



“ (...) não basta produzir o experimento se este não cria discussões significativas para internalizar o conhecimento da ciência, tornando-o capaz de visualizar o mundo com outra percepção. ”



Imagem de Pedro Sangeon

Desenvolvendo gosto científico no ensino médio através de práticas experimentais: Laboratório de Física do CEMEB

Developing a Scientific Interest in High School through Experimental Practices: Physics Laboratory at CEMEB

👤 Adam Smith Gontijo Brito de Assis

Professor de Física, atuou 5 anos na Secretaria de Educação do Distrito Federal no Centro de Ensino Médio Elefante Branco (CEMEB) do Plano Piloto. É graduado em Física (Bacharel/Licenciatura) pela Universidade de Brasília (UnB), Mestre e Doutor em Astrofísica pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Atualmente leciona na Universidade do Distrito Federal (UnDF). Contato: adam.assis@undf.edu.br

👤 Vanessa Carvalho de Andrade

Professora do Instituto de Física da UnB. Doutora em Física pelo Instituto de Física Teórica da Unesp. Contato: vcandrade@unb.br

👤 Safira Áthena Ferreira Campos

Estudante de graduação em Física (Licenciatura) pela Universidade de Brasília (UnB) e participante do Programa de Iniciação a Docência (PIBID - Física). Contato: safiraathena@hotmail.com

👤 Maria Eduarda Pinho Maciel

Estudante de graduação em Física (Licenciatura) pela Universidade de Brasília (UnB) e participante do Programa de Iniciação a Docência (PIBID - Física). Contato: pinhomaciemariaeduarda@gmail.com

Resumo: O ensino de ciências na educação básica, geralmente, acontece de forma tradicional: exposição, fixação, exercícios, leis e fórmulas. A atividade de laboratório é uma alternativa para uma aprendizagem significativa dos estudantes. Por outro lado, realizar algumas etapas dos experimentos da mesma forma que os cientistas faziam, apenas como uma repetição, não permite o processo de investigação, omitindo o conhecimento que os cientistas percorreram para determinar as teorias. O processo investigativo precisa ser utilizado durante as práticas experimentais, a participação dos estudantes nas discussões possibilita construção de juízo sobre problemas do dia a dia. Este trabalho se baseia nas aulas experimentais desenvolvidas no Centro de Ensino Médio Elefante Branco (CEMEB), Brasília-DF, durante a disciplina de física da 2ª série do Ensino Médio. As aulas práticas experimentais com materiais de baixo custo foram aplicadas durante o primeiro semestre de 2023 com auxílio dos estudantes de Física Licenciatura da Universidade de Brasília (UnB), como parte das atividades do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) da UnB. A partir de um roteiro experimental elaborado pelos pibidianos e professor, os estudantes da 2ª série confeccionaram relatórios com os dados obtidos e discussões geradas pela investigação dos fenômenos experimentados. Neste artigo, apresentamos aqui a metodologia utilizada com abordagem prática e os resultados obtidos pelos estudantes do CEMEB, elencamos discussões interessantes sobre estes resultados, identificando a importância das práticas experimentais no ensino de ciências.

a carga horária do estudante de 800 horas para 1.000 horas anuais, flexibilizando o currículo com ofertas de disciplinas dos itinerários formativos. Isso possibilitaria aos estudantes aprofundar nas áreas de conhecimento as quais se identificam. Essa nova organização curricular atenderá às necessidades e às expectativas dos jovens em acessar a escola e para sua permanência (BRASIL, 2018). Na prática, para as escolas públicas não integrais, as disciplinas FGB precisaram ser reduzidas pela metade, exceto português, matemática e educação física, totalizando 2 horas-aula semanais por turma para disciplinas como física, química e biologia. Naturalmente, na organização tradicional antes da reforma do NEM, os conteúdos de Ciências já eram lecionados de forma apressada e seletiva. O professor, por vezes, precisava escolher qual conteúdo deixaria de fora do seu planejamento. Então, com o NEM, a situação das aulas dos professores das disciplinas específicas ficou ainda mais crítica. Uma maneira que os estudantes de PIBID e o professor de física encontraram como alternativa foi aplicar aulas práticas. Além de contribuir para o desenvolvimento do gosto pela ciência, os estudantes se tornaram protagonistas da construção do seu conhecimento.

