que continha em forma de questões norteadoras todos os aspectos a serem analisados.

O passo subsequente foi a construção do mapa de ruído usando o programa Google Earth Pro. Para isso, os alunos utilizaram o roteiro “os 10 passos para construção de mapas de ruído” (página 24), desenvolvido tendo como base os principais instrumentos de mapeamento de ruído utilizados no Brasil, para adequar de modo consistente, eficiente e acessível, seu uso ao contexto educacional. Dessa forma, cada grupo construiu o mapa de ruído do seu local pesquisado.

Para avaliar as ações didático-pedagógicas aplicadas, utilizaram-se as questões de 1 a 4 do questionário, disponível no apêndice E, e roda de conversa, realizada após a catarse, a fim de verificar o que os alunos aprenderam, quais dificuldades tiveram e que importância atribuíram a cada ação. Neste momento, os alunos puderam escrever e relatar o que acharam sobre a metodologia empregada na prática pedagógica, do ponto de vista das aprendizagens e das interações promovidas.

Catarse

Nesta etapa ocorre a demonstração da nova forma de compreender os conteúdos e a prática social, agora, em um nível intelectual mais elevado. Dessa forma, o aluno é solicitado a mostrar o quanto se aproximou da solução dos problemas anteriormente levantados, revelando traços indicativos do quanto incorporou os conteúdos trabalhados, e qual seu novo nível de conhecimento.

Para tal, os alunos tiveram que produzir o relatório da pesquisa e apresentá-lo oralmente com o auxílio de banner, confeccionado por eles próprios. O relatório escrito e a apresentação oral foram os instrumentos utilizados, respectivamente, para que os educandos traduzissem para si e para os outros sua nova apreensão do conteúdo.

A apresentação oral foi realizada a um grupo de alunos do ensino médio, do mesmo centro de ensino, no qual foi desenvolvida a pesquisa, e contou com a presença de professores do MNPEF – Polo UFMA, professores da escola e comunidade escolar em geral. Neste momento, os educandos puderam relatar a experiência vivida, divulgar os resultados do estudo e responder os questionamentos do público presente.

Com isso, foi possível avaliar se os alunos chegaram à nova síntese mental, entendida como uma nova forma de compreender a realidade, que passa a ser vista em sua totalidade concreta, produto de múltiplas determinações. Para auxiliar nesse processo avaliativo, foram reaplicados os questionários de conhecimentos prévios, com o intuito de verificar as mudanças ocorridas no final da prática pedagógica.



Prática social final

Nesta última etapa do método diadático dialético, que consiste em retornar à prática social na perspectiva da práxis transformadora, considerada a melhor evidência de compreensão da teoria, ocorreu à transposição do teórico para o prático. Nela, os alunos foram convidados a manifestar, por meio de roda de conversa, a nova atitude prática assumida, bem como, a nova visão em relação ao conteúdo aprendido e ao método utilizado para aprendê-lo.

Uma síntese dos resultados obtidos

Resultados da prática social inicial

Da verificação da percepção inicial dos alunos para as ações didático-pedagógicas propostas (apêndice C), obteve-se que 35% (12 alunos) nunca tinham participado de atividades práticas de Física e, especificamente, tratando-se de atividades fora do ambiente escolar, o percentual foi muito superior, 79% (28 alunos), o que evidencia que esta estratégia foi pouco explorada para com esses alunos no ensino de Física, apesar do vasto campo de possibilidades para implementá-la e do potencial que esse tipo de atividade tem de tornar mais eficiente esse ensino.

Mesmo não tendo o hábito de realizarem atividades práticas de Física, sobretudo, de campo, 95% (33 alunos) e 70% (24 alunos), respectivamente, afirmaram existir uma relação da Física com o cotidiano e as tecnologias, e dela com problemas ambientais e questões de saúde pública. Os alunos que não conseguiram perceber uma relação entre essas áreas, ou não tiveram experiências que a propiciassem, ou foram ineficientes as oportunidades ofertadas.

Ainda assim, 87% (30 alunos) concordaram totalmente que atividades práticas contribuem para o aprendizado da Física, inclusive se forem realizadas fora do ambiente escolar, como afirma 72% (25 alunos). Esses dados revelam que tanto os alunos que já tiveram essa experiência, como grande parte dos que nunca a vivenciaram, acreditaram na efetividade dessas ações didático-pedagógicas.

Do levantamento de conhecimentos prévios sobre ruído (Apêndice D), obtiveram-se as respostas dos alunos, que foram categorizadas nos níveis sincrético, analítico e sintético, de acordo com Corazza (1991 apud. GASPARIN, 2012), e apresentadas no gráfico combinado da figura 31, para indicar o nível de conhecimento dos educandos em relação ao tema que seria estudado.

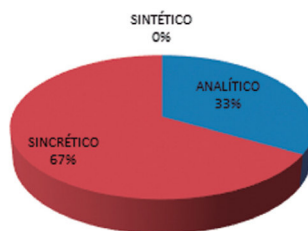


Figura 31 – Nível de conhecimento prévio dos educandos. Fonte: Próprio autor.



Como se pode perceber, nenhum dos alunos teve conhecimento no nível sintético. Do total, 67% (23 alunos) apresentaram o nível sincrético e 33% (12 alunos) obtiveram o nível analítico. O percentual de alunos no sincrético revelou uma visão caótica e fragmentada em relação ao tema ruído, manifestada nos conceitos espontâneos e de senso comum que apresentaram, do que se pode depreender a não ocorrência do processo de sistematização desse conhecimento. E mesmo que esse processo tivesse sido iniciado, como no caso dos que atingiram o analítico, ele se deu parcialmente.

Resultados da problematização e instrumentalização

A partir das indagações dos próprios alunos na roda de conversa, realizada na **problematização**, chegou-se aos principais problemas relacionados com o ruído de tráfego veicular e às dimensões: científica, conceitual, cultural, social e ambiental, que foram discutidas nas ações didático-pedagógicas desenvolvidas.

No que se referem às **aulas expositivas**, as opiniões dos alunos obtidas no questionário de avaliação das ações pedagógicas (apêndice E) indicam um núcleo comum de pensamento, expresso na relevância dada aos conceitos trabalhados em sala, para um desenvolvimento mais efetivo da pesquisa. Nessas aulas, os alunos tiveram a oportunidade de relacionar teoria e prática, em unidade, proporcionando uma ampla e consistente visão sobre o ruído de tráfego, embasada nos conceitos científicos que o envolve.

Nas anotações dos alunos, feitas durante a **atividade de campo**, percebeu-se indícios da realização de operações mentais como: análise, comparação, classificação, dedução, explicação, generalização, dentre outras, pertinentes à etapa de instrumentalização e resultantes do processo de mediação, essencial ao surgimento da síntese (CORAZZA, 1991 apud GASPARIN, 2012).

No questionário do apêndice E, aplicado para avaliar essa ação, verificou-se claramente nos relatos dos alunos a importância da atividade de campo como estratégia que possibilitou vivenciar na prática o fenômeno ruído de tráfego, oportunizando o contato direto com a realidade, que se tornou mediadora da aprendizagem, permitindo o desenvolvimento do conhecimento teórico-prático e, conseqüentemente, um aprendizado mais efetivo.

Na **análise dos dados**, os alunos se basearam nas planilhas, tabelas e gráficos para elaborarem as sínteses argumentativas, obtidas relacionando os dados quantitativos levantados, com os qualitativos e o cenário observado na atividade de campo, que versam sobre o nível de ruído obtido, demonstrando uma visão ampla e aprofundada sobre o ruído de tráfego.

Na avaliação dos alunos, acerca da **construção do mapa de ruído**, feita no questionário do apêndice E, é explícita a extrema relevância dada a essa ação didático-pedagógica, principalmente porque permite visualizar o ruído de tráfego nos locais pesquisados, propiciando uma vasta compreensão desse fenômeno, da exposição da população e das formas de intervenção para o controle e atenuação desse ruído.



Na roda de conversa realizada para avaliar essa ação, os alunos destacaram a importância das ferramentas computacionais na organização e operacionalização dos dados, especialmente, na construção dos mapas de ruído usando o software Google Earth Pro, que consideram essencial para a pesquisa. Deram ênfase à aplicação das cores utilizadas para representar as zonas mais afetadas pelo ruído de tráfego e, assim, poder materializar em imagem o que antes se restringia apenas à percepção sonora.

Resultados da catarse e prática social final

Na **apresentação oral**, utilizada para avaliar os alunos na **catarse**, verificou-se que eles se sentiram bastante seguros e discorreram de forma clara e concisa sobre o ruído de tráfego. Fizeram o uso correto da terminologia científica, utilizaram o recurso adequadamente e responderam com segurança os questionamentos dos presentes. Esses resultados são indicativos do desenvolvimento de atitudes, capacidade investigativa, autonomia intelectual, reflexão crítica e participação ativa.

Nas respostas dadas ao questionário do apêndice E, constatou-se que os alunos não só passaram a compreender o ruído como problema ambiental e questão de saúde pública, como também mudaram de atitude frente a essa problemática, se tornando cidadãos mais conscientes e críticos, preocupados com as questões socioambientais e com a melhoria da qualidade de vida da população, um despertar para a ação transformadora.

Da verificação da percepção final dos alunos para as ações didático-pedagógicas propostas (apêndice C), atestou-se que esta foi à primeira participação em atividades práticas de Física de 35% (12 alunos), e de 79% (28 alunos), referindo-se, estritamente, à modalidade de campo, e que esses alunos aprovaram o uso dessa estratégia no ensino de Física, relacionando-a com o cotidiano, as tecnologias, problemas ambientais e questões de saúde pública. Isso mostra que a proposta desenvolvida propiciou uma relação entre essas áreas.

Esses resultados são corroborados pelos 100% de alunos que concordaram que as atividades práticas favorecem o aprendizado da Física, que são favoráveis à exploração de atividades de campo, desde de que realizadas de maneira adequada, envolvendo tecnologias, e que acreditaram na possibilidade da Física auxiliar na solução de problemas ambientais e questões de saúde pública.

Quando reaplicado o questionário no Apêndice D, de conhecimentos prévios, na etapa de **catarse**, percebeu-se que nenhum dos alunos teve conhecimento no nível sincrético. Do total, 71% (25 alunos) incorporaram o conhecimento sistematizado no nível sintético, enquanto 29% (10 alunos) obtiveram o nível analítico, conforme ilustrado na figura 32.



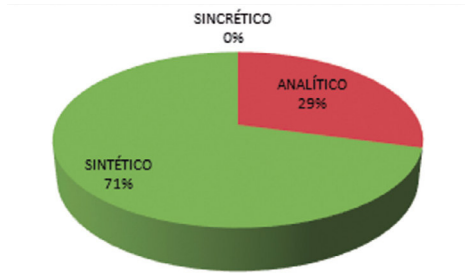
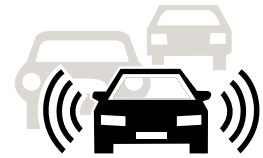


Figura 32 – Nível de conhecimento final dos educandos. Fonte: Próprio autor.

O fato de não se obter alunos no nível sincrético denota a ocorrência de uma transposição para níveis mais elevados, analítico e sintético. Esses resultados demonstram que todos os alunos participantes têm um nível mais elaborado de conhecimento, favorecido pelo processo de sistematização das ações didático-pedagógicas desenvolvidas no produto educacional.

Da roda de conversa realizada para concluir a avaliação da aplicação do produto educacional, os alunos declararam que o ruído não é simplesmente som ou onda, em sentido estrito da Física, mas também, problema ambiental e questão de saúde pública. Dessa forma, os alunos demonstraram que apreenderam o ruído de tráfego veicular em suas múltiplas dimensões, uma nova forma de ver a realidade, agora, em sua totalidade concreta, um despertar para a prática transformadora.





Considerações finais

Este material instrucional é mais que uma simples sequência para o mapeamento de ruído, constituindo-se como alternativa ao processo de ensino-aprendizagem da Física, que oportuniza ao aluno desenvolver habilidades, tais como: pesquisar, coletar dados, analisá-los; capacidade de aprender com tecnologias e construir novos conhecimentos.

Além do impacto positivo sobre o aprendizado, possibilita envolver o aluno com a pesquisa científica, atuando como protagonista na investigação e na busca de soluções às demandas sociais, num processo mediado que facilita a (re)construção dos conhecimentos. Dessa forma, propicia a aprendizagem problematizadora e investigativa.

Sua aplicação é potencializada com o uso do método dialético, uma vez que o mapeamento de ruído proporciona a materialização de um instrumento, o mapa de ruído, que pode orientar a ação, uma prática transformadora, essencial para uma atuação crítica e consciente diante dos desafios do mundo moderno.

No entanto, sua versatilidade permite uma abordagem mais simplificada, como atividade prática, complementando os conteúdos teóricos de Acústica estudados em sala, privilegiando a participação ativa dos alunos e favorecendo a aprendizagem significativa.

Dessa forma, este produto se coloca como opção para o ensino de Física, sem a intenção de ser uma proposta fechada, estanque, mas aberta às adaptações e às novas interpretações, que podem expandir o horizonte de possibilidades ora apresentado. Portanto, ao Professor compete definir como conduzirá a aplicação deste material instrucional.

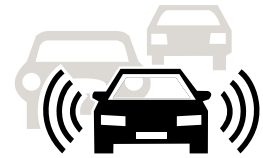
Contudo, não se pode perder de vista, que este produto somente produzirá os resultados de aprendizagem esperados, se atrelado a um referencial didático que oriente todas as etapas da ação pedagógica. Para isso, é fundamental compreender as expectativas educacionais, o papel social da escola e a concepção de aprendizado.

Nesta direção, se advoga o método didático dialético, pelo alinhamento com esta proposta educacional, que tem como foco a prática social, fundamento dessa metodologia. Essa afinidade permite vincular as estratégias e os recursos aplicados às etapas desse método, potencializando seu alcance na efetivação da aprendizagem.

Uma amostra desse potencial é o fato de gerar dados científicos significativos sobre a problemática em estudo, podendo culminar na publicação e apresentação de artigos em periódicos, anais de eventos, encontros, seminários e congressos. Isso repercute numa ampla divulgação deste trabalho, proporcionando uma maior visibilidade da instituição.

Assim, a escola assume a posição como núcleo de produção científica, capaz de promover estudos que atendam às necessidades da comunidade e do mundo. E ao aluno, reserva-se o papel de protagonista na realidade investigada, significando um despertar de novos pesquisadores, motivados em solucionar os problemas socioambientais. Isso tem valor inestimável tanto para o aluno como para a sociedade.





Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10151: acústica - avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

BALZAN, K. Avaliação do ruído de tráfego veicular em área central de Chapecó – SC. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

BISTAFA, S. R. Acústica aplicada ao controle do ruído. São Paulo: Blucher, 2006.

BRASILEIRO, T. C. Mapeamento Sonoro: Estudo do Ruído Urbano no bairro Castelo Branco, em João Pessoa/PB. 2017. 168 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CALIXTO, A. O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “rodovias – grandes avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental. 2002. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

CORTÊS, M. M; NIEMEYER, M. L. O potencial da utilização da ferramenta de mapa de ruído em diferentes escalas de análise. In: XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC, Brasília, DF, Brasil, 25 a 27 de Setembro de 2013.

DINATO, A. C; SCHAAL, R. E. Abordagem alternativa para aferição de ruído sonoro no entorno de aeroportos. Revista Minerva, v. 6, n. 3, p. 247-254, set./dez. 2009.

DIRECTIVA 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. Official Journal of the European Communities, p.12-25, 2002.

DOMINGUES, Samanta. Coloração da imagem através do som: som e cor. 132 f. Dissertação (Mestrado em Design e Multimídia) – Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2014.

GASPARIN, João Luiz. Uma didática para a pedagogia histórico-crítica, 5ª ed. rev. Campinas – SP: Autores Associados, 2012.

GERGES, SAMIR N.Y. Ruído: Fundamentos e Controle, 1ª ed., Florianópolis: S. N. Y. Gerges, 1992.

GUEDES, I. C. M. Influência da Forma Urbana em Ambiente Sonoro: Um estudo no bairro de Jardins em Aracajú (SE). 2005. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GUEDES, Italo César Montalvão; BERTOLI, Stelamaris Rolla. Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju - Brasil. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 5, n. 2, p. 40-51, jul./dez. 2014.



HEX TECNOLOGIAS GEOESPACIAIS. Curso de introdução ao geoprocessamento com o Google Earth: manual para iniciantes em geotecnologias. Processamento digital canal de conteúdo geo, 2017. Disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2017/06/ApostilaCursoGoogleEarth.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

KRIPKA, R. M. L; VIALI, L; LAHM, R. A. Utilização dos recursos do Google EarthTM e do Google MapsTM no ensino de ciências. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa – RELATEC, Cáceres, Espanha, v. 13 (2), p. 89-101, 2014.

LACERDA, MAGNI, MORATA, MARQUES E ZANNIN. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição sonoras. In Ambiente e Sociedade – Vol. VIII nº 2 jul./dez. 2005.

LIMA, R. N. de S. Google Earth aplicado a pesquisa e ensino da Geomorfologia. Revista de Ensino de Geografia, Uberlândia, v. 3, n. 5, p. 17-30, 2012.

MENEGUETE, Arlete. Tutorial de Google Earth Pro Gratuito. Material da Unesp de P. Prudente, 2014. Disponível em <<http://unesp.academia.edu/arletemeneguette/papers>> Acesso em: 20 de novembro de 2018.

MURGEL, Eduardo. Fundamentos de acústica ambiental. São Paulo: Editora Senac, 2017.

NAGEM, M. P. Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia. 2004. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NARDI, A. S. L. V. Mapeamento sonoro em ambiente urbano estudo de caso: área central de Florianópolis. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

NETO, W. P.de S. Usando api do Google Maps para criar um mapa interativo. Estudo de caso: Campus-Viçosa. 72f. (Conclusão do Curso de graduação em Engenharia de Agrimensura) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

OLIVEIRA, E. G. da P. A utilização do Google Earth e Google Maps como recurso didático para o ensino de Cartografia escolar. 26 f. Monografia (Conclusão do Curso de Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 2012.

PILLAR, G. G. Cidades híbridas: um estudo sobre o Google Earth como ferramenta de escrita virtual sobre a cidade. 83 f. Monografia (Conclusão do Curso de Comunicação Social) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física. In: Ensino de Física. CARVALHO, A. M. P. et. al. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SILVA, A. P. A; CHAVES, J. M. Utilização do Google Maps e Google Earth no ensino médio: estudo de caso no Colégio Estadual da Polícia Militar-Diva Portela em Feira de Santana-BA. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011.

SOUZA, J. de B; COSTA, S. M. Aplicações acadêmicas e escolares do Google Earth. In: IV Congresso Nacional de Educação – CONEDU: A Educação brasileira: desafios na atualidade, João Pessoa, PB, Brasil, 15 a 18 de Novembro de 2017.



Apêndice A



PROCEDIMENTOS - PESQUISA DE CAMPO

Grandezas morfológicas

Objetivo: Fazer o levantamento das características dos estabelecimentos e da via que influenciam a problemática do ruído de tráfego na área em estudo.

1. Fazer o levantamento do tipo de estabelecimento presente na área em estudo, bem como, de suas respectivas quantidades, por meio de observação, registro fotográfico e anotações no formulário da pesquisa de campo.

Obs.: O grupo deve dar ênfase à diversidade de tipos, aos maiores e aos que se apresentam com maior frequência.

2. Fazer o levantamento do tipo de via, do tipo de recobrimento da via, dos sentidos de tráfego, número de faixas, por meio de observação, registro fotográfico e anotações no formulário da pesquisa de campo.

Grandezas de Tráfego

Objetivo: Fazer o levantamento das características de tráfego que influenciam a problemática do ruído de tráfego na área em estudo.

1. Fazer o levantamento da quantidade de veículos por tipo (leve e pesado), por meio de filmagem, observação, contagem e anotações no formulário da pesquisa de campo.

Obs.: A contagem dos veículos será realizada somente durante o intervalo das medições do nível de pressão sonora.

Grandezas acústicas

Objetivo: Fazer as medições do nível de pressão sonora com decibelímetro ou aplicativo Decibel X na área em estudo.

1. Determinar o ponto onde serão feitas as medições (ponto fixo a 2 metros da via).
2. Montar o suporte e, em seguida, fixar o decibelímetro ou celular com o Decibel X, o celular e a câmera digital para registrar por vídeo o nível de pressão sonora medido e o tráfego dos veículos, respectivamente.
3. Ligar todos os aparelhos e prepará-los para que de forma sincronizada sejam acionados e possam registrar os dados de tráfego e de nível sonoro dentro do tempo estipulado de 10 min.
4. Ao final das medições, desligar todos os aparelhos, desmontar o suporte e guardar o kit experimental.



FORMULÁRIO – PESQUISA DE CAMPO

Equipe de Pesquisa: _____

Local Pesquisado: _____

Dia: ___/___/___ Horário ___:___ Duração: _____

Grandezas morfológicas

1. Marque com um (x) e registre a quantidade dos estabelecimentos presentes ao longo da via em estudo.

	<i>Presente (x) / Quantidade</i>		<i>Presente (x) / Quantidade</i>
Residências:	()/_____	Praças	()/_____
Lojas:	()/_____	Lanchonetes	()/_____
Centros comerciais:	()/_____	Supermercados	()/_____
Farmácias:	()/_____	Shoppings	()/_____
Postos de combustível:	()/_____	Escolas/Faculdades	()/_____
Oficinas:	()/_____	Sítios/Fazendas	()/_____
Indústrias:	()/_____	Clínicas	()/_____
Bares/Restaurantes	()/_____	Hospitais	()/_____

2. Classifique a via em:

Rural ()
Urbana ()

Obs.: Caso a via seja urbana passe ao item subsequente.
Se for rural, vá para o item 4.

3. Classifique a via urbana em:

Trânsito rápido ()
Arterial ()
Coletora ()
Local ()

Obs.: De acordo com o CTB-Código de Trânsito Brasileiro para vias urbanas:
- trânsito rápido: 80 km/h;
- arterial: 60 km/h;
- coletora: 40 km/h;
- local: 30 km/h;

4. Classifique a via rural em:

Rodovia ()
Estrada ()

Obs.: De acordo com o CTB-Código de Trânsito Brasileiro para vias rurais:
- Rodovia: via **pavimentada**
- Estrada: via **não pavimentada**

5. Classifique a via quanto ao tipo de revestimento em:

Asfalto ()
Concreto ()
Paralelepípedo ()
Solo natural ()



Apêndice B



FORMULÁRIO – ANÁLISE DOS DADOS

Equipe de Pesquisa: _____

Local Pesquisado: _____

Sobre as grandezas morfológicas

1. Analisando o registro das quantidades e tipos de estabelecimentos presentes ao longo da via em estudo, classifique essa área quanto ao tipo, de acordo com o nível de critério de avaliação – NCA para ambientes externos no quadro 1, e descreva a relação entre o tipo de área e os limites de níveis permitidos por essa norma.

Quadro 1 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A) Fonte: NBR 10.151/2000.

Tipos de área	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

2. Descreva de que modo o tipo de estabelecimento presente na via pode influenciar no tráfego de veículos, e, portanto, no nível de ruído na área objeto de estudo.

3. Explique de que modo a via de tráfego pode contribuir para o nível de ruído apresentado na área em estudo.



4. Analisando as características geométricas, números de faixa e sentidos de tráfego, assim como, o tipo de via e recobrimento, coletadas na pesquisa de campo, explique como cada uma destas variáveis pode influenciar nos níveis de ruído medidos na área em estudo.

Sobre as grandezas de tráfego

5. Analisando o vídeo do tráfego de veículos, registrar no quadro 2 abaixo, as quantidades de veículos leves e pesados, e seus respectivos percentuais.

Quadro 2 – Quantidade e Percentual de veículos na via por tipo.

Tipo de veículo	Quantidade	Percentual
<i>Leve</i>		
<i>Pesado</i>		
Total		

6. Esboçar o gráfico de composição do tráfego, em colunas comparativas das quantidades de veículos leves, pesados e o total.

7. Analisando o gráfico comparativo do tráfego de veículos, o que se pode perceber a respeito da intensidade total de veículos, e da relação entre as quantidades de veículos leves e pesados que compõem esse tráfego.

8. Analisando o vídeo do tráfego de veículos, simultaneamente ao vídeo das medições, o que se pode perceber a respeito da contribuição de veículos leves e pesados na composição do nível de ruído medido na área de estudo. Quais veículos contribuem para os picos medidos e quais colaboram mais, frequentemente, para o nível equivalente estabelecido na área.

9. Analisando o vídeo do tráfego de veículos, simultaneamente ao vídeo das medições, responda qual a origem do ruído de tráfego, especificando a presença de cada fonte, seja o motor, escapamento, atrito pneu-pavimento, buzinas, sirenes e som automotivo.



Sobre a grandeza acústicas

10. Assistir o vídeo das medições de níveis de ruído e montar a amostra com os 120 níveis de ruído, preenchendo o quadro 3. Os dados amostrados são coletados a cada 5 s, durante os 10 min de visualização do vídeo, a iniciar pelo instante 5 s e terminar no instante 10 min.

Quadro 3: Amostra dos níveis de ruído medidos

11. Transcrever todos os valores da amostra para a planilha eletrônica Excel, que será utilizada para calcular o nível médio equivalente de ruído da área, aplicando, para isso, a fórmula 1 do Leq à planilha.

$$Leq = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{Li}{10}} \quad \text{(Fórmula 1).}$$

12. Preencher o quadro 4, com o nível permitido para área de acordo com o horário das medições (item 1 desse formulário), o nível médio equivalente (calculado no item 11), o nível máximo amostrado (observar na amostra, item 10), e a diferença entre o nível médio equivalente e o nível permitido - leq.

Nível máximo permitido dB(A)	Nível médio-Leq dB(A)	Nível máximo amostrado dB(A)	Diferença entre o médio-Leq e o permitido dB(A)

Quadro 3: Amostra dos níveis de ruído medidos

13. Esboçar gráfico de colunas dos níveis de ruído medidos, bem como inserir três linhas horizontais que representarão o nível máximo permitido para a área em estudo, o nível médio equivalente da área e o nível máximo amostrado.

14. Analisando o gráfico esboçado no item anterior, o que se pode afirmar a respeito dos valores dos níveis de ruído apresentados, do nível máximo permitido, do ruído médio equivalente, do nível máximo e da diferença entre o médio equivalente e o permitido?



Apêndice C



MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO:
uma proposta para o ensino de física

QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA PERCEPÇÃO DOS ALUNOS PARA AS AÇÕES
DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS PROPOSTAS

1. Você já participou de atividades práticas nas aulas de Física?
 Sim Não
2. Você consegue perceber uma relação entre a Física, o cotidiano e as tecnologias?
 Sim Não
3. Você já participou de alguma atividade prática de Física fora da sala de aula ou do laboratório, como exemplo pesquisa de campo?
 Sim Não
4. Você consegue relacionar a Física com problemas ambientais e questões de saúde pública?
 Sim Não
5. Você concorda que atividades prática podem contribuir com o aprendizado nas aulas de Física?
 Discordo totalmente
 Discordo parcialmente
 Concordo parcialmente
 Concordo totalmente
6. Você concorda que é possível aprender Física fora do ambiente escolar, no cotidiano a partir da interação com o ambiente?
 Discordo totalmente
 Discordo parcialmente
 Concordo parcialmente
 Concordo totalmente
7. Você concorda que a Física pode auxiliar na solução de problemas ambientais e questões de saúde pública?
 Discordo totalmente
 Discordo parcialmente
 Concordo parcialmente
 Concordo totalmente



Apêndice D



MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO:
uma proposta para o ensino de física

QUESTIONÁRIO - CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Aluno: _____

1. Escreva o que você entende por ruído.

2. Escreva como você percebe a relação entre o ruído e a Física.

3. Estabeleça uma relação entre ruído, problemas ambientais, saúde e bem-estar individual e coletivo.



Apêndice E



MAPEAMENTO DE RUÍDO USANDO O PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO: uma proposta para o ensino de física

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS

1. Você teve a oportunidade de assistir duas aulas expositiva-dialogadas sobre o tema: acústica e ruído, onde foram tratados: o conceito de onda, conceito de som e ruído, como são gerados, como se propagam, características do ruído, como são percebidos pelo ouvido, quais os seus efeitos danosos, etc. De que modo estes conceitos contribuíram para a construção da base teórica da pesquisa? Que importância você atribui a essas aulas?

2. Na pesquisa de campo você teve a oportunidade de perceber e verificar na prática, in loco, o fenômeno ruído de tráfego veicular, bem como levantar dados e verificar os fatores que mais influenciam para os altos níveis de ruído apresentados nestes locais. Nesta perspectiva, de que modo a pesquisa de campo contribuiu para a compreensão do fenômeno ruído de tráfego? Qual a importância você atribui à pesquisa de campo? Quais as dificuldades nessa etapa?

3. Na etapa de análise dos dados você teve a oportunidade de analisar qualitativa e quantitativamente os aspectos que influenciam o fenômeno ruído, assim como suas contribuições, construímos gráficos e tabelas. Que importância você atribui a essa etapa para o entendimento do fenômeno ruído? E para o desenvolvimento da pesquisa? Quais as dificuldades nessa etapa?



4. Na etapa de elaboração dos mapas de ruído você teve a oportunidade de representar numa cartografia em escala de cores a distribuição do ruído nos locais pesquisados, de acordo com os dados coletados nos dias e horários estabelecidos na pesquisa. Que importância você atribui a este mapa para o entendimento do fenômeno ruído, da exposição da população, e das possíveis estratégias de intervenção nestes locais? Quais as dificuldades nessa etapa?

5. Descreva quais mudanças atitudinais e comportamentais foram incorporadas pelo estudo da problemática do ruído (O que mudou em sua vida depois da pesquisa? Como você percebe hoje o problema do ruído?). Que importância você atribui à pesquisa, como um todo, para essa mudança de atitude e comportamento? De que forma o estudo sobre ruído contribuiu para sua formação enquanto cidadão? Relate uma ou mais experiências que você tenha tido relacionada com o ruído depois da pesquisa.

