



INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 10

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DA INTENSIDADE DE  
ONDAS SONORAS

Rogério Câmara de Araújo  
Calistrato Soares da Câmara Neto

Natal-RN, abril de 2026.

Este produto educacional é parte integrante da dissertação:  
ENSINO DA INTENSIDADE DE ONDAS SONORAS:  
UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DO MÉTODO PAULO  
FREIRE, desenvolvida no âmbito do Programa de  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo  
10 – IFRN Natal-RN, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de  
Física.

## 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 .....                                                            | 5  |
| FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....                                                    | 6  |
| A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....                                                     | 16 |
| METODOLOGIA E SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....                                         | 19 |
| PRÉ-TESTE DE CONHECIMENTO.....                                                | 35 |
| PÓS-TESTE DE CONHECIMENTO.....                                                | 36 |
| PESQUISA DE SATISFAÇÃO: VERIFICAÇÃO DO GRAU DE SATISFAÇÃO DOS<br>ALUNOS ..... | 38 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                    | 39 |
| REFERÊNCIAS.....                                                              | 40 |

## 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.

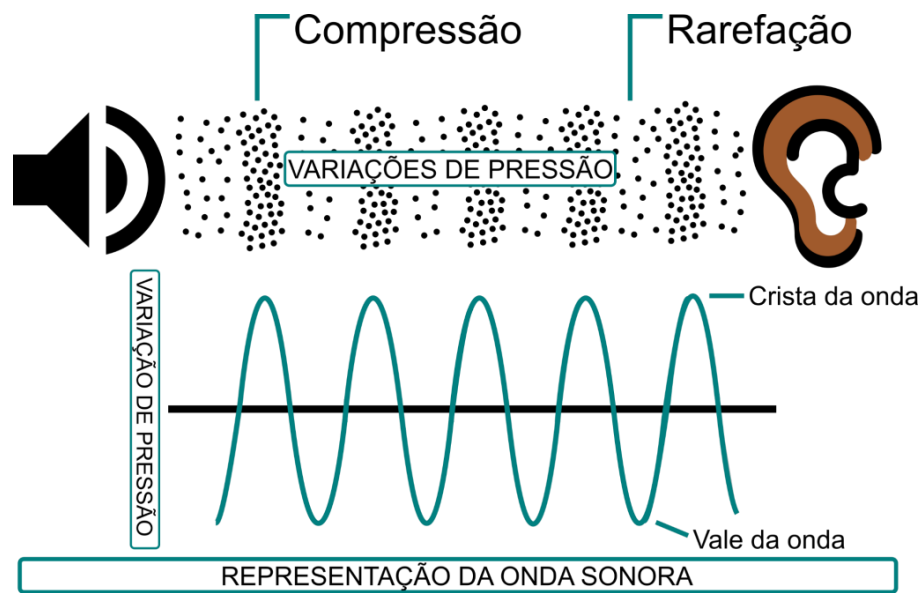
O som é uma onda mecânica que se propaga através de qualquer meio material (sólido, líquido ou gasoso). Em fluidos, que não suportam forças de cisalhamento, o som é uma onda puramente longitudinal, ou seja, as partículas oscilam na mesma direção de propagação da onda. Os sons audíveis pelo ouvido humano 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 ( $\text{W/m}^2$ ) 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 ( $\Delta P_m$ ), 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  $\Delta P_m$  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 ( $\Delta P_m$ ), 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  $\rho$  é a densidade de massa do meio,  $v$  é a velocidade da onda,  $\omega$  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/decibelmetro-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.

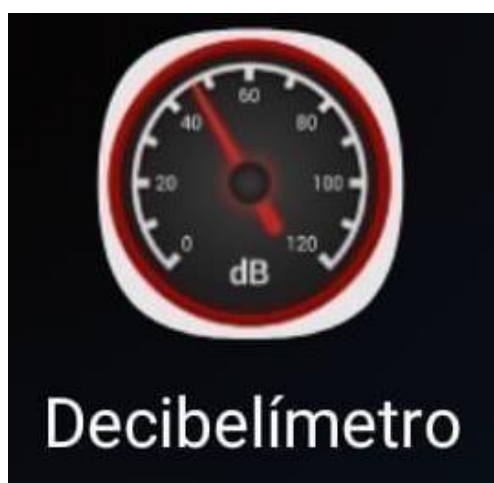
No site [HTTPS://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR), é possível recriar uma fonte sonora para testar na prática os decibelímetros. Neste mesmo site é possível controlar os níveis de frequência

e amplitude do sinal sonoro. O Phet [WWW.phet.colorado.edu](http://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](http://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.

