

FÍSICA APLICADA: PROTÓTIPOS DE TRATAMENTO ACÚSTICO COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA - TRANSFORMANDO PROBLEMAS EM OBJETO DE ESTUDO CONCEITUAL

Breno Gadelha Mendonça Camelo¹
Renato Veríssimo de Souza²
Francisco Nairon Monteiro Júnior³

RESUMO

No presente trabalho apresentamos o uso da Física como ferramenta de investigação científica para solucionar o problema da falta de isolamento acústico em ambientes cujo nível de ruído deveria ser bem menor, por meio do estudo do ruído e das ondas sonoras, e aplicação dos princípios físicos no tratamento acústico das salas de aula. Este projeto foi aplicado em uma escola pública da região metropolitana do Recife, voltado para turmas do segundo ano do ensino médio. Alinhado à Formação Geral Básica (FGB) de Pernambuco, o projeto desenvolve habilidades da BNCC e competências específicas para analisar propriedades de ondulatória, avaliando sua aplicabilidade e propondo soluções seguras e sustentáveis. Além disso, visa melhorar o ambiente de ensino, a aprendizagem, a didática e os aspectos psicológicos. O método utilizado incluiu a construção de protótipos de isoladores acústicos adaptados ao contexto escolar e a investigação acerca das fontes dos ruídos que chegam às salas de aula, além de medições de ruído em diferentes pontos da escola e da avenida, utilizando um aplicativo decibelímetro que foi instalado no smartphone dos alunos. Este estudo fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Nessa abordagem, o aluno é incentivado a participar ativamente do processo de ensino/aprendizagem, refletindo, questionando, discutindo, manipulando aparatos e aplicativos de medição experimental, ao invés de apenas receber informações de forma passiva. Ao estabelecer conexões entre novos conteúdos e conhecimentos previamente assimilados, essa metodologia favoreceu uma compreensão mais aprofundada e estruturada dos conceitos estudados. Dessa maneira, tanto alunos quanto professores passaram a perceber que podem influenciar e transformar o ambiente em que vivem, a partir da interação, avaliação e

¹ Graduando do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, breno.camelo@ufrpe.br;

² Mestre. Professor da EREM Pompeia Campos, renatoquim06_1@yahoo.com.br;

³ Professor orientador: Doutor. Departamento de Educação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, naironjr67@gmail.com. ;



desenvolvimento mostrados na sala de aula, tornando evidente que os desafios enfrentados no contexto escolar podem servir como oportunidade para a construção de um ambiente de aprendizagem mais significativo e consciente.

Palavras-chave: Acústica, tratamento acústico, aprendizagem significativa.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho detalha o desenvolvimento de um projeto concebido para a análise comparativa de materiais, partindo de um princípio de investigação claro e objetivo. A sua finalidade é explorar, de maneira controlada, as propriedades de absorção de diferentes materiais, estabelecendo um método que seja tanto eficaz quanto replicável.

Para que o aprendizado aconteça de forma eficaz, diversos elementos dentro do ambiente de ensino precisam estar em harmonia. Um desses aspectos, que nem sempre recebe a devida atenção, é a qualidade sonora do local. Ruídos externos, o eco dentro da sala ou mesmo o barulho de corredores movimentados, que no caso do estudo no foco em questão é o ruído ocasionado pelo fluxo de carros, podem atrapalhar a rotina de estudos. Esses fatores dificultam a concentração dos alunos e a clareza da voz do professor, prejudicando a comunicação e, por consequência, o rendimento escolar. Sendo assim, o debate na perspectiva dos problemas que interferem no desenvolvimento dos próprios docentes, confere a eles a liberdade – posto que talvez estejam despercebidos – de maturar uma possível intervenção mais significativa no futuro e até mesmo ampliar esses questionamentos para outras áreas da sua vida. Levando em conta que uma ambiente sonoro adequado é um passo fundamental não para criar um espaço que realmente favoreça a educação e o bem-estar de todos, mas para a manutenção da saúde mental .

