

APLICANDO O EFEITO SCHLIEREN NO ENSINO DE FÍSICA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

LETÍCIA G. SERRADAS¹, ALEX LINO²,

¹ Graduando em Licenciatura em Física,, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Caraguatatuba, leticia.gasiglia@aluno.ifsp.edu.br.

² Doutor em Educação Para a Ciência e o Ensino de Matemática pela Universidade Estadual de Maringá, alex.lino@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq) :7.08.04.02-8 Métodos e Técnicas de Ensino.

RESUMO: Este estudo descreve a aplicação de uma sequência didática em uma turma de segundo ano do ensino médio para ensinar os conceitos físicos relacionados ao efeito Schlieren. Os estudantes, inicialmente sem conhecimento prévio do fenômeno, participaram de uma abordagem baseada no ensino por investigação que combinou teoria e experimentação prática, abrangendo conceitos de refração, reflexão e densidade. O experimento utilizou espelho côncavo, celular, suportes, fita isolante, gelos e velas, para reproduzir o efeito Schlieren com equipamentos mais acessíveis. Para verificação da abordagem, foram aplicados questionários antes e depois da atividade. Os resultados demonstram que a sequência baseada no ensino por investigação foi eficaz para promover a compreensão do efeito Schlieren e suas aplicações em diferentes contextos. De modo geral, os alunos foram capazes de formular hipóteses, e a estratégia contribuiu para um melhor entendimento sobre a natureza da ciência.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física; Educação; Efeito Schlieren; Óptica; Ensino por Investigação.

1 INTRODUÇÃO

O efeito Schlieren é uma técnica óptica utilizada para visualizar variações de densidade em fluidos, normalmente invisíveis a olho nu. Quando um feixe de luz passa por regiões de diferentes densidades, sua velocidade e direção de propagação são alteradas, o que gera desvios detectáveis na trajetória do feixe. Esse fenômeno permite a observação de fenômenos como ondas de calor, variações de pressão e movimentações de gases e líquidos (Settles, 2017).

Ao ser integrado a uma sequência didática baseada no ensino por investigação, o efeito Schlieren oferece oportunidades para um aprendizado ativo e significativo. O ensino por investigação se fundamenta no engajamento dos alunos quanto à formulação de perguntas, na construção de hipóteses e na experimentação para solucionar problemas (Mourão, 2018). Essa abordagem coloca o estudante no centro do processo de aprendizado, promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico e a compreensão dos princípios científicos através da prática.

Em uma sequência didática estruturada para explorar o efeito Schlieren, os alunos poderiam, por exemplo, ser incentivados a investigar como diferentes fontes de calor afetam o ar circundante, ou como as ondas de choque se propagam em diferentes fluidos. Através de observações diretas e experimentações guiadas, os estudantes teriam a oportunidade de conectar os fenômenos observados com conceitos teóricos de Física, como refração, difração e variações de densidade.

Antes da aplicação da sequência didática, os alunos responderam a um questionário diagnóstico que revelou que nenhum dos estudantes havia ouvido falar sobre o efeito Schlieren. No entanto, os conceitos de refração, reflexão e espelhos

esféricos já haviam sido abordados em sala de aula anteriormente. Apesar disso, os alunos não tinham hipóteses formadas sobre o efeito Schlieren, o que reforçou a necessidade de uma abordagem prática para introduzir o fenômeno e conectar os conceitos já conhecidos.

2 TEORIA

O efeito Schlieren é uma técnica na qual utilizam espelhos, câmeras e lentes para observar as variações de densidade em um meio transparente, como ar ou gases, com base na refração da luz (Settles, 2017).

Para a compreensão desse efeito é necessário conhecer os fenômenos e as grandezas físicas envolvidas.

A refração é um fenômeno que ocorre quando a luz passa de um meio para outro com índices de refração diferentes, resultando em uma mudança na direção da propagação da luz (Crockett, 2018). Essa mudança de direção é descrita pela lei de Snell, que relaciona os ângulos de incidência θ_1 e refração θ_2 com os índices de refração n_1 e n_2 dos meios envolvidos descrito pela equação abaixo:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

O índice de refração de um meio está diretamente relacionado à sua densidade, de forma que, quanto maior a densidade, maior será o índice de refração. Isso implica uma maior alteração na direção da luz ao atravessar o meio (Contrera, 2021). Essa relação pode ser expressa pela equação:

$$n - 1 = k\rho \quad (2)$$

Na equação acima, ρ representa a densidade do meio, enquanto k é o coeficiente de Gladstone-Dale, que assume um valor constante em grande parte do espectro visível. Por exemplo, para o ar, k vale aproximadamente $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$.

O parâmetro L , que aparece na equação (3), refere-se ao comprimento ao longo do qual ocorre a perturbação no meio, afetando a direção do eixo óptico. A expressão que descreve a deflexão angular da luz devido a um gradiente de densidade é dada por:

$$\delta = kL \frac{d\rho}{dx} \quad (3)$$

Esse gradiente nos mostra como o desvio da luz pode variar em relação à densidade do meio em que ela se propaga.

É notório que, para poder observar o efeito Schlieren, são necessárias variações de densidade ou pressão no local que irá ser observado. A implementação prática do efeito Schlieren requer uma configuração elaborada cuidadosamente. Uma fonte de luz é direcionada através de espelhos côncavos ou lentes, para um anteparo.

Qualquer mudança na densidade do meio entre a fonte de luz e o anteparo resultará em modificações na intensidade da luz detectada no anteparo, essas modificações revelam as diferenças presentes no campo de densidade do meio.

Para aplicação do efeito de maneira experimentalmente didática utilizaremos uma abordagem baseada no Ensino Investigativo.

O ensino por investigação é uma abordagem pedagógica centrada no aluno, que estimula a exploração, questionamento e construção ativa do conhecimento, promovendo habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe (Mourão, 2018). Nessa metodologia, o professor atua como facilitador, orientando os alunos em suas investigações e auxiliando na formulação de perguntas, experimentos, análise de dados e discussões (Carvalho, 2018).

Essa abordagem favorece uma compreensão mais profunda dos conceitos e o desenvolvimento de competências essenciais para a vida e carreira, embora sua implementação demande adaptações e apoio institucional. Diversas tipologias de investigação, como qualitativa, descritiva e quantitativa, podem ser utilizadas para adaptar as atividades ao contexto educacional, visando aprimorar a eficácia do aprendizado (Baptista, 2010). O processo envolve etapas claras, desde a motivação inicial, exploração em grupo, explicação dos conceitos e, finalmente, reflexão sobre os resultados obtidos.

A Sequência de Ensino Investigativo (SEI) é uma abordagem pedagógica que promove a aprendizagem ativa por meio da investigação e resolução de problemas, estimulando os alunos a questionar, explorar e construir seu próprio conhecimento de forma autônoma (Carvalho, 2018). Essa metodologia envolve a criação de problemas. A sequência didática foi estruturada em seis aulas, nas quais os alunos foram progressivamente introduzidos aos conceitos teóricos e à experimentação prática. Para iniciar a sequência, foi aplicado um questionário diagnóstico com perguntas sobre os conceitos de refração, reflexão e espelhos esféricos, todos previamente discutidos em aulas teóricas. No entanto, nenhum dos alunos havia ouvido falar sobre o efeito Schlieren, evidenciando a necessidade de uma introdução prática e gradual ao tema. Perguntas como “Você conhece o efeito Schlieren?” e “Explique brevemente o que é refração” foram incluídas para guiar a abordagem inicial e adaptar a sequência didática às necessidades da turma.

O professor introduziu o efeito Schlieren, destacando a importância dos conceitos de refração, reflexão e densidade na visualização do fenômeno. Utilizando exemplos e analogias, como o desvio da luz em miragens, os alunos foram incentivados a discutir como esses princípios se aplicam ao dia a dia e como poderiam relacionar-se com o efeito Schlieren. Após a introdução dos conceitos fundamentais, os alunos foram divididos em grupos e orientados a formular hipóteses sobre o efeito Schlieren. As atividades basearam-se na construção de hipóteses investigativas, como a relação entre densidade do ar e índice de refração. Sem conhecimento prévio específico sobre o efeito Schlieren, os alunos conectaram os conceitos conhecidos às mudanças de densidade e luz, incentivados a explorar, de forma colaborativa, as possibilidades do fenômeno.

Nas duas últimas aulas os estudantes realizaram a atividade experimental sobre o efeito Schlieren. As equipes foram orientadas a fazer um pequeno furo em um pedaço de fita isolante e, em seguida, o colocar sobre a saída do *flash* do celular. Em seguida, ajustando o celular em um suporte deveriam procurar pela formação da imagem do ponto objeto, que neste caso corresponde ao raio do espelho, ou seja, a distância do centro ao vértice do espelho (duas vezes a distância focal). Esse ponto pode ser localizado utilizando as mãos ou qualquer outro dispositivo, posicionando-os entre o espelho e o celular, já que a formação da imagem varia de tamanho dependendo da posição das mãos. O centro do espelho (raio) é identificado onde o ponto de luz da imagem formada se torna mais nítido possível. Desafiadores, incentivando o pensamento crítico, a formulação de hipóteses, a experimentação e a busca por soluções. Além de

atividades investigativas, a SEI valoriza a interação professor-aluno, a argumentação e a construção coletiva do conhecimento, promovendo o desenvolvimento cognitivo, social e emocional dos estudantes. A implementação eficaz dessa abordagem requer planejamento cuidadoso, liberdade intelectual e autonomia tanto para professores quanto para alunos em diversas etapas do processo investigativo, favorecendo a tomada de decisões e o pensamento crítico (Carvalho, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Após a montagem do equipamento, os alunos receberam objetos que mudam a densidade do ambiente, deste modo puderam observar o efeito Schlieren quando colocaram os itens como o gelo e a vela em frente ao espelho. Os grupos receberam o roteiro experimental para realização do experimento.

O roteiro experimental incluía orientações passo a passo para a montagem do experimento e questões para guiar a observação. As perguntas a seguir fazem parte do questionário final, foram projetadas para consolidar o aprendizado e incentivar a reflexão crítica:

“Por que podemos observar o ar se movimentando ao redor da chama da vela?”

Esta questão foi usada para promover a compreensão da relação entre calor, densidade do ar e refração da luz.

“Qual é a propriedade do meio que está sendo modificada e que produz o efeito Schlieren?”

Essa pergunta desafiou os alunos a identificarem a densidade como a variável chave no experimento.

“Quais outras aplicações do efeito Schlieren podem ser encontradas no cotidiano?”

Ao final, os alunos foram incentivados a expandir seu entendimento do efeito, considerando sua aplicabilidade em áreas como aerodinâmica, detecção de gases e estudos de ventilação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início da sequência, o questionário diagnóstico revelou que os alunos desconheciam o efeito Schlieren, embora já tivessem uma base em conceitos de reflexão, refração e espelhos esféricos abordados em aulas anteriores. Com o desenvolvimento das atividades, os estudantes aplicaram esses conhecimentos em um contexto prático, formulando hipóteses, realizando experimentos e respondendo ao questionário final, que evidenciou o avanço no entendimento do fenômeno.

As respostas à última questão do questionário final, que pedia aos alunos para refletirem sobre outras aplicações do efeito Schlieren, foram especialmente significativas. As respostas mostraram que os estudantes eram capazes de extrapolar o aprendizado e conectar o fenômeno a situações científicas e do cotidiano. Um dos grupos associou o efeito Schlieren a aplicações na aerodinâmica, destacando sua utilidade no design de veículos e no estudo de gases em movimento. Outro grupo sugeriu que o efeito poderia ser aplicado em experimentos acústicos, permitindo a visualização de perturbações no ar causadas por ondas sonoras e possibilitando a levitação acústica de pequenos objetos, o que demonstrou uma compreensão aprofundada das possibilidades da técnica em estudos de som.

Em situações mais próximas do cotidiano, os alunos relacionaram o efeito Schlieren a fenômenos naturais, como miragens, explicando que o calor altera a densidade do ar e provoca distorções visuais. Essa conexão com a experiência comum indicou que os alunos compreendiam a relação entre variação de densidade e desvio da luz. Outro grupo sugeriu que o efeito Schlieren poderia ser usado na detecção de vazamentos de gás e na avaliação da eficiência de sistemas de ventilação e purificação de ar, destacando a importância da técnica para o controle da qualidade do ar em ambientes fechados. Além disso, mencionaram a possibilidade de observar distorções térmicas em superfícies aquecidas, como o asfalto em dias quentes, e em processos domésticos, como a ebulição de líquidos, o que mostrou a versatilidade do conceito.

Essas respostas demonstram que os alunos não só entenderam o efeito Schlieren em um nível conceitual, mas também foram capazes de aplicá-lo a cenários práticos e concretos, um objetivo fundamental do ensino investigativo. A sequência didática, ao enfatizar a investigação prática e ativa, permitiu que os estudantes explorassem, observassem e conectassem conceitos de Física ao mundo real ao seu redor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do efeito Schlieren no ensino de Física para o ensino médio se mostrou eficaz para promover a compreensão de conceitos ópticos e fenômenos físicos relacionados à densidade. Os alunos não apenas compreenderam o efeito Schlieren, mas também aprimoraram suas habilidades de investigação científica e resolução de problemas. Essa abordagem pedagógica ativa contribuiu para o desenvolvimento de habilidades críticas e de trabalho em equipe, fundamentais para o aprendizado significativo.

O uso do efeito Schlieren revelou-se uma ferramenta eficaz para integrar teoria e prática, permitindo aos estudantes observar fenômenos que normalmente não seriam visíveis a olho nu. Essa experiência prática com a refração e a densidade criou uma base sólida para a introdução de tópicos mais complexos em óptica e termodinâmica.

Para futuras pesquisas, recomenda-se explorar a aplicação do efeito Schlieren em outros tópicos de física, como a análise de ondas de choque ou reflexão. Além disso, a incorporação de tecnologias digitais, como sensores ópticos e softwares de análise de imagem, proporcionando uma análise quantitativa mais detalhada e favorecendo o desenvolvimento de competências em ciências e tecnologia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o financiamento e o apoio do PIBIFSP e ao IFSP – campus Caraguatatuba.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, Monica Luiza Mendes. **Concepção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. 2010. 561 f. Tese (Doutorado) Curso de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. **Ensino por investigação: fundamentos e práticas**. 3. ed. São Paulo: Editora FAPESP, 2018.

CONTRERAS, Victor; MARZO, Asier. **Adjusting single-axis acoustic levitators in real time using rainbow schlieren deflectometry**. Review of Scientific Instruments, v. 92, n. 8, p. 015107-2, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/5.0013347>. Acesso em: 12 out. 2024.

CROCKETT, Albert. **Schlieren optics and the fundamentals of optics: a simplified guide**. New York: Optical Society of America, 2018.

MOURÃO, Mirian. **Metodologias de ensino de física: uma abordagem investigativa**. São Paulo: Blucher, 2018.

SETTLES, Gary S. **Schlieren and shadowgraph techniques: visualizing phenomena in transparent media**. Berlin: Springer, 2017.