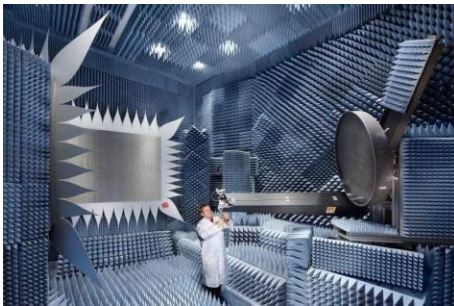
$$I = P/4\pi R^2. \quad (11)$$

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 ( $\text{watt/m}^2$ ). 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

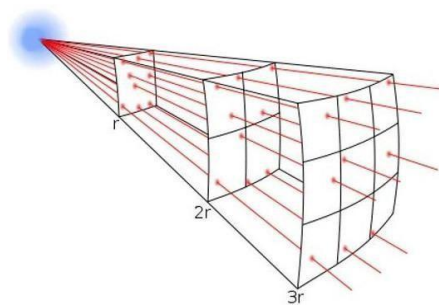
As câmaras anecoicas, para experimentos também de acústica, são construções arrojadas que têm o propósito de simular um ambiente isento de eco de vibrações, tanto sonoras quanto eletromagnéticas. Assim, uma sala anecoica é projetada para conter qualquer interferência de reflexões, reverberações, refrações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

Ilustração 5 – Câmera anecoica.



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

Ilustração 6 – Dissipação da onda sonora com a distância.



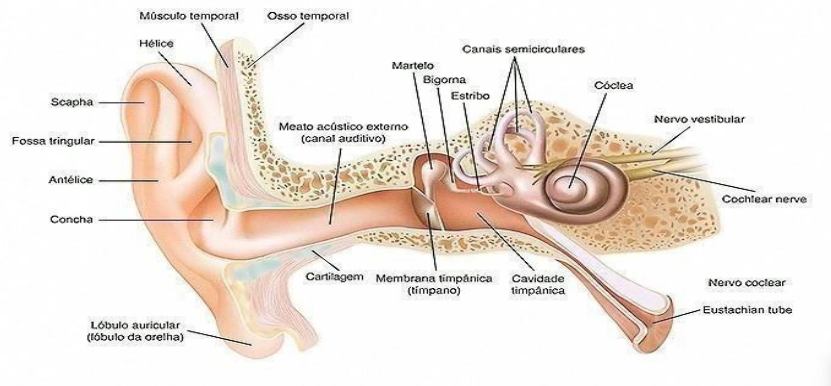
Fonte: <https://protecao.com.br/blogs/a-lei-do-inverso-do-quadrado-da-distancia-aplicada-a-uma-exposicao-ao-ruído-em-campo-livre/>. Acessado em 31 de outubro de 2024.

### 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](https://youtu.be/pE1Ilc65bo0?si=_kuJ0Xa8J6xJZMDI)
- Vídeo 3: [https://youtu.be/0ru74\\_kBLWU?si=3VhCmr\\_IvNwzK\\_GO](https://youtu.be/0ru74_kBLWU?si=3VhCmr_IvNwzK_GO)
- Vídeo 4: [https://youtu.be/-guzNCML1mc?si=-pzqkEsYtJ7\\_VJ6K](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](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](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](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:

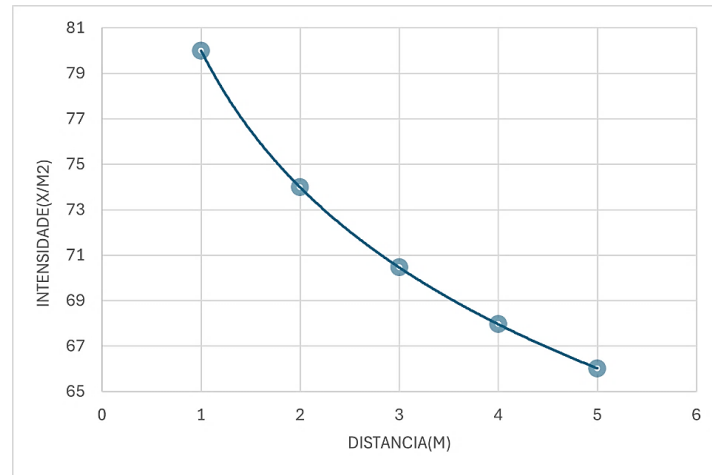
$$L_p(r) = 10 [8 - \log_{10}(r^2)] \text{ dB} \quad , \quad (18)$$

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.

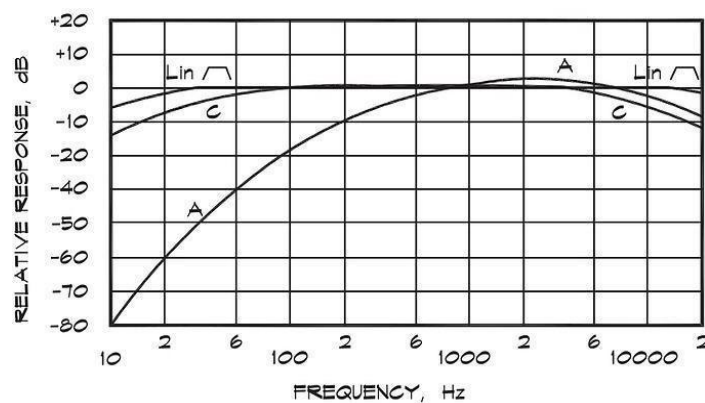
Figura 8: Gráfico do nível da intensidade sonora  $I$  em função da distância entre a fonte e o observador R:



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 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.
- 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.