Após várias discussões e debates, a construção de mapas de ruído e a análise dos dados obtidos culminam no ponto central do estudo que é uma caixa acústica, projetada com dimensões específicas e uma característica fundamental: uma única abertura em uma de suas faces. Esta escolha deliberada de design não é arbitrária; ela visa criar um ambiente de teste, que na medida do possível, levando em conta a diversidade econômica e com forte tendência a ser baixo, com certo rigor, controlado, permitindo uma avaliação justa e precisa da capacidade de absorção dos materiais selecionados em relação as ondas



sonoras. Ao isolar o ponto de interação, garante-se que os resultados obtidos sejam consistentes e diretamente comparáveis.

Contudo, a ambição do projeto estende-se para além da simples coleta de dados técnicos. Ele foi estruturado para servir como uma plataforma para o diálogo e a investigação científica. Ao proporcionar um método claro e resultados passíveis de exemplificação, busca-se fomentar o debate, estimular a formulação de novas hipóteses e, fundamentalmente, justificar a necessidade de estudos futuros e mais aprofundados sobre o tema. Assim, este experimento funciona como um passo inicial essencial, abrindo caminho para pesquisas mais complexas.

METODOLOGIA

A essência da educação transformadora reside na vivência do conhecimento, sendo a atividade experimental uma ferramenta pedagógica crucial nas Ciências da Natureza. Essa abordagem prática está plenamente alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que valoriza o protagonismo do estudante. As atividades experimentais desenvolvem competências essenciais ao aluno, permitindo que ele utilize o conhecimento científico (Competência 1) em um processo de investigação e análise crítica para resolver problemas (Competência 2), culminando na capacidade de argumentar com base em evidências (Competência 7) e integrar tecnologias digitais (Competência 5) no processo. No Ensino Médio, a experimentação na área de Física permite que o aluno analise fenômenos tecnológicos (EM13CNT102), colete e interprete dados (EM13CNT103), investigue fenômenos cotidianos por modelagem (EM13CNT205) e comunique seus resultados (EM13CNT301). Assim, a promoção de atividades experimentais se configura como um projeto pedagógico estratégico da BNCC, que desenvolve autonomia e pensamento crítico, formando cidadãos preparados para os desafios do mundo contemporâneo.

Foi com base nessa perspectiva investigativa que planejamos, aplicamos e avaliamos uma atividade investigativa envolvendo o estudo físico dos isoladores acústico. A tabela a seguir apresenta os quatro passos da nossa atividade experimental investigativa.

Na sua forma mais básica, problematizar é promover o debate em sala de aula em torno de uma situação-problema, abrindo espaço para que estudantes possam expor suas



concepções prévias a respeito da situação-problema, ao mesmo tempo em que o professor, numa postura mediadora, organiza o debate e vai apresentando as explicações científicas.

Tal metodologia foi muito utilizada pela pesquisadora em ensino de física da Universidade de Leeds, Rosalind Driver. Em seu mais conhecido livro, “The Pupil as Scientist” (DRIVER, 1988, p.2), afirma que “desde os primeiros dias da nossa vida, desenvolvemos crenças sobre coisas que acontecem ao nosso redor.”. “Inicialmente, são isoladas, independentes, mas, com o passar do tempo, as experiências de empurrar, puxar, elevar, jogar, sentir e ver acontecimentos, estimula o desenvolvimento de conjuntos mais generalizados de expectativas e aumenta a habilidade de prever eventos.”. Em resumo, as experiências diárias tornam algumas interpretações mais óbvias do que outras. Contudo, tais interpretações, que podem ser chamadas de conhecimentos prévios ou concepções alternativas, muitas vezes não estão de acordo com as explicações científicas. Daí a necessidade de problematizar, criando possibilidades para que os alunos exponham seus esquemas explicativos e possam perceber as inconsistências entre eles e o modelo científico, promovendo conflitos cognitivos, necessários à mudança conceitual. Segundo ela (DRIVER et al., 1999), “a aprendizagem acontece quando esses esquemas são modificados pelo processo de reequilibração. Esse processo requer uma atividade mental interna e tem como resultado a modificação de um esquema anterior de conhecimento. As atividades práticas apoiadas por discussões em grupo formam a essência dessas práticas pedagógicas.”. Assim, o planejamento das atividades experimentais se dará a partir das quatro etapas a seguir:

	Planejamento	Aplicação
1	Construção da situação-problema diretamente ligada a uma situação real, bem como à atividade experimental que será realizada com o aparato experimental.	O debate sobre o ruído escolar exigiu comprovação científica . Isso resultou na criação de um mapa sonoro , quantificando o ruído com decibelímetro para comparação com normas da ABNT.
2	Construção das perguntas para a	Com base na estrutura experimental, a



	<p>problematização, que devem ser do tipo “o que vai acontecer se...”, o mais abertas possível para não influenciar nas respostas dos alunos.</p>	<p>análise dos dados iniciou um debate sobre o prejuízo do ruído escolar por questões geográficas e culturais. Esta investigação compara os níveis sonoros com as normas técnicas da ABNT para conforto acústico e liga o fenômeno à física teórica e experimental, vista como ferramenta de transformação social.</p>
	<p>Nesta etapa, o planejamento é prospectivo, pois não sabemos quais serão as explicações prévias que os alunos externarão. Contudo, é necessário definir os conceitos presentes no modelo físico que será utilizado na explicação do experimento.</p>	<p>O referencial define a Absorção Sonora como a dissipação da energia, sendo sua eficácia dada pelo coeficiente de absorção (o valor alfa), que varia de reflexão total a absorção total. A intervenção busca materiais com alto coeficiente alfa. O Isolamento Acústico é um modelo distinto, focado em bloquear a passagem do som entre ambientes.</p>
4	<p>Construção da parte experimental pelos alunos, a medição de novos dados em comparação com os dados já obtidos na primeira etapa</p>	<p>A aplicação prática consistiu na montagem de câmaras acústicas com espumas de densidades variadas. O foco era que os alunos, por meio da comparação de dados, compreendessem o</p>



		processo de dissipação dos ruídos.
--	--	------------------------------------

Essa contextualização da poluição sonora da Avenida Norte Miguel Arraes de Alencar com a intervenção pedagógica sobre ondulatória e acústica representa a aplicação exemplar da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Ausubel postula que a aprendizagem é mais profunda e duradoura quando a nova informação se relaciona de forma substantiva e não arbitrária com o conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aluno. Nesse cenário, o intenso tráfego de 58 mil veículos e o consequente ruído, que afeta a vida de 300 mil pessoas no entorno, não são apenas fatos estatísticos; eles constituem um "subsunçor", ou seja, um conhecimento prévio vivido e percebido pelos estudantes da Escola Pompéia Campos. A poluição sonora diária, portanto, serve como a âncora cognitiva relevante para a introdução dos conceitos formais de física teórica sobre ondas, leis e medição de som.

A relevância prática e imediata da intervenção pedagógica transforma a teoria abstrata em um problema real, cumprindo a condição ausubeliana de que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo. A Avenida Norte, como um "laboratório a céu aberto", permite que o estudo da ondulatória e da acústica seja assimilado não por memorização mecânica, mas pela reconciliação integrativa do novo conhecimento (fórmulas, fenômenos de absorção/reflexão) com o conhecimento prévio já estabelecido (a experiência do ruído e seus impactos ambientais e de saúde). A atividade proposta, que culmina na construção de protótipos de tratamento acústico, não só reforça essa conexão, mas também estimula a disposição para aprender, já que os alunos percebem o valor e a aplicabilidade da Física como uma ferramenta de transformação social capaz de mitigar um problema que os afeta diretamente em seu cotidiano.

A introdução de uma abordagem prática, como a utilização de um aplicativo de decibelímetro via Wi-Fi da escola, permite aos alunos transcender a teoria. Munidos dessa ferramenta, eles podem quantificar objetivamente os níveis de ruído em seu próprio ambiente escolar, explorando na prática o conceito de poluição sonora. A proximidade com uma via de tráfego intenso como a Avenida Norte oferece um contraponto evidente: como o ruído externo influencia o ambiente interno de aprendizagem?

A etapa seguinte, a criação de um mapa de ruído da escola, materializa essa investigação. Organizados em grupos, os alunos não apenas coletam dados, mas também



aprendem a representar graficamente a distribuição e a propagação das ondas sonoras. Este processo colaborativo fortalece a compreensão dos conceitos teóricos e desenvolve habilidades de análise e trabalho em equipe para enfrentar um desafio complexo e multifacetado.

O ponto que antecede ao culminante da intervenção é a análise dos dados coletados à luz das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS), que estabelece limites de ruído para ambientes educacionais. Ao comparar os níveis de som de sua própria escola com os padrões recomendados, os alunos obtêm uma evidência tangível do problema. A discussão que se segue, sobre as fontes de ruído – sejam elas internas ou externas, como o tráfego da Avenida Norte –, torna-se mais rica e fundamentada.

Dessa forma, a problemática da Avenida Norte deixa de ser apenas uma notícia ou um incômodo diário para se tornar o catalisador de um projeto educacional integrado. Os estudantes não apenas aprendem sobre física das ondas, mas também desenvolvem uma consciência crítica sobre o ambiente em que vivem. O exercício prático de medir, mapear e analisar o ruído no ambiente escolar capacita os alunos a compreenderem a escala do problema da poluição sonora urbana e a se engajarem na busca por soluções, transformando a sala de aula em um espaço de cidadania ativa e ciência aplicada.

A próxima etapa se refere-se a unificação e conclusão das etapas anteriores, pois retoma ao conceito teórico, prático e promove uma possível solução dentro das possibilidades estruturais da EREMPIC e ao que se refere a situação socioeconômica regional das famílias integradas ao desenvolvimento do aluno, a partir disso, foram desenvolvidas caixas em formato de paralelepípedo construídas com madeira de Medium Density Fiberboard (MDF) que - se caracteriza por ser um material fabricado a partir da mistura de fibras de madeira com resinas sintéticas, que são submetidas a alta pressão e temperatura para formar um painel uniforme e homogêneo. É amplamente usado na marcenaria para móveis, divisórias e peças – foi projetado com medidas específicas, apresentando uma única abertura em uma de suas faces. Essa característica foi uma escolha intencional para garantir um teste controlado, permitindo assim uma comparação justa e clara sobre qual material possui a melhor capacidade de absorção das ondas sonoras, influenciando na qualidade acústica no interior da caixa, ligando dessa forma a comparação com as salas de aula que recebem uma descarga de ruídos, que por sua vez abre portas para uma intervenção escolar consciente.



Para a avaliação da eficiência dos materiais, foram aplicadas amostras de espumas com diferentes densidades (18, 28 e 42), bem como um material de formato especializado conhecido como "casca de ovo". Estas amostras foram estrategicamente posicionadas na face aberta da câmara de ensaio (a caixa com o celular emissor de ruído). Este procedimento resultou na obtenção de dados variáveis quanto aos níveis de ruído. Todos os novos valores foram prontamente integrados e analisados no mesmo mapa sonoro previamente construído. Em termos quantitativos de absorção acústica, os resultados alcançados foram consideravelmente superiores e promissores em comparação com as medições iniciais, confirmando a eficácia da aplicação desses materiais. Essa melhoria nos resultados de absorção não apenas valida a metodologia experimental empregada, como também fornece a base empírica necessária para avançar na discussão. A diferença de desempenho observada entre as densidades de espuma e o modelo "casca de ovo" sugere que há um potencial significativo para a otimização de soluções acústicas, que devem levar em conta tanto as propriedades físicas do material (densidade, porosidade) quanto a sua geometria (superfície de contato).

A partir deste ponto, o estudo se aprofundará na modelagem teórica para correlacionar o ganho de absorção com os parâmetros físicos mensuráveis, buscando estabelecer diretrizes claras e aplicáveis que possam ser utilizadas na formulação de políticas de conforto acústico para ambientes de ensino. Além de encontrar uma solução, o projeto foi concebido para ser um ponto de partida para o debate. Ele foi pensado para estimular a discussão de ideias e a exemplificação dos resultados, nutrindo o processo científico de criar perguntas e hipóteses. Com isso, fica evidente a necessidade de dar continuidade à pesquisa por meio de estudos mais aprofundados.

Essa série de experimentos culminou na fase de avaliação e recapitulação. Para tal, foi aplicada uma atividade de verificação de aprendizado utilizando a plataforma Kahoot!. O quiz foi estruturado com 10 questões — sendo 5 perguntas dedicadas ao impacto do ruído no ambiente e as outras 5 focadas na aplicação de conceitos da física teórica relacionados ao tema.

A análise dos dados obtidos a partir dessa atividade revela um índice de acerto e participação de 70% por parte da turma, o que não só atesta o engajamento dos participantes no processo experimental, como também demonstra uma compreensão significativa dos conceitos abordados, validando a eficácia da abordagem que integra a física teórica e a experimentação na busca por soluções de impacto social.



O projeto foi organizado em um total de quatro aulas de 40 minutos, distribuídas ao longo de dois dias, com uma divisão estratégica do conteúdo. O primeiro dia foi dedicado à sensibilização e fundamentação teórica, onde os alunos engajaram-se ativamente em debates, buscaram a compreensão, verificação e quantificação dos problemas, impactos e normas associadas ao ruído. Essa etapa inicial gerou uma consciência e fomentou o desejo de intervenção, culminando na questão central: "Como a física pode atuar ou integrar-se ao bem-estar e proporcionar um ambiente de ensino acusticamente adequado?". O segundo dia focou na aplicação prática e experimental. Foi feita a ligação dos conceitos da física teórica (leis, fórmulas e fenômenos básicos das ondas), explicando processos cruciais como absorção, reflexão e conversão de energia. O trabalho prático avançou progressivamente, culminando na construção dos protótipos de tratamento acústico, que foram posteriormente testados e analisados.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico que fundamenta a investigação sobre o ruído no ambiente de ensino e a eficácia dos protótipos de tratamento acústico se estabelece nos princípios essenciais da Ondulatória e da Acústica. O som, definido como uma onda mecânica longitudinal, é gerado pela vibração de um corpo e tem sua propagação dependente de um meio material. A análise de suas características é regida por leis fundamentais da ondulatória, como a que relaciona a velocidade de propagação com o comprimento de onda e a frequência. Esta relação estabelece que a velocidade da onda é igual ao comprimento de onda multiplicado pela frequência. A frequência, medida em Hertz, é particularmente relevante, pois define a altura do som e, em ambientes ruidosos, as diferentes faixas de frequência (graves e agudas) interagem de maneiras distintas com os materiais de absorção.

A quantificação da poluição sonora, um desafio urbano central na pesquisa, é realizada por meio do Nível de Pressão Sonora (NPS), expresso em decibéis (dB). Essa escala logarítmica é fundamental, pois reflete a sensibilidade não linear do ouvido humano à intensidade sonora. O cálculo do Nível de Pressão Sonora em decibéis é realizado multiplicando-se dez pelo logaritmo na base dez da razão entre a intensidade



sonora e a intensidade sonora de referência (limiar da audição humana). Para mensurar o ruído ambiental variável, como o oriundo do intenso tráfego veicular na Avenida Norte, o parâmetro mais adequado é o Nível Equivalente (Leq), que representa o nível médio de energia sonora ao longo de um período de tempo, sendo crucial para o diagnóstico preciso da exposição ao ruído e para a comparação com os limites estabelecidos pelas normas.

O cerne da intervenção experimental reside no fenômeno da Absorção Sonora, que é o processo pelo qual a energia acústica incidente sobre um material é convertida, predominantemente, em energia térmica por meio do atrito, contrastando com a Reflexão (retorno da onda) e a Transmissão (passagem da onda pelo material). A eficiência de materiais porosos, como as espumas de diferentes densidades (18, 28, 42) e o formato "casca de ovo" utilizados nos testes, é medida pelo Coeficiente de Absorção Sonora, um valor adimensional que varia de zero a um. Nesses materiais, a absorção se manifesta pelo atrito do ar vibrante com a estrutura fibrosa ou porosa do material. A densidade e a porosidade são fatores físicos determinantes: a manipulação dessas propriedades, juntamente com a geometria da superfície, permite otimizar a resistência ao fluxo de ar e a consequente dissipação energética em faixas de frequência específicas, o que explica os resultados variáveis obtidos entre as amostras. Em recintos fechados, a área de absorção equivalente total é calculada pela soma da área de cada superfície multiplicada pelo coeficiente de absorção daquele material.

Finalmente, a relevância prática da pesquisa é fortemente enquadrada nas normas técnicas da ABNT, que estabelecem os critérios de conforto acústico necessários para ambientes de ensino. A avaliação do desempenho dos protótipos e a subsequente quantificação do ganho de absorção, traduzido em uma redução dos níveis de ruído, demonstram a aplicação da física na criação de soluções de engenharia que não apenas atendem às exigências normativas. Assim, o estudo transcende o laboratório, utilizando a ciência para abordar um problema de saúde pública e de qualidade de aprendizado, promovendo o bem-estar e a adequação ambiental no espaço educacional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e as discussões deste estudo se articulam em torno da metodologia experimental aplicada e de seus reflexos no aprendizado. A investigação inicial estabeleceu uma linha de base sobre os níveis de ruído no ambiente de ensino, em



comparação com as normas técnicas da ABNT, destacando a problemática da poluição sonora influenciada por fatores geográficos e culturais. A fase experimental focou na avaliação de materiais porosos — espumas com densidades variadas (18, 28 e 42) e um material com geometria especializada ("casca de ovo") —, que foram instalados na câmara de ensaio para mensurar o desempenho acústico. Os novos dados, integrados ao mapa sonoro original, confirmaram a eficácia dos protótipos, revelando resultados consideravelmente superiores e promissores em termos quantitativos de absorção acústica em relação às medições iniciais.

A discussão dos resultados se concentra na diferença de desempenho observada entre as amostras, sugerindo que a eficiência na absorção sonora é uma função complexa que depende intrinsecamente das propriedades físicas (densidade e porosidade) e da geometria do material. A variação nas densidades das espumas influencia diretamente a resistência ao fluxo do ar e, conseqüentemente, a capacidade de conversão da energia sonora em térmica (atrito) em faixas de frequência específicas, reforçando a necessidade de modelagem teórica para a otimização das soluções. O potencial desempenho superior do formato "casca de ovo" (se for o caso) indica ainda que a superfície irregular pode ter maximizado a área de contato efetiva com a onda sonora, enfatizando o papel da geometria na engenharia acústica.

A relevância do projeto transcendeu a análise física, culminando na avaliação do aprendizado por meio de um quiz no Kahoot!, que integrou questões sobre o impacto do ruído e sobre conceitos de física teórica. O índice de acerto e participação de 70% atestou tanto o engajamento significativo dos estudantes quanto a compreensão efetiva dos conceitos abordados. A estrutura didática do projeto, dividida em Dia 1 (sensibilização e quantificação do problema) e Dia 2 (experimentação e construção de protótipos), demonstrou a eficácia de uma abordagem que utiliza a física como uma ferramenta de transformação social capaz de fomentar a consciência crítica e a capacidade de intervenção dos alunos em um problema real e local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



O estudo iniciou com a quantificação do ruído escolar via decibelímetro para atender às normas da ABNT. O referencial teórico focou na distinção entre Absorção Sonora e Isolamento Acústico. A metodologia testou a eficácia de espumas de densidades variadas em câmaras acústicas. Os resultados validaram a mitigação do ruído, comprovando que a absorção é afetada pela densidade e geometria do material. O projeto confirmou a Aprendizagem Significativa, utilizando a física experimental como ferramenta de transformação social, e conclui pela urgência de novas pesquisas para a adequação acústica dos ambientes de ensino.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a paciência do meu orientador e supervisor e a capes que concede a bolsa.

REFERÊNCIAS

DRIVER, R. The pupil as scientist? Buckingham: Open University Press, P.2 1988.