Na seção Metodologia, explicamos as abordagens dos experimentos realizados e as questões levantadas em cada prática, suscitando uma discussão científica pelos estudantes. Na seção Resultados, apresentamos os resultados dos estudantes expostos nos relatórios elaborados ao final de cada prática. Por fim, na Conclusão, discutimos sobre esses resultados e sua importância para o início de um processo de ensino por investigação e as suas implicações para o ensino de ciências na educação básica.

O projeto aplicado a partir do PIBID/Física em colaboração com o professor alcançou tais objetivos:

- Identificar os conhecimentos de física do 2ª série prioritários do Currículo em Movimento do NEM da SEEDF;
- Pesquisar práticas com materiais de baixo custo dentro dos temas escolhidos que pudessem demonstrar os conceitos de maneira qualitativa e quantitativa (cálculos, gráficos, tabelas etc.) dos fenômenos físicos;
- Desenvolver montagem experimental de fácil execução dentro do período de aula, capaz de atender três turmas distintas num turno;

- Elaborar um roteiro experimental de fácil leitura que pudesse conduzir os estudantes aos procedimentos e questionamentos importantes durante a execução das práticas;
- Executar os procedimentos de acordo com o roteiro experimental com os estudantes;
- Desenvolver modelo de relatório para elaboração dos estudantes para cada prática experimental;
- Corrigir os relatórios dos estudantes para *Feedback*;
- Elaborar questões sobre os experimentos realizados para avaliação dos mesmos.

Metodologia

Nesta seção, apresentaremos o caminho percorrido na elaboração dos materiais das práticas experimentais e a execução dos procedimentos pelos estudantes, com intuito de iniciar um processo de ensino por investigação científica na educação básica. Na seção Resultados, discutiremos a importância dessa abordagem didática na aprendizagem das Ciências.

A questão motivacional para a construção de uma metodologia de ensino pode ser colocada da seguinte forma: como fazer cada aluno se apropriar do conhecimento de sua individualidade e, ao mesmo tempo, trabalhar com uma classe em que o educando é um sujeito coletivo? (RICARDO, 2003). Adicionado a isso, também é necessário evitar apenas a instrumentalização dos alunos, não deixando a aquisição do conhecimento somente sob responsabilidade do aluno por intermédio das reproduções fiéis das práticas dos cientistas. O processo de aprendizagem durante as atividades de experimentação deve se desenvolver na zona de desenvolvimento proximal, devem ser um desafio, porém com grau de dificuldade suscetível de se constituírem em incentivo e não fonte de desânimo ou impossibilidade de resolução (CACHAPUZ *et al.*, 2011).

Com base nos conhecimentos de física elencados através do Currículo em Movimento do NEM (DISTRITO FEDERAL, 2023) para o ano letivo da 2ª série, o professor e os pibidianos desenvolveram práticas experimentais com materiais de baixo custo e elaboraram roteiros capazes de conduzir

os estudantes ao longo dos procedimentos e incitar discussões sobre os conceitos de física. Cada roteiro contém introdução, materiais necessários, procedimentos, análise e referências bibliográficas. Na introdução do roteiro, são abordados os conceitos básicos sobre o conteúdo, por muitas vezes, retirado do livro didático oferecido pela escola, além de outras referências relevantes. Os materiais utilizados eram de fácil acesso, encontrados geralmente nas residências dos alunos. Na parte dos procedimentos, era apresentada a sequência que o estudante precisaria seguir para obter certo fenômeno físico. Já na análise, eram elencados alguns questionamentos sobre o processo observado durante a prática experimental, assim como também eram sugeridas tabelas e gráficos para uma melhor investigação dos valores obtidos. Por fim, na bibliografia, o estudante tinha acesso aos textos relevantes para aprofundamento dos conhecimentos apresentados em laboratório.

O Laboratório de Física do CEMEB possui 5 bancadas em que as montagens experimentais ficavam dispostas para a condução dos estudantes durante a aula. No total do semestre, sete turmas foram atendidas. Cada turma possuía, em média, 36 estudantes, que seria dividida, preferencialmente, em grupos de cinco alunos cada para a execução do experimento com auxílio do roteiro elaborado e dos pibidianos. Estes ajudavam a conduzir os procedimentos e tirar as dúvidas conceituais que, por ventura, iriam aparecer ao longo da prática. A aula experimental precisava acontecer durante o período de aula, 2 horas-aula. Após a coleta dos dados ou observação dos fenômenos, cada grupo tinha o prazo de uma semana, contando a partir da data da realização do experimento, para confecção do relatório e entrega. Ao todo foram oito experimentos aplicados (Tabela 1) ao longo de oito semanas de

Experimentos	Materiais utilizados	Discussão principal da análise
Escalas de Temperaturas	Recipiente de Alumínio, Termômetros, Água, Gelo e Cronômetro.	Identificar a diferença da variação de temperatura em diferentes escalas (Celsius e Fahrenheit).
Dilatação Térmica	Recipiente de Alumínio, Termômetros, Água, Mola, Vela, Suporte de Plástico. Balões e Nitrogênio Líquido.	Verificar a contração térmica. Calcular o coeficiente de dilatação volumétrica da água (através de um gráfico $\Delta V \times V_0 \cdot \Delta T$) e do alumínio.
Transmissão de Calor	Palito de madeira, Papel Alumínio, Vela, Grampos, Becker, Leite, Lata de cor Branca e Preta, Lâmpada Incandescente, Termômetro e Cronômetro.	Identificar o fluxo de calor em materiais condutores e não condutores térmicos, correntes de convecção e absorção e reflexão de objetos claros e escuros.
Trocas de Calor	Copo de Isopor, Termômetros, Água e Moedas.	Calcular a capacidade térmica do calorímetro feito de isopor e o calor específico da moeda.
Pêndulo Simples	Pêndulos do Projeto World Pendulum Alliance (WPA, 2023), <i>software</i> do PhET.	Calcular a gravidade local do CEMEB. Identificar a diferença da gravidade em relação à altitude e latitude.
Ondulatória	Mola de caderno, papel pardo, cronômetro e <i>software</i> do PhET.	Diferenciar ondas longitudinais e transversais, mecânicas e eletromagnéticas. Calcular a função de onda, a velocidade da luz e do som.
Fenômenos Ondulatórios	Fio de cabelo, Apontador de Laser, <i>software</i> de gerador de frequências sonoras para celulares, Cano PVC, Água, Garrafa PET e <i>software</i> PhET.	Encontrar as frequências dos harmônicos num tubo semi-aberto. Calcular o comprimento de onda da luz do Laser através do efeito de Difração. Identificar o efeito Doppler e Interferência.
Óptica Geométrica	Espelhos planos, esféricos e lentes de acrílico, Apontador de Laser e Experimento Banco Óptico.	Identificar a imagem geradas pelos espelhos e lentes, calcular o foco dos espelhos curvos e lentes. Calcular o índice de refração do acrílico e identificar os princípios da Óptica Geométrica.

Tabela 1 - Esquema resumido dos oito experimentos realizados ao longo do semestre, com descrição dos materiais utilizados e a discussão principal exigida na seção da análise do relatório.
Fonte: autores.

acordo calendário escolar: quatro práticas, durante o primeiro bimestre e outras quatro, no segundo e último bimestre. Ao final de cada etapa de quatro experimentos, os estudantes realizaram um simulado bimestral contendo questões sobre os próprios resultados apresentados nos relatórios. A nota dos quatro relatórios e a nota do simulado juntas compuseram 70% da nota bimestral.

A Tabela 1 exemplifica todos os experimentos, