



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE – CAMPUS NATAL CENTRAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (POLO 10)**

**ENSINO DA INTENSIDADE DE ONDAS SONORAS: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS
DO MÉTODO PAULO FREIRE**

Rogério Câmara de Araújo

Natal/RN, abril de 2026.

Rogério Câmara de Araújo

**ENSINO DA INTENSIDADE DE ONDAS SONORAS: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS
DO MÉTODO PAULO FREIRE**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (Polo 10) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN – Campus Natal Central) como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto

Discente: Rogério Câmara de Araújo

Natal/RN, abril de 2026.

FICHA CATALOGRÁFICA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte – IFRN
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi

Araújo, Rogério Câmara de.

A663e Ensino de acústica no ensino médio : uma abordagem Freireana com uso
de aplicativo decibelimétrico / Rogério Câmara de Araújo. – 2026.
144 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2026.

Orientador(a): Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto.

1. Ensino de Física – Ensino médio. 2. Acústica – Som. 3. Intensidade de
ondas. 4. Metodologia Freireana. I. Título.

SIBi/IFRN

CDU 53:373.5

Elaborada pela Bibliotecária
Maria Ilza da Costa – CRB-15/412

Rogério Câmara de Araújo

ENSINO DA INTENSIDADE DE ONDAS SONORAS: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DO MÉTODO PAULO FREIRE

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (Polo 10) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN – Campus Natal Central) como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto

Discente: Rogério Câmara de Araújo

Aprovada em 19 de março de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



CALISTRATO SOARES DA CAMARA NETO
Data: 15/04/2026 22:16:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto
Instituto Federal do Rio Grande de Norte (IFRN)

Documento assinado digitalmente



ANTONIO MARQUES DOS SANTOS
Data: 16/04/2026 11:32:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antônio Marques dos Santos
Instituto Federal do Rio Grande de Norte (IFRN)

Documento assinado digitalmente



ALEXSANDRO PEREIRA LIMA
Data: 16/04/2026 12:32:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alessandro Pereira Lima
Universidade Federal do Rio Grande de Norte (UFRN)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha turma do mestrado pela vivência construtiva e amigável, nos momentos bons e difíceis. Ao meu orientador pela imensa ajuda e paciência dedicadas a mim. À minha mãe lembrada em todo tempo. A todos que contribuíram para a sua conclusão.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa não apenas o encerramento de uma etapa acadêmica, mas também a soma de muitos momentos vividos, aprendizados compartilhados e apoio recebido ao longo dessa jornada.

Agradeço, em primeiro lugar, à minha turma do mestrado, pela convivência construtiva, pelo espírito de colaboração e pelo apoio mútuo, que tornaram a caminhada mais leve nos momentos bons e, sobretudo, nos desafiadores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador, expresso minha profunda gratidão pela orientação generosa, pela paciência e pela dedicação com que guiou meu percurso acadêmico. Sua contribuição foi essencial para a realização deste trabalho.

À minha mãe, que esteve presente em pensamento e sentimento em todos os momentos, meu eterno agradecimento e amor. Sua lembrança foi força constante ao longo dessa trajetória.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho — seja com palavras de incentivo, conselhos, apoio prático ou inspiração. Cada gesto teve um papel fundamental nesta conquista.

EPÍGRAFE

"A ciência é uma maneira de tentar não se enganar."

Richard Feynman

RESUMO

Este trabalho que aqui se apresenta parte da problemática da poluição sonora e suas consequências. Apresenta-se uma pesquisa desenvolvida a partir da aplicação de um método educacional com foco no ensino da intensidade de ondas, direcionado a estudantes do ensino médio. A proposta metodológica desenvolvida foi aplicada ao longo de sete aulas, nas quais foram utilizados experimentos práticos, atividades de fixação e questionários avaliativos; buscando tornar o processo de aprendizagem mais participativo e significativo. O objetivo geral é proporcionar o ensino de parte da acústica - medidas de níveis de intensidade sonora – com uma experiência, em sala de aula, e sensibilizar os alunos para o tema da poluição sonora.. Baseando-se nos princípios de Paulo Freire, que defendia uma educação dialógica, problematizadora e crítica; buscou-se trabalhar o conteúdo de forma contextualizada, aproximando conceitos abstratos de situações cotidianas, de modo a favorecer a compreensão racional e a autonomia intelectual dos estudantes. Os resultados obtidos apontaram que a utilização deste método contribuiu para despertar maior interesse e engajamento dos discentes, além de potencializar a compreensão dos conceitos físicos envolvidos. Assim, esta dissertação evidencia que o ensino, quando desenvolvido a partir de metodologias participativas, torna-se mais eficaz, aproximando teoria e prática a fim de promover uma aprendizagem crítica e transformadora.

Palavras-chave: Ensino de Física. Acústica. Intensidade de ondas. Metodologia Freireana. Ensino participativo.

ABSTRACT

In this study we have as problem sound pollution and its consequences. We presents research developed through the application of an educational product on the theme of acoustics, focusing on the teaching of wave intensity, with high school students. The proposal was carried out over seven lessons, in which practical experiments, consolidation activities, and evaluative questionnaires were applied, aiming to make the learning process more participatory and meaningful. The adopted methodology was based on Paulo Freire's principles, which advocate a dialogical, problematizing, and critical education, enabling knowledge construction from students' lived experiences. In this sense, the content was approached in a contextualized manner, bringing abstract concepts closer to everyday situations, thus fostering understanding and intellectual autonomy. The results indicated that the use of Freire's method, combined with experimental practices, helped to stimulate greater interest and engagement among students, as well as enhance the comprehension of the physical concepts involved. Therefore, the study shows that teaching wave intensity, when developed through participatory methodologies, can become more effective by bridging theory and practice and promoting critical and transformative learning.

Keywords: Physics teaching; Wave intensity; Acoustics; Paulo Freire; Participatory methodology. Sound Polution. Decibelimeter app.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Monocórdio de Pitágoras.....	16
Figura 2 – Exemplos de ondas longitudinais.	18
Figura 3 – Ilustração esquemática exibindo campos elétricos e magnéticos oscilantes e perpendiculares entre si	18
Figura 4 - Momento em que uma aeronave F/A Hornet quebra a barreira do som, capturada em movimento pelo veterano da Marinha Americana Ensign John Gay em 07 de novembro de 1999, em um voo transônico passando por uma nuvem de vapor	26
Figura 5 – Propagação de onda e lei do inverso do quadrado.....	28
Figura 6 - Página Inicial do site do PhET.....	42
Figura 7 – Página das simulações de Física do PhET	43
Figura 8 – Exemplo do experimento com ondas sonoras a partir de uma fonte puntiforme.....	44
Figura 9 - Momento inicial do experimento realizado em sala de aula.	66
Figura 10 – Aula teórica e instrução da atividade.....	66
Figura 11 – Realização do pré-teste.....	66
Figura 12 – Realização do experimento em sala de aula.	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Nível de intensidade sonora em função da distância entre a fonte e observador R.....	30
Gráfico 2 - Curvas de ponderação do decibelímetro.....	30
Gráfico 3 – Defina o que é som e como ele se propaga.....	68
Gráfico 4 – Explicação da diferença entre som e ruído	70
Gráfico 5 - O que são decibéis (dB) e como são utilizados os decibelímetros para medir a níveis de intensidade sonora	71
Gráfico 6 - Faixa de frequência perceptível ao ouvido humano.	73
Gráfico 7 – Qual das alternativas abaixo representa um som de intensidade perigosa para a audição humana?.....	75
Gráfico 8 – Qual das situações abaixo representa um exemplo de poluição sonora?	76
Gráfico 9 – Suponha que você esteja em uma sala onde há muita reverberação. Como o fenômeno da reverberação pode estar contribuindo para isso, e o que poderia ser feito para minimizar o problema?	78
Gráfico 10 - Reflexão: Em grandes cidades, a poluição sonora é um problema crescente. Como você acredita que ela pode afetar a qualidade de vida das pessoas?.....	79
Gráfico 11 – Explique como o conhecimento sobre acústica e decibéis pode ajudar a desenvolver medidas para reduzir a poluição sonora em ambientes urbanos.	80
Gráfico 12 - A realização do experimento tornou a aula mais interessante?.....	83
Gráfico 13 - O produto educacional melhorou seu entendimento sobre o conceito de níveis de intensidade sonora?.....	84
Gráfico 14 - O produto ajudou a visualizar os conceitos físicos do cotidiano?	85

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. A ACÚSTICA E AS ONDAS SONORAS	15
2.1. História da acústica	15
2.2. Definindo o som	17
2.3. Cálculo do nível de intensidade em decibéis com a distância e em função de R.....	29
2.4. Curva de Ponderação.....	30
3. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	32
3.1. O potencial transformador da didática aplicada	33
3.2. O diálogo como fundamento epistemológico	34
3.3. A importância do protagonismo discente na sala de aula	37
3.4. A experiência como prática educativa.....	39
3.5. Proposta do trabalho.....	40
3.6. Base técnica utilizada: Site de experimentos científicos didáticos da Universidade do Colorado (PHET).....	41
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	45
5. PRODUTO EDUCACIONAL	49
5.1. Aplicação no Ensino de Física: Níveis de intensidade sonora como Tema Gerador	51
5.2. Metodologia desenvolvida e sequência didática aplicada.....	52
6. RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	66
6.1. Instrumentos de pesquisa.....	67
6.2. Dados temáticos da pesquisa	68
6.3. Pesquisa de satisfação: verificação do grau de satisfação dos alunos	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
REFERÊNCIAS	88
APÊNDICE A: Produto Educacional.....	91

1. INTRODUÇÃO

As ondas constituem um dos fenômenos mais recorrentes na natureza e exercem papel fundamental na compreensão de diversos processos físicos. Segundo Tipler e Mosca (2013), as ondas podem ser definidas como perturbações que se propagam em um meio transportando energia, sem que haja o transporte de matéria. Elas podem ser classificadas em diferentes tipos, como ondas mecânicas, eletromagnéticas e de matéria, sendo as primeiras aquelas que necessitam de um meio material para se propagar. Dentro do estudo das ondas mecânicas, a acústica ocupa um lugar de destaque por se dedicar ao entendimento do som e suas características. Halliday (*et al*, 2016) apontam que o som é uma onda mecânica longitudinal, resultante de compressões e rarefações em um meio, geralmente o ar, capaz de ser percebida pelo ouvido humano. Entre os diversos aspectos da acústica, a intensidade das ondas sonoras se apresenta como um conceito central, pois permite compreender como a energia sonora se distribui e influencia tanto a percepção auditiva quanto a aplicação prática em tecnologias do cotidiano.

Nesse contexto, o ensino de acústica no ensino médio representa um desafio, visto que envolve conceitos abstratos que muitas vezes não são facilmente assimilados pelos estudantes apenas por meio das aulas expositivas tradicionais. Para enfrentar esse desafio, buscou-se neste trabalho adotar uma metodologia didática fundamentada nos princípios de Paulo Freire (1996), que defende um processo de ensino-aprendizagem baseado no diálogo, na problematização e na construção coletiva do conhecimento. A perspectiva freireana propõe que os conteúdos sejam abordados de maneira contextualizada, relacionando-os às experiências de vida dos estudantes, de modo a promover não apenas a assimilação conceitual, mas também o desenvolvimento da criticidade e da autonomia do estudante.

O objetivo geral deste trabalho é contribuir com a compreensão dos fenômenos sonoros pelos alunos do ensino médio da rede pública, relacionando-os aos impactos ambientais e ao desenvolvimento de habilidades críticas para a proposição de soluções sustentáveis aos problemas identificados, com vistas, inclusive, à melhoria da qualidade de vida nos ambientes fechados e espaços urbanos. Nesse sentido, foi desenvolvida uma *sequência de sete aulas* voltadas ao ensino da intensidade das ondas sonoras, aplicadas a estudantes do ensino médio, em que foram utilizadas estratégias como experimentos práticos, atividades de grupo e questionários reflexivos, inspirados na proposição freireana sobre o desenvolvimento das competências e habilidades dos alunos.

A aplicação de uma experiência freireana em sala de aula no ensino de conteúdos de

física do ensino médio (no caso, acústica – medidas de níveis de intensidade sonora) tem por objeto de estudo uma nova metodologia/ferramenta de aprendizado que sensibilize os alunos para a problemática da poluição sonora e seus desdobramentos. Buscou-se, com isso, compreender como uma abordagem participativa, dialógica e contextualizada pode tornar o estudo da acústica mais acessível, interessante e conectado à realidade dos estudantes.

De maneira específica, o trabalho tem como propósito *aplicar uma sequência de aulas práticas aplicando os conteúdos da acústica sobre os níveis de intensidade sonora*, de modo a favorecer a construção do conhecimento por meio da experimentação e da reflexão coletiva relacionados com a realidade dos alunos. Pretende-se, também, estimular o interesse e a curiosidade científica dos discentes, incentivando-os a *observar o som como um fenômeno físico presente em diversas situações do cotidiano, passível de intervenção e melhoramento do ambiente acústico*. Assim, objetivou-se desenvolver a criticidade e a autonomia dos estudantes, promovendo a valorização do diálogo e da troca de saberes entre professor e aluno; almejando avaliar os resultados da aplicação da metodologia proposta, identificando seus impactos no processo de ensino e aprendizagem e verificando se essa abordagem contribui efetivamente para uma formação mais participativa e significativa no campo da Física no ensino médio brasileiro.

2. A ACÚSTICA E AS ONDAS SONORAS

A acústica, enquanto campo de estudo, dedica-se à compreensão dos fenômenos sonoros, desde sua geração até sua propagação e percepção. Sob a análise da física, o som é entendido como uma onda mecânica que se propaga através de um meio elástico, como o ar, a água ou sólidos, transportando energia sem o deslocamento permanente das partículas do meio. Essa definição, aparentemente simples, abre caminho para um entendimento profundo dos princípios físicos que governam o comportamento das ondas sonoras, incluindo sua frequência, amplitude, velocidade de propagação e interações com o ambiente. A acústica tem diversas aplicações que vão desde a engenharia e a música até a medicina e a astronomia. Assim, a compreensão dos fenômenos acústicos é fundamental para diversas áreas do conhecimento.

Para atingir essa compreensão dos princípios básicos da acústica, é necessário abordar conceitos fundamentais da física ondulatória, como frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação e amplitude. Os fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência, também desempenham um papel crucial na descrição do comportamento do som em diferentes ambientes.

Este capítulo tem como objetivo apresentar os princípios físicos fundamentais da acústica como produto educacional aplicado; fornecendo uma base conceitual para a compreensão de aplicações específicas, bem como a sua relação com poluição sonora e implicações na física do meio ambiente. Para isso, serão exploradas as principais teorias e modelagens matemáticas que descrevem os fenômenos acústicos, da mesma forma que exemplos práticos que ilustram sua relevância na ciência e na tecnologia.

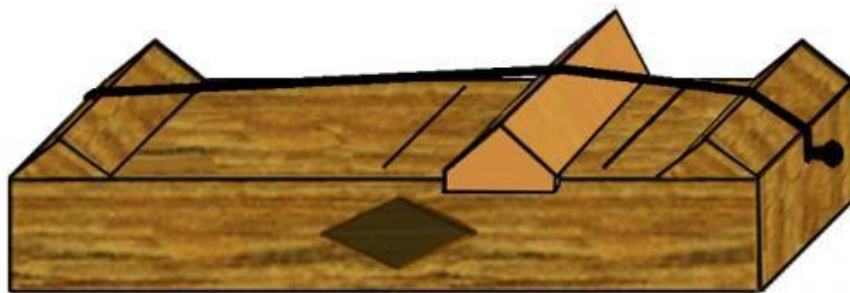
2.1. História da acústica

A compreensão do som como uma onda mecânica evoluiu ao longo dos séculos, com contribuições significativas de diversos filósofos e cientistas. Por meio de diversos experimentos¹, o filósofo grego Pitágoras percebeu que a divisão da corda em proporções simples, como 1:2 (oitava), 2:3 (quinta) e 3:4 (quarta), resultavam em sons harmônicos agradáveis. Essas descobertas foram fundamentais para o desenvolvimento da teoria musical e estabeleceram os princípios das escalas musicais e da harmonia.

¹ Filósofos gregos como Pitágoras (século VI a.C.), estudaram a relação entre o comprimento das cordas vibrantes e os sons produzidos, estabelecendo as bases da acústica musical. Ele utilizou um instrumento chamado monocórdio, composto por uma única corda esticada sobre uma base com uma ponte móvel, permitindo a variação do comprimento da corda vibrante (TERPSTRA, 1993).

A relação entre os comprimentos das cordas e as frequências dos sons gerados pelo monocórdio é um exemplo prático da natureza matemática do som. Esse conceito se mantém relevante até hoje em diversas áreas, incluindo a física musical, a engenharia acústica e a construção de instrumentos musicais.

Figura 1 – Monocórdio de Pitágoras.



Fonte: Aplicando a matemática básica: Construção de um monocórdio. In: CLUBES DE MATEMÁTICA DA OBMEP. Rio de Janeiro/RJ: IMPA (Instituto de Matemática Pura e Aplicada), 07 de dezembro de 2023. Disponível em: <<http://clubes.obmep.org.br/blog/aplicando-a-matematica-basica-construcao-de-um-monocordio/>>. Acesso em: 05 de março de 2025.

No início da Idade Moderna, ainda no século XVII, durante o período do Renascimento Cultural, cientistas como Galileo Galilei e Marin Mersenne começaram a estudar as propriedades das ondas sonoras de forma mais sistemática. Galilei demonstrou que a frequência do som está relacionada à altura tonal² (COHEN, 1984), como podemos ver na Figura 1.

Já no século XVIII, o matemático e físico inglês Isaac Newton, em seus trabalhos sobre mecânica, tentou explicar a propagação do som no ar, mas sua abordagem tinha limitações. Foi somente com Pierre-Simon Laplace, no final do século XVIII, que a correção da velocidade do som no ar foi estabelecida, considerando a compressibilidade do meio (PIERCE, 2019).

Chegando ao século XIX, a teoria das ondas sonoras foi consolidada com os trabalhos de cientistas como Augustin-Jean Fresnel e Hermann von Helmholtz. Este último, em particular, estudou a percepção do som e a ressonância, deixando grande contribuição para a compreensão da física do som e da fisiologia auditiva (FLETCHER & ROSSENG, 1998).

Por fim, no século XX, com o avanço da tecnologia, a análise do som tornou-se cada vez mais precisa. A teoria das ondas mecânicas foi aplicada em áreas como acústica, engenharia de áudio e telecomunicações. Além disso, o desenvolvimento de equipamentos como *osciloscópios* permitiu a visualização das formas de onda sonoras (instrumentos para visualizar

² A altura tonal é a característica do som que permite distinguir se ele é mais agudo ou mais grave, dependendo da sua frequência.

e medir sinais elétricos em alta tensão, exibindo-os graficamente em função do tempo). Em outras palavras, atualmente o som é compreendido como uma onda mecânica, possuindo características como *comprimento*, *frequência*, *amplitude* e *velocidade*, além da manifestação dos fenômenos ondulatórios como *reflexão*, *refração*, *difração*, *interferência* e *efeito doppler* (caso ocorra movimento relativo entre fonte e detector).

2.2. Definindo o som

O som, do ponto de vista físico, é uma onda mecânica que se propaga através de um meio material, como o ar, a água ou outros meios sólidos. Ele é resultado de vibrações e/ou perturbações que causam variações de pressão, ou densidade, no meio, criando regiões de compressão e rarefação. Essas variações de pressão se propagam na forma de ondas longitudinais, pois um fluido como a atmosfera não pode transmitir tensões tangenciais, de modo que as ondas sonoras na atmosfera são ondas onde as partículas do meio oscilam na mesma direção da propagação da onda. Pelo fato de o som ser uma onda mecânica, é imprescindível que exista um meio material para que possa se propagar, de modo que não é possível ocorrer frequências de som audíveis para o ser humano no vácuo. Isso o difere das ondas eletromagnéticas que, por serem perturbações dos campos elétricos e magnéticos, conseguem se propagar no vácuo.

O som que ouvimos é provocado pela percepção do sistema auditivo da variação da pressão atmosférica ambiente. A menor variação que o sistema auditivo humano pode detectar é da ordem de 2×10^{-5} Pa, a qual denomina-se limiar de audibilidade. O limiar da dor, por outro lado, corresponde à variação da pressão em 60Pa. No entanto, de acordo com Bistafa (2006), está variação deve ocorrer em forma de ciclos para que seja percebida. Nesse sentido, as oscilações harmônicas só podem ser percebidas como sons audíveis pelo ouvido humano em um intervalo limitado de frequência, aproximadamente entre 20Hz e 20KHz (NUSSENZVEIG, 2014).

Os tipos e conceitos de ondas e suas propriedades

As ondas estão presentes em vários fenômenos naturais e aparatos tecnológicos, desempenhando um papel importante desde a transmissão de energia até tecnologia de informação. O entendimento desse conceito é essencial para diversas áreas da física, principalmente na acústica. Nas palavras do autor Moysés Nussenzveig:

Num sentido muito amplo, uma onda é qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio. Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos ao outro (NUSSENZVEIG, 2014, p.125).

As ondas consistem em vibrações que se deslocam por um meio material ou mesmo no vácuo, transferindo energia sem que haja necessariamente deslocamento permanente da matéria. Sua classificação varia conforme critérios específicos, sendo as ondas longitudinais e as transversais suas duas categorias primordiais, definidas pela relação entre o sentido de oscilação das partículas e a direção de propagação da onda.

Figura 2 – Exemplos de ondas longitudinais.

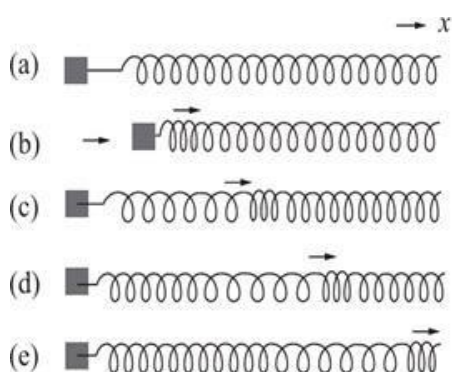
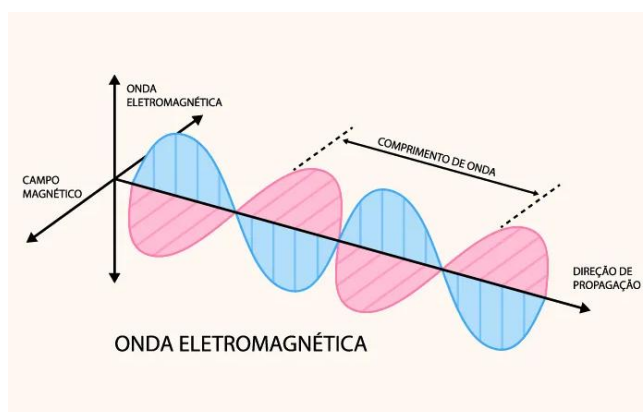


Figura 3 – Ilustração esquemática exibindo campos elétricos e magnéticos oscilantes e perpendiculares entre si.



Fonte: NUSSENZVEIG, 2014, p.126.

Fonte: Características e tipos de ondas eletromagnéticas. In: Halliday Vo. 3. Acesso em: 14 de dezembro de 2025.

Essa dinâmica revela que a compressão inicial desencadeia uma frente de propagação energética, imediatamente sucedida por uma região de distensão. Ao analisar o movimento individual de uma espiral específica, como a primeira, nota-se que ela realiza um movimento de “vai e vem”: ela desloca-se brevemente para a direita, impulsionada pela compressão, e depois retorna para a esquerda, assumindo novamente sua posição inicial. Nussenzveig (2014) explica que esse padrão oscilatório ocorre paralelamente ao eixo horizontal (direção x), caracterizando uma onda longitudinal, ou seja, o tipo de onda em que as partículas do meio

vibram na mesma direção em que a energia se propaga.

Um exemplo clássico desse fenômeno são as *ondas sonoras no ar*. Nesse caso, a propagação ocorre por meio de variações cíclicas na pressão atmosférica em espaços determinados: regiões de alta pressão (compressão) alternam-se com zonas de baixa pressão (rarefação); transmitindo energia sem que as moléculas de ar se desloquem permanentemente. O mesmo autor explica que este mecanismo, ilustrado pela experiência com a mola, evidencia como as ondas (especialmente as longitudinais) dependem da interação entre partículas para transportar energia através de um meio (NUSSENZVEIG, 2014).

Além das ondas longitudinais, existem as ondas transversais, das quais as vibrações das partículas do meio seguem uma trajetória perpendicular ao sentido em que as ondas se propagam. Esse padrão é comumente observado em dois contextos distintos: *ondas mecânicas* que dependem de um suporte material (como em cordas ou superfícies sólidas) e *ondas eletromagnéticas*, que podem se propagar mesmo no vácuo. Um exemplo simples ocorre quando agitamos uma corda esticada: ao movimentar uma de suas extremidades verticalmente, formando uma perturbação em forma de *cristas e vales*, que avançam horizontalmente ao longo da corda. Enquanto a energia da onda viaja para frente, cada ponto da corda oscila para cima e para baixo, sem se deslocar horizontalmente (HALLIDAY *et al*; 2012).

No caso das ondas eletromagnéticas, os campos elétrico e magnético oscilam em ângulos retos em relação à direção de propagação, como exemplificado na Figura 3 acima, sem a necessidade de um meio físico. Esse contraste com as ondas longitudinais evidencia como a transferência de energia pode ocorrer de modos distintos e gerar resultados diferenciados, dependendo da interação entre a perturbação geradora e as propriedades do meio ou da ausência dele.

As ondas progressivas são perturbações que se propagam através do espaço, transferindo energia sem causar um deslocamento permanente do meio em que se propagam. Esse fenômeno pode ser observado em diversas situações, como nas ondas mecânicas em cordas tensionadas ou em ondas sonoras que se propagam em meios gasosos, líquidos ou sólidos (HALLIDAY *et al*, 2012). A descrição matemática dessas ondas é baseada em grandezas físicas fundamentais e interrelacionadas, que nos permitem caracterizar suas propriedades essenciais:

Dentre suas principais características, o *comprimento de onda*, denotado por λ como medida de comprimento de frequência angular, corresponde à distância entre dois pontos consecutivos que se encontram em fase, como duas cristas sucessivas em uma onda. Essa grandeza é expressa pela seguinte relação matemática:

$$\lambda = v/f. \quad (01)$$

Onde v representa a *velocidade de propagação da onda* e f a sua *frequência*. Outra grandeza fundamental é o *número de onda*, simbolizado por k , que está relacionado à *periodicidade espacial da onda* e define-se na relação matemática abaixo:

$$k = 2\pi/\lambda. \quad (02)$$

Sua unidade é expressa em radianos por metro [rad/m]. A *frequência angular*, representada por ω , representa a taxa de variação de uma grandeza angular. No caso das ondas, ω descreve a taxa de variação da fase de uma onda no tempo, medida no Sistema Internacional de Unidades³ (SI) em rad/s. Por sua vez, a frequência angular pode ser determinada pela seguinte equação:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T. \quad (03)$$

Por consequência, a *frequência* f é o inverso do *período* T , ou seja:

$$f = 1/T. \quad (04)$$

Portanto, a *frequência angular* demonstra a igualdade representada na Equação 03. O *período da onda*, representado por T , corresponde ao *tempo necessário para a realização de um ciclo completo de oscilação*. A unidade de medida período no SI é o segundo (s), enquanto a frequência é em radiano por segundo (rad/s). A relação entre esses parâmetros é sintetizada na expressão que define a *velocidade da onda*:

$$v = \lambda f = \omega/k. \quad (05)$$

Essa equação estabelece a conexão entre as grandezas espaciais e temporais que caracterizam uma onda progressiva, permitindo compreender sua propagação e comportamento

³ “O **Sistema Internacional de Unidades** (SI) é um padrão internacional de medição que tem a numeração decimal como suporte e é formado por um conjunto de sete grandezas ou unidades definidas como grandezas fundamentais ou de base. São elas a massa, comprimento, tempo, corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de matéria e intensidade luminosa. A partir dessas sete grandezas é possível derivar todas as demais grandezas conhecidas”. Fonte: Sistema Internacional de Unidades. *In*: TODA MATÉRIA: Lisboa/PT, Ed. 7Graus Ltda, julho de 2022. Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/sistema-internacional-de-unidades/>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2026.

em diferentes meios (NUSSENZVEIG, 2014). Uma vez descritas as propriedades fundamentais das ondas, como o comprimento de onda (λ), a frequência (f), o período (T) e a velocidade de propagação (v), torna-se natural perguntar: *como essas grandezas se relacionam matematicamente para descrever o comportamento completo de uma onda?* A resposta está na equação da onda, uma expressão que não apenas une esses conceitos, mas também revela como as ondas se propagam e evoluem no espaço e no tempo.

Princípio da superposição

O *princípio da superposição*, que estabelece que o deslocamento resultante em um meio linear, é a soma vetorial das perturbações individuais, e sustenta a análise de fenômenos como interferências e ondas estacionárias. Matematicamente, isso se expressa como:

$$\Psi_{\text{total}}(\vec{r}, t) = \sum_i \phi_i(\vec{r}, t). \quad (06)$$

Esta equação representa o *princípio da superposição de ondas*, segundo o qual a onda resultante é a soma das ondas individuais que se propagam em um determinado ponto do espaço e instante de tempo. Nessa expressão, $\Psi_{\text{total}}(r, t)$ indica a *função de onda total*, ou seja, a perturbação resultante da combinação de todas as ondas envolvidas. O símbolo $\sum_i$ representa este somatório, indicando que estão sendo consideradas diversas ondas, cada uma identificada por um índice i .

Já $\phi_i(r, t)$ corresponde a cada uma das ondas componentes, que possuem características próprias, como *amplitude, frequência, fase e direção de propagação*, variando conforme a *posição* (r) e o *tempo* (t). O vetor *posição* r determina o ponto do espaço onde a onda é avaliada, enquanto t indica o *instante* em que o fenômeno ocorre. Assim, essa equação expressa que o *comportamento total de um sistema ondulatório resulta da soma das contribuições de todas as ondas que o compõem*, sendo um conceito fundamental para compreender fenômenos sonoros como *interferência, difração e ressonância*.

A interferência, manifestação direta desta superposição, classifica-se em *construtiva* ou *destrutiva*. A primeira ocorre quando a diferença de caminho entre duas ondas resulta em um múltiplo inteiro do comprimento de onda ($\Delta x = n\lambda$); enquanto a segunda surge para diferenças iguais a meio comprimento de onda ímpar ($\Delta x = (n + 1/2)\lambda$). Esses padrões são observáveis, por exemplo, em experimentos onde franjas claras e escuras evidenciam as interferências construtivas e destrutivas, respectivamente (NUSSENZVEIG, 2014).

Equação da onda

Quando a propagação ocorre em apenas uma dimensão, a equação da onda é uma equação diferencial de segunda ordem, sendo y uma função de x e de t , chamada de *função de onda*, escrita como:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \quad (07)$$

A solução geral dessa equação, obtida pelo Método de d'Alembert⁴, indica que a curvatura da função da onda no espaço, estando diretamente relacionada à aceleração da onda:

$$y(x, t) = f(x - vt) + g(x + vt). \quad (08)$$

Essa solução representa a *superposição de duas ondas que se propagam em sentidos opostos*. A função $f(x - vt)$ descreve uma onda que se desloca no sentido positivo do eixo x (para a direita), enquanto $g(x + vt)$ representa uma onda que se propaga no sentido negativo do eixo x (para a esquerda). Esse resultado expressa o *princípio da superposição*, que permite que múltiplas ondas coexistam no mesmo meio sem interferirem de forma permanente umas nas outras (NUSSENZVEIG, 2014).

Quando a propagação da onda ocorre em um espaço tridimensional, a equação da onda precisa ser generalizada para incluir variações em todas as direções. Isso é feito por meio do *operador laplaciano* ∇^2 , que mede a dispersão da função de onda no espaço⁵:

$$\nabla^2 \psi = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}. \quad (09)$$

⁴ O Teorema de D'Alembert torna possível falar sobre a divisibilidade de polinômios antes mesmo de calcular a divisão entre eles, permitindo saber se o resto da divisão é igual a zero ou não (consequência imediata do teorema do resto para divisão de polinômios). Fonte: TEOREMA D'ALEMBERT: O que é, divisão de polinômios e teorema do resto. In: ESCOLA EDUCAÇÃO: Goiânia/GO, VS3 Digital Ltda, 20 de novembro de 2020. Disponível em: <<https://escolaeducacao.com.br/teorema-de-dalembert/>>. Acesso em 01 de fevereiro de 2026.

⁵ O operador laplaciano é um operador diferencial que aparece em muitas áreas da matemática, física e engenharia sendo diretamente associado ao divergente. Por outro lado, uma vez que o operador laplaciano é associado às derivadas, podemos ainda obter variações do mesmo associado ao tipo de coordenada que estamos trabalhando. Em particular, as coordenadas cilíndricas e esféricas tomam o protagonismo nesse sentido. Fonte: LAPLACIANO: Entenda o que é com exemplos. In: PORTAL MEU GURU: Serra/RS, 17 de fevereiro de 2023. Disponível em: <<https://blog.meuguru.com/laplaciano-entenda-o-que-e-com-exemplos/>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2026.

Nesse caso, $\psi(r, t)$ representa a função de onda em três dimensões, onde r representa o vetor posição. A equação indica que a propagação da onda em três dimensões segue o mesmo princípio fundamental da versão unidimensional, porém incluindo agora a variação em todas as direções do espaço. Uma solução adotada para ondas harmônicas planas é dada por:

$$\Psi(\vec{r}, t) = A \cos(\vec{r} \cdot \vec{k} - \omega t + \phi) . \quad (10)$$

Nesta equação, A denomina a *amplitude* da onda. O k é o *vetor* de onda (k_1, k_2, k_3); $k \cdot r$ é o *produto escalar* entre ele o vetor *posição* (r); ω é a *frequência angular* e ϕ é a *constante* de fase da onda. Esse formato descreve uma onda plana, mantendo uma periodicidade espacial e temporal bem definida (HALLIDAY *et al*; 2012). Essa formulação tridimensional da equação da onda é amplamente utilizada para descrever a propagação de ondas eletromagnéticas, ondas acústicas e outras formas de propagação de ondas físicas em meios homogêneos.

Ondas estacionárias

Um caso particularmente relevante é o das *ondas estacionárias*, que surgem da superposição de ondas progressivas com mesma frequência e amplitude, mas sentidos opostos. Partindo da solução para a equação da onda em três dimensões, podemos representar duas ondas iguais se propagando em sentidos opostos da seguinte forma:

$$\Psi(\vec{r}, t) = A \sin(\vec{r} \cdot \vec{k} - \omega t + \phi) . \quad (11)$$

$$\Psi(\vec{r}, t) = A \cos(\vec{r} \cdot \vec{k} + \omega t) . \quad (12)$$

A função de onda ψ_1 representa uma onda que se propaga numa direção, enquanto a função de onda ψ_2 se propaga na direção oposta. Ao somar as duas, ou seja, realizar a superposição entre elas, obtemos através de manipulações matemáticas a equação que representa a onda estacionária:

$$\Psi(\vec{r}, t) = 2A \sin(\vec{r} \cdot \vec{k}) \cos(\omega t) . \quad (13)$$

A expressão $\sin(kr)$ define a distribuição espacial da amplitude, enquanto $\cos(\omega t)$ define a variação temporal da amplitude (NUSSENZVEIG, 2014). Esta equação acima representa uma onda que se propaga em um padrão espacial fixo. Tal formato revela a formação

de *nós* (pontos de amplitude zero, ou seja, regiões de vibração nula) e *ventres* (pontos de amplitude máxima, ou seja, regiões de vibração intensa).

Em sistemas com condições de contorno fixas, como cordas vibrantes, os comprimentos de onda permitidos são quantizados, obedecendo à $\lambda n = 2L/n$ utilizando n como um número inteiro, que define as frequências naturais do sistema ($f_n = nv/2L$), (HALLIDAY *et al*, 2012). A compreensão desse fenômeno é essencial para entender ressonâncias em instrumentos musicais e cavidades acústicas, por exemplo.

Intensidade da onda

A intensidade da onda é definida como a *potência média transmitida por unidade de área* ($I=P/A$) e é responsável por quantificar a energia transportada. Para ondas esféricas, essa intensidade decai com o quadrado da distância à fonte $I \propto 1/r^2$, refletindo a dispersão da energia no espaço. Além disso, a intensidade é proporcional ao quadrado da amplitude (A^2) e ao quadrado da frequência angular (ω^2), apontando que os sinais de alta frequência carregam mais energia (HALLIDAY *et al*; 2012).

Nesse sentido, a intensidade está diretamente relacionada às propriedades da própria onda, sendo proporcional ao quadrado da amplitude (A^2) e ao quadrado da frequência angular (ω^2). Isso significa que ondas com maior amplitude ou maior frequência transportam mais energia. Em termos práticos, uma pequena variação na amplitude pode provocar um aumento significativo na intensidade, uma vez que essa dependência é quadrática. Do mesmo modo, ondas de alta frequência, como as ondas sonoras agudas ou as radiações eletromagnéticas de alta energia, carregam uma quantidade maior de energia por unidade de área.

Dessa forma, a *intensidade* constitui um parâmetro fundamental para o estudo das ondas, pois *relaciona as características físicas da fonte e do meio de propagação com a energia efetivamente transmitida*. De acordo com Halliday (*et al*, 2012), compreender essa relação é essencial para explicar fenômenos como a atenuação do som, a propagação da luz e o comportamento de diversos tipos de ondas mecânicas e eletromagnéticas no espaço.

Relação entre variação de pressão e variação de densidade

Em geral, para uma dada massa de fluido m ocupando um volume V , um acréscimo de pressão ($\Delta P > 0$) provoca uma diminuição ($\Delta V < 0$) de volume. A magnitude da variação

percentual de volume correspondente é $-\Delta V/V$, e a razão se aplica para variações infinitesimais.

$$K = \frac{-1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta P} . \quad (14)$$

Chama-se assim ao *módulo de compressibilidade do fluido*. Quanto mais compressível ele for, maior a variação percentual de volume provocada por uma dada variação de pressão, e, por conseguinte, maior será o valor de K. Muitas vezes é preferível trabalhar com o inverso de K, definido como B (módulo de elasticidade volumétrica). A densidade de um fluido é definida como:

$$\rho = m/V . \quad (15)$$

Também é possível reescrever **B** em termos de ρ , desta forma:

$$B = \rho \frac{\Delta P}{\Delta \rho} . \quad (16)$$

A onda sonora pode ser interpretada como uma onda de pressão e/ou uma onda de densidade, de modo que ambas as grandezas obedecem a equação de onda em três dimensões. Para o deslocamento da equação têm-se a seguinte fórmula:

$$\frac{\partial \rho}{\partial P} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \nabla^2 u = 0 . \quad (17)$$

Sendo u o deslocamento e o operador ∇^2 , este é o cálculo laplaciano que o representa; ocorrendo de forma análoga para a *densidade* e *pressão*. Sendo δ e p , são variações em torno dos valores médios de densidade e pressão do fluido, respectivamente:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} . \quad (18)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial P} \frac{\partial^2 \delta}{\partial t^2} - \nabla^2 \delta = 0, \quad (19)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial P} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \nabla^2 p = 0. \quad (20)$$

Velocidade do som

A *velocidade do som* é a distância percorrida por unidade de tempo por uma onda sonora à medida que ela se propaga através de um meio elástico. A uma temperatura 20 °C (68 °F), por exemplo, a velocidade do som no ar é de cerca de *343 metros por segundo*. Se compararmos a Equação 21 com a Equação 8, podemos deduzir que a velocidade do som é dada por:

$$v = \sqrt{dP/d\rho}. \quad (21)$$

Figura 4 - Momento em que uma aeronave F/A Hornet quebra a barreira do som, capturada em movimento pelo veterano da Marinha Americana Ensign John Gay em 07 de novembro de 1999, em um voo transônico passando por uma nuvem de vapor.



Fonte: USS Photo Gallery. Aberdeen/USA, USS Bennington Association, 13 de novembro de 1999. Disponível em: <https://www.uss-bennington.org/phz-f-18transonic.html> Acesso em 01 de fevereiro de 2026.

A velocidade do som em um meio fluido (gás ou líquido) é usada como uma medida relativa para a velocidade de um objeto se movendo através do meio. A razão entre a velocidade de um objeto e a velocidade do som no mesmo meio é chamada de Número de Mach do objeto; que é o que se diz sobre os objetos que se movem a velocidades superiores à velocidade do som (Mach 1); ou seja, viajam a velocidades supersônicas.

A Figura 4 acima demonstra o efeito de uma aeronave ultrapassando a velocidade do som. Aqui pode-se ver uma aeronave quebrando a barreira do som ao atingir mais de 1.224km/h. Em meio a gases ideais (modelo teórico simplificado onde não há qualquer tipo de interação entre as partículas, de dimensões pontuais, de forma que não ocupam espaço), a velocidade do som só depende da temperatura T e da composição do gás, mais precisamente, sua massa molar

(M).

$$P = nRT/V, \quad (22)$$

Aqui, n é o número de moles. Como $\rho = nM/V$, logo:

$$P = \rho RT/M. \quad (23)$$

Deste modo, a velocidade de uma onda sonora é dada por:

$$v = (RT/M)^{0,5}. \quad (24)$$

No entanto, essa expressão só é verdadeira se a compressão for *isotérmica* – o que geralmente não é verdade, posto que as variações de pressão nas ondas acústicas ocorrem mais rápido do que o tempo para que as partículas entre em equilíbrio térmico na forma que uma compressão adiabática (sem troca de calor) se aproxima mais da realidade. O fator de correção é o γ , chamado *índice adiabático*, dado pela razão entre as capacidades térmicas à pressão constante e à volume constante.

$$v = (\gamma RT/M)^{0,5}. \quad (25)$$

Intensidade de uma onda sonora

Uma onda progressiva de som transporta energia. Para uma onda harmônica, a intensidade é definida como a energia média transmitida através da seção, por unidade de tempo e área. *A intensidade do som está inversamente relacionada ao quadrado da distância da fonte sonora.* Isso significa que, à medida que a distância da fonte sonora aumenta, a intensidade do som diminui, de forma não linear.

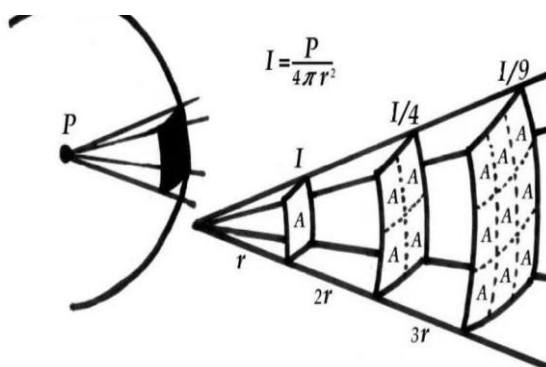
O som se propaga em ondas que se expandem em todas as direções a partir da fonte sonora. A uma distância muito maior do que as dimensões da fonte, pode-se considerar que a fonte é puntiforme e a propagação ocorre com simetria esférica. A energia sonora transportada por essas ondas é distribuída em uma área cada vez maior à medida que a distância da fonte aumenta, como mostra a Equação 26 abaixo (em que P representa a potência e R a distância da

fonte), assim como ilustrado na Figura 5, segundo a equação abaixo:

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}. \quad (26)$$

A equação apresentada expressa a relação entre a intensidade sonora e a forma como o som se propaga no espaço a partir de uma fonte emissora. Nela, a intensidade sonora (I) representa a quantidade de energia acústica que atravessa uma determinada área, sendo geralmente expressa em decibéis (watt/m^2). A potência (P) corresponde à energia total emitida pela fonte sonora por unidade de tempo, medida em watts (W), enquanto a distância (R) indica o afastamento entre a fonte e o receptor, em metros (m).

Figura 5 – Propagação de onda e lei do inverso do quadrado.



Fonte: Você sabe o que define um som? In: ACÚSTICA BÁSICA, PARTE I. Disponível em: Portal Acústica: Florianópolis/SC, 01 de julho de 2019. Disponível em: <<https://portalacustica.info/acustica-basica-parte-i/>>. Acesso em: 05 de março de 2025.

Apesar da *intensidade sonora* ser descrita como *potência por área*, geralmente utiliza-se outra escala e unidade tendo em vista as características da audição humana. O ouvido humano é capaz de detectar uma faixa limitada de níveis de intensidade sonora, com um comportamento que equivale a uma escala logarítmica. Assim, construiu-se a escala de decibéis amplamente utilizada nos dias de hoje. O decibel é uma unidade de medida relativa e adimensional, geralmente utilizada para medir níveis de intensidade sonora⁶. Seu nome é uma homenagem ao pioneiro das telecomunicações Alexander Graham Bell; e sua escala começa no valor de 0 dB (correspondente ao limiar da audição humana), enquanto 120 dB é o limiar da dor auditiva. Sendo a percepção humana do som logarítmica, um aumento de apenas 10 dB é percebido como uma duplicação do nível de intensidade sonora (IEEE, 2000).

A utilização da escala decibelimétrica é amplamente difundida em diversas áreas, como engenharia de som, controle de ruído, acústica ambiental e saúde ocupacional. Em ambientes industriais e urbanos, por exemplo, a medição em decibéis é crucial para avaliar a exposição a níveis sonoros potencialmente prejudiciais à saúde, bem como para projetar soluções de

isolamento acústico e redução de ruídos. A fórmula geral para calcular o nível de níveis de intensidade sonora em decibéis (L_p) é dada por:

⁶ Um decibel corresponde a décima parte de um **bel** e segue uma escala logarítmica, uma vez que a sensibilidade do ouvido humano se aproxima deste tipo de relação. A audição humana é capaz de perceber uma determinada faixa de intensidades sonoras, e a escala decibel permite representar essa faixa de forma mais compacta (IEEE, 2020).

$$L_p = 10 \log_{10}(I/I_0) \text{ dB.} \quad (26)$$

Uma vez que I (intensidade) se expressa em unidades de W/m^2 , e $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ é o valor de referência para o qual a intensidade $L_p = 0$, ou seja, para o limiar da audição humana, ao substituir a intensidade dada pela Equação 26 na Equação 27, obtém-se:

$$L_p = 10 [\log_{10}(P/4\pi) - 2 \log_{10}(R)] \text{ dB.} \quad (27)$$

$$L_p = 10 [\log_{10}(P/4\pi) - 2 \log_{10}(R)] \text{ dB.} \quad (28)$$

Se considerarmos $I_1 = P/4\pi R^2$, temos que a intensidade está a uma distância de 1 metro da fonte, obtendo-se assim uma expressão simples para o nível de intensidade sonora em decibéis que só depende de R . Essa equação é fundamental para o experimento, pois permite prever os valores esperados para 2m, 3m, 4m e qualquer outra distância, dado a medida em decibéis a 1m da fonte.

$$L_p = 10 [\log_{10}(I/R) - 2 \log_{10}(R)] \text{ dB.} \quad (29)$$

Milaré (2001) define a *poluição sonora* como o ruído capaz de incomodar ou causar malefícios à saúde. Já Carneiro (2014), ao afirmar que a audição humana é o único sentido que não descansa, mesmo durante o sono, destaca o caráter incessante da percepção auditiva. Estudos contemporâneos como o de Oliveira (*et al*, 2024), por sua vez, apontam que a exposição crônica à poluição sonora acarreta respostas fisiológicas de estresse, com liberação de cortisol, elevação da pressão arterial e impactos negativos à saúde mental e cardiovascular.

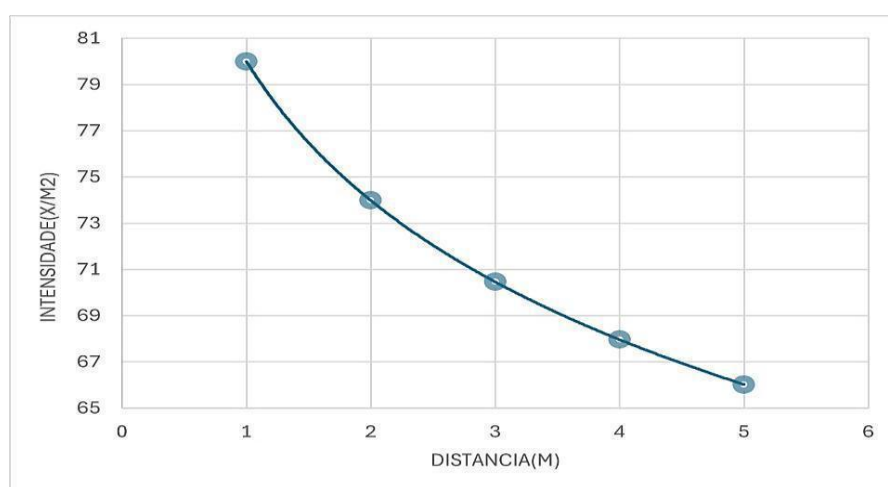
2.3. Cálculo do nível de intensidade em decibéis com a distância e em função de R

Pode-se expressar assim os níveis de intensidade sonora: $L_p = 10 \log_{10} (I/I_0) \text{ dB}$ (sendo $I_0 = 10^{-12} W/m^2$). A intensidade cai com o quadrado da distância $I = P/4\pi R^2$. Dessa forma, os níveis de intensidade sonora a uma distância qualquer podem ser dados por:

$$Lp(r) = 10 \log_{10} (P / I_0 4\pi R^2) \text{ dB.} \quad (30)$$

O gráfico abaixo mostra como a medida da níveis de intensidade sonora deve decrescer com o aumento da distância da fonte com o receptor (decibelímetro).

Gráfico 1 – Nível de intensidade sonora em função da distância entre a fonte e observador R.

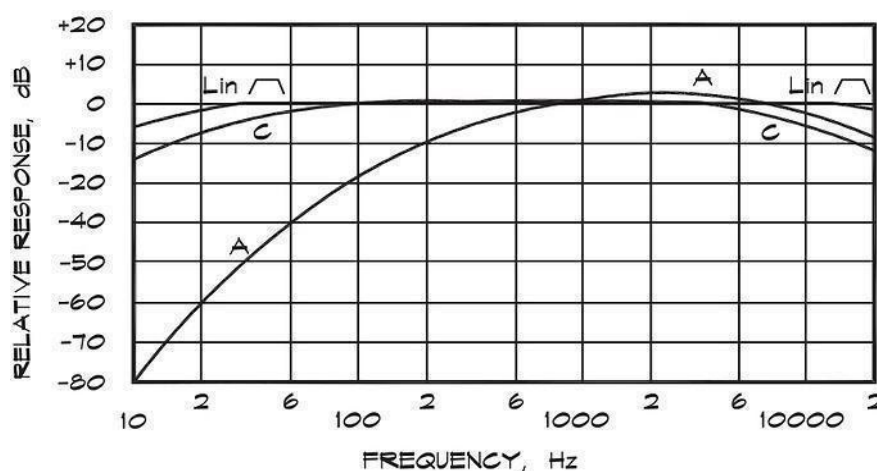


Fonte: Elaborado pelo autor no Excel com base nos dados teóricos.

2.4. Curva de Ponderação

A curva de ponderação é uma função matemática usada para ajustar medições de níveis de intensidade sonora (ou níveis de pressão sonora) de acordo com a forma como o ouvido humano percebe sons em diferentes frequências.

Gráfico 2 - Curvas de ponderação do decibelímetro.



Fonte: <<https://www.concepcaoacustica.com/post/o-sonometro-e-as-curvas-de-ponderacao>>.

O Gráfico 2 acima apresenta as curvas de ponderação acústica A, C e Lin, que ajustam os níveis de pressão sonora conforme a sensibilidade do ouvido humano às frequências. A curva A atenua graves (< 500 Hz) e agudos (> 4.000 Hz), sendo usada em medições de ruídos de baixa intensidade, como ambientais e ocupacionais. A curva C é mais plana, representando melhor os sons de alta intensidade, como explosões ou máquinas industriais. Já a curva Lin (linear) não aplica correções, medindo o som "bruto" em todas as frequências. Essas curvas refletem a menor sensibilidade do ouvido a frequências extremas e são utilizadas em diferentes aplicações, como regulamentações ambientais e estudos técnicos.

Como citado anteriormente, a curva de ponderação é utilizada na maior parte das medições do nível de pressão sonora. Ela mostra que, para diferentes frequências, o valor do nível de intensidade do som medido pelo decibelímetro e o perceptível, pode diminuir ou aumentar. Diante desse dado, para o experimento é conveniente usar a frequência de 1000 Hz e a curva de ponderação A.

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A pedagogia de Paulo Freire, mundialmente reconhecida e traduzida, fundamenta-se na concepção de que a educação é um ato político e dialógico, voltado para a emancipação do sujeito. Sua abordagem propõe a superação da "educação bancária", meramente depositária de informações, em favor de *pedagogia da autonomia*, onde a curiosidade epistemológica e a leitura crítica da realidade são os motores do aprendizado. O pensamento freireano é internacionalmente celebrado por transformar a sala de aula em um espaço de *práxis* (ação e reflexão), consolidando-o como uma das maiores referências para uma educação humanizadora e participativa.

Toda prática docente pressupõe uma intencionalidade metodológica que articule estratégias para facilitar a construção do saber. No Ensino Médio, a educação científica, em especial o ensino de Física, enfrenta o desafio constante de superar a abstração teórica para engajar os estudantes de forma genuína, notadamente na rede pública de ensino. Nesse cenário, a abordagem freireana oferece um caminho transformador ao ancorar o conhecimento no *diálogo*, no *protagonismo discente* e na *experiência concreta*. Seu objetivo é converter a aprendizagem em um *processo ativo e reflexivo*, no qual o educando não apenas absorve conteúdos, mas desenvolve a capacidade de questionar e transpor o conhecimento escolar para sua realidade cotidiana. Essa perspectiva é vital para o ensino de Física, onde fenômenos como a acústica e os impactos da poluição sonora permitem uma abordagem profundamente contextualizada e interdisciplinar.

O presente trabalho busca experimentar a aplicação dessa metodologia dialógica no estudo da intensidade sonora e da poluição urbana, temas centrais do produto educacional aqui proposto. A proposta central visa demonstrar como a *experimentação prática* e o *debate crítico* facilitam a compreensão de conceitos físicos densos, enquanto fomentam a inclusão e a conscientização socioambiental. Mais do que dominar fórmulas, busca-se destacar o potencial de estratégias que conectam a ciência à vivência do estudante, tornando a aprendizagem significativamente mais potente e transformadora.

Para fundamentar essa análise, adotou-se uma pesquisa bibliográfica e documental, centrada no produto educacional desenvolvido. Este material atua como uma sequência didática de aulas para ilustrar a aplicação dos princípios freireanos em atividades dinâmicas, como a medição de níveis sonoros mediada por aplicativos de *smartphones*. O referencial teórico integra as obras de Freire a pesquisadores da educação científica contemporânea, enquanto a análise documental detalha uma sequência didática desenhada para converter a sala de aula em um laboratório de cidadania

e investigação ativa.

No que tange ao desenvolvimento do percurso investigativo, a metodologia de elaboração deste trabalho alinha-se a tendências contemporâneas do Ensino de Física que buscam superar o modelo puramente expositivo por meio da investigação ativa e contextualizada. Experiências consolidadas na literatura acadêmica, como o uso de aplicativos de *smartphones* para medição sonora em tempo real, a construção de instrumentos musicais alternativos para a exploração de ondas e frequências, e projetos voltados à análise da poluição sonora urbana como tema gerador, servem de lastro para esta proposta. Ao integrar esses exemplos a uma sequência didática estruturada, o trabalho sistematiza o conteúdo técnico de acústica sob uma ótica problematizadora. Essa escolha metodológica permite que o educando transite da observação empírica para a análise crítica dos impactos ambientais, consolidando um aprendizado que é, simultaneamente, rigoroso tanto do ponto de vista científico quanto relevante do ponto de vista social.

3.1. O potencial transformador da didática aplicada

A pedagogia freireana representa uma ruptura com os modelos tradicionais de ensino, propondo uma educação libertadora que valoriza o diálogo, a criticidade e a ação reflexiva como eixos centrais do processo de aprendizagem.

A educação não pode ser reduzida à mera transmissão de conhecimentos, mas deve ser um ato político e emancipatório, no qual educadores e educandos assumem papéis ativos na construção do saber. Essa perspectiva desafia a lógica bancária da educação, em que o aluno é visto como um depósito de informações, e propõe, em seu lugar, uma relação horizontal e dialógica, onde o conhecimento é co-construído a partir das experiências e realidades dos sujeitos envolvidos (FREIRE, 1996, p.78).

Esta proposta pedagógica, uma vez aplicada, se consolida como transformadora por sua capacidade de articular teoria e prática, incentivando os estudantes a problematizar a realidade e agir sobre ela. Para Gadotti (2011), essa abordagem promove a autonomia intelectual, uma vez que os alunos deixam de ser receptores passivos e passam a questionar, debater e reinterpretar o mundo ao seu redor. No contexto do ensino de Física, isso significa ir além da memorização de fórmulas e leis, explorando fenômenos científicos de maneira crítica e contextualizada. Um exemplo é o estudo da poluição sonora, que pode ser abordado não apenas como um conceito físico, mas como um problema social que exige reflexão e intervenção.

A experiência concreta ocupa lugar central na metodologia freireana, pois é por meio da prática que os sujeitos atribuem significado ao conhecimento. Demo (2011) destaca que Freire valoriza a *práxis*, a união indissociável entre ação e reflexão, como caminho para uma aprendizagem significativa. No produto educacional analisado, essa premissa se materializa em atividades como a medição de níveis de intensidade sonora a partir de aplicativos disponíveis gratuitamente para *smartphones*, em que os alunos podem vivenciar conceitos físicos ao mesmo tempo em que discutem seus impactos na saúde e no meio ambiente. Essa integração entre experimentação e debate fortalece a compreensão conceitual e a consciência cidadã. Dessa forma, o produto educacional proposto reconhece o protagonismo do aluno como elemento essencial para a transformação educacional.

Freire inverte a lógica hierárquica da sala de aula, colocando o estudante como sujeito ativo e corresponsável pelo processo de aprendizagem. No ensino de Física, isso se traduz em estratégias que incentivam a investigação, a colaboração e a expressão de opiniões, como os círculos de cultura propostos por Freire (ARROYO, 2012, p.54).

Ao debater temas como acústica e intensidade sonora, os alunos não apenas assimilam conteúdos, mas também desenvolvem habilidades argumentativas e uma postura crítica frente a problemas reais. Neste sentido, esta metodologia se revela como uma ferramenta poderosa para repensar a educação científica, alinhando rigor conceitual à relevância social. Como apontam Santos e Mortimer (2001), a abordagem dialógica e problematizadora pode superar a fragmentação do conhecimento, integrando disciplinas e conectando-as às demandas da sociedade. No caso específico do ensino de Física, isso significa tratar conceitos como a níveis de intensidade sonora não como abstrações isoladas, mas como fenômenos vinculados à qualidade de vida e à justiça ambiental². Assim, a pedagogia se consolida não apenas como um método de ensino, mas como um caminho para uma educação verdadeiramente transformadora e humanizadora.

3.2. O diálogo como fundamento epistemológico

O diálogo, na perspectiva freireana, não se reduz a uma simples troca de palavras, mas constitui-se como um princípio epistemológico essencial para a construção do conhecimento. Paulo Freire (1987) nos ensina que o diálogo é o encontro das pessoas mediadas pelo mundo, onde a reflexão crítica e a ação transformadora se entrelaçam. Essa concepção rompe com modelos educacionais monológicos, nos quais o saber é transmitido verticalmente, e propõe

uma relação horizontal em que educador e educando aprendem juntos, a partir de suas experiências e realidades. Nesse sentido, o diálogo transcende o âmbito metodológico, tornando-se uma condição ontológica e política para a produção de saberes emancipatórios.

A epistemologia dialógica adotada encontra ressonância em autores como Bakhtin (2003), para quem a linguagem é um fenômeno essencialmente dialógico, marcado pela interação entre diferentes vozes sociais: destaca que o conhecimento não emerge do isolamento, mas da tensão entre diferentes perspectivas, o que corrobora a ideia de que o diálogo é espaço de confronto e da síntese de ideias. No ensino de Física, discutir fenômenos como a poluição sonora abrange não apenas conceitos científicos, mas também questões éticas e políticas, exigindo um diálogo que integre múltiplos saberes. Essa abordagem permite superar a dicotomia entre conhecimento científico e conhecimento popular, valorizando ambos como legítimos e complementares.

Habermas (2012), por sua vez, reforça a dimensão epistemológica do diálogo ao defender a ação comunicativa como base para a racionalidade. Para ele, o entendimento mútuo só é possível em contextos dialógicos nos quais os participantes reconhecem-se como interlocutores válidos. Essa visão converge com a pedagogia freireana, que insiste na necessidade de um diálogo autêntico, livre de manipulação ou autoritarismo. No contexto educacional, isso implica criar espaços onde os alunos possam questionar, argumentar e ressignificar conceitos, como ocorre ao debaterem as implicações sociais da acústica em ambientes urbanos; de forma que o diálogo possa, assim, tornar-se instrumento de democratização do conhecimento.

O papel das interações sociais na construção do pensamento. Sua teoria sociocultural enfatiza que o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio da mediação semiótica, em que o diálogo com o outro e com a cultura possibilita a internalização de conceitos (VYGOTSKY, 2007, p.78).

A mediação semiótica é o processo de construção de sentido mediado por signos e linguagem. Essa perspectiva complementa a visão freireana, ao demonstrar que o diálogo não apenas facilita o processo de aprendizagem, mas é também constitutivo do próprio processo de construção do conhecimento. Em aulas de Física, as atividades colaborativas, como experimentos em grupo ou debates sobre dados coletados, ilustram como o diálogo potencializa a compreensão de fenômenos complexos, transformando a sala de aula em uma comunidade de investigação. Por fim, o diálogo como fundamento epistemológico revela-se uma ferramenta poderosa para descolonizar o saber e promover uma educação inclusiva.

Em contextos marcados por desigualdades, o diálogo intercultural é crucial para desafiar hierarquias de conhecimento e valorizar epistemologias marginalizadas. A pedagogia freireana, ao centrar-se no diálogo, não apenas humaniza o processo educativo, mas também o politiza, convidando professores e alunos a reconhecerem-se como sujeitos históricos capazes de transformar sua realidade (WALSH, 2013, p.32).

No ensino de Física, isso se traduz em práticas que unem rigor científico à responsabilidade social, como ao investigar como a poluição sonora afeta comunidades periféricas, articulando ciência, ética e justiça ambiental. Ao transformar o *senso comum* em *conhecimento científico crítico*, o trabalho almeja o entendimento da acústica não apenas como uma série de fórmulas isoladas, mas também como uma ferramenta para ler e intervir no seu mundo, estruturando o aprendizado para despertar o diálogo e a problematização. Abaixo são elencados exemplos de temas aplicáveis ao estudo da acústica e da intensidade sonora no ensino médio, considerando a abordagem metodológica proposta neste trabalho.

- **Acústica urbana:** Este tema foca no ambiente urbano imediato (trânsito, obras, comércio) e na saúde pública. Por que certas áreas da cidade são mais barulhentas que outras? O barulho excessivo é um sinal de "cidade viva" ou uma forma de violência ambiental que afeta o sono e a concentração? Os conceitos físicos aplicados incluem intensidade sonora, nível de pressão sonora (dB), propagação de ondas em diferentes meios e leis de atenuação. Seu potencial transformador está em analisar o mapeamento sonoro do entorno da escola usando aplicativos, possibilitando inclusive a exposição dos dados obtidos para o conselho tutelar ou órgãos municipais de educação, por exemplo.
- **Fones de ouvido:** Ao conectar a Física diretamente aos hábitos da juventude e à saúde auditiva, problematiza-se se o fone de ouvido nos isola do mundo ou nos protege dele, levando ao questionamento sobre até que ponto o prazer de ouvir música alta com fones de ouvido pode comprometer a nossa autonomia biológica e a saúde auditiva. Nesse aspecto, podem ser tratados conceitos físicos como frequência (graves e agudos), amplitude de onda, fenômeno da interferência (cancelamento de ruído) e o limiar da dor auditiva. Sua relevância está em debater o autocuidado e a influência da indústria tecnológica nos hábitos de consumo e saúde.
- **Paredões de som e manifestações culturais:** Abordar a tensão social entre o lazer/cultura local e o direito ao sossego permite questionar o que é *música* e o que é *ruído*; além de levantar questionamentos sobre como o preconceito social influencia a

nossa percepção qualitativa sobre o som (por exemplo, música clássica vs. funk/paradeio); discutindo empatia social, convivência democrática em espaços públicos e a física por trás dos sistemas de som potentes. Em termos de conceitos físicos, pode-se abordar *timbre, ressonância, superposição de ondas* e a *diferença entre som e ruído do ponto de vista físico e subjetivo*.

- **O privilégio do silêncio:** Ao entender o isolamento acústico e os níveis adequados de intensidade sonora para o desenvolvimento de atividades específicas, este é um tema que é possível ser estendido desde a desigualdade social até o planejamento urbano, considerando que a arquitetura dos ambientes (abertos e fechados) influencia diretamente a nossa privacidade e bem-estar sonoro. Analisar criticamente as condições de moradia da comunidade e propor soluções de baixo custo (materiais recicláveis) para melhorar o conforto acústico doméstico, possibilitando o trabalho de conceitos físicos como *reflexão, absorção e difração do som*; ou mesmo o comparativo entre materiais isolantes e materiais condutores de som.
- **Qualidade acústica das salas de aula e sua influência no processo ensino-aprendizagem:** focando no ambiente imediato de aprendizagem (a própria escola), reflete-se sobre espaços ou horários barulhentos nas escolas, bem como a acústica da sala de aula afeta o cansaço do professor e a aprendizagem do aluno. A partir dessa percepção, é possível projetar e realizar intervenções físicas na escola (como colocação de painéis absorventes feitos de materiais alternativos) para melhorar a comunicação dialógica no espaço escolar; trabalhando conceitos físicos como reverberação, eco e velocidade do som.

3.3. A importância do protagonismo discente na sala de aula

O protagonismo discente emerge como um pilar central na educação contemporânea, rompendo com paradigmas tradicionais que posicionavam o aluno como mero receptor passivo de conhecimentos.

A verdadeira educação ocorre quando os educandos assumem o papel de sujeitos ativos no processo de aprendizagem, capazes de transformar sua realidade por meio da reflexão crítica e da ação. Essa perspectiva ressignifica o espaço escolar, transformando-o em um ambiente de coconstrução, onde os saberes são elaborados coletivamente a partir das experiências e inquietações dos estudantes (FREIRE, 1996, p.81).

A importância do protagonismo discente é reforçada por Hernández (2000), que defende uma pedagogia baseada em projetos, na qual os alunos assumem a autoria de suas investigações. Nessa abordagem, o professor atua como mediador, incentivando a autonomia e a criatividade dos estudantes no desenvolvimento de soluções para problemas reais. Quando aplicado ao ensino de Ciências, esse método permite que os alunos explorem conceitos físicos, como ondas sonoras e intensidade acústica, por meio de experimentos práticos e discussões contextualizadas, relacionando teoria e vivência. Dessa forma, o conhecimento deixa de ser abstrato e passa a fazer sentido em seu cotidiano. O ensino de Física, ao investigar fenômenos como a poluição sonora em seu entorno, os alunos deixam de ser espectadores e passam a atuar como pesquisadores e agentes de mudança. Vygotsky (2007) contribui para essa discussão ao destacar o papel das interações sociais no desenvolvimento cognitivo:

A aprendizagem é um processo socialmente mediado, no qual o diálogo com pares e professores potencializa a construção de significados. Quando os alunos são incentivados a debater suas hipóteses, compartilhar descobertas e colaborar em atividades práticas, eles não apenas assimilam conceitos científicos, mas também desenvolvem habilidades socioemocionais, como comunicação e trabalho em equipe. Essa dinâmica transforma a sala de aula em um espaço vivo de trocas e descobertas (VYGOTSKY, 2007, p.90).

Morin (2000) também ressalta a relevância do protagonismo discente ao defender uma educação que prepare os jovens para enfrentar os desafios da complexidade do mundo atual. Para ele, é essencial que os estudantes desenvolvam pensamento crítico e capacidade de articular conhecimentos diversos, competências que só são plenamente exercitadas quando assumem o centro do processo educativo. No contexto do ensino de Física, isso se traduz em atividades que os incentivem a relacionar conceitos acústicos com questões ambientais, políticas e de saúde pública, como ao analisarem os impactos da poluição sonora em sua comunidade. Nesse sentido, o processo de ensino-aprendizagem tem o potencial de transcender os limites teóricos da disciplina e ganhar relevância social.

A partir disso, o protagonismo discente não apenas enriquece o processo educativo, como também fortalece a formação cidadã. Como argumenta Zabala (1998), uma educação centrada no aluno promove sua capacidade de intervenção crítica na sociedade, preparando-o para atuar de forma ética e responsável. Ao assumirem papéis ativos em projetos que investigam problemas reais, como o mapeamento de ruídos urbanos ou a elaboração de campanhas de conscientização sobre poluição sonora, os estudantes desenvolvem não apenas competências científicas, mas também consciência coletiva. Assim, a sala de aula torna-se um

laboratório de cidadania, onde o conhecimento científico serve como ferramenta para a transformação social.

3.4. A experiência como prática educativa

A experiência ocupa lugar central no processo educativo quando compreendida como eixo articulador entre teoria e prática. John Dewey (1971) já destacava que a educação deve ser construída a partir de situações reais, nas quais os alunos vivenciam problemas e buscam soluções de forma ativa e reflexiva. Essa abordagem, conhecida como "aprender fazendo", rompe com modelos tradicionais baseados na transmissão passiva de conhecimentos, propondo em seu lugar uma pedagogia que valoriza a ação investigativa. No ensino de Física, atividades como medição dos níveis de ruído ambiental ou análise da propagação do som em diferentes meios transformam conceitos abstratos em aprendizagens significativas e contextualizadas, passíveis de assimilação com elementos da vida cotidiana dos alunos.

A pedagogia freireana reforça essa perspectiva ao defender que o conhecimento só se torna verdadeiramente significativo quando vinculado à realidade concreta dos educandos. O autor argumenta que a *práxis* educativa, juntamente com a união indissociável entre ação e reflexão, permite aos sujeitos compreenderem e transformarem seu mundo. Quando os alunos realizam experimentos com decibelímetros em seu entorno ou debatem os impactos da poluição sonora em sua comunidade, estão engajados num processo de aprendizagem que ultrapassa os muros da escola e ganha potencial de transformação social. Essa articulação entre experiência cotidiana e saber científico é fundamental para uma educação emancipatória.

David Kolb (1984), com sua teoria da aprendizagem experiencial, sistematiza esse processo em quatro estágios interligados: *experiência concreta*, *observação reflexiva*, *conceituação abstrata* e *experimentação ativa*. Esse ciclo permite compreender como as vivências práticas – como a realização de medições acústicas em diferentes ambientes – se convertem em conhecimento formalizado quando submetidas à análise crítica e à teorização. No ensino de Ciências, tal abordagem justifica-se pela importância das atividades experimentais que desafiam os alunos a testar hipóteses, confrontar dados e reformular seus entendimentos sobre fenômenos físicos presentes no cotidiano.

Assim sendo, a experiência como prática educativa assume especial relevância na contemporaneidade, marcada pela necessidade de formar sujeitos críticos e criativos. Como destacam Delors (*et al*, 1998), a educação do século XXI deve desenvolver a capacidade de "aprender a conhecer", "aprender a fazer", "aprender a conviver" e "aprender a ser",

competências que só se efetivam quando os alunos podem ser protagonistas de seus próprios processos de aprendizagem. Ao vivenciar situações reais de investigação científica (como o estudo da acústica em seu meio social), os estudantes desenvolvem não apenas conhecimentos disciplinares, mas também habilidades essenciais para atuar num mundo complexo e em constante transformação.

3.5. Proposta do trabalho

A partir desta metodologia proposta, este trabalho se orienta na busca por um ensino mais dinâmico, participativo e significativo da acústica, especificamente do tema intensidade das ondas sonoras, no contexto do ensino médio. A pesquisa propõe romper com o modelo tradicional de aulas meramente expositivas, que findam por tornar o aprendizado demasiado abstrato e desmotivador para os estudantes.

Primeiramente, parte-se da necessidade de contextualizar o ensino da acústica de forma que os conteúdos sejam relacionados às experiências cotidianas dos alunos. Isso significa aproximar os conceitos físicos (como o som e a percepção de sua intensidade, de situações concretas, perceptíveis no dia a dia, como o funcionamento de instrumentos musicais, aparelhos eletrônicos ou fenômenos naturais. Essa etapa visa facilitar a compreensão dos conceitos e promover o interesse genuíno pela Física, uma vez que associada diretamente ao cotidiano.

Outra proposta relevante do trabalho é estimular a *participação ativa* dos estudantes no processo de aprendizagem, substituindo o papel passivo de receptores de informação pela postura de sujeitos que constroem o conhecimento em conjunto com o professor. *Para isso, foi elaborada uma sequência de sete aulas, nas quais foram empregados experimentos práticos, atividades em grupo e questionários reflexivos como estratégias de ensino a fim de promover o diálogo e a troca de saberes.* Assim, o estudo propõe integrar teoria e prática, permitindo que os alunos compreendam os conceitos de forma mais concreta por meio de experiências observáveis. Essa integração não apenas fortalece a aprendizagem conceitual, mas também desperta a curiosidade científica e o prazer pela descoberta, elementos essenciais no ensino da Física.

Este trabalho também buscou promover a criticidade e a autonomia dos estudantes, valores centrais na pedagogia freireana. A ideia é que, ao compreender os fenômenos sonoros e seu reconhecimento e aplicação na vida cotidiana, os alunos possam desenvolver uma visão mais crítica sobre o mundo, reconhecendo a importância do conhecimento científico para a sociedade e, consequentemente, para a qualidade de vida dos participantes ativos do estudo.

Neste contexto, propõe-se *avaliar a eficácia dessa metodologia participativa por meio do ensino da acústica*, tomando a medição dos níveis de intensidade sonora para avaliar sua real contribuição para uma aprendizagem mais significativa, tanto no domínio dos conceitos físicos quanto no engajamento dos alunos. *O trabalho, então, se apresenta como uma alternativa pedagógica inovadora e transformadora, capaz de unir ciência, prática e reflexão crítica.*

A adoção deste referencial pedagógico no ensino de Física reconfigura a dinâmica da sala de aula ao transformar o espaço acadêmico em um laboratório de investigação social. A importância dessa escolha reside na capacidade de transitar do conhecimento espontâneo — a percepção subjetiva que o aluno tem do som ao seu redor — para o rigor científico, sem anular a bagagem cultural do educando. Ao tratar a acústica não como um tópico isolado do currículo, mas como uma lente para interpretar a realidade, o trabalho justifica-se por promover o que Freire denomina "curiosidade epistemológica", instigando o estudante a desvelar as leis da natureza que regem sua própria audição e seu ambiente sonoro imediato.

No plano técnico, essa metodologia se materializa através da convergência entre ferramentas digitais e experimentação física, utilizando o *smartphone* e suas infinitas possibilidades de aplicativos não apenas como um acessório comunicativo ou recreacional, mas também como um sensor científico de alta acessibilidade e sensibilidade. Técnicas como a elaboração de mapas de ruído do entorno escolar e a análise espectral de instrumentos musicais construídos pelos próprios alunos permitem que conceitos de frequência, intensidade e ressonância sejam visualizados e manipulados em tempo real. Essas aplicações práticas validam a teoria por meio da evidência empírica, conectando o formalismo matemático das ondas sonoras a situações palpáveis, reduzindo a barreira entre o saber acadêmico e a aplicabilidade tecnológica no cotidiano.

Por fim, a relevância desta proposta consolida-se no desenvolvimento de uma *consciência crítica* voltada à cidadania e ao bem-estar coletivo. Ao investigar a poluição sonora sob a ótica da Física, o aluno é capacitado a compreender fenômenos de absorção e isolamento acústico como soluções para problemas socioambientais concretos. Essa abordagem justifica-se, portanto, por ultrapassar a mera memorização de fórmulas, culminando na formação de sujeitos capazes de propor intervenções fundamentadas em sua comunidade. Assim, a educação científica cumpre sua função social mais elevada: fornecer o instrumental técnico necessário para que o indivíduo atue com autonomia e responsabilidade na melhoria da sua qualidade de vida.

3.6. Base técnica utilizada: Site de experimentos científicos didáticos da Universidade do Colorado (PHET)

O *PhET Interactive Simulations* é um site desenvolvido pela Universidade do Colorado (EUA) com o objetivo de oferecer simulações interativas que auxiliem no ensino e na aprendizagem de diferentes áreas do conhecimento, como Física, Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática. O portal disponibiliza gratuitamente centenas de simulações, que podem ser acessadas tanto online quanto baixadas para uso offline, permitindo que estudantes e professores explorem conceitos científicos de forma dinâmica, visual e prática.

Figura 6 - Página Inicial do site do PhET.



Fonte: PhET: Simulações em física, química, biologia, ciências da terra e matemática online e grátis

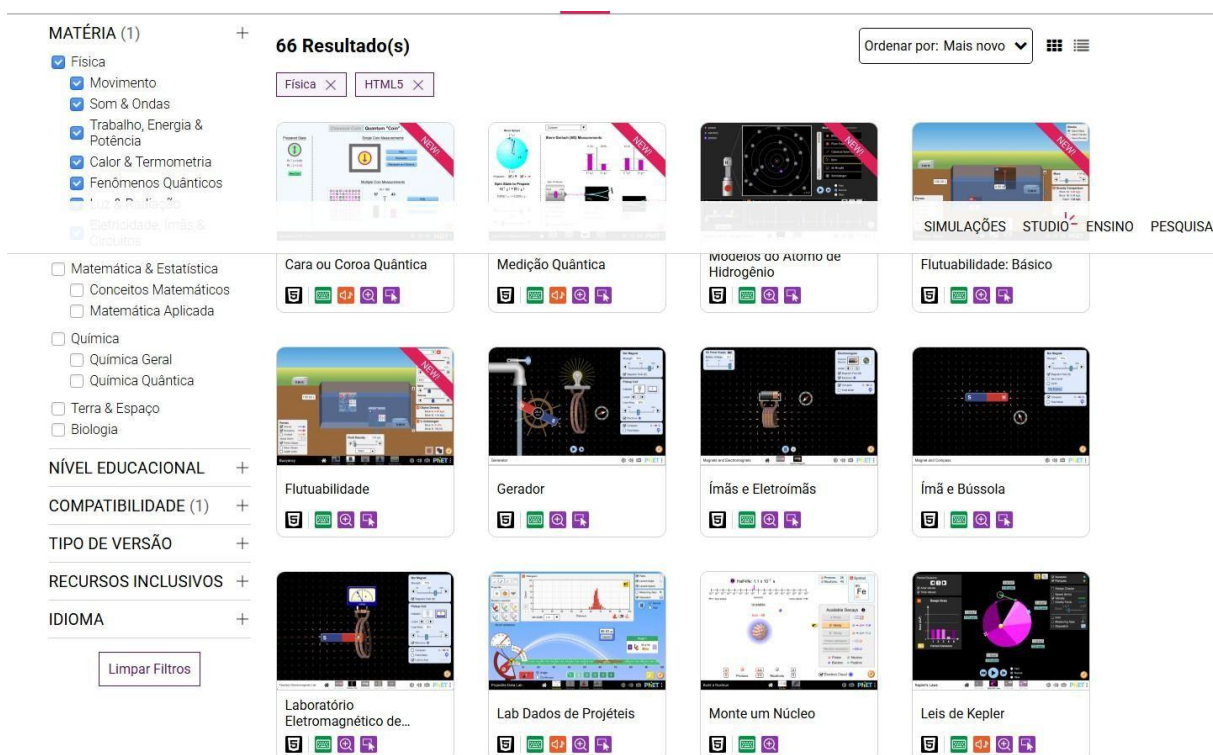
A partir da página inicial do site, exibida na Figura 6 acima, as simulações do PhET são criadas e disponibilizadas com base em pesquisas sobre aprendizagem e design instrucional, o que garante uma abordagem didática altamente eficaz. Elas apresentam representações visuais interativas que permitem ao aluno manipular variáveis, observar resultados em tempo real e compreender relações de causa e efeito. Essa interatividade transforma conceitos abstratos, como campos elétricos ou reações químicas, em experiências mais concretas, aproximando o estudante do fenômeno estudado.

Além de apresentar conteúdos de forma clara e intuitiva, o PhET possibilita a personalização da aprendizagem. O estudante pode realizar experimentos virtuais no seu

próprio ritmo, ajustando parâmetros, repetindo procedimentos e testando hipóteses. Essa liberdade estimula a curiosidade, a autonomia e o pensamento crítico, competências fundamentais para o processo educativo contemporâneo.

No contexto escolar, o PhET é uma ferramenta de grande valor para professores, pois amplia as possibilidades de abordagem de conteúdos em sala de aula. Os docentes podem utilizá-lo como recurso complementar para introduzir novos assuntos, reforçar aprendizagens ou até mesmo avaliar a compreensão dos alunos por meio da exploração prática das simulações. Dessa forma, o site se torna um aliado no ensino investigativo e na promoção de metodologias ativas.

Figura 7 – Página das simulações de Física do PhET.



Fonte: [PhET: Simulações em física, química, biologia, ciências da terra e matemática online e grátis](https://phet.colorado.edu/pt-br)

A exemplo da Figura 7 abaixo, outra vantagem essencial do PhET é sua fácil acessibilidade. O portal está disponível em diversos idiomas, inclusive em português, e muitas simulações podem ser usadas sem necessidade de internet constante. Isso amplia o alcance da plataforma, permitindo que escolas com diferentes realidades tecnológicas possam integrá-la ao sistema de ensino. Além disso, as simulações são compatíveis com computadores, tablets e celulares, facilitando o acesso dos alunos em diferentes contextos.

A Figura 8 foi utilizada na experiência como uma fonte sonora do aplicativo PhET, que também contribui para o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras. Professores podem propor atividades em grupo baseadas nas simulações, promovendo a colaboração entre os estudantes. Da mesma forma, podem incentivar a elaboração de hipóteses e a resolução de problemas a partir da manipulação dos experimentos virtuais, aproximando o ensino das práticas de investigação científica.

Figura 8 – Exemplo do experimento com ondas sonoras a partir de uma fonte puntiforme.



Fonte: PhET: Simulações em física, química, biologia, ciências da terra e matemática online e grátis.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente pesquisa dialoga diretamente com estudos contemporâneos no campo do Ensino de Física que defendem a contextualização dos conteúdos científicos como estratégia para promover a aprendizagem significativa. Trabalhos como o de Grillo e Freitas, ao abordarem a poluição sonora como temática central, evidenciam a importância de articular conceitos físicos a problemas reais vivenciados pelos estudantes, favorecendo a construção de conhecimentos mais críticos e aplicáveis ao cotidiano. Nessa mesma perspectiva, Delizoicov e Angotti (1990) destacam a relevância de organizar o ensino a partir de situações-problema, permitindo que os conteúdos deixem de ser apresentados de forma fragmentada e passem a integrar uma visão mais ampla da realidade. Assim, o presente trabalho aproxima-se dessas abordagens ao propor uma sequência didática baseada na experimentação e na análise da poluição sonora, contribuindo para a consolidação de práticas pedagógicas mais contextualizadas e significativas.

Além disso, esta dissertação também se articula com contribuições teóricas de autores como Vygotsky (2007), que enfatiza o papel das interações sociais na construção do conhecimento, e Hernández (2000), que defende a aprendizagem baseada em projetos como forma de promover o protagonismo discente. Ao incorporar atividades experimentais, debates e o uso de tecnologias acessíveis, como aplicativos de medição sonora, o trabalho aproxima-se das propostas de metodologias ativas discutidas por Bacich e Moran (2018), que valorizam a participação ativa do estudante no processo de aprendizagem. Dessa forma, a pesquisa não apenas dialoga com a literatura existente, mas também amplia essas discussões ao integrar diferentes abordagens teóricas em uma proposta didática voltada ao ensino de acústica no contexto escolar.

A área da acústica tem sido amplamente explorada na literatura científica, com estudos consolidados que abordam desde os fundamentos da propagação sonora até aplicações em acústica ambiental, arquitetônica, industrial e de sinais. Pesquisas recentes têm avançado no uso de ferramentas computacionais e técnicas experimentais para aprimorar a precisão das análises acústicas em diferentes contextos.

Observa-se que grande parte desses estudos apresenta limitações relacionadas ao escopo metodológico, às condições específicas de aplicação ou à abordagem dos parâmetros acústicos analisados de forma isolada. Nesse contexto, a presente dissertação se diferencia por propor uma abordagem inovadora ao integrar uma sequência didática que contempla um experimento prático com o uso de uma fonte sonora puntiforme com o uso de aplicativos de decibelímetros

de *smartphones*, possibilitando as medições dos níveis de intensidade sonora a partir da fonte a diferentes distâncias. Um dos objetivos com isso é comparar os valores obtidos com os valores teóricos calculados; abordando ainda a questão da poluição sonora. Dessa forma, o trabalho não apenas dialoga com estudos anteriores, mas avança o estado da arte ao oferecer novos resultados, interpretações e possibilidades de aplicação prática, contribuindo de maneira original para o desenvolvimento científico da área de acústica. Existem uma série de outros trabalhos já publicados que reforçam a importância da abordagem pedagógica para o tratamento da questão da acústica e merecem ser mencionados.

O trabalho “A poluição sonora e o ensino de Física”, de Maria Lúcia Netto Grillo e Felipe da Silva Freitas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), discute os desafios enfrentados no ensino de Física, especialmente os altos índices de reprovação e a necessidade de metodologias mais significativas. Os autores propõem uma abordagem contemporânea que aproxima a Física das questões ambientais, utilizando a temática da poluição sonora como eixo central. O objetivo do trabalho citado é promover uma aprendizagem significativa e a formação cidadã dos estudantes, por meio da conscientização sobre os efeitos do uso de fones de ouvido em volumes elevados. Para isso, foi desenvolvida uma atividade problematizadora baseada em questionários, debates, recursos audiovisuais e um experimento com sonômetro. A proposta permitiu aos alunos compreender o conceito de intensidade sonora e refletir sobre práticas mais seguras no cotidiano⁷.

Já o trabalho “Sequência Didática: Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio usando smartphone”, de Márcio Donizete Pereira, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), discute a problemática da poluição sonora, considerada pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o terceiro maior problema ambiental do mundo, dada a constante exposição das pessoas a seus efeitos e riscos. O autor propõe uma sequência didática dividida em quatro capítulos que integra o uso de tecnologia móvel ao currículo de Física. Nesse trabalho, o objetivo é propiciar o estudo das ondas sonoras e a conscientização sobre as consequências da poluição sonora para a saúde humana. Para isso, foram desenvolvidas atividades que incluem o uso de vídeos do YouTube para debates, pesquisas sobre o sistema auditivo e uma prática experimental onde os alunos utilizam o aplicativo *Sound Meter* em seus smartphones como um decibelímetro para medir a intensidade sonora em ambientes cotidianos. A proposta permitiu aos alunos compreender conceitos físicos de acústica de forma aplicada, analisando dados reais e refletindo sobre os danos provocados pelo ruído ambiental.

⁷ Fonte: A poluição sonora e o ensino de física em:

[file:///C:/Users/User/Downloads/polui%C3%A7%C3%A3o%20sonora%20artigo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/polui%C3%A7%C3%A3o%20sonora%20artigo%20(1).pdf)

O trabalho “Proposta de ensino de Física: Acústica com auxílio do Audacity”, de João Alfredo Praxedes da Penha, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), discute a necessidade de utilizar ferramentas tecnológicas contemporâneas para elucidar conceitos abstratos de acústica, adaptando o ensino ao perfil tecnológico dos estudantes atuais. O autor propõe a utilização do software livre *Audacity*, comumente usado em indústrias de mídia sonora, como um recurso didático em sala de aula. O objetivo do trabalho é fornecer ao professor uma ferramenta de simples manuseio para dinamizar as aulas e facilitar a visualização de fenômenos ondulatórios. Para isso, foi desenvolvida uma sequência didática experimental apresentada em formato de e-book, que inclui procedimentos práticos para o estudo de amplitude, frequência, timbre e fenômenos como interferência e efeito Doppler diretamente na interface do programa. A proposta permitiu que os estudantes realizassem observações experimentais claras, conectando a teoria física à prática de manipulação digital de áudio.

A metodologia de Paulo Freire constitui o eixo central desta pesquisa, especialmente ao propor uma educação baseada no diálogo, na problematização e na construção coletiva do conhecimento. Para Freire (1996), ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua produção, o que se concretiza neste trabalho por meio de atividades que colocam o aluno como sujeito ativo do processo educativo.

Nesse sentido, a proposta desenvolvida rompe com o modelo tradicional de ensino, frequentemente caracterizado por práticas expositivas e pela passividade discente. Freire (1987) critica esse modelo ao denominá-lo de “educação bancária”, na qual o aluno é visto como um receptor de informações. Em contraposição, esta pesquisa adota uma abordagem que valoriza a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento.

O uso da poluição sonora como tema gerador exemplifica claramente a aplicação da metodologia freireana. Segundo Freire (1996), os temas geradores devem emergir da realidade dos educandos, permitindo que o processo de aprendizagem seja significativo e contextualizado. Ao trabalhar com situações do cotidiano, o conteúdo de Física torna-se mais próximo da vivência dos alunos.

Outro aspecto fundamental da metodologia freireana presente neste trabalho é o diálogo. Para Freire (1987), o diálogo é condição essencial para a construção do conhecimento, pois promove a troca de saberes entre educador e educando. Nas atividades propostas, o diálogo se manifesta por meio de discussões, debates e análises coletivas dos dados obtidos nos

experimentos.

A valorização da experiência concreta também é um princípio freireano incorporado à pesquisa. Conforme destacado no trabalho, a realização de experimentos com medição de intensidade sonora permite que os alunos vivenciem na prática os conceitos estudados. Essa articulação entre teoria e prática reforça a aprendizagem significativa.

Neste sentido, a metodologia aplicada estimula a criticidade dos estudantes, um dos principais objetivos da educação freireana. Freire (1996) defende que a educação deve formar sujeitos capazes de compreender e transformar a realidade. Ao discutir os impactos da poluição sonora, os alunos são incentivados a refletir sobre questões sociais e ambientais.

O protagonismo discente também se evidencia como elemento central da proposta. De acordo com Freire (1996), o estudante deve ser sujeito do processo educativo, participando ativamente das decisões e construções do conhecimento. No presente trabalho, isso ocorre por meio da investigação, da coleta de dados e da interpretação dos resultados pelos próprios alunos.

A interdisciplinaridade presente na abordagem também dialoga com o pensamento freireano. Ao relacionar conceitos de Física com questões ambientais e sociais, o trabalho rompe com a fragmentação do conhecimento, promovendo uma visão mais integrada da realidade, conforme defendido por Freire (1987).

Outro ponto relevante é a utilização de tecnologias acessíveis, como aplicativos de smartphone, que contribuem para democratizar o acesso ao conhecimento. Essa prática está alinhada com a proposta freireana de uma educação inclusiva, que considera as condições concretas dos educandos e busca alternativas viáveis para o processo de ensino-aprendizagem.

Assim, a metodologia adotada reafirma o caráter transformador da educação defendido por Paulo Freire. Ao promover uma aprendizagem crítica, participativa e contextualizada, o trabalho contribui para a formação de sujeitos conscientes e capazes de intervir em sua realidade, consolidando a educação como prática de liberdade (Freire, 1987).

5. PRODUTO EDUCACIONAL

A elaboração deste material didático, aqui chamado de produto educacional, visa integrar conceitos de acústica e poluição sonora ao currículo do Ensino Médio por meio de uma abordagem prática e interdisciplinar. Nele propõe-se uma sequência didática envolvendo discussões, vídeos, experiência da medida da intensidade sonora pelos decibelímetros baixados através de aplicativos dos *smartphones* dos alunos em diferentes distâncias de uma fonte sonora de potência conhecida. Assim é possível comparar os valores observados com os valores calculados e observar se se verificam diferenças de valores.

Inspirado na pedagogia crítica de Paulo Freire, o Produto propõe uma sequência didática que combina *experimentação, tecnologia e discussão socioambiental*. Retomando o objetivo geral do trabalho, que visa permitir aos alunos compreender fenômenos sonoros relacionem-nos a impactos ambientais e desenvolver habilidades críticas para proposição de soluções sustentáveis de melhoramento e otimização dos ambientes acústicos internos e externos. A escolha do tema justifica-se pela predominância dos ruídos e sons no cotidiano e pelos crescentes desafios da poluição sonora em ambientes urbanos. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a exposição prolongada a ruídos acima de 85 dB pode causar danos auditivos irreversíveis, além de estresse físico e distúrbios do sono. O Produto busca, portanto, não apenas ensinar física, mas também formar cidadãos conscientes de seus direitos ambientais. A presente pesquisa caracteriza-se como de abordagem qualitativa, por buscar compreender os fenômenos educacionais a partir das percepções, experiências e significados atribuídos pelos sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Segundo Uwe Flick (2009), a pesquisa qualitativa possibilita uma análise aprofundada da realidade social, considerando a complexidade dos contextos e das interações humanas. Nessa perspectiva, não se pretende quantificar dados, mas interpretar práticas pedagógicas e compreender como o uso de tecnologias, como aplicativos móveis, pode contribuir para a aprendizagem dos estudantes no ensino de Física.

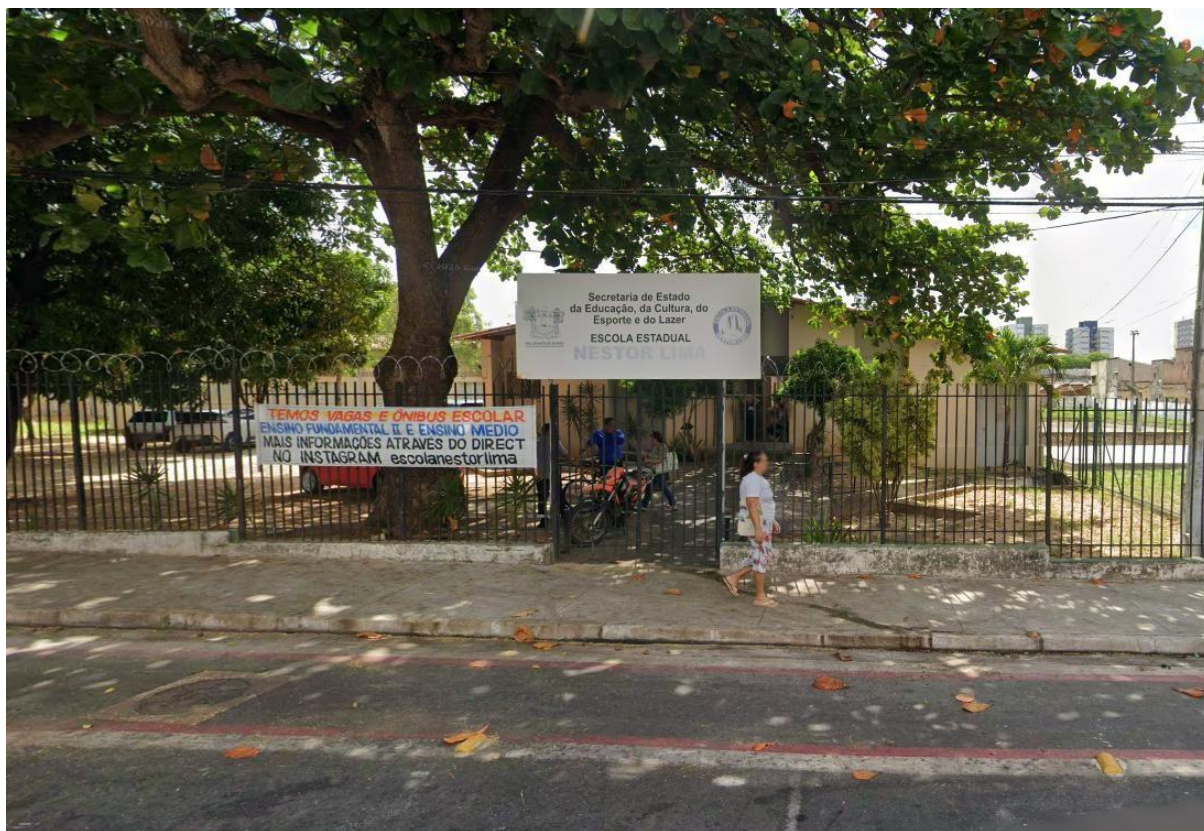
Além disso, trata-se de uma pesquisa de campo, uma vez que foi desenvolvida diretamente no ambiente escolar, permitindo a observação e a interação com os participantes em seu contexto natural. De acordo com Antônio Carlos Gil (2008), a pesquisa de campo consiste na coleta de dados realizada no local onde ocorrem os fenômenos, proporcionando maior proximidade com a realidade investigada. Nesse sentido, a realização desta pesquisa na escola possibilitou acompanhar de forma direta as práticas pedagógicas, bem como analisar a aplicação do produto educacional e seus impactos no processo de ensino e aprendizagem.

A pesquisa foi realizada na Escola Estadual Nestor Lima, instituição pertencente à rede pública estadual de ensino, localizada no município de Natal. A escola atende estudantes do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, desempenhando um papel relevante na oferta de educação básica para a comunidade local.

De acordo com dados disponibilizados pela plataforma QEDu, a instituição apresenta um perfil característico de escolas públicas urbanas, atendendo majoritariamente estudantes oriundos de famílias de baixa e média renda. Esse contexto socioeconômico influencia diretamente as condições de aprendizagem, especialmente no que se refere ao acesso a recursos tecnológicos e ao apoio familiar no processo educativo.

A escola possui turmas em diferentes níveis de ensino, com estudantes em sua maioria na faixa etária correspondente às etapas regulares, embora possam existir distorções idade-série, comuns no contexto da educação pública brasileira. No Ensino Médio, público-alvo desta pesquisa, os estudantes geralmente têm entre 15 e 18 anos.

Figura 9 – Escola pesquisada



Fonte: Acervo do autor (2026)

No que diz respeito à infraestrutura, a escola dispõe de salas de aula, espaços

administrativos e recursos básicos para o funcionamento das atividades escolares. Entretanto, como observado em muitas instituições públicas, podem existir limitações relacionadas ao acesso a tecnologias digitais e à manutenção de equipamentos, o que reforça a importância de propostas pedagógicas que utilizem recursos acessíveis, como os dispositivos móveis dos próprios estudantes.

Nesse sentido, a utilização de aplicativos móveis como recurso didático se apresenta como uma alternativa viável e contextualizada, considerando que grande parte dos alunos possui acesso a smartphones. Assim, o desenvolvimento desta pesquisa nessa instituição se justifica pela possibilidade de investigar práticas pedagógicas inovadoras em um contexto real da escola pública, contribuindo para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

5.1. Aplicação no Ensino de Física: Níveis de intensidade sonora como Tema Gerador

O estudo dos níveis de intensidade sonora apresenta-se como um tema gerador privilegiado para o ensino de Física, uma vez que permite articular conceitos científicos fundamentais com questões do cotidiano das pessoas. Segundo Freire (1996), os temas geradores devem emergir da realidade dos educandos, possibilitando uma abordagem interdisciplinar e crítica conectada com a realidade social e ambiental em que estas pessoas estão envolvidas. A poluição sonora, problema cada vez mais presente nos centros urbanos, oferece um contexto real para explorar conceitos como ondas sonoras, a escala decibelimétrica e a propagação do som, transformando a aprendizagem em um processo significativo e engajador. Ao medirem os níveis de ruído em diferentes ambientes da escola ou do bairro, os alunos vivenciam a Física como ferramenta de análise e intervenção social.

A abordagem temática proposta por Delizoicov e Angotti (1990) reforça a importância de partir de situações-problema reais para estruturar o ensino de Ciências. Quando os níveis de intensidade sonora são tomados como eixo norteador, os conceitos físicos deixam de ser apresentados de forma abstrata e isolada e passam a ser compreendidos em sua dimensão prática e social, inseridos e percebidos no dia a dia. Por exemplo, ao investigar como a distância da fonte sonora afeta a intensidade do som, os alunos não apenas verificam a lei do inverso do quadrado da distância, mas também refletem sobre seus impactos na saúde auditiva e na qualidade de vida, por meio da avaliação crítica dos componentes acústicos do espaço. Essa perspectiva alia-se ao rigor conceitual e à relevância social, objetivo central de uma educação científica crítica.

A utilização de tecnologias acessíveis, como aplicativos de medição de decibéis em

smartphones, conforme proposto por Araújo (2024) no Produto Educacional analisado, democratiza a experimentação e aproxima o conhecimento científico da realidade discente. Essa estratégia, alinhada aos princípios da aprendizagem ativa defendidos por Bacich e Moran (2018), permite que os alunos coletem dados reais, analisem resultados e os confrontem com os modelos teóricos comumente contemplados nos tópicos da disciplina. Ao comparar medições em diferentes contextos (sala de aula, pátio da escola, ruas próximas), os estudantes desenvolvem não apenas habilidades científicas, mas também consciência ambiental sobre os níveis seguros e confortáveis de exposição ao ruído.

A interdisciplinaridade inerente ao tema da níveis de intensidade sonora possibilita também conexões com outras áreas do conhecimento, enriquecendo o processo educativo. Como destacam Santos e Schnetzler (2003), o ensino de Física ganha profundidade quando dialoga com outras disciplinas como a Biologia (estudo do sistema auditivo), a Geografia (mapeamento de zonas de ruído urbano) e até mesmo o Direito (análise de legislação sobre poluição sonora). Essa abordagem multidisciplinar permite aos alunos compreender a complexidade e amplitude do tema, indo além dos aspectos físicos para considerar também suas dimensões biológicas, espaciais e jurídicas. Ao produzirem relatórios ou campanhas de conscientização baseadas em seus achados, os estudantes exercitam múltiplas linguagens e formas de expressão.

Nesse sentido, a abordagem da níveis de intensidade sonora como tema gerador exemplifica como a Física escolar pode formar cidadãos críticos e participativos. Segundo Sasseron e Carvalho (2011), o ensino por investigação, quando centrado em problemas reais, desenvolve a alfabetização científica e a capacidade de intervenção social. Ao estudarem a poluição sonora em sua comunidade, os alunos não apenas aprendem conceitos físicos, mas também se capacitam para identificar problemas, propor soluções e exigir

políticas públicas. Dessa forma, o estudo da níveis de intensidade sonora transcende os objetivos disciplinares, tornando-se uma prática educativa transformadora que prepara os jovens para atuar conscientemente em sua realidade.

5.2. Metodologia desenvolvida e sequência didática aplicada

A Acústica, um ramo da física dedicado ao estudo das ondas sonoras e seus efeitos, destaca-se como um fascinante tema para o ensino de física no Ensino Médio. Sua relevância no cotidiano das pessoas, evidenciada pelos fenômenos sonoros permanentemente presentes em todas as situações do dia a dia, permite uma aprendizagem envolvente e contextualizada.

Contudo, o ensino dessa disciplina pode apresentar desafios, especialmente quando se aborda a natureza abstrata das ondas sonoras, exigindo dos estudantes a construção de um modelo mental complexo.

A fim de superar tais desafios e proporcionar uma aprendizagem efetivamente motivadora, torna-se essencial adotar uma abordagem ativa no ensino da Acústica. Essa abordagem deve privilegiar a experimentação, a investigação e a contextualização dos conceitos, permitindo aos alunos uma compreensão mais profunda e significativa dos fenômenos acústicos. Nesse sentido, propõe-se uma sequência didática embasada no ideário pedagógico desenvolvido pelo Professor Paulo Freire, combinada com a realização de experimentos práticos em sala de aula. Essa metodologia busca estimular a participação ativa dos estudantes em seu próprio processo de aprendizagem, tornando-os protagonistas na construção do conhecimento. O professor e aluno são agentes comuns no processo de ensino e de aprendizagem, sem distinção hierárquica. Enquanto os alunos experimentam, observam e refletem criticamente sobre os fenômenos acústicos, o professor assume um papel de facilitador, guiando e apoiando o desenvolvimento do entendimento conceitual e prático dos alunos.

O produto desenvolvido alinha-se às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, em especial às competências de investigação científica (Competência 2) e responsabilidade socioambiental (Competência 7). Sua relevância reside em:

i. Aplicação prática de conceitos físicos

Como níveis de intensidade sonora (I) e escala decibel (Lp), frequentemente abordados de forma abstrata em sala de aula.

ii. Integração interdisciplinar

Conectando física, biologia (saúde auditiva), sociologia (legislação urbana) e matemática (funções logarítmicas).

iii. Conscientização ambiental

Relacionando dados experimentais com efeitos e impactos reais da poluição sonora, conforme alertado pela Organização Mundial da Saúde.

CRONOGRAMA DE AULAS (07) PLANEJADAS

Para a implementação da sequência didática sugerida, recomenda-se a alocação de sete aulas simples. Esse cronograma foi elaborado de maneira proporcional ao calendário letivo, considerando a abrangência e a complexidade dos tópicos propostos:

Aula 1: O som como uma onda e suas propriedades

O experimento realizado em sala de aula utilizou o computador e datashow da própria escola. Abrimos o site da PHET e realizamos demonstrações de experimentos com sons no simulador do link exemplificado acima. Cada aluno precisava realizar um teste e anotar os resultados.

Para garantir a imparcialidade durante a realização do experimento em sala de aula, adotamos o procedimento de sorteio para a seleção dos alunos participantes, após explicar sobre como seriam os questionários e o TCLE. Cada estudante foi representado por um número, e os números foram sorteados aleatoriamente, assegurando que todos tivessem a mesma chance de participação. Essa metodologia visou evitar favorecimentos, tornando o processo mais justo e transparente, além de contribuir para o envolvimento da turma de forma equitativa nas atividades práticas propostas.

Cada aluno deveria preencher o pós-teste e o pré-teste com o mesmo número de identificação que ele sorteara, de conhecimento apenas do próprio aluno. Esse procedimento permitia que o professor pudesse comparar os resultados de um mesmo aluno no pré-teste e no pós-teste sem saber a identificação do aluno.

Objetivos:

- Despertar no aluno a importância do conhecimento de conceitos de acústica, bem como a relevância no seu dia a dia.
- Introduzir o conceito de som como uma onda mecânica, explorando suas propriedades básicas e incentivando a reflexão sobre poluição sonora.

Estratégias aplicadas:

- Início com uma discussão exploratória para os alunos sobre os conhecimentos sobre som.
- Exibição de vídeos curtos (até cinco minutos) com exemplos de poluição sonora: sons de britadeira, shows pirotécnicos, carros de som, entre outros.

Exemplos de links de vídeos:

- Vídeo 1: <https://youtu.be/jBhatsS2vkU?feature=shared>
- Vídeo 2: https://youtu.be/pE1Ilc65bo0?si=_kuJ0Xa8J6xJZMDI
- Vídeo 3: https://youtu.be/0ru74_kBLWU?si=3VhCmr_IvNwzK_GQ
- Vídeo 4: https://youtu.be/-guzNCML1mc?si=-pzqkEsYtJ7_VJ6K
-

Aplicação de Pré-Teste:

- Estímulo à reflexão e contextualização do tema.

Exemplos de perguntas:

- Quais os prejuízos da poluição sonora ou alta intensidade de ruído para a audição humana?
- Por que percebemos maior intensidade do som quando estamos mais próximos da fonte?
- O uso de fones de ouvido pode prejudicar a audição humana?
- Você já ouviu falar da lei do silêncio?
- Qual a função de um microfone e de um autofalante?

Apresentação da representação matemática da onda sonora:

- Demonstração das propriedades do som (frequência, comprimento de onda, intensidade, período e velocidade) utilizando o simulador Phet⁹.

Recursos didáticos:

- TV ou computador com projetor, quadro branco, e simulador Phet
- Vídeos e aplicação de pré-teste

Atividades em sala de aula:

- Discussão sobre o som e poluição sonora e exemplos do cotidiano.
- Assistir vídeos curtos sobre o som e a poluição sonora.
- Explicação da dinâmica do sorteio dos números.
- Sorteio de número dos alunos para os questionários, não sendo identificados pelo professor.
- Aplicação do Pré-Teste.

Dever de casa:

- Pesquisar e escrever no caderno:
 - a) – O que é o som?
 - b) – Como se propaga
 - c) – Qual a unidade de medida de níveis de intensidade sonora?
 - d) – O som audível humano, sua faixa de frequência

⁹ (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/sound-waves)

- e) – Qual o aparelho que mede o nível de nível de níveis de intensidade sonora?
- f) – O que é eco?
- g) – O que é Reverberação?

Aula 2: Níveis de intensidade sonora e escala decibelimétrica

Objetivos:

- Uso do smartphone como apoio para medir nível de intensidade sonora
- Compreender a escala decibelimétrica e sua relação com os níveis de intensidade sonora em relação à distância da fonte.

Estratégias aplicadas:

- Explicação sobre a escala decibelimétrica e suas propriedades logarítmicas.
- Instalação de aplicativo decibelímetro nos *smartphones* dos alunos.
- Demonstração prática com o uso de uma fonte sonora puntiforme e um *smartphone* equipado com aplicativo de decibelímetro.
- Discussão interativa sobre a relação entre níveis de intensidade sonora e distância.

Recursos didáticos:

- Caixa de som, *smartphone* com decibelímetro, quadro, roteiro experimental.

Atividades em sala de aula:

- Explicação sobre som e suas características.
- Escutar e diferenciar sons distintos.
- Instalar aplicativo decibelímetro nos *smartphones* dos alunos.
- Medição dos níveis de intensidade sonora de uma fonte sonora em diferentes distâncias utilizando os aplicativos de decibelímetros instalados nos *smartphones*.

Aula 3: Realização do experimento de medição dos níveis de intensidade sonora

A Aula 3 tem como princípio a realização do experimento da medida do nível de níveis de intensidade sonora e sua relação com a distância da fonte. Baseada na metodologia pedagógica desenvolvida pelo Professor Paulo Freire, a experiência vivida tem o papel de despertar a curiosidade, o interesse e a reflexão crítica para os questionamentos que surgem

naturalmente em tais vivências.

O experimento teve por objetivo introduzir o tema da acústica, do som e suas propriedades que serão abordados com detalhes nas aulas seguintes; de modo que o experimento consistiu em medir o nível de intensidade sonora em diferentes distâncias da fonte e analisar a relação entre intensidade e distância.

Para este experimento (que pode ser realizado na própria sala de aula ou em outros espaços da escola), reorganizou as carteiras de modo que o centro da sala esteja livre, posicionando a fonte sonora no centro do ambiente. A partir dela, são marcados com a fita colorida círculos concêntricos de 1m, 2m, 3m e 4m de raio, medidos com o auxílio da fita métrica, isso de acordo com a norma ABNT 10.151. Essa norma, anexada a esse Produto, determina que as medições em ambientes internos devem ser efetuadas a uma distância de no mínimo 1m de quaisquer superfícies, como paredes, teto, pisos e móveis. A cada nova medida realizada deve se apertar o reset do decibelímetro.

Os alunos podem ser divididos em grupos conforme a disponibilidade de dispositivos com o aplicativo de decibelímetro. O professor deve colocar um sinal com frequência de 1000Hz e amplitude fixa na fonte. Assim, os alunos puderam realizar medições nos níveis de intensidade sonora nas quatro diferentes distâncias estabelecidas e anotá-las em uma tabela.

Objetivo:

- Proporcionar aos alunos uma experiência prática para investigar a relação entre níveis de intensidade sonora, potência e distância da fonte.

Estratégias aplicadas:

- Apresentar o roteiro do experimento.
- Organizar os alunos em grupos e distribuir os materiais necessários.
- Realizar medições de níveis de intensidade sonora em diferentes distâncias e potências, tanto em ambientes internos quanto externos (seguindo a norma NBR 10151).

Recursos didáticos:

- Caixa de som, smartphone equipado com aplicativo de decibelímetro instalado, fita métrica, fita adesiva colorida, caderno e lápis, roteiro do experimento.

Materiais necessários para a realização do experimento:

- uma fonte sonora (caixa de som);
- uma fita métrica ou trena;
- um notebook ou smartphone com aplicativo para gerar sinal sonoro (Phet), a partir do link: (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/sound-waves)
- alguns smartphones com aplicativo de decibelímetro (Medidor de som para Android da Splend);
- uma fita colorida para demarcar o chão.

Passo a passo do experimento:

- Posicionar a fonte e decibelímetros dos apps dos smartphones, a 1 m – primeira medida;
- Após a primeira medida, posicionar a fonte e decibelímetros a dois metros – segunda medida;
- Repetir o mesmo procedimento para três metros – terceira medida – e para quatro metros – quarta medida;
- Análise dos resultados obtidos após registro e coleta dos dados.

Os alunos devem observar os valores medidos na tabela e compará-los entre si, verificar que a intensidade e o nível de níveis de intensidade sonora diminuem com o aumento da distância da fonte sonora, através da elaboração de um gráfico com os pontos obtidos.

Essas medidas podem também ser feitas simultaneamente nas diferentes distâncias. Neste sentido, ratifica-se que o objeto de compreensão do estudo é saber que a medida da níveis de intensidade sonora (I) diminui inversamente proporcional ao quadrado da distância (R) da fonte sonora ao decibelímetro, de acordo com a Equação 5, já apresentada anteriormente e reforçada a seguir:

$$I=P/4\pi R^2. \quad (30)$$

Posteriormente, é preciso determinar quantitativamente a diferença de nível níveis de intensidade sonora entre cada par de distâncias. Espera-se que o aluno compreenda que o decaimento não segue necessariamente uma relação linear com a distância da fonte. Os dados coletados no experimento serão utilizados na atividade avaliativa ao final da sequência didática, após a discussão e apresentação das equações a respeito da escala decibel e da relação da intensidade com a distância. Os demais tópicos relacionados à acústica que estão envolvidos no experimento também devem ser esclarecidos no decorrer da sequência didática.

Para efeito de uma melhor aprendizagem por parte dos alunos e não gerar dúvidas entre eles com o uso de mais de uma fonte sonora, neste trabalho foi escolhido didática e metodologicamente usar uma mesma fonte sonora aproximada de uma fonte puntiforme. Isso em nada impede o uso de outras fontes, medidas realizadas em outros ambientes, com outros instrumentos e de diversas maneiras.

Atividades na aula:

Ao iniciar a aula, é realizada uma breve introdução sobre o tema da poluição sonora, destacando sua presença no cotidiano e seus impactos na saúde e na qualidade de vida das pessoas. Em seguida, é feita uma roda de conversa para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, promovendo um momento de escuta ativa e troca de experiências. Também se apresentam os objetivos da atividade prática e os conceitos básicos de acústica e decibéis, preparando os estudantes para compreenderem o experimento que seria realizado posteriormente.

- *Início em sala de aula – explicação da experiência e baixar o aplicativo decibelímetro nos celulares.*
- *Segundo momento – Experiência na sala de informática (vão livre). Quatro celulares a uma distância da fonte sonora de 1m, 2m, 3m e 4m.*
- *Terceiro momento – Calcular a média aritmética simples dos valores medidos dos quatro celulares que será o valor a ser comparado com o valor teórico calculado.*

Aula 4: Análise dos resultados do experimento

Objetivos:

- Interpretar e comparar os resultados experimentais com os teóricos.
- Compreender as limitações do som no meio ambiente e a poluição ambiental

Estratégias aplicadas:

- Revisar os conceitos de som e volume com base nos resultados obtidos.
- Explicar que ambientes não isolados influenciam as medições e apresentar o conceito de câmara anecoica.
- Analisar a relação entre potência (constante) e intensidade (variável com a

distância) através dos resultados obtidos pelos alunos na aula anterior.

- Comparar valores de níveis de intensidade sonora com a legislação ambiental

Recursos didáticos:

- Quadro e projetor.

Atividades na aula:

- Discussão sobre a relação entre potência, distância e níveis de intensidade sonora.
- Tratar de poluição sonora e passar vídeos com exemplos sobre o que foi conversado /na aula. Exemplo: https://youtu.be/-guzNCML1mc?si=-pzqkEsYtJ7_VJ6K.

Dever de casa:

- Pesquisar e escrever no caderno:
 - A Lei do Silêncio.
 - Níveis de intensidade sonora máxima, de acordo com as normas, em escolas e hospitais.

Aula 5: A audição, o som e a poluição sonora

Objetivos:

- Explorar a interdisciplinaridade do tema, relacionando o som ao sentido da audição.
- Compreender o básico sobre cálculo dos níveis de intensidade sonora.

Estratégias aplicadas:

- Explicar os infrassons e ultrassons, assim como o intervalo de frequências audíveis para o ser humano.
- Apresentar o intervalo de níveis de intensidade sonora seguro, abordando a física ambiental e a poluição sonora.
- Discutir os impactos da poluição sonora na saúde e no meio ambiente e a legislação e normas vigentes sobre poluição sonora.
- Explicar e calcular os níveis de intensidade sonora de acordo com a distância da fonte e as condições do espaço.
- Preencher tabela de distância e valor em decibel (dB).

Recursos didáticos:

- Quadro, projetor.

Atividades na aula:

- Escrever na lousa como calcular os níveis de intensidade sonora em decibéis, em relação as diferentes distâncias de uma fonte sonora, além de explicar a função logarítmica e comparar como os níveis de intensidade sonora diminuem com o aumento da distância.
- Preencher na lousa a tabela abaixo de distância e valor em decibel (dB).

Distância (m)	Valor calculado dB no aplicativo	Valor calculado dB em sala de aula
1	80	79
2	73,98	71
3	70,46	52
4	67,96	64

Aula 6: Análise do experimento e aplicação do questionário**Objetivo:**

- Avaliar os resultados experimentais e comparar com os previstos teoricamente.

Estratégias aplicadas:

- Apresentar os gráficos nos níveis de intensidade sonora, medidos nos smartphones dos alunos, com os valores teóricos.
- Analisar os fatores que resultam na não coincidência do valor obtido nos smartphones e no valor teórico
- Aplicação do questionário avaliativo, anexado no final deste projeto, para análise dos resultados do experimento.
- Resolução de questões conceituais e contextualizadas de acústica.
- Avaliação da aprendizagem dos alunos nesse tópico.

Recursos didáticos:

- Questionário, projetor, computador ou smartphone com acesso à internet.

Atividades na aula:

- Apresentação do produto pelo datashow e aplicação do pré-teste.

Objetivo:

- Aplicar um pré-teste para verificar o nível de aprendizado dos alunos.

Estratégias aplicadas:

- Aplicação de questões de níveis diferentes para avaliação diagnóstica.
- Aplicação do questionário avaliativo, anexado no final deste projeto, para análise dos resultados do experimento e cálculo da potência da fonte sonora.
- Avaliação da aprendizagem dos alunos nesse tópico.

Recursos didáticos:

- Pré-teste, projetor, computador ou smartphone com acesso à internet.

Atividade:

- Comparar e discutir as diferenças entre os valores obtidos nos *smartphones* com o valor teórico dos níveis de intensidade sonora.

Aula 7: Aplicação do pós-teste de conhecimento e questionário de satisfação das dinâmicas vividas no Produto Educacional.**Objetivos:**

- Verificar dados estatísticos de aprendizado da acústica dos alunos, obtidos mediante o questionário aplicado
- Verificar o nível de satisfação dos alunos a respeito da metodologia aplicada sobre o conhecimento da acústica.

Estratégias aplicadas:

- Aplicação de questões de níveis diferentes para avaliação diagnóstica (pós-teste).
- Aplicação do questionário avaliativo, anexado no final deste projeto, para análise dos resultados do experimento e cálculo da potência da fonte sonora.

- Avaliação da aprendizagem dos alunos nesse tópico.
- Aplicação de um questionário sobre o nível de satisfação dos em relação as atividades aplicadas.

Recursos didáticos:

- Pós-teste
- Questionário do nível de satisfação dos alunos.

PRÉ-TESTE DE CONHECIMENTO

- a) Quais os prejuízos causados pela poluição sonora para audição humana?
- b) Por que percebemos maior intensidade do som quando estamos mais próximos da fonte?
- c) O uso de fones de ouvido pode prejudicar a audição humana?
- d) Você já ouviu falar da lei do silêncio?
- e) Qual a função de um microfone e de um autofalante?
- f) Questionário avaliativo final:

PÓS-TESTE DE CONHECIMENTO**Parte 1: Conceitos Básicos**

- Defina o que é som e como ele se propaga.
- Explique a diferença entre som e ruído.
- O que são decibéis(dB) e como são utilizados os decibelímetros para medir a intensidade sonora?

Parte 2: Múltipla Escolha

1. Qual é a faixa de frequência que o ouvido humano é capaz de ouvir?
 - a) 10 Hz a 20 kHz.
 - b) 20 Hz a 20 kHz.
 - c) 30 Hz a 30 kHz.
 - d) 50 Hz a 40 kHz.
2. Qual das alternativas abaixo representa um som de intensidade perigosa para a audição humana?
 - a) 40 dB.
 - b) 70 dB.
 - c) 90 dB.

d) 120 dB.

3. Qual das situações abaixo representa um exemplo de poluição sonora?

- a) O som de folhas caindo no chão.
- b) Uma conversa em tom moderado.
- c) O barulho constante de uma construção.
- d) O canto dos pássaros pela manhã.

Parte 3: Experimento e análise:

- a) Durante um experimento sobre decibéis, você observou que ao duplicar a intensidade de uma fonte sonora, a leitura no medidor de decibéis aumentou em aproximadamente 6 dB. Explique por que isso ocorre.
- b) Suponha que você esteja em uma sala onde há muito reverberação. Como o fenômeno da reverberação pode estar contribuindo para isso, e o que poderia ser feito para minimizar o problema?
- c) Reflexão: Em grandes cidades, a poluição sonora é um problema crescente. Como você acredita que ela pode afetar a qualidade de vida das pessoas?
- d) Explique como o conhecimento sobre acústica e decibéis pode ajudar a desenvolver medidas para reduzir a poluição sonora em ambientes urbanos.

Parte 4: Verificação do grau de satisfação dos alunos:

- Os discentes deverão marcar um “X” na opção que melhor se encaixa com a afirmação sobre as aulas e o experimento realizado de acordo com a sequência didática.

PESQUISA DE SATISFAÇÃO:
VERIFICAÇÃO DO GRAU DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS

Verificação do grau de satisfação dos alunos	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
1. A realização do experimento tornou a aula mais interessante ou motivadora.					
2. O produto educacional melhorou o entendimento sobre o conceito de nível de níveis de intensidade sonora.					
3. O produto ajudou a visualizar os conceitos físicos no cotidiano.					
4. O produto melhorou o entendimento do conceito de poluição sonora.					
5. O produto é eficaz no processo de aprendizagem sobre o conteúdo de Acústica.					
6. O produto promoveu o trabalho em grupo através da realização do experimento.					
7. O produto facilitou a visualização dos fenômenos físicos por meio da experiência e análise de dados.					
8. O uso do aplicativo de celular para realizar o experimento tornou a experiência mais fácil de ser realizada.					
9. O produto ajudou a compreender não só os conceitos físicos, mas os problemas relacionados ao som na atualidade e bem-estar humano.					

6. RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Os resultados apresentados nesta dissertação, desenvolvida no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), buscam contribuir para o ensino de conceitos de Acústica por meio de abordagens inovadoras e metodologias ativas.

Figura 9 - Momento inicial do experimento realizado em sala de aula.



Fonte: Acervo do autor (2025).

Figura 10 – Aula teórica e instrução da atividade.



Fonte: Acervo do autor (2025).

Partindo do objetivo geral de analisar de que forma uma metodologia de ensino fundamentada nos princípios pedagógicos de Paulo Freire pode contribuir para a aprendizagem significativa do conceito de intensidade das ondas sonoras no ensino médio, aplicou-se um pré-teste de conhecimento composto por cinco questões subjetivas a uma turma de 22 alunos. As respostas do pré-teste foram corrigidas e classificadas em certo, parcialmente certo e errado.

Figura 11 – Realização do pré-teste.



Fonte: Acervo do autor (2025).

Figura 12 – Realização do experimento em sala de aula.



Fonte: Acervo do autor (2025).

A seguir estão expostos o resultado da pesquisa do grau de satisfação dos alunos com a sequência didática aplicada. O questionário foi aplicado para 17 alunos para responder para cada item classificado como excelente, bom, regular, ruim e péssimo.

6.1. Instrumentos de pesquisa

Local de aplicação:

Escola Estadual do Estado do Rio Grande do Norte, situada na capital Natal
Turma do Segundo Ano do Ensino Médio Regular.

Período de aplicação do Produto:

Junho de 2025, sem feriado durante esse mês.

Materiais necessários para a realização do experimento:

- Fonte sonora (caixa de som), custou R\$ 15,00

- Fita métrica ou trena; R\$ 7,00
- Notebook ou smartphone com aplicativo para gerar sinal sonoro (Phet)
- Smartphones com aplicativo de decibelímetro (Medidor de som para Android e iOS da Splend)
- Fita colorida

6.2. Dados temáticos da pesquisa

Nesta seção apresentemos os dados da pesquisa em forma de gráfico, a partir das respostas coletadas durante a observação, aplicação e análise da pesquisa.

i. Parte 1: Conceitos Básicos

Gráfico 3 – Defina o que é som e como ele se propaga.



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

A análise do Gráfico 3 acima, que solicita aos estudantes a definição do que é som e como ele se propaga, revela um cenário de compreensão parcial entre os participantes. Dos 17 alunos, apenas 5 conseguiram apresentar uma resposta plenamente correta, 7 demonstraram entendimento parcial, 3 erraram completamente e 2 deixaram em branco. *Esses dados indicam que o conceito físico do som, embora esteja presente no cotidiano dos estudantes, ainda carece*

de apropriação conceitual sólida, o que é comum em conteúdos que envolvem fenômenos ondulatórios, conforme aponta Helou (2007), que destaca a dificuldade dos estudantes em compreender as características físicas do som sem o apoio de uma contextualização significativa.

Do ponto de vista da Física, o som é uma onda mecânica longitudinal e tridimensional que se propaga por um meio material (sólido, líquido ou gasoso), sendo resultado das vibrações das partículas desse meio. No entanto, muitos alunos tendem a associar som apenas àquilo que é audível ou “ouvido”, sem compreender a natureza vibracional e ondulatória do fenômeno. Segundo Lopes e Silva (2005), o ensino da acústica ainda é marcado por abordagens abstratas e descoladas do cotidiano, o que dificulta a aprendizagem. A alta taxa de respostas parcialmente corretas ou erradas reflete esse desafio e aponta para a necessidade do desenvolvimento e aplicação de metodologias que unam teoria e prática.

Sob essa ótica, a pedagogia freireana se apresenta como um recurso para ressignificar o ensino de Física, assim como da prática e participação dos estudantes. Paulo Freire defende que o conhecimento não deve ser transferido de forma meramente mecânica, mas sim construído a partir da realidade e das experiências dos educandos. Ao trabalhar o conceito de som por meio de experimentações com fontes sonoras, medições de intensidade e debates sobre poluição sonora, como se propôs o produto educacional aplicado, os alunos são convidados a compreender o som não apenas como conceito físico, mas como fenômeno social e ambiental, o que amplia o sentido da aprendizagem.

O protagonismo estudantil e o diálogo, elementos centrais do pensamento freireano, foram fundamentais para que os alunos que acertaram parcialmente demonstrassem avanços, ainda que incompletos. Esses estudantes, mesmo sem dominar todos os aspectos da propagação do som, conseguiram elaborar ideias que indicam um processo formativo em curso. Como destaca Freire (1987), a educação libertadora valoriza a construção coletiva do saber, permitindo que os erros e as dúvidas sejam partes legítimas do processo de aprendizagem, e não obstáculos intransponíveis.

Diante deste contexto, os dados demonstram a importância da continuidade do trabalho pedagógico com ênfase na contextualização e no diálogo. A aplicação de atividades experimentais, debates e conexões com temas do cotidiano, como a poluição sonora, pode fortalecer a compreensão conceitual dos alunos e estimular a apropriação crítica do conhecimento científico. Como afirma Gagliardi (2012), ao relacionar os conceitos físicos à vivência concreta dos estudantes, a aprendizagem torna-se significativa e emancipada, cumprindo a função social do ensino de Ciências no Ensino Médio.

Gráfico 4 – Explicação da diferença entre som e ruído.



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

A análise dos resultados do Gráfico 4, que solicitava a explicação da diferença entre som e ruído, evidencia um avanço significativo na compreensão dos alunos. Dos 17 estudantes, 12 responderam corretamente, 1 respondeu parcialmente e apenas 2 deixaram a resposta em branco, sem registros de erro. Esses dados demonstram que, diferentemente do conceito abstrato de propagação do som analisado na primeira questão, a distinção entre som e ruído, por estar mais próxima da experiência cotidiana dos alunos, foi mais bem assimilada. Essa constatação reforça a importância da abordagem contextualizada no ensino da Física, conforme defendem Moreira e Maseni (2001), ao enfatizarem que o significado atribuído ao conteúdo é essencial para a aprendizagem.

Do ponto de vista conceitual, som e ruído são fenômenos distintos, embora ambos se refiram a vibrações mecânicas que se propagam em um meio. O som, quando organizado, harmônico e com padrões regulares, é geralmente percebido como agradável ou funcional; o ruído, por sua vez, caracteriza-se pela desordem, irregularidade e, muitas vezes, pela intensidade nociva. Segundo Halliday (*et al*, 2011), o ruído é uma forma de som que pode interferir em outros processos sonoros ou causar danos fisiológicos e psicológicos, sendo, portanto, um problema não apenas físico, mas também social e ambiental.

A alta taxa de acertos nesta questão pode ser atribuída tanto à metodologia baseada na

pedagogia crítica de Paulo Freire, especialmente à valorização da experiência concreta dos estudantes, como na organização e aplicação prática do produto em sala de aula, com mérito especial para a dedicação dos estudantes. Ao partir do som que invade suas casas, ruas e escolas, como buzinas, sons industriais ou músicas em alto volume, o ensino torna-se significativo, pois dialoga com a realidade vivida. Freire (1996) já afirmava que o ponto de partida do ensino deve ser o universo vocabular e existencial do aluno. Ao tratar o ruído como problema urbano e ambiental, e não apenas como conceito físico, a proposta didática atinge seu objetivo freireano: ensinar com sentido.

Neste contexto, o protagonismo do aluno na construção do conhecimento torna-se evidente quando observamos a ausência de erros. O pequeno número de respostas em branco pode estar ligado a fatores como insegurança, falta de tempo ou dificuldades na formulação escrita, mas não reflete necessariamente incompreensão do conteúdo.

Assim, os resultados do Gráfico 4 confirmam que o ensino de Física, quando vinculado ao cotidiano dos estudantes e trabalhado de forma interdisciplinar e dialógica, promove maior apropriação conceitual. Ao reconhecer o som como elemento da cultura e o ruído como desafio social, os estudantes não apenas aprendem física, mas desenvolvem consciência crítica, exatamente como propõe a proposta de uma educação emancipadora freireana. O sucesso nessa questão mostra que, ao unir ciência e realidade, o ensino torna-se mais eficiente e transformador.

Gráfico 5 - O que são decibéis (dB) e como são utilizados os decibelímetros para medir a níveis de intensidade sonora



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

A análise dos dados do Gráfico 5 evidencia uma dificuldade significativa dos estudantes em compreender o conceito de decibel (dB) e o uso do decibelímetro como instrumento de medição da níveis de intensidade sonora. Apenas 6 dos 17 alunos apresentaram respostas corretas, 2 demonstraram compreensão parcial, 1 aluno errou completamente e 8 deixaram a resposta em branco. Esse resultado revela a complexidade do conteúdo, especialmente no que diz respeito à interpretação de escalas logarítmicas e ao domínio de instrumentos científicos. De acordo com Lemke (1997), muitos estudantes enfrentam dificuldades em integrar linguagem científica e prática experimental quando os conteúdos não são suficientemente contextualizados e acompanhados por mediações adequadas.

Do ponto de vista conceitual, o decibel é uma unidade logarítmica utilizada para expressar a níveis de intensidade sonora relativa, considerando uma referência padrão. Trata-se de uma grandeza que não cresce de forma linear, o que exige do aluno habilidades matemáticas específicas, especialmente em funções logarítmicas. O decibelímetro, por sua vez, é o equipamento utilizado para medir essa níveis de intensidade sonora, sendo fundamental em estudos sobre poluição sonora, segurança no trabalho e saúde pública. Segundo Halliday (*et al*, 2011), entender como medir e interpretar os níveis sonoros é essencial para aplicar conhecimentos físicos em contextos reais e tomar decisões baseadas em dados.

A elevada taxa de omissões nesta questão pode indicar tanto uma lacuna conceitual quanto uma possível insegurança diante da complexidade matemática envolvida. Isso evidencia a necessidade de abordagens didáticas que tornem os conceitos abstratos mais acessíveis. Nesse sentido, a pedagogia freireana se mostra altamente eficaz, pois propõe o ensino como ato dialógico e contextualizado.

Outro aspecto relevante é o protagonismo do estudante no processo investigativo. Ao utilizar o decibelímetro durante a sequência didática, os alunos puderam explorar ativamente o conceito de níveis de intensidade sonora, ainda que parte deles não tenha conseguido formular uma resposta escrita adequada. Isso mostra que o processo de construção do conhecimento está em curso e que a prática pedagógica precisa valorizar tanto os resultados quanto os caminhos percorridos.

Portanto, os dados do Gráfico 5 indicam que conteúdos mais técnicos e abstratos, como o uso do decibelímetro e a compreensão da escala em dB, exigem maior aprofundamento pedagógico e atividades práticas guiadas por mediação crítica. A abordagem freireana, ao articular ciência, realidade e ação reflexiva, oferece um caminho promissor para superar tais desafios. Ao transformar os alunos em sujeitos ativos na produção e interpretação de dados

sobre o ambiente sonoro que os cerca, o ensino de Física deixa de ser meramente conteudista e passa a formar cidadãos conscientes e críticos.

ii. Parte 2: Multipla escolha

Gráfico 6 - Faixa de frequência perceptível ao ouvido humano.



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

A análise dos dados do Gráfico 6, referente à identificação da faixa de frequência audível pelo ouvido humano, revela um resultado equilibrado entre acertos e erros: 9 alunos responderam corretamente e 8 erraram. Essa divisão praticamente igual indica que, embora parte da turma tenha assimilado o conteúdo, ainda há um número expressivo de estudantes que não compreendeu adequadamente o conceito. Esse dado evidencia a persistência de dificuldades conceituais mesmo em tópicos considerados introdutórios da acústica. Segundo Gaspar (2005), a compreensão da frequência sonora exige que o professor estabeleça conexões entre os aspectos físicos e a experiência sensorial do aluno, o que nem sempre é feito de forma efetiva nas aulas tradicionais de Física.

Fisicamente, o som audível ao ser humano encontra-se na faixa de 20 Hz a 20.000 Hz, sendo tudo abaixo (infrassons) ou acima (ultrassons) dessa faixa imperceptível ao ouvido humano. Apesar de ser um conteúdo amplamente difundido, sua assimilação requer mais do

que memorização: envolve a compreensão da natureza ondulatória do som e da fisiologia da audição. Quando esse conhecimento é transmitido de forma abstrata ou descontextualizada, os estudantes tendem a errar por falta de compreensão real. Isso corrobora as críticas feitas por autores como Lemke (1997), que aponta a necessidade de tornar a linguagem científica mais acessível e vinculada à prática social.

No contexto da pedagogia de Paulo Freire, esse resultado sinaliza uma necessidade de reforçar o vínculo entre o conteúdo e a realidade vivida pelos alunos. Freire (1996) defende que o conhecimento deve partir da escuta do educando, valorizando sua experiência e saberes prévios. Já Lemke (1997) explica que, ao abordar a frequência sonora, por exemplo, é possível relacionar o conteúdo a situações do cotidiano, como a percepção de sons graves e agudos em músicas, os riscos do uso prolongado de fones de ouvido, ou até mesmo à exclusão sonora em diferentes faixas etárias. Esses pontos favorecem a conscientização crítica, elemento central da educação libertadora proposta por Freire.

A quase igualdade entre acertos e erros também sugere que, para parte dos alunos, o conteúdo foi apresentado de maneira significativa, mas para outros ainda carece de maior problematização e vivência prática. A utilização de ferramentas como aplicativos de medição de frequência sonora, experiências com sons gravados, vídeos explicativos e debates sobre saúde auditiva poderia potencializar o processo de aprendizagem.

Assim, os dados do Gráfico 6 apontam para a importância de diversificar as estratégias pedagógicas ao tratar conceitos aparentemente simples, como a faixa de frequência audível. O ensino de Física, quando alicerçado em experiências concretas, no diálogo e na investigação crítica, tem maior potencial de formar não apenas estudantes que acertam provas, mas sujeitos que compreendem o mundo e se posicionam diante dele. Essa é a essência da proposta freireana: transformar o saber científico em saber vivido, a partir da escuta ativa e do protagonismo do aluno.

Os resultados do Gráfico 7 abaixo mostram um desempenho bastante positivo por parte dos estudantes: 16 alunos marcaram corretamente a alternativa que indicava uma níveis de intensidade sonora perigosa para a audição humana, enquanto apenas 1 aluno errou. Esse elevado índice de acertos (mais de 94%) demonstra que a maioria compreendeu adequadamente os limites de exposição ao som e seus riscos à saúde auditiva. Tal resultado reflete não apenas a assimilação conceitual, mas também o efeito positivo da abordagem contextualizada e crítica empregada ao longo da sequência didática. Segundo Gaspar (2005), quando a Física é ensinada com vínculo ao cotidiano, os alunos tendem a construir sentidos mais duradouros e úteis para suas vidas.

Gráfico 7 – Qual das alternativas abaixo representa um som de intensidade perigosa para a audição humana?



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

Do ponto de vista técnico, sons com intensidade acima de 85 decibéis (dB) são considerados perigosos para a audição, sobretudo quando a exposição é prolongada. A Organização Mundial da Saúde (OMS) alerta que níveis superiores podem causar danos irreversíveis, como perda auditiva, estresse e distúrbios do sono. Ao reconhecer isso, os estudantes demonstram não apenas domínio de um dado físico, mas também consciência dos riscos ambientais relacionados ao ruído. Isso reforça a importância de integrar saúde e ciência no processo de ensino, o que está plenamente alinhado às competências da Base Nacional de Componentes Curriculares e às diretrizes de uma educação interdisciplinar e cidadã.

A pedagogia de Paulo Freire encontra aqui uma de suas aplicações mais potentes: o conhecimento como prática da liberdade. Ao discutir o som não apenas como conceito, mas como fator que afeta diretamente a qualidade de vida, o conteúdo de Física ganha um caráter emancipador.

Outro fator que contribuiu para o alto índice de acertos foi, provavelmente, a metodologia ativa adotada durante a sequência didática, com uso de decibelímetros, experimentos práticos e debates sobre os dados coletados no ambiente escolar. Essa forma de trabalhar o conteúdo favorece o protagonismo dos estudantes, princípio central da pedagogia freireana. Ao invés de apenas receberem informações, os alunos puderam medir, interpretar e discutir, o que fortalece a aprendizagem significativa.

Portanto, os dados do Gráfico 7 não apenas atestam o sucesso da abordagem didática nesse conteúdo específico, mas também reafirmam o valor de um ensino de Ciências que se

conecta à vida. Quando os alunos compreendem que a Física pode ajudá-los a preservar a própria saúde, a disciplina deixa de ser vista como algo abstrato e passa a ser percebida como instrumento de emancipação. Essa é, sem dúvida, uma conquista pedagógica e política que dialoga diretamente com o legado de tantos mestres da educação brasileira.

Gráfico 8 – Qual das situações abaixo representa um exemplo de poluição sonora?



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

A análise do Gráfico 8 revela mais um resultado extremamente positivo: 16 dos 17 alunos identificaram corretamente uma situação que representa poluição sonora, enquanto apenas 1 aluno errou. Esse alto índice de acerto (aproximadamente 94%) indica que o conceito foi bem compreendido, o que pode ser atribuído tanto à clareza da abordagem didática quanto à familiaridade dos estudantes com o tema. A poluição sonora é um fenômeno presente no cotidiano urbano e, quando trabalhada de forma crítica e contextualizada, torna-se acessível e significativo. De acordo com Moreira (2011), a aprendizagem ocorre com maior profundidade quando os conteúdos escolares dialogam com a realidade concreta dos educandos.

Do ponto de vista da Física, a poluição sonora refere-se à presença excessiva de ruídos que prejudicam o bem-estar humano, mesmo quando não provocam danos auditivos diretos. É um tipo de poluição invisível, mas com impactos reais e mensuráveis, afetando a qualidade de vida nas cidades. Sons constantes e intensos, como buzinas, alto-falantes, obras e tráfego urbano, são exemplos comuns desse tipo de poluição. A Organização Mundial da Saúde (OMS) já reconhece a poluição sonora como um problema de saúde pública, pois está associada ao

estresse, à perda de concentração e a distúrbios do sono.

Sob a perspectiva da pedagogia freireana, a excelente taxa de acertos reflete a eficácia de uma prática pedagógica que parte do cotidiano e da escuta ativa dos alunos. Ao tratar a poluição sonora não apenas como fenômeno físico, mas como problema social e ambiental, os estudantes passaram a compreender a Física como instrumento de leitura crítica do mundo. A aplicação de atividades práticas com medição de ruídos no entorno da escola, por exemplo, possibilitou aos alunos visualizar o problema em sua própria comunidade.

Outro ponto relevante é que a conscientização ambiental emergiu como parte integrante do processo educativo. A educação freireana não se limita à transmissão de conteúdos, mas busca formar sujeitos éticos, críticos e responsáveis. Ao discutir a poluição sonora em sala de aula, os alunos não apenas aprenderam a reconhecer situações que representam esse tipo de agressão ambiental, mas também foram convidados a refletir sobre possíveis soluções sustentáveis, como a redução de ruídos, o uso consciente de equipamentos sonoros e a exigência de políticas públicas reguladoras.

Neste sentido, os dados do Gráfico 8 indicam que a abordagem crítica e interdisciplinar adotada foi bem-sucedida em articular o conteúdo da Física à formação cidadã dos estudantes. Isso reforça a ideia de que ensinar Ciências é também um ato político e social, voltado para a emancipação dos sujeitos e a transformação de sua realidade. Nesse sentido, a Física, ao ser ensinada com diálogo, problematização e vínculo com a experiência concreta, cumpre seu papel formativo de forma plena.

iii. Parte 3: Experimento e análise

A análise do Gráfico 9 a seguir revela uma dificuldade significativa dos estudantes em compreender e explicar o fenômeno da reverberação sonora e suas possíveis soluções. Dos 17 alunos, apenas 5 apresentaram respostas corretas, 1 respondeu parcialmente, 2 erraram completamente e 9 deixaram a questão em branco. Esses dados sugerem que, embora a atividade experimental tenha proporcionado contato direto com o fenômeno, a sua mediação conceitual não foi plenamente assimilada por grande parte da turma. Segundo Lemke (1997), para que a aprendizagem em Ciências ocorra de forma significativa, é necessário articular a experiência prática com uma linguagem científica acessível, o que nem sempre se concretiza de imediato.

Do ponto de vista da Física, a reverberação é um fenômeno acústico que ocorre quando as ondas sonoras refletem repetidamente em superfícies duras, permanecendo audíveis por um breve período após a emissão do som. Ela difere do eco, pois se trata de um acúmulo

contínuo de ondas refletidas que interferem na inteligibilidade da fala e na qualidade sonora dos ambientes. Minimizar a reverberação exige medidas como o uso de materiais absorventes (cortinas, carpetes, painéis acústicos) que reduzem a reflexão sonora. Halliday (*et al*, 2011) explicam que compreender esse fenômeno exige a noção de tempo de persistência sonora e propriedades dos materiais, aspectos que podem ser abstratos para estudantes sem forte mediação pedagógica.

Gráfico 9 – Suponha que você esteja em uma sala onde há muita reverberação. Como o fenômeno da reverberação pode estar contribuindo para isso, e o que poderia ser feito para minimizar o problema?



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

O elevado número de respostas em branco indica não apenas dificuldade conceitual, mas também insegurança diante de uma questão dissertativa mais reflexiva, que exigia relacionar a experiência prática com uma explicação científica. Isso aponta para a importância do que Lemke (2001) chama de tempo pedagógico: é preciso respeitar o ritmo dos alunos, construir o conhecimento de forma progressiva e promover espaços contínuos de diálogo e retomada dos conceitos. A aplicação isolada de um experimento, sem retomadas teóricas posteriores, pode gerar apenas uma experiência curiosa, mas não um aprendizado sólido.

Sendo assim, o baixo desempenho evidencia a necessidade de reforçar a mediação docente após a atividade prática. Na pedagogia freireana, o ato de ensinar é inseparável do ato de aprender, e o professor deve atuar como facilitador do processo de problematização. A

simples realização de um experimento não garante compreensão: é fundamental instigar os estudantes com perguntas provocadoras, promover rodas de conversa, e relacionar o vivido à teoria científica.

Neste sentido, o Gráfico 9 indica que, embora o experimento tenha sido uma estratégia metodológica valiosa, sua potencialidade educativa não foi plenamente explorada. A compreensão do fenômeno da reverberação exige mais do que observação: requer mediação conceitual, linguagem acessível, vínculo com o cotidiano e tempo para a elaboração crítica. Ao resgatar a experiência e associá-la aos desafios reais de ambientes barulhentos, como a própria sala de aula, o professor pode transformar um conteúdo abstrato em uma ferramenta de leitura e transformação do mundo. Esse resultado, portanto, reforça a importância de práticas investigativas seguidas de momentos coletivos de análise crítica.

Gráfico 10 - Reflexão: Em grandes cidades, a poluição sonora é um problema crescente. Como você acredita que ela pode afetar a qualidade de vida das pessoas?



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

A análise dos dados do Gráfico 10, que trata da reflexão sobre os impactos da poluição sonora na qualidade de vida, revela um avanço significativo na capacidade argumentativa e crítica dos estudantes. Com 10 respostas corretas, 1 parcialmente correta e 6 incorretas, nota-se que a maioria foi capaz de estabelecer uma relação entre os conhecimentos físicos e as implicações sociais e ambientais do tema. Segundo Helio Dias e Dulce Maria Pena (2007), a

poluição sonora pode desencadear efeitos fisiológicos e psicológicos importantes, como estresse, distúrbios do sono e perda auditiva, sendo, portanto, um componente essencial nos debates sobre sustentabilidade urbana e saúde pública. Essa compreensão foi assimilada por mais da metade dos alunos, indicando que o conteúdo foi significativo e contextualizado.

Ao articular o conteúdo de Física com aspectos da vida cotidiana, a atividade favoreceu o pensamento crítico e promoveu o diálogo entre teoria e prática, elementos fundamentais para a construção da autonomia intelectual. O bom desempenho de parte da turma indica que o processo de ensino-aprendizagem não se restringiu à memorização de conceitos, mas envolveu compreensão e aplicação prática.

Por outro lado, o número relativamente alto de respostas incorretas (6) chama a atenção para a necessidade de fortalecer as estratégias de mediação pedagógica em sala. É possível que esses estudantes ainda apresentem dificuldades em estabelecer essas conexões críticas, o que aponta para a importância de práticas mais frequentes de leitura do mundo e problematizações interdisciplinares.

Gráfico 11 – Explique como o conhecimento sobre acústica e decibéis pode ajudar a desenvolver medidas para reduzir a poluição sonora em ambientes urbanos.



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

Nesse sentido, retomar as discussões por meio de rodas de conversa ou debates mediados pode ser uma estratégia eficaz para ampliar a compreensão dos alunos que apresentaram respostas incompletas ou equivocadas. Além disso, promover a escuta ativa e o protagonismo

estudantil nas aulas permite que diferentes experiências de vida venham à tona, enriquecendo a análise do fenômeno da poluição sonora. Como afirma Sacristán (1999), o currículo deve ser um espaço dinâmico de construção do saber, onde os conhecimentos científicos são articulados com as vivências dos sujeitos.

A análise dos resultados do Gráfico 11, que aborda a relação entre o conhecimento de acústica e decibéis e a elaboração de medidas para redução da poluição sonora em ambientes urbanos, revela um quadro desafiador. Apenas 7 alunos responderam corretamente, 1 respondeu de forma errada e impressionantes 9 estudantes deixaram a questão em branco. Esse cenário demonstra que, embora parte da turma tenha compreendido o potencial do conhecimento científico para promover mudanças socioambientais, grande parcela ainda não consegue articular essa relação de forma clara. Isso pode indicar dificuldades tanto na compreensão do conteúdo quanto na habilidade de expressar criticamente essa conexão.

Do ponto de vista físico, entender acústica e decibéis permite identificar fontes e níveis de ruído que ultrapassam os limites seguros para a saúde humana, além de avaliar a eficácia de soluções acústicas, como barreiras sonoras e materiais absorventes. Conforme explicam Halliday (*et al*, 2011), o conhecimento dessas medidas é fundamental para desenvolver políticas públicas e estratégias urbanas que minimizem a poluição sonora. Entretanto, para que o conhecimento técnico se transforme em ação concreta, é preciso que os estudantes compreendam não só o conceito, mas seu impacto e aplicação social, o que demanda uma abordagem pedagógica que estimule o pensamento crítico e a responsabilidade cidadã.

A elevada quantidade de respostas em branco pode estar relacionada à insegurança dos estudantes diante de uma questão aberta que exige reflexão e articulação de conhecimentos multidisciplinares. Freire ressalta a importância de criar um ambiente educacional que valorize as dúvidas e a construção coletiva do saber, possibilitando que os alunos avancem em seu processo de conscientização e empoderamento.

Assim, a baixa participação escrita pode sinalizar a necessidade de práticas pedagógicas mais contínuas e integradas que trabalhem a interdisciplinaridade entre Física, Biologia, Sociologia e Matemática, reforçando a compreensão da poluição sonora como um problema complexo e multifacetado. Atividades que envolvam pesquisas de campo, debates e produção de propostas comunitárias podem ampliar a capacidade dos estudantes de aplicar o conhecimento científico à realidade social.

Portanto, os dados do Gráfico 11 indicam que o ensino de conceitos técnicos como acústica e decibéis, embora fundamental, precisa ser acompanhado por estratégias que fortaleçam a expressão crítica e a relação com o cotidiano. A formação de cidadãos conscientes

da importância da qualidade sonora no ambiente urbano depende da construção de uma educação que una ciência e consciência social, promovendo o diálogo e o protagonismo. Somente assim será possível formar sujeitos que não apenas entendam a Física, mas também a utilizem para a transformação coletiva.

6.3. Pesquisa de satisfação: verificação do grau de satisfação dos alunos

Quadro 1 – Verificação do grau de satisfação dos alunos.

Verificação do grau de satisfação dos alunos	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
1. A realização do experimento tornou a aula mais interessante ou motivadora.	3	10	4		
2. O produto educacional melhorou o entendimento sobre o conceito de nível de níveis de intensidade sonora.	5	6	6		
3. O produto ajudou a visualizar os conceitos físicos no cotidiano.	6	5	6		
4. O produto melhorou o entendimento do conceito de poluição sonora.	9	5	3		
5. O produto é eficaz no processo de aprendizagem sobre o conteúdo de Acústica.	4	6	7		
6. O produto promoveu o trabalho em grupo através da realização do experimento.	3	8	5	1	
7. O produto facilitou a visualização dos fenômenos físicos por meio da experiência e análise de dados.	7	5	5		
8. O uso do aplicativo de celular para realizar o experimento tornou a experiência mais fácil de ser realizada.	12	2	1	1	1
9. O produto ajudou a compreender não só os conceitos físicos, mas os problemas relacionados ao som na atualidade e bem-estar humano.	9	6	2		

Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

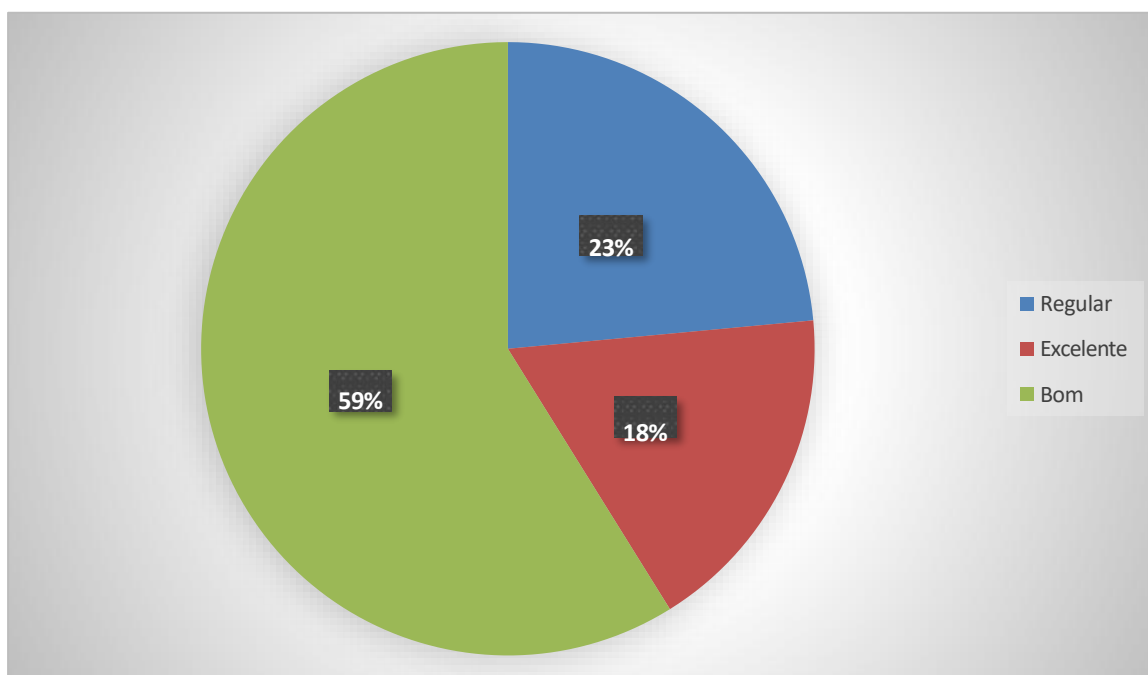
A pesquisa de satisfação aplicada aos alunos apresenta resultados bastante positivos em relação à experiência pedagógica proporcionada pelo produto educacional focado na acústica e poluição sonora. Nota-se que a maioria dos estudantes avaliou como “Excelente” ou “Bom” aspectos fundamentais, como o interesse e motivação gerados pelo experimento (13 alunos) e a melhoria no entendimento de conceitos como nível de níveis de intensidade sonora e poluição sonora. Esses dados indicam que a abordagem prática e contextualizada, inspirada na pedagogia

freireana, conseguiu aproximar o conteúdo científico da realidade dos alunos, promovendo uma aprendizagem significativa e engajadora.

Ao analisar itens como a visualização dos conceitos físicos no cotidiano e a facilidade de uso do aplicativo para coleta de dados, observa-se uma aprovação destacada, sobretudo no uso da tecnologia, que teve 14 respostas entre “Excelente” e “Bom”. Segundo Freire (1996), o ensino que dialoga com o universo do aluno e utiliza ferramentas próximas de sua realidade favorece o protagonismo e a construção crítica do conhecimento. A tecnologia, quando incorporada à prática pedagógica, potencializa esse diálogo e permite uma investigação ativa, ampliando as possibilidades de compreensão da Física como ciência aplicada e socialmente relevante.

No entanto, alguns aspectos receberam avaliações mais moderadas, como a eficácia do produto no processo de aprendizagem (10 alunos entre “Excelente” e “Bom”, mas 7 como “Regular”), e o estímulo ao trabalho em grupo (11 alunos entre “Excelente” e “Bom”, com 6 notas menos favoráveis). Isso sugere que, embora o produto tenha sido bem aceito, há espaço para melhorias na promoção da colaboração e no aprofundamento dos conteúdos, reforçando a necessidade de mediações didáticas contínuas que fomentem a troca de saberes e a problematização coletiva.

Gráfico 12 - A realização do experimento tornou a aula mais interessante?



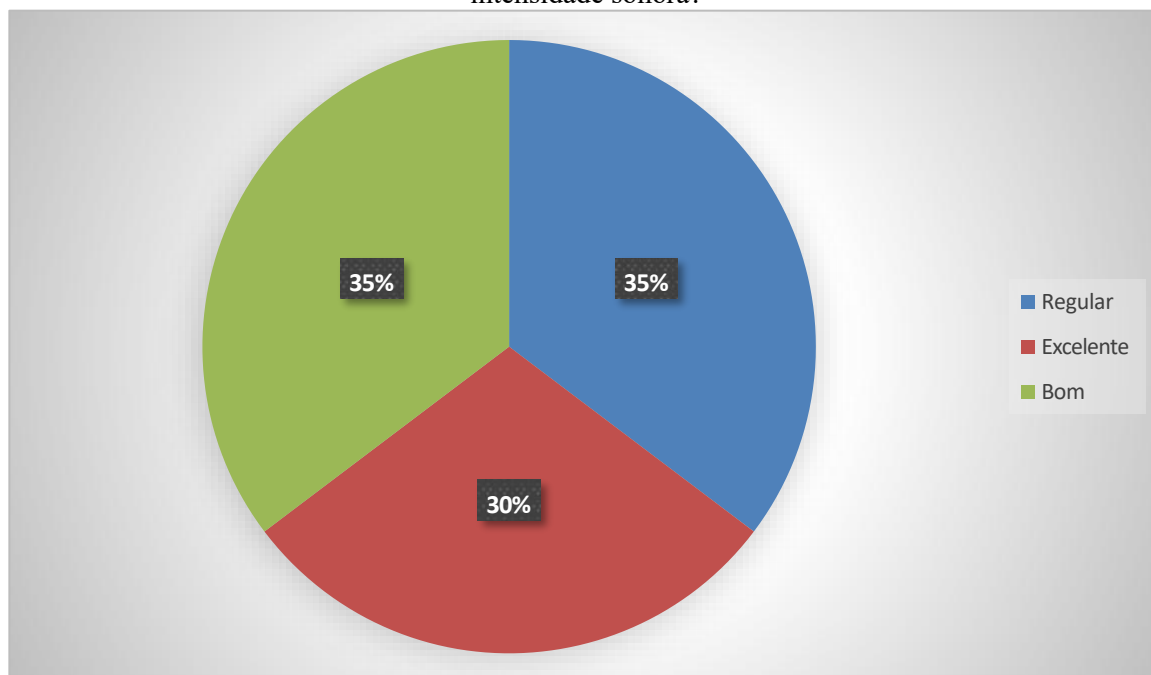
Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

Outro ponto importante é a percepção dos alunos sobre a contribuição do produto para a compreensão não apenas dos conceitos físicos, mas também dos problemas atuais relacionados ao som e ao bem-estar humano, que recebeu 15 avaliações positivas. Esse dado reafirma que o ensino integrado, interdisciplinar e contextualizado, alinhado à BNCC, favorece a formação crítica e cidadã.

O Gráfico 12 revela que a maioria dos estudantes considerou que a realização do experimento tornou a aula mais interessante, com 59% avaliando como “Bom” e 18% como “Excelente”. Esse resultado demonstra que a experiência prática contribuiu significativamente para aumentar o engajamento dos alunos com o conteúdo de acústica, superando o ensino puramente teórico e abstrato.

No entanto, a presença de 23% das respostas classificadas como “Regular” indica que quase um quarto dos estudantes não percebeu uma motivação plena com a atividade experimental. Isso pode apontar para questões relacionadas ao modo como o experimento foi conduzido, à dificuldade em relacionar a atividade com o conteúdo ou até mesmo à diversidade de interesses e estilos de aprendizagem na turma.

Gráfico 13 - O produto educacional melhorou seu entendimento sobre o conceito de níveis de intensidade sonora?



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

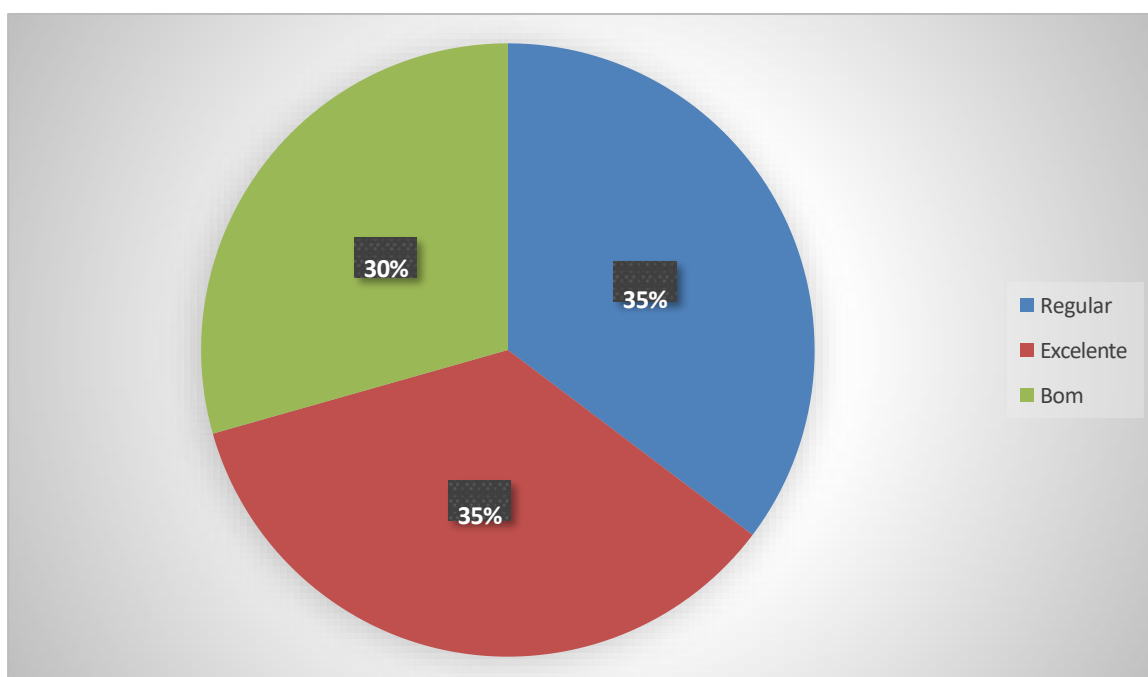
O experimento, enquanto ferramenta didática, tem o potencial de transformar a aula em um espaço de diálogo e investigação crítica, rompendo com a tradicional relação bancária da

educação em que o aluno é mero receptor de informações. Segundo Freire, é no diálogo e na problematização da realidade que o conhecimento ganha significado. Portanto, o impacto positivo relatado por 77% dos alunos reflete uma aproximação dessa metodologia libertadora, que valoriza a participação ativa e a construção coletiva do saber.

O Gráfico 13 mostra que os alunos tiveram uma percepção positiva sobre a contribuição do produto educacional para o entendimento do conceito de níveis de intensidade sonora, com 30% avaliando como “Excelente” e 35% como “Bom”. Isso indica que, para uma parcela significativa da turma, a sequência didática foi eficaz em tornar acessível um conceito que costuma ser abstrato e de difícil compreensão, principalmente pela sua natureza matemática e física.

Entretanto, o fato de 35% dos alunos terem classificado a melhora do entendimento como “Regular” sugere que ainda há desafios no processo de mediação do conteúdo. A níveis de intensidade sonora envolve conceitos como a escala logarítmica de decibéis e a relação entre pressão e energia, que podem demandar mais tempo e estratégias pedagógicas diversificadas para serem plenamente assimilados. De acordo com Lemke (1997), a mediação didática deve considerar diferentes linguagens e formas de representação para facilitar a construção do conhecimento científico.

Gráfico 14 - O produto ajudou a visualizar os conceitos físicos do cotidiano?



Fonte: Dados organizados pelo autor (2025).

A pedagogia freireana enfatiza que o aprendizado é um processo dialógico e contínuo,

no qual o professor deve problematizar e contextualizar os conteúdos para que façam sentido para o aluno. Freire (1987) defende que a educação deve transformar o conteúdo científico em ferramenta de leitura crítica do mundo, e não apenas um conjunto de informações a serem memorizadas. O resultado do gráfico indica que, para parte dos alunos, o produto educacional conseguiu promover essa aproximação entre ciência e realidade.

Além disso, o uso de experimentos, tecnologias e discussões interdisciplinares, conforme previsto na sequência didática, contribui para ampliar a compreensão, tornando o conteúdo mais concreto e palpável. O protagonismo dos alunos durante as atividades favorece a reflexão e a construção ativa do saber.

Neste sentido, os dados indicam que, embora o produto educacional tenha avançado na promoção do entendimento sobre níveis de intensidade sonora, ainda há espaço para aperfeiçoar a mediação didática, ampliando o uso de estratégias diversificadas que atendam à diversidade dos estudantes.

O Gráfico 14 indica que o produto educacional foi eficaz para uma parcela considerável dos alunos na visualização dos conceitos físicos no cotidiano, com 35% dos estudantes avaliando como “Excelente” e 30% como “Bom”. Esse resultado demonstra que o trabalho desenvolvido conseguiu estabelecer uma conexão entre o conteúdo científico e a experiência prática e cotidiana dos alunos, fator essencial para o aprendizado significativo.

Por outro lado, o percentual de 35% que classificou o auxílio do produto como “Regular” sinaliza que há espaço para aprimorar a mediação pedagógica, sobretudo no que diz respeito a tornar os conceitos mais acessíveis e relacionados às experiências diversas dos alunos. Lemke (1997) enfatiza que o ensino de Ciências deve utilizar múltiplas linguagens e recursos para atender à diversidade cognitiva e cultural presente nas turmas, facilitando a apropriação do conhecimento científico.

A abordagem freireana, pautada no diálogo e na problematização da realidade, sugere que o aprendizado deve partir da investigação conjunta entre educador e educando, valorizando os saberes prévios e as experiências pessoais. A utilização de atividades experimentais, tecnologias e discussões interdisciplinares previstas no produto contribui para que os alunos façam essas ligações entre teoria e prática, favorecendo a compreensão dos fenômenos físicos que os cercam. Essa integração entre ciência e cotidiano fortalece a função social da educação, preparando os estudantes para atuarem de forma consciente e crítica no mundo. O protagonismo dos alunos é reforçado quando eles mesmos reconhecem a aplicação dos conteúdos em suas vidas diárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação teve como objetivo central tornar o ensino da acústica, especialmente do conceito de níveis de intensidade sonora, mais próximo da realidade dos estudantes, por meio de uma metodologia participativa, prática e fundamentada na construção coletiva do conhecimento. Para isso, propusemos atividades que permitissem aos alunos compreender, na prática, o funcionamento de aparelhos sonoros, utilizar aplicativos de medição de níveis de intensidade sonora e relacionar os valores medidos com a distância da fonte, facilitando a assimilação dos conceitos físicos envolvidos. Além disso, buscamos apresentar os níveis básicos de níveis de intensidade sonora previstos em legislação, permitindo que os estudantes identificassem situações de poluição sonora em diferentes ambientes.

Para alcançar esses objetivos, realizamos atividades experimentais simples e acessíveis, fazendo uso do smartphone dos próprios alunos como instrumento de medição. Essa escolha não apenas aproximou a Física do cotidiano dos estudantes, como também tornou o processo de aprendizagem mais atrativo e significativo. A utilização de recursos tecnológicos familiares contribuiu para despertar a curiosidade, incentivar a colaboração e promover discussões críticas sobre os fenômenos sonoros, como o impacto da poluição sonora na saúde e no ambiente.

Os resultados alcançados foram bastante satisfatórios e revelaram o potencial da abordagem adotada. O que mais chamou a atenção dos pesquisadores foi o alto nível de participação dos estudantes ao longo de todas as etapas do produto educacional. O envolvimento ativo, as perguntas espontâneas, o entusiasmo durante os experimentos e o interesse em compreender melhor os fenômenos estudados demonstraram que os objetivos propostos foram plenamente atendidos. Assim, concluímos que a metodologia escolhida contribuiu de forma significativa para a aprendizagem, reforçando a importância de práticas pedagógicas que valorizem o diálogo, a experimentação e a aproximação entre ciência e realidade.

Os resultados e discussões apresentados ao longo deste trabalho evidenciam que a pesquisa desenvolvida oferece bases conceituais, metodológicas e analíticas que podem ser exploradas em diferentes áreas do conhecimento, não só da Física. A abordagem adotada demonstra potencial para ser adaptada e expandida em investigações futuras, contribuindo para o avanço científico de forma interdisciplinar. Dessa maneira, esta dissertação pode servir como referência e apoio para novos estudos.

REFERÊNCIAS

- ARROYO, Miguel. **Outros sujeitos, outras pedagogias**. Petrópolis: Vozes, 2012.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2000.
- BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BAKHTIN, Mikhail. **Estética da criação verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 15 ago. 2024.
- COHEN, H. Floris. **Quantifying music: the science of music at the first stage of the scientific revolution, 1580-1650**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1984.
- DELIZOICOV, Demétrio. **Ensino da física e a concepção freiriana da educação**. Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 5, n. 2, 1983.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.
- DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 2011. DEWEY, John. **Experiência e educação**. São Paulo: Nacional, 1971.
- DIAS, Hélio; PENA, Dulce Maria. **Ruído ambiental e saúde**. São Paulo: Edusp, 2007.
- FLETCHER, Neville H.; ROSSENG, Thomas D. **The physics of musical instruments**. New York: Springer, 1998.
- FREIRE, Paulo. **Cartas à Guiné-Bissau**. São Paulo: Paz e Terra, 2001.
- FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1987.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- FREITAS, Susana Margareth de (Org.). **Prática docente na contemporaneidade**. São Paulo: Cortez, 2012.

GADOTTI, Moacir. **Boniteza de um sonho: ensinar-e-aprender com sentido**. Porto Alegre: Mediação, 2011.

GASPAR, Leandro. **Física: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Moderna, 2005.
HABERMAS, Jürgen. **Teoria do agir comunicativo**. São Paulo: Martins Fontes, 2012.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HERNÁNDEZ, Fernando. **Transgressão e mudança na educação**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

IEEE. **Standard dictionary of terms**. 7. ed. New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineering, 2000. p. 288.

INTERNACIONAL DE BIBLIOTECAS DIGITAIS, 2., 2010, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRJ; São Paulo: CRUESP, 2010. 1 pen drive.

KOLB, David. **Experiential learning**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.

LEMMKE, Jay. **Talking science: language, learning and values**. Norwood, NJ: Ablex Publishing, 1997.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MOYSÉS, Neusa N. **Curso de física básica: fluidos, oscilações e ondas, calor**. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2014. v. 2.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2000.

MOREIRA, Antônio Flávio. **Metodologia do ensino de Ciências: desafios e perspectivas**. São Paulo: Cortez, 2011.

PIMENTEL, Rodolfo. **Noções de erros e tratamento de dados**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1979.

PIERCE, Allan D. **Acoustics**. Cham: Springer International Publishing, 2019.

PODCAST LXX: Brasil: parte 3: a república. Locução de: Christian Gutner. **Brasil: parte 3: a república**. [S. l.]: Escriba Café, 19 mar. 2010. Podcast. Disponível em: <http://www.escribacafe.com/podcast-lxx-brasil-parte-3-a-republica/>. Acesso em: 4 mar.2025.

RODRIGUES, Ilana L. S. **Paulo Freire e o ensino da física – o caráter freiriano de relatos de experiência no SNEF**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SACRISTÁN, José Gimeno. **Currículo e prática educativa**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em química:**

compromisso com a cidadania. Ijuí: Unijuí, 2003.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação.** São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Tratados e organizações ambientais em matéria de meio ambiente.** In: **Entendendo o meio ambiente.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1999. v. 1. Disponível em: <http://www.bdt.org.br/sma/entendendo/atual.htm>. Acesso em: 8 mar. 2025.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico.** São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, M. M. L. **Crimes da era digital.** Net, Rio de Janeiro, nov. 1998. Seção Ponto de Vista. Disponível em: <http://www.brazilnet.com.br/contexts/brasilrevistas.htm>. Acesso em: 22 fev. 2025.

TERPSTRA, Stephen. **An introduction to the monochord.** Alexandria 2: the journal of the western cosmological traditions, v. 2, p. 137-139, 1993.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WALSH, Catherine. **Pedagogías decoloniales: prácticas insurgentes de resistir, (re)existir y (re)vivir.** Quito: Abya-Yala, 2013.

APÊNDICE A: Produto Educacional



**INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – CAMPUS CENTRAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (POLO 10)**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA INTENSIDADE DE ONDAS
SONORAS**

Rogério Câmara de Araújo

Natal-RN, abril de 2026.

Rogério Câmara de Araújo

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA INTENSIDADE DE ONDAS SONORAS

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: MEDIDAS DE INTENSIDADE SONORA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo 10 – IFRN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto

Discente: Rogério Câmara de Araújo

Natal-RN, abril de 2026.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa não apenas o encerramento de uma etapa acadêmica, mas também a soma de muitos momentos vividos, aprendizados compartilhados e apoio recebido ao longo dessa jornada.

Agradeço, em primeiro lugar, à minha turma do mestrado, pela convivência construtiva, pelo espírito de colaboração e pelo apoio mútuo, que tornaram a caminhada mais leve nos momentos bons e, sobretudo, nos desafiadores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador, expresso minha profunda gratidão pela orientação generosa, pela paciência e pela dedicação com que guiou meu percurso acadêmico. Sua contribuição foi essencial para a realização deste trabalho.

À minha mãe, que esteve presente em pensamento e sentimento em todos os momentos, meu eterno agradecimento e amor. Sua lembrança foi força constante ao longo dessa trajetória.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho — seja com palavras de incentivo, conselhos, apoio prático ou inspiração. Cada gesto teve um papel fundamental nesta conquista.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	17
METODOLOGIA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	20
PRÉ-TESTE DE CONHECIMENTO.....	36
PÓS-TESTE DE CONHECIMENTO.....	37
PESQUISA DE SATISFAÇÃO: VERIFICAÇÃO DO GRAU DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS.....	41

APRESENTAÇÃO

A educação científica desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de uma sociedade consciente e crítica, capaz de compreender e solucionar os desafios complexos do mundo contemporâneo. Dentro deste contexto, o ensino de Física se destaca por proporcionar aos alunos ferramentas conceituais e práticas para entenderem os fenômenos naturais que os rodeiam. O som é de grande relevância para a humanidade, pois está presente em diversos aspectos da vida cotidiana, desde a comunicação até o lazer, passando por questões ambientais e de saúde pública. Por ser uma onda, o som também é objeto de estudo da física.

A poluição sonora, especificamente, é um problema crescente nas sociedades urbanas modernas. Caracteriza-se pelo excesso de ruído no ambiente, que pode causar sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente. Problemas auditivos, estresse, distúrbios do sono e redução da qualidade de vida são apenas alguns dos impactos negativos associados à exposição contínua a níveis elevados de ruído. Assim, a poluição sonora se insere de maneira crucial no campo da Física Ambiental, que busca entender e mitigar os impactos das atividades humanas sobre o ambiente físico.

O tema da poluição sonora transcende os limites de uma única disciplina, oferecendo um rico terreno para a prática do ensino interdisciplinar. Ao conectar diferentes áreas do conhecimento, é possível proporcionar aos estudantes uma compreensão mais profunda e abrangente desses fenômenos, além de desenvolver habilidades essenciais para a vida em sociedade. Isso permite envolver conceitos de física, biologia, psicologia, sociologia e até mesmo direito. Uma abordagem interdisciplinar permite explorar a complexidade desses temas de forma mais completa e realista.

Este trabalho inclui uma experiência com uma fonte sonora e o aplicativo para celular, dos alunos que simula o funcionamento de um decibelímetro para medir o nível de intensidade sonora em diferentes distâncias de uma fonte sonora com frequências conhecidas, assim sendo será trabalhada uma didática específica.

A escolha por incluir um experimento prático é inspirada na pedagogia de Paulo Freire, que enfatiza a importância da experiência concreta e do diálogo crítico como ferramentas para a construção do conhecimento (Gehlen et al., 2012).

Através da medição do nível de intensidade sonora com um aplicativo para celular que simula o funcionamento de um decibelímetro, os alunos são levados a observar diretamente os fenômenos acústicos e a refletir sobre suas implicações. Este ponto de partida empírico facilita a problematização e a contextualização dos conceitos teóricos. O debate subsequente permite

que os alunos compartilhem suas observações, questionem o impacto do som no ambiente e na saúde humana, e discutam formas de mitigar a poluição sonora.

A sequência didática apresentada neste trabalho foi elaborada com base em princípios de ensino ativo, onde os alunos são incentivados a participar ativamente do processo de aprendizagem por meio de experimentos, atividades práticas e discussões. Esta abordagem visa não apenas transmitir conhecimentos teóricos, mas também desenvolver habilidades críticas e investigativas nos estudantes, tornando-os agentes ativos na construção do seu conhecimento (AUSUBEL, 2000).

Assim, a sequência didática sobre acústica e poluição sonora, contemplada no produto, pretende oferecer aos alunos uma educação científica de qualidade, que não só amplie seus horizontes intelectuais, mas também os prepare para enfrentar os desafios ambientais e de saúde pública relacionados ao som. Espera-se que, ao final do processo, os alunos estejam mais conscientes sobre a importância de um ambiente sonoro equilibrado e capacitados para atuar em prol de um mundo mais sustentável e saudável.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na física, a acústica é a área que estuda o som, suas propriedades, sua produção, transmissão e recepção. A acústica é uma parte fundamental do currículo de Física, pois permite aos alunos compreender fenômenos cotidianos e desenvolver uma base sólida para estudos futuros em diversas áreas, como engenharia, música, medicina e meio ambiente.

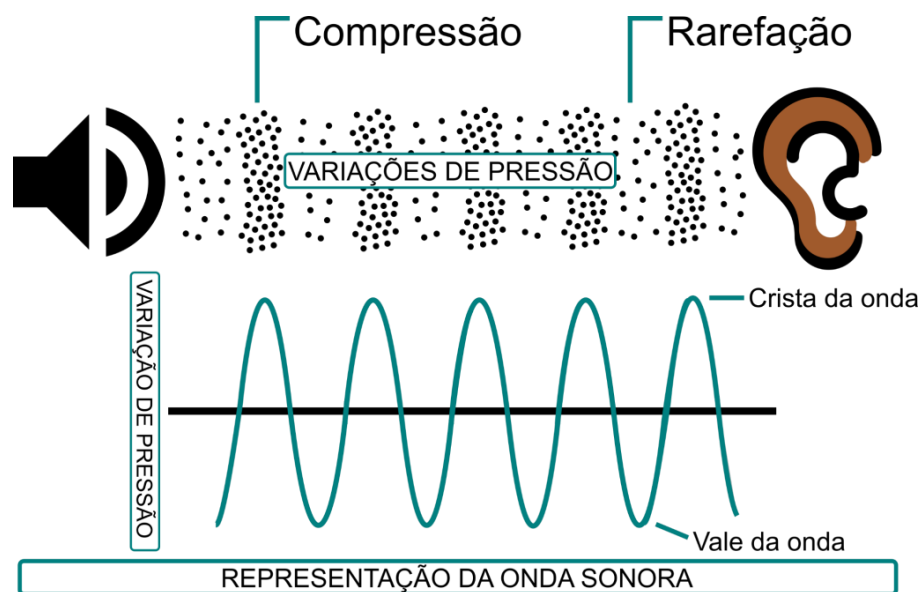
O som é uma onda mecânica que se propaga através de qualquer meio material (sólido, líquido ou gasoso). Em fluidos, que não suportam forças de cisalhamento, o som é uma onda puramente longitudinal, ou seja, as partículas oscilam na mesma direção de propagação da onda. Os sons audíveis pelo ouvido humano têm uma frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz. Ondas longitudinais cuja frequência é maior que 20.000 Hz são chamadas de ultrassom e possuem aplicações em exames médicos e localização de objetos. Já as ondas com frequências mais baixas que 20 Hz são chamadas de infrassons e podem ser geradas em alguns fenômenos naturais como terremotos (NUSSENZVEIG, 2002).

As ondas sonoras são geradas por vibrações em uma fonte sonora, que pode ser qualquer objeto que vibre, como as cordas de um violão, as pregas vocais humanas ou um alto-falante. As ondas sonoras transportam energia a partir da fonte de vibração, mas não transportam matéria. Quando um objeto vibra, deforma a densidade do ar, criando uma onda sonora que se propaga. A fonte sonora se propaga pela compressão da densidade do ar. A densidade do ar,

bem como a pressão do ar, diminui com o aumento da altitude e sofre alterações com o aumento da temperatura, chegando no ouvido, do qual ele é sensível, de acordo com o apresentado na ilustração a seguir (Ilustração 1):

Portanto, é como representar a onda sonora por meio da variação de pressão do ar em diferentes pontos do espaço ao longo do tempo. Por se tratar de uma onda, o som compartilha de suas características e propriedades, tendo amplitude, comprimento de onda, frequência, fase, entre outros.

Ilustração 1 - Representação da propagação de uma onda sonora.



Fonte: U(Wiki)TFPR. Onda sonora se propagando. 2019. Acesso em 31 de agosto de 2024.

Agora, iremos nos concentrar no estudo da intensidade sonora, relacionada com a sua amplitude, pois essa é a principal propriedade considerada na poluição sonora.

Relação entre densidade e pressão do ar no som.

A intensidade sonora é descrita como a média do fluxo de energia por unidade de área perpendicular à direção de propagação, utilizando o Watt por metro quadrado (W/m^2) como unidade de medida. Essa definição tem relação direta com o produto da pressão pela velocidade das partículas em um meio fluido.

Para obter a equação da amplitude de variação da onda sonora (ΔP_m), é preciso entender que para uma onda sonora senoidal, o deslocamento longitudinal das partículas do meio pode

ser expresso como:

$$s(x, t) = sm \cos (kx - wt). \quad (01)$$

Onde $s(x, t)$ é o deslocamento longitudinal no ponto x e no tempo t , sm é a amplitude máxima do deslocamento, k é o número de onda e w é a frequência angular da onda.

Também é necessário saber qual a compressão ($C(x, t)$) do meio, dada pela derivada espacial do deslocamento, ou seja, a derivada parcial de $s(x, t)$, em relação a x . Desta forma, a compressão do meio será dada por:

$$C(x, t) = ksmsen (kx - wt). \quad (02)$$

Como a amplitude máxima da compressão, C_m , ocorre quando $(kx - wt) = 1$, então:

$$C_m = ks_m. \quad (03)$$

A variação de pressão ΔP_m é diretamente proporcional à compressão do meio:

$$\Delta P_m = B.k s_m. \quad (04)$$

Onde B é o módulo de compressibilidade volumétrica do meio, também conhecido como o módulo de elasticidade do meio, sendo expresso por:

$$B = \rho v^2. \quad (05)$$

Sabendo que o número de onda, k , é a razão entre a frequência angular e a velocidade, temos então que a amplitude de variação de pressão da onda sonora (ΔP_m), será:

$$\Delta P_m = \rho v^2 \frac{\omega}{v}. \quad (06)$$

Simplificando, obtemos:

$$\Delta P_m = \rho v \omega s_m. \quad (07)$$

Em que ρ é a densidade de massa do meio, v é a velocidade da onda, ω é a frequência angular e s_m é a amplitude de deslocamento longitudinal da onda. Essa equação é válida para ondas sonoras senoidais e baseia-se na relação entre os parâmetros físicos da onda.

Já a intensidade sonora é descrita como:

$$I = \frac{\Delta P_m^2}{2\rho v}. \quad (08)$$

Como expressa a equação acima, a intensidade sonora aumenta com o quadrado da amplitude de variação da pressão.

Como expressa a equação acima, a intensidade sonora aumenta com o quadrado da amplitude de variação da pressão.

Substituindo a equação (1) em (2) obtemos, por fim, a seguinte expressão:

$$I = \frac{\rho v \omega^2}{2} S_m^2. \quad (09)$$

De acordo com a equação (3), a intensidade sonora aumenta com o quadrado da amplitude do deslocamento, que relaciona a intensidade com as propriedades do meio e da onda somente (NUSSENZVEIG, 2004).

Apesar da intensidade ser escrita como potência por área, é geralmente utilizado outra escala e unidade tendo em vista as características da audição humana. O ouvido é capaz de detectar uma ampla faixa de intensidade sonora e com uma percepção que se aproxima de uma escala logarítmica. Assim, foi construída a escala decibel amplamente utilizada.

Escala decibel

O decibel é uma unidade de medida relativa e adimensional geralmente utilizada para medir intensidade sonora (IEEE, 2000). Um decibel corresponde a décima parte de um bel e segue uma escala logarítmica, pois a sensibilidade do ouvido humano se aproxima de uma relação logarítmica. A audição humana é capaz de perceber uma ampla faixa de intensidades sonoras. A escala decibel permite representar essa faixa de forma mais compacta.

Tabela 1 - Valores de nível de intensidade sonora e exemplos de suas possíveis fontes.

Tabela de escala decibel e exemplos	
0 dB	Próximo ao silêncio
15 dB	Sussurro
60 dB	Conversa normal
70 dB	Aspirador
90 dB	Ruído de metrô
110 dB	Buzina de automóvel
120 dB	Show de rock
140 dB	Avião a jato

Fonte: <https://www.usp.br/espacoaberto/arquivo/2008/espaco96out/tabeladedecibeis.htm..>

Acessado em 31 de outubro de 2024.

A percepção humana do som é logarítmica. Um aumento de 10 dB é percebido como uma duplicação da intensidade sonora. O nome da unidade é uma homenagem ao pioneiro das telecomunicações Alexander Graham Bell. O valor de 120 dB corresponde ao limiar de dor da audição humana.

A relação geral para calcular o nível de intensidade sonora em decibéis (dB) é dada por:

$$L_p = 10 \log_{10}(I/I_0) \text{ dB.} \quad (10)$$

Sendo I a intensidade expressa em unidades de W/m^2 e $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ é o valor de referência para o qual a intensidade $L_p = 0$, i.e., o limiar da audição humana. Saber que o nível de intensidade também é chamado de nível de pressão sonora.

Decibel

Um decibelímetro é um dispositivo utilizado para medir o nível de pressão sonora em decibéis (dB) em um determinado ambiente. Ele é uma ferramenta importante em várias aplicações, desde a medição da poluição sonora em áreas urbanas até a avaliação da exposição ao ruído em locais de trabalho.

O decibelímetro consiste em um microfone que capta as ondas sonoras do ambiente e um circuito eletrônico que converte esses sinais em valores de decibéis. Geralmente, possui um visor digital ou analógico que exibe o nível de pressão sonora em tempo real (Encyclopædia Britannica, 2014).

Ilustração 2 - Exemplo de um decibelímetro.



Fonte: Decibelímetro Digital TDEC100 | INCOTERM T-DEC-0010
<https://incotermmg.com.br/produto/decibelometro-digital-tdec100-incoterm-t-dec-0010/>.
Acesso em 26 de janeiro de 2025.

No entanto, o dispositivo tem um custo para ser adquirido e não é disponível para todas as escolas. Desse modo, existe uma boa alternativa para substituir o dispositivo em experimentos na escola, o uso dos smartphones. Existem aplicativos que utilizam o hardware dos smartphones (microfones em específico) para fazer medições do nível de intensidade sonora, dispensando a necessidade de utilizar um decibelímetro convencional.

O aplicativo decibelímetro

Um aplicativo de decibelímetro para Android e iOS pode ser uma alternativa prática e acessível para medir níveis de som em um ambiente como uma sala de aula. Esses aplicativos utilizam o microfone do dispositivo para captar o som ambiente e converter as ondas sonoras em uma leitura de decibéis (dB). A maioria dos smartphones Android e iOS possui microfones de boa qualidade, tornando o aplicativo uma solução conveniente, sem a necessidade de adquirir um decibelímetro físico.

No entanto, embora os aplicativos possam fornecer leituras aproximadas, eles podem não ser tão precisos quanto um decibelímetro dedicado especialmente em medições críticas, que caracterizam altos níveis de decibéis. A precisão pode variar dependendo da qualidade do microfone do dispositivo e das condições ambientais.

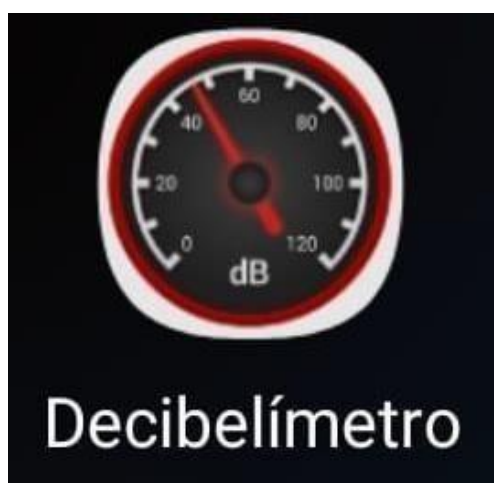
No site [HTTPS://phet.colorado.edu/pt_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR), é possível recriar uma fonte sonora para testar na prática os decibelímetros. Neste mesmo site é possível controlar os níveis de frequência

e amplitude do sinal sonoro. O Phet WWW.phet.colorado.edu é um projeto da University of Colorado Boulder, nos Estados Unidos, fundado em 2002 pelo ganhador do Prêmio Nobel, o físico norte-americano Carl Wieman. O Phet começou com a visão de Wieman de melhorar a maneira como a ciência é ensinada e aprendida. Sua missão declarada é "Avançar a alfabetização e a educação em ciências e matemática em todo o mundo por meio de simulações interativas gratuitas". Para usar o Phet, pelo Google, digita phet e aparece várias opções de uso. No caso desse experimento, tem a opção “phet colorado som”.

A sigla do projeto "PhET" originalmente significava "Tecnologia de Educação em Física", mas o PhET logo se expandiu para outras disciplinas. O projeto desenvolve e lança mais de 125 simulações interativas gratuitas para uso educacional nas áreas de física, química, biologia, ciências da terra e matemática. As simulações foram traduzidas para mais de 121 idiomas diferentes, incluindo espanhol, chinês, alemão e árabe.

Servindo como teste em sala de aula, foi escolhido para ser baixado nos smartphones dos alunos o simulador de decibelímetro para Android e iOS Sound Meter, da empresa produtora de aplicativos SplendApps (www.splendapps.com), como vistos nas figuras 3 e 4. A escolha desse aplicativo se baseou também pelo fato de ser grátis, de fácil uso, prático e tem o dispositivo reset que restaura as configurações para novas medidas.

Ilustração 3 – Ícone do aplicativo simulador de decibelímetro para Android Splend.



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splendapps.decibel&hl=pt-BR>.
Acessado em 31 de outubro de 2024.

Ao abrir o aplicativo aparece uma tela bastante simples. A partir do momento em que clicamos para começar, o aplicativo exibe o nível de intensidade sonora em decibéis, assim

como exibe um gráfico da variação de nível de intensidade sonora no tempo. É também exibido valores do mínimo, máximo e a média. Com o auxílio do aplicativo para medir e registrar o nível de intensidade sonora durante o experimento, sendo possível extrair importantes informações físicas que serão descritas no roteiro do experimento.

Ilustração 4 - Tela do ícone do aplicativo de simulador para Android da Splend Apps.



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splendapps.decibel&hl=pt-BR>.
Acessado em 31 de outubro de 2024.

Relação entre nível de intensidade sonora e distância.

A intensidade do som está inversamente relacionada ao quadrado do inverso da distância da fonte sonora. Isso significa que, à medida que a distância da fonte sonora aumenta, a intensidade do som diminui de forma não linear.

A lei do inverso do quadrado da distância é válida em condições especiais, quando a fonte sonora é puntiforme e isotrópica. O microfone do decibelímetro também deve ser preciso, onde deve receber apenas o som direto da fonte sonora sem reflexões, reverberações, ruídos ou qualquer outra forma de poluição do som.

Na prática, esse fenômeno só é observado em uma câmara anecoica, projetada com isolamento acústico especial, para diminuir ao máximo os níveis de eco no ambiente e isolar o som de fontes externas e ruídos.

O som se propaga em ondas sonoras que se expandem em todas as direções a partir da fonte sonora. A energia sonora transportada por essas ondas é distribuída em uma área cada vez maior à medida que a distância da fonte aumenta.

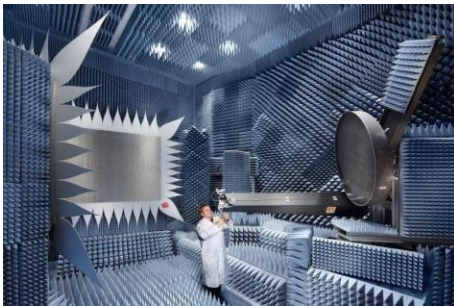
$$I = P/4\pi R^2. \quad (11)$$

A equação apresentada expressa a relação entre a intensidade sonora e a forma como o som se propaga no espaço a partir de uma fonte emissora. Nela, a intensidade sonora (I) representa a quantidade de energia acústica que atravessa uma determinada área, sendo geralmente expressa em decibéis (watt/m^2). A potência (P) corresponde à energia total emitida pela fonte sonora por unidade de tempo, medida em watts (W), enquanto a distância (R) indica o afastamento entre a fonte e o receptor, em metros (m).

A câmara anecoica

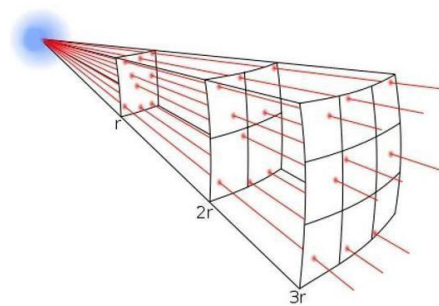
As câmaras anecoicas, para experimentos também de acústica, são construções arrojadas que têm o propósito de simular um ambiente isento de eco de vibrações, tanto sonoras quanto eletromagnéticas. Assim, uma sala anecoica é projetada para conter qualquer interferência de reflexões, reverberações, refrações ou qualquer tipo de interferências vindas do ambiente externo ou interno.

Ilustração 5 – Câmera anecoica.



Fonte: <https://engenharia360.com/o-que-sao-camaras-anecoicas/>. Acesso em 31 de agosto de 2024.

Ilustração 6 – Dissipação da onda sonora com a distância.



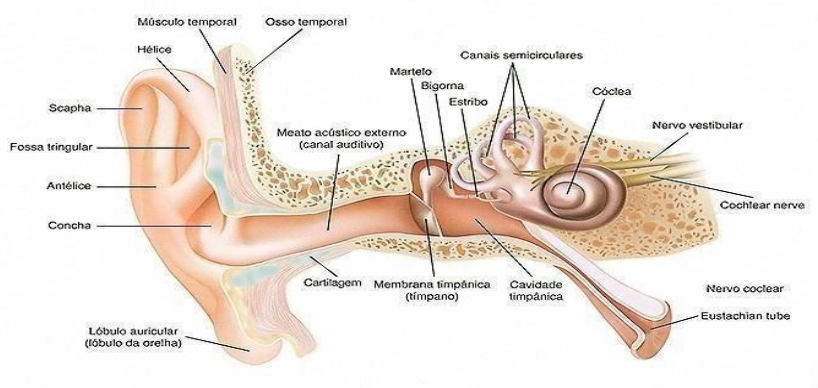
Fonte: <https://protecao.com.br/blogs/a-lei-do-inverso-do-quadrado-da-distancia-aplicada-a-uma-exposicao-ao-ruído-em-campo-livre/>. Acessado em 31 de outubro de 2024.

Audição humana

A audição humana é um processo complexo que nos permite detectar e interpretar as ondas sonoras ao nosso redor. Este processo ocorre através do nosso órgão auditivo, o ouvido, é dividido em três partes principais: o ouvido externo, o ouvido médio e o ouvido interno. O ouvido externo compreende a orelha visível e o canal auditivo. A função da orelha externa é

captar as ondas sonoras do ambiente e direcioná-las para o canal auditivo, que atua como um condutor, amplificando ligeiramente as ondas sonoras e as direcionando para o tímpano (MARTINI *et al.*, 2009).

Ilustração 7 - O ouvido humano.



Fonte: <https://centroauditivolider.com.br/blog/post/221/saiba-mais-sobre-a-estrutura-do-ouvido-humano>. Acessado em 31 de outubro de 2024.

O ouvido médio é uma cavidade preenchida com ar, localizada atrás do tímpano. Ele abriga três pequenos ossículos auditivos: o martelo, a bigorna e o estribo. Quando as ondas sonoras fazem o tímpano vibrar, esses ossículos transmitem essas vibrações para a cóclea, no ouvido interno.

O ouvido interno contém a cóclea, uma estrutura em forma de caracol cheia de fluido. A cóclea é essencial para a transdução das ondas sonoras em sinais neurais. Quando as vibrações dos ossículos chegam à cóclea, fazem o fluido dentro dela vibrar, estimulando as células ciliadas. Estas células convertem as vibrações do fluido em sinais elétricos, que são então transmitidos ao cérebro através do nervo auditivo, permitindo-nos interpretar os sons que ouvimos (Bear; Paradiso, 2008).

A poluição sonora

A poluição sonora é uma questão ambiental e de saúde pública que afeta a qualidade de vida de milhões de pessoas, especialmente em grandes centros urbanos. Ela é associada a diversos problemas de saúde, como perda auditiva, estresse, distúrbios do sono e doenças cardiovasculares, conforme apontado pela Organização Mundial da Saúde (OMS). No Brasil, a

regulamentação é feita por normas como as NBR 10151 e 10152 da ABNT, que estabelecem limites de ruído em diferentes ambientes, indo de 30 dB em áreas de silêncio, como bibliotecas, a 70 dB em zonas comerciais durante o dia. Além disso, a "lei do silêncio" abrange normas federais, estaduais e municipais que regulam horários e níveis máximos de ruído, com punições para a perturbação do sossego previstas no Código Penal.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) incentiva o ensino de temas como a poluição sonora para desenvolver competências nos estudantes. Por exemplo, na competência de pensamento crítico, os alunos podem realizar experimentos para medir níveis de som e avaliar os impactos ambientais. Na área de comunicação, o estudo pode envolver a criação de relatórios e apresentações, desenvolvendo clareza na linguagem científica. Também são trabalhadas competências como argumentação, em debates sobre os efeitos do som na saúde, e cidadania, promovendo a conscientização sobre o direito ao bem-estar e a necessidade de controle do ruído.

No contexto da física no Ensino Médio, habilidades da BNCC incluem explorar os fenômenos sonoros, como a propagação do som, e propor ações para mitigar impactos como a poluição sonora, relacionando o aprendizado científico a questões ambientais e sociais. A abordagem reforça o papel da educação na formação de cidadãos conscientes e engajados na busca por soluções sustentáveis.

A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Acústica, um ramo da física dedicado ao estudo das ondas sonoras e seus efeitos, destaca-se como um fascinante tema para o ensino de física no Ensino Médio. Sua relevância no cotidiano dos alunos, evidenciada pelos fenômenos sonoros presentes em diversas situações do dia a dia, permite uma aprendizagem envolvente e contextualizada. Contudo, o ensino dessa disciplina pode apresentar desafios, especialmente quando se aborda a natureza abstrata das ondas sonoras, exigindo dos estudantes a construção de um modelo mental complexo.

Para superar esses desafios e proporcionar uma aprendizagem efetiva e motivadora, é essencial adotar uma abordagem ativa no ensino da Acústica. Essa abordagem deve privilegiar a experimentação, a investigação e a contextualização dos conceitos, permitindo aos alunos uma compreensão mais profunda e significativa dos fenômenos acústicos. Nesse sentido, propõe-se uma sequência didática embasada na metodologia didática de Paulo Freire, combinada com a realização de experimentos práticos em sala de aula.

Essa metodologia busca estimular a participação ativa dos estudantes em seu próprio processo de aprendizagem, tornando-os protagonistas na construção do conhecimento. O professor e aluno são comuns agentes no processo de ensino e de aprendizagem, sem hierarquia.

Enquanto os alunos experimentam, observam e refletem criticamente sobre os fenômenos acústicos, o papel do professor se torna o de um facilitador, guiando e apoiando o desenvolvimento do entendimento conceitual e prático dos alunos.

Objetivo geral do produto

Proporcionar o ensino de parte da acústica - medidas de níveis de intensidade sonora – com uma experiência, em sala de aula, e sensibilizar os alunos para o tema da poluição sonora.

Objetivos específicos

- Demonstrar que os sons são a percepção das ondas sonoras, promovendo assim a compreensão dos princípios básicos da acústica, como propagação do som, frequência e amplitude.
- Desenvolver a consciência ambiental e a responsabilidade social dos alunos em relação à poluição sonora, incentivando ações que contribuam para sua mitigação e prevenção.
- Propor uma sequência didática com o roteiro de um aplicativo para celular que simula o funcionamento de um decibelímetro para medir o nível de intensidade sonora em diferentes distâncias de uma fonte sonora com frequências conhecidas.
- Despertar a curiosidade dos alunos e iniciar um debate significativo sobre o som e a poluição sonora.

Apresentação do site de experimentos científicos didáticos online da Universidade do Colorado (PHET):

O PhET Interactive Simulations é um site desenvolvido pela Universidade do Colorado (EUA), com o objetivo de oferecer simulações interativas que auxiliam no ensino e na aprendizagem de diferentes áreas do conhecimento, como Física, Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática. O portal disponibiliza gratuitamente centenas de simulações, que podem ser acessadas tanto online quanto baixadas para uso offline, permitindo que estudantes e professores explorem conceitos científicos de forma dinâmica, visual e prática.

Ilustração 8 – Página Inicial do PhET.



Fonte: PhET: Simulações em física, química, biologia, ciências da terra e matemática online e grátis.

As simulações do PhET foram criadas com base em pesquisas sobre aprendizagem e design instrucional, o que garante uma abordagem didática eficaz. Elas apresentam representações visuais interativas que permitem ao aluno manipular variáveis, observar resultados em tempo real e compreender relações de causa e efeito. Essa interatividade transforma conceitos abstratos, como campos elétricos ou reações químicas, em experiências mais concretas, aproximando o estudante do fenômeno estudado.

Além de apresentar conteúdos de forma clara e intuitiva, o PhET possibilita a personalização da aprendizagem. O estudante pode realizar experimentos virtuais no seu próprio ritmo, ajustando parâmetros, repetindo procedimentos e testando hipóteses. Essa liberdade estimula a curiosidade, a autonomia e o pensamento crítico, competências fundamentais para o processo educativo contemporâneo.

No contexto escolar, o PhET é uma ferramenta de grande valor para professores, pois amplia as possibilidades de abordagem de conteúdos em sala de aula. Os docentes podem utilizá-lo como recurso complementar para introduzir novos assuntos, reforçar aprendizagens ou até mesmo avaliar a compreensão dos alunos por meio da exploração prática das simulações. Dessa forma, o site se torna um aliado no ensino investigativo e na promoção de metodologias ativas.

Proposta de sequência didática

O produto educacional desenvolvido visa integrar conceitos de acústica e poluição sonora ao currículo do Ensino Médio, utilizando uma abordagem prática e interdisciplinar. Inspirado na pedagogia crítica de Paulo Freire, o produto propõe uma sequência didática que combina experimentação, tecnologia e discussão socioambiental. O objetivo central é permitir que os alunos compreendam fenômenos sonoros, relacionem-nos a impactos ambientais e desenvolvam habilidades críticas para propor soluções sustentáveis. A escolha do tema justifica-se pela relevância do som no cotidiano e pelos crescentes desafios da poluição sonora em ambientes urbanos. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a exposição prolongada a ruídos acima de 85 dB pode causar danos auditivos irreversíveis, além de estresse e distúrbios do sono. O produto busca, portanto, não apenas ensinar física, mas também formar cidadãos conscientes de seus direitos ambientais.

O produto desenvolvido alinha-se às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, em especial às competências de investigação científica (Competência 2) e responsabilidade socioambiental (Competência 7). Sua relevância reside em:

- 1. Aplicação prática de conceitos físicos**, como intensidade sonora (I) e escala decibel (Lp), frequentemente abordados de forma abstrata em sala de aula.
- 2. Integração interdisciplinar**, conectando física, biologia (saúde auditiva), sociologia (legislação urbana) e matemática (funções logarítmicas).
- 3. Conscientização ambiental**, ao relacionar dados experimentais com impactos reais da poluição sonora, conforme alertado pela Organização Mundial da Saúde.

METODOLOGIA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Acústica, um ramo da física dedicado ao estudo das ondas sonoras e seus efeitos, destaca-se como um fascinante tema para o ensino de física no Ensino Médio. Sua relevância no cotidiano dos alunos, evidenciada pelos fenômenos sonoros presentes em diversas situações do dia a dia, permite uma aprendizagem envolvente e contextualizada. Contudo, o ensino dessa disciplina pode apresentar desafios, especialmente quando se aborda a natureza

abstrata das ondas sonoras, exigindo dos estudantes a construção de um modelo mental complexo.

Para superar esses desafios e proporcionar uma aprendizagem efetiva e motivadora, é essencial adotar uma abordagem ativa no ensino da Acústica. Essa abordagem deve privilegiar a experimentação, a investigação e a contextualização dos conceitos, permitindo aos alunos uma compreensão mais profunda e significativa dos fenômenos acústicos. Nesse sentido, propõe-se uma sequência didática embasada na metodologia didática de Paulo Freire, combinada com a realização de experimentos práticos em sala de aula. Essa metodologia busca estimular a participação ativa dos estudantes em seu próprio processo de aprendizagem, tornando-os protagonistas na construção do conhecimento. O professor e aluno são comuns agentes no processo de ensino e de aprendizagem, sem hierarquia. Enquanto os alunos experimentam, observam e refletem criticamente sobre os fenômenos acústicos, o papel do professor se torna o de um facilitador, guiando e apoiando o desenvolvimento do entendimento conceitual e prático dos alunos.

CRONOGRAMA DE AULAS (07) PLANEJADAS

Para a implementação da sequência didática sugerida, recomenda-se a alocação de sete aulas simples. Esse cronograma é proporcional, considerando a abrangência e a complexidade dos tópicos propostos:

Aula 1: O som como uma onda e suas propriedades

O experimento foi realizado em sala de aula utilizando o computador da escola e o datashow. Abrimos o site da PHET e realizamos demonstrações de experimentos com sons no simulador do link acima. Cada aluno precisava realizar um teste e anotar os resultados.

Para garantir a imparcialidade durante a realização do experimento em sala de aula, adotamos o procedimento de sorteio para a seleção dos alunos participantes. Cada estudante foi representado por um número, e os números foram sorteados aleatoriamente, assegurando que todos tivessem a mesma chance de participação. Essa metodologia visou evitar favorecimentos, tornando o processo mais justo e transparente, além de contribuir para o envolvimento da turma de forma equitativa nas atividades práticas propostas.

Objetivo:

- Introduzir o conceito de som como uma onda mecânica, explorando suas propriedades básicas e incentivando a reflexão sobre poluição sonora.

Estratégias aplicadas:

- Início com uma discussão exploratória para acessar os conhecimentos prévios dos alunos sobre som.
- Exibição de vídeos curtos (até cinco minutos) com exemplos de poluição sonora: sons de britadeira, shows pirotécnicos, carros de som, entre outros.

Links dos vídeos:

- Vídeo 1: <https://youtu.be/jBhatsS2vkU?feature=shared>
- Vídeo 2: https://youtu.be/pE1Ilc65bo0?si=_kuJ0Xa8J6xJZMDI
- Vídeo 3: https://youtu.be/0ru74_kBLWU?si=3VhCmr_IvNwzK_GO
- Vídeo 4: https://youtu.be/-guzNCML1mc?si=-pzqkEsYtJ7_VJ6K

Aplicação de um questionário inicial para estimular a reflexão e contextualizar o tema:

- 1) Quais os prejuízos para audição humana?
- 2) Por que percebemos maior intensidade do som quando estamos mais próximos da fonte?
- 3) O uso de fones de ouvido pode prejudicar a audição humana?
- 4) Você já ouviu falar da lei do silêncio?
- 5) Qual a função de um microfone e de um autofalante?

Apresentação da representação matemática da onda sonora.

Demonstração das propriedades do som (frequência, comprimento de onda, intensidade, período e velocidade) utilizando o simulador Phet, demonstradas no link abaixo:

- https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/sound-waves

Recursos didáticos:

- TV ou computador com projetor, quadro branco, e simulador Phet. Atividades na aula:
- Aplicação de pré-teste
- Sorteio de número dos alunos
- Explicação da dinâmica dos números, como explicamos abaixo:

Aula 2: Intensidade sonora e escala decibel

Objetivo:

Compreender a escala decibel e sua relação com a intensidade sonora e a distância da fonte.

Estratégias aplicadas:

- Introdução à escala decibel e explicação de suas propriedades logarítmicas.
- Demonstração prática com o uso de uma fonte sonora e um smartphone com aplicativo de decibelímetro.
- Discussão interativa sobre a relação entre intensidade sonora e distância.

Recursos didáticos:

- Caixa de som, smartphone com decibelímetro, quadro.

Atividades na aula:

- Discussão e questões de problematização da aula.
- 1) – O que é o som?
 - 2) – Como se propaga
 - 3) – Qual a unidade de medida de intensidade sonora?
 - 4) – O som audível humano, sua faixa de frequência
 - 5) – Qual o aparelho que mede o nível de intensidade sonora?
 - 6) – O que é eco?
 - 7) – O que é Reverberação?

Aula 3: Realização do experimento da intensidade sonora

Objetivo:

Proporcionar aos alunos uma experiência prática para investigar a relação entre intensidade sonora, potência e distância da fonte.

Estratégias aplicadas:

- Apresentar o roteiro do experimento.
- Organizar os alunos em grupos e distribuir os materiais necessários.
- Realizar medições de intensidade sonora em diferentes distâncias e potências, tanto em ambientes internos quanto externos (seguindo a norma NBR 10.151).

Recursos didáticos:

- Caixa de som, smartphone com aplicativo de decibelímetro, fita métrica, fita adesiva colorida, caderno e lápis.

Roteiro do experimento:

A Aula 3 tem como tema a realização do experimento da medida do nível de intensidade sonora e sua relação com a distância. No contexto da metodologia didática de Paulo Freire, a experiência vivida tem um papel de despertar a curiosidade, o interesse e a reflexão crítica para os questionamentos que surgem naturalmente em suas vivências.

O experimento terá por objetivo introduzir o tema da acústica, o som e suas propriedades que serão abordados com detalhes nas próximas aulas. O experimento consiste em medir o nível de intensidade de uma fonte sonora em diferentes distâncias e analisar a relação entre intensidade e distância.

Materiais necessários para a realização do experimento:

- uma fonte sonora (caixa de som);
- uma fita métrica ou trena;
- um notebook ou smartphone com aplicativo para gerar sinal sonoro (Phet), a partir do link: (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/sound-waves)
- alguns smartphones com aplicativo de decibelímetro (Medidor de som para Android e iOS da Splend);
- uma fita colorida para demarcar o chão.

O experimento pode ser realizado na própria sala de aula, reorganizando as carteiras de modo que o centro da sala esteja livre. A fonte sonora deve estar posicionada no centro. A partir dela, são marcados com a fita colorida círculos concêntricos de 1m, 2m, 3m e 4m de raio, medidos com o auxílio da fita métrica, isso de acordo com a norma ABNT 10.151. Essa norma está em anexo a esse produto que determina que “as medições em ambientes internos devem ser efetuadas a uma distância de no mínimo 1m de quaisquer superfícies, como paredes, teto, pisos e móveis”. A cada nova medida realizada deve se apertar o reset do decibelímetro.

Os alunos podem ser divididos em grupos conforme a disponibilidade de dispositivos com o aplicativo de decibelímetro. O professor deve colocar um sinal com frequência de 1.000Hz e amplitude fixa na fonte. Assim, os alunos devem realizar medidas no nível de intensidade sonora nas quatro diferentes distâncias e anotá-las em uma tabela.

Passo a passo do experimento:

- Posicionar a fonte e decibelímetros dos apps dos smartphones, a 1 m – primeira medida;
- Após a primeira medida, posicionar a fonte e decibelímetros a dois metros – segunda medida;
- Repetir o mesmo procedimento para três metros – terceira medida – e para quatro metros – quarta medida;
- Após os dados serem registrados, deve-se começar uma análise dos resultados obtidos. Os alunos devem observar os valores medidos na tabela e compará-los entre si, verificar que a intensidade e o nível de intensidade sonora diminuem com o aumento da distância da fonte sonora, através da elaboração de um gráfico com os pontos obtidos.
- Essas medidas podem também ser feitas, simultaneamente, nas diferentes distâncias.
- Em cada medida serão usados mais de um celular (três, quatro, ...).
- Será calculada a média aritmética simples dos valores medidos dos quatro celulares que será o valor ser comparado com o valor teórico calculado.
- Neste sentido, ratifica-se que o objeto de compreensão do estudo é saber que a medida da intensidade sonora (I) diminui inversamente proporcional ao quadrado da distância (R) da fonte sonora ao decibelímetro, de acordo com a equação 5, já apresentada anteriormente e reforçada a seguir:

$$I = \frac{P}{A} \quad . \quad (12)$$

- Posteriormente, determinar quantitativamente a diferença de nível intensidade sonora entre cada par de distâncias. É esperado que o aluno note que o decaimento não segue uma relação linear com a distância.
- Os dados coletados no experimento serão utilizados na atividade avaliativa ao final da sequência didática, após a discussão e apresentação das equações a respeito da escala decibel e da relação da intensidade com a distância. Os demais tópicos relacionados à acústica que estão envolvidos no experimento também devem ser esclarecidos no decorrer da sequência didática.
- Para efeito de uma melhor aprendizagem por parte dos alunos e não gerar dúvidas entre eles com o uso de mais de uma fonte sonora, neste trabalho foi escolhido didática e metodologicamente usar uma mesma fonte sonora aproximada de uma fonte puntiforme. Isso em nada impede o uso de outras fontes, medidas realizadas em outros ambientes, com outros instrumentos e de diversas maneiras.

Atividades na aula:

Início sala de aula – explicação da experiência e baixar o aplicativo decibelímetro nos celulares.

No início da aula, realizamos uma breve introdução sobre o tema da poluição sonora, destacando sua presença no cotidiano e seus impactos na saúde e na qualidade de vida das pessoas. Em seguida, foi feita uma roda de conversa para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, promovendo um momento de escuta ativa e troca de experiências. Também foram apresentados os objetivos da atividade prática e os conceitos básicos de acústica e decibéis, preparando os estudantes para compreenderem o experimento que seria realizado posteriormente.

Segundo momento – Experiência na sala de informática (vão livre). Quatro celulares a uma distância da fonte sonora de 1m, 2m, 3m e 4m.

Aula 4: Análise dos resultados do experimento

Objetivo:

- Interpretar os resultados experimentais e discutir as limitações do ambiente experimental.

Estratégias aplicadas:

- Revisar os conceitos de som e volume com base nos resultados obtidos.
- Explicar que ambientes não isolados influenciam as medições e apresentar o conceito de câmara anecoica.
- Analisar a relação entre potência (constante) e intensidade (variável com a distância) através dos resultados obtidos pelos alunos na aula anterior.

Recursos didáticos:

- Quadro e projetor.

Atividade de sala de aula:

- Tratamos de poluição sonora e passamos vídeos com exemplos sobre o que conversamos na aula.

Vídeo:

- https://youtu.be/-guzNCML1mc?si=-pzqkEsYtJ7_VJ6K

Dever de casa:

- Pesquisar e escrever no caderno:
 - A Lei do Silêncio
 - A intensidade sonora máxima nas escolas e nos hospitais

Aula 5: A audição, o som e a poluição sonora

Objetivo:

- Explorar a interdisciplinaridade do tema, relacionando o som ao sentido da audição.

Estratégias aplicadas:

- Explicar os infrassons e ultrassons, assim como o Intervalo de frequências audíveis para o ser humano.
- Apresentar o Intervalo de intensidade sonora seguro, abordando a física ambiental e a poluição sonora.
- Discutir os Impactos da poluição sonora na saúde e no meio ambiente e a Legislação e normas vigentes sobre a poluição sonora.

Recursos didáticos:

- Quadro, projetor

Atividades na aula:

- Escrita na lousa de “como calcular a intensidade sonora em decibéis, à distância.
- Explicação da função logarítmica e comparar como o nível de intensidade sonora diminui com o aumento da distância.

Distância (m)	Valor medido dB	Valor calculado dB

Aula 6: Análise do experimento e aplicação do questionário**Objetivo:**

Avaliar os resultados experimentais e comparar com os previstos teoricamente.

Estratégias aplicadas:

- Usar ferramentas como excel ou libreoffice calc ou google planilhas para comparar em um gráfico as medidas obtidas com os valores teóricos esperados.
- Aplicação do questionário avaliativo, anexado no final deste projeto, para análise dos resultados do experimento e cálculo da potência da fonte sonora.
 - Resolução de questões conceituais e contextualizadas de acústica.
 - Avaliação da aprendizagem dos alunos nesse tópico.

Recursos didáticos:

- Questionário, projetor, computador ou smartphone com acesso à internet.

Atividades na aula:

- Apresentação do produto pelo datashow e pré-teste

7ª aula: Aplicação do pós-teste de conhecimento e questionário de satisfação das dinâmicas vividas no PRODUTO EDUCACIONAL.

Objetivo:

- Aplicar um pós-teste para verificar o nível de aprendizado dos alunos.

Estratégias aplicadas:

- Aplicação de questões de níveis diferentes para avaliação diagnóstica.
- Aplicação do questionário avaliativo, anexado no final deste projeto, para análise dos resultados do experimento e cálculo da potência da fonte sonora.
- Avaliação da aprendizagem dos alunos nesse tópico.

Recursos didáticos:

- Pós-teste, projetor, computador ou smartphone com acesso à internet.

Atividade:

Aplicações do pós-teste e do questionário de satisfação sobre a experiência realizada.

A Aula 7 tem como tema a realização do experimento da medida do nível de intensidade sonora e sua relação com a distância. No contexto da metodologia didática de Paulo Freire, a experiência vivida tem um papel de despertar a curiosidade, o interesse e a reflexão crítica para os questionamentos que surgem naturalmente em suas vivências.

O experimento terá por objetivo introduzir o tema da acústica, o som e suas propriedades que serão abordados com detalhes nas próximas aulas. O experimento consiste em medir o nível de intensidade de uma fonte sonora em diferentes distâncias e analisar a relação entre intensidade e distância.

Materiais necessários para a realização do experimento:

- uma fonte sonora (caixa de som);
- uma fita métrica ou trena;

- um notebook ou smartphone com aplicativo para gerar sinal sonoro (Phet);
- alguns smartphones com aplicativo de decibelímetro (Medidor de som para Android e iOS da Splend);
- uma fita colorida para demarcar o chão.

O experimento pode ser realizado na própria sala de aula, reorganizando as carteiras de modo que o centro da sala esteja livre. A fonte sonora deve estar posicionada no centro. A partir dela, são marcados com a fita colorida círculos concêntricos de 1m, 2m, 3m e 4m de raio, medidos com o auxílio da fita métrica, isso de acordo com a norma ABNT 10.151. Essa norma está em anexo a esse produto que determina que “as medições em ambientes internos devem ser efetuadas a uma distância de no mínimo 1m de quaisquer superfícies, como paredes, teto, pisos e móveis”. A cada nova medida realizada deve se apertar o reset do decibelímetro.

Os alunos podem ser divididos em grupos conforme a disponibilidade de dispositivos com o aplicativo de decibelímetro. O professor deve colocar um sinal com frequência e amplitude fixa na fonte. Assim, os alunos devem realizar medidas no nível de intensidade sonora nas quatro diferentes distâncias e anotá-las em uma tabela.

Passo a passo do experimento:

- Posicionar a fonte e decibelímetros dos apps dos smartphones, a 1 m – primeira medida;
- Após a primeira medida, posicionar a fonte e decibelímetros a dois metros - segunda medida;
- Repetir o mesmo procedimento para três metros – terceira medida – e para quatro metros – quarta medida;

Após os dados serem registrados, deve-se começar uma análise dos resultados obtidos. Os alunos devem observar os valores medidos na tabela e compará-los entre si, verificar que a intensidade e o nível de intensidade sonora diminuem com o aumento da distância da fonte sonora, através da elaboração de um gráfico com os pontos obtidos. Essas medidas podem também serem feitas, simultaneamente, nas diferentes distâncias.

Neste sentido, ratifica-se que o objeto de compreensão do estudo é saber que a medida do nível de intensidade sonora (I) diminui inversamente proporcional ao quadrado da distância (R) da fonte sonora ao decibelímetro, de acordo com a Equação 5, já apresentada anteriormente e reforçada a seguir:

$$PI = 4\pi R^2. \quad (14)$$

Posteriormente, determinar quantitativamente a diferença de nível intensidade sonora entre cada par de distâncias. É esperado que o aluno note que o decaimento não segue uma relação linear com a distância.

Os dados coletados no experimento serão utilizados na atividade avaliativa ao final da sequência didática, após a discussão e apresentação das equações a respeito da escala decibel e da relação da intensidade com a distância. Os demais tópicos relacionados à acústica que estão envolvidos no experimento também devem ser esclarecidos no decorrer da sequência didática. Para efeito de uma melhor aprendizagem por parte dos alunos e não gerar dúvidas entre eles com o uso de mais de uma fonte sonora, neste trabalho foi escolhido didática e metodologicamente usar uma mesma fonte sonora aproximada de uma fonte puntiforme. Isso em nada impede o uso de outras fontes, medidas realizadas em outros ambientes, com outros instrumentos e de diversas maneiras.

Análise dos dados

No contexto do ensino de Ciências Naturais, compreender a importância de pontos espúrios, erros de medida, média e desvio padrão é essencial para realizar experimentos precisos e interpretar resultados de forma crítica.

Ao conduzir experimentos, é crucial realizar múltiplas medições e analisar esses dados para obter conclusões válidas. A utilização de técnicas estatísticas, como a média e o desvio padrão, permite uma interpretação mais robusta dos resultados, ajudando a diferenciar entre variações naturais e anomalias devido a erros. Além disso, a identificação e o tratamento adequado de pontos espúrios garantem que os resultados do experimento sejam mais representativos e confiáveis (Pimentel, 1979).

Os erros de medida ocorrem inevitavelmente em qualquer experimento e podem ser sistemáticos ou aleatórios. Os erros sistemáticos são aqueles que ocorrem consistentemente em uma direção (por exemplo, uma balança descalibrada que sempre adiciona 0,1 g ao peso real), enquanto os erros aleatórios variam de maneira imprevisível (por exemplo, pequenas flutuações na leitura devido a variações no ambiente).

Média: A média é uma medida de tendência central que indica o valor típico de um conjunto de dados. Ao calcular a média de um conjunto de medições, obtemos uma estimativa mais confiável do valor real, minimizando o impacto de erros aleatórios individuais.

Curva de Ponderação: A curva de ponderação é uma função matemática usada para ajustar medições de intensidade sonora (ou níveis de pressão sonora) de acordo com a forma como o ouvido humano percebe sons em diferentes frequências.

O gráfico abaixo mostra como a medida da intensidade sonora deve decrescer com o aumento da distância da fonte com o receptor (decibelímetro), fazendo com que os alunos percebam que ocorre uma incoerência dos valores obtidos nas medições e os valores teóricos através da elaboração dos seus próprios gráficos.

Como calcular a intensidade em decibéis com a distância:

Pode-se expressar a intensidade sonora: $L_p = 10 \log_{10} (I/I_0) \text{ dB}$. sendo $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

A intensidade cai com o quadrado da distância $I = P/4\pi r^2$. Então uma intensidade sonora a uma distância qualquer é dado por:

$$L_p(r) = 10 \log_{10}(P/I_0 4\pi r^2) \text{ dB}, \quad (15)$$

Aplicando a propriedade dos logaritmos:

$$L_p(r) = 10 [\log_{10}(P/4\pi r^2) - \log_{10} (I_0)] \text{ dB}, \quad (16)$$

O termo $\log_{10}(P/4\pi I_0)$ é justamente I_1 (a intensidade medida a um metro de distância).

Logo,

$$L_p(r) = 10 [I_1 - \log_{10}(r^2)] \text{ dB},$$

Se $L_p(1) = 80 \text{ dB}$, então $10I_1 \text{ dB} = 80 \text{ dB}$, portanto $I_1 = 8$ Para esse exemplo a fórmula será:

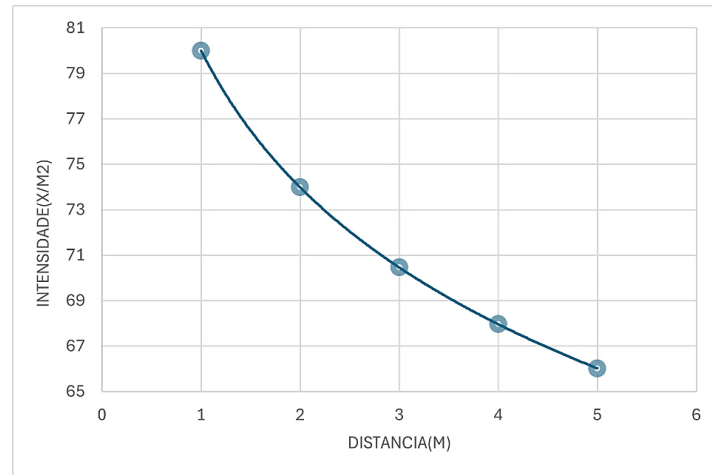
$$L_p(r) = 10 [8 - \log_{10}(r^2)] \text{ dB} \quad , \quad (18)$$

Tabela 2: Dados simulados de um possível resultado da experiência.

Distância (m)	Intensidade teórica (dB)	Intensidade medida

O gráfico abaixo mostra como a medida da intensidade sonora deve decrescer com o aumento da distância da fonte com o receptor (decibelímetro), fazendo com que os alunos percebam que ocorre uma incoerência dos valores obtidos nas medições e os valores teóricos através da elaboração dos seus próprios gráficos.

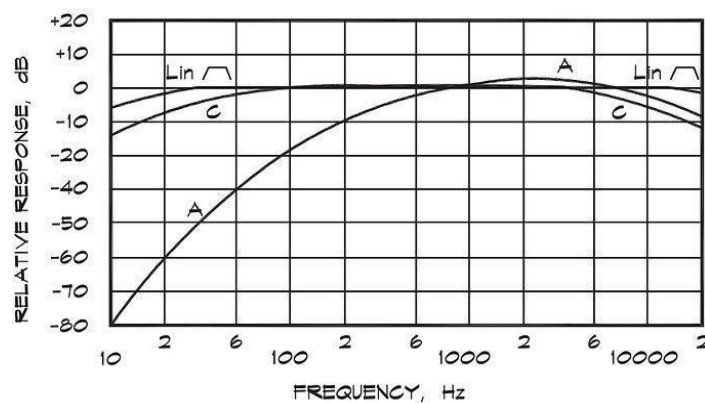
Figura 8: Gráfico do nível da intensidade sonora I em função da distância entre a fonte e o observador R:



Fonte: Elaborado pelo autor no Excel com base nos dados teóricos da tabela 2.

Como citado anteriormente, a curva de ponderação é utilizada na maior parte das medições do nível de pressão sonora. Ela mostra que para menores e maiores frequências essa diferença, entre o valor do nível de intensidade do som medido pelo decibelímetro e o perceptível, pode diminuir ou aumentar. Diante desse dado, para o experimento é conveniente usar a frequência de 1000 Hz.

Figura 9. Gráfico das curvas de ponderação do decibelímetro



Fonte: <https://www.concepcaoacustica.com/post/o-sonometro-e-as-curvas-de-ponderacao>. Acessado em 31 de outubro de 2024.

O gráfico apresenta as curvas de ponderação acústica A, C e Lin, que ajustam os níveis de pressão sonora conforme a sensibilidade do ouvido humano às frequências. A curva A atenua graves (< 500 Hz) e agudos (> 4.000 Hz), sendo usada em medições de ruídos de baixa intensidade, como ambientais e ocupacionais. A curva C é mais plana, representando melhor os sons de alta intensidade, como explosões ou máquinas industriais. Já a curva Lin (linear) não aplica correções, medindo o som "bruto" em todas as frequências. Essas curvas refletem a menor sensibilidade do ouvido a frequências extremas e são utilizadas em diferentes aplicações, como regulamentações ambientais e estudos técnicos.

PRÉ-TESTE DE CONHECIMENTO

Questionário inicial para estimular a reflexão e contextualizar o tema:

1) Quais os prejuízos causados pela poluição sonora para audição humana?

2) Por que percebemos maior intensidade do som quando estamos mais próximos da fonte?

3) O uso de fones de ouvido pode prejudicar a audição humana?

4) Você já ouviu falar da lei do silêncio?

5) Qual a função de um microfone e de um autofalante?

PÓS-TESTE DE CONHECIMENTO

Parte 1: Conceitos Básicos

1 Defina o que é som e como ele se propaga.

2 Explique a diferença entre som e ruído.

3 O que são decibéis (dB) e como são utilizados os decibelímetro para medir a intensidade sonora?

Parte 2: Múltipla Escolha

1. Qual é a faixa de frequência que o ouvido humano é capaz de ouvir?

- a) 10 Hz a 20 kHz.
- b) 20 Hz a 20 kHz.
- c) 30 Hz a 30 kHz.
- d) 50 Hz a 40 kHz.

2. Qual das alternativas abaixo representa um som de intensidade perigosa para a audição humana?

- a) 40 dB.
- b) 70 dB.
- c) 90 dB.
- d) 120 dB.

3. Qual das situações abaixo representa um exemplo de poluição sonora?

- a) O som de folhas caindo no chão.
- b) Uma conversa em tom moderado.
- c) O barulho constante de uma construção.
- d) O canto dos pássaros pela manhã.

Parte 3: Experimento e análise:

- 1. Durante um experimento sobre decibéis, você observou que ao duplicar a intensidade de uma fonte sonora, a leitura no medidor de decibéis aumentou em aproximadamente 6 dB. Explique por que isso ocorre.**

- 2. Suponha que você esteja em uma sala onde há muito reverberação. Como o fenômeno da reverberação pode estar contribuindo para isso, e o que poderia ser feito para minimizar o problema?**

- 3. Reflexão: Em grandes cidades, a poluição sonora é um problema crescente. Como você acredita que ela pode afetar a qualidade de vida das pessoas?**

- 4. Explique como o conhecimento sobre acústica e decibéis pode ajudar a desenvolver medidas para reduzir a poluição sonora em ambientes urbanos.**

Parte 4: Verificação do grau de satisfação dos alunos:

Os discentes deverão marcar um “X” na opção que melhor se encaixa com a afirmação sobre as aulas e o experimento realizado de acordo com a sequência didática.

PESQUISA DE SATISFAÇÃO: VERIFICAÇÃO DO GRAU DE SATISFAÇÃO DOS ALUNOS:

Verificação do grau de satisfação dos alunos	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
1. A realização do experimento tornou a aula mais interessante ou motivadora.					
2. O produto educacional melhorou o entendimento sobre o conceito de nível de intensidade sonora.					
3. O produto ajudou a visualizar os conceitos físicos no cotidiano.					
4. O produto melhorou o entendimento do conceito de poluição sonora.					
5. O produto é eficaz no processo de aprendizagem sobre o conteúdo de Acústica.					
6. O produto promoveu o trabalho em grupo através da realização do experimento.					
7. O produto facilitou a visualização dos fenômenos físicos por meio da experiência e análise de dados.					
8. O uso do aplicativo de celular para realizar o experimento tornou a experiência mais fácil de ser realizada.					
9. O produto ajudou a compreender não só os conceitos físicos, mas os problemas relacionados ao som na atualidade e bem-estar humano.					

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação teve como ponto de partida minhas práticas relacionadas ao ensino e aprendizagem da Física, principalmente em relação ao tópico de acústica e especificamente em medidas de nível de intensidade sonora, um tema tão próximo do nosso dia a dia e tão distante da sala de aula.

Os alunos terão a oportunidade de assimilarem um maior conhecimento sobre como utilizar aparelhos sonoros (através do aplicativo apresentado no projeto) e sobre medidores de nível de intensidade sonora do som, bem como a relação entre a medida da intensidade sonora da fonte, com a distância do receptor.

Propomos também uma apresentação dos níveis de intensidade sonoras básicos em diferentes ambientes, como normatiza a legislação, com o objetivo de perceber o que é poluição sonora.

Atividades práticas assim e com o uso de instrumentos do próprio aluno, o smartphone, visam despertar a curiosidade dos alunos e iniciar um debate significativo sobre demais temas sobre o som como, por exemplo, a poluição sonora.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2000.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- COHEN, H. F. **Quantifying music: the science of music at the first stage of the scientific revolution, 1580-1650**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1984.
- DELIZOICOV, D. **Ensino da física e a concepção freiriana da educação**. Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 5, n. 2, 1983.
- FLETCHER, N. H.; ROSSING, T. D. **The physics of musical instruments**. New York, NY: Springer New York, 1998.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- FREITAS, S. M. (Org.). **Prática docente na contemporaneidade**. São Paulo: Cortez, 2012.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2.
- IEEE. Standard dictionary of terms. 7. ed. New York: **The Institute of Electrical and Electronics Engineering**, 2000. p. 288.
- INTERNACIONAL DE BIBLIOTECAS DIGITAIS, 2., 2010, Rio de Janeiro. Anais [...].Rio de Janeiro: UFRJ; São Paulo: CRUESP, 2010. 1 pen drive.
- MOYSÉS, N. N. **Curso de física básica: fluidos, oscilações e ondas, calor**. 5. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2014. v. 2.
- PIERCE, A. D. **Acoustics**. Cham: Springer International Publishing, 2019.
- PIMENTEL, R. Noções de erros e tratamento de dados. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1979.
- PODCAST LXX: Brasil: parte 3: a república. Locução de: Christian Gutner. [S. l.]: Escriba Café, 19 mar. 2010. Podcast. Disponível em: <http://www.escribacafe.com/podcast-lxx-brasil-parte-3-a-republica/>. Acesso em: 4 mar. 2025.
- RODRIGUES, I. L. S. Paulo Freire e o ensino da física – o caráter freiriano de relatos de experiência no SNEF. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Tratados e organizações ambientais em

matéria de meio ambiente. In: __. Entendendo o meio ambiente. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1999. v. 1. Disponível em: <http://www.bdt.org.br/sma/entendendo/atual.htm>. Acesso em: 8 mar. 2025.

SILVA, M. M. L. Crimes da era digital. Net, Rio de Janeiro, nov. 1998. Seção Ponto de Vista. Disponível em: <http://www.brazilnet.com.br/contexts/brasilrevistas.htm>. Acesso em: 22 fev. 2025.

TERPSTRA, S. An introduction to the monochord. Alexandria 2: the journal of the western cosmological traditions, v. 2, p. 137-139, 1993.

ARAÚJO, Rogério Câmara de. **Medidas de intensidade sonora, utilidades, instrumentos e comparação com valores teóricos**. 2024. Produto Educacional (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

ARROYO, Miguel. **Outros sujeitos, outras pedagogias**. Petrópolis: Vozes, 2012.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BAKHTIN, Mikhail. **Estética da criação verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 15 ago. 2024.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 2011. DEWEY, John. **Experiência e educação**. São Paulo: Nacional, 1971.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996. FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GADOTTI, Moacir. Boniteza de um sonho: ensinar-e-aprender com sentido. Porto Alegre: Mediação, 2011.

HABERMAS, Jürgen. Teoria do agir comunicativo. São Paulo: Martins Fontes, 2012.

HERNÁNDEZ, Fernando. Transgressão e mudança na educação. Porto Alegre: Artmed, 2000.

- KOLB, David. *Experiential learning*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2000.
- SANTOS, Wildson Luiz Pereira; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Unijuí, 2003.
- SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 2007.
- VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- WALSH, Catherine. **Pedagogías decoloniales: prácticas insurgentes de resistir, (re)existir y (re)vivir**. Quito: Abya-Yala, 2013.
- ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996. FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1987. FREIRE, Paulo. **Cartas à Guiné-Bissau**. São Paulo: Paz e Terra, 2001.
- GASPAR, Leandro. **Física: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Moderna, 2005.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- LEMMKE, Jay. **Talking science: language, learning and values**. Norwood, NJ: Ablex Publishing, 1997.
- MOREIRA, Antônio Flávio. **Metodologia do ensino de Ciências: desafios e perspectivas**. São Paulo: Cortez, 2011.
- SACRISTÁN, José Gimeno. **Currículo e prática educativa**. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- DIAS, Hélio; PENA, Dulce Maria. **Ruído ambiental e saúde**. São Paulo: Edusp, 2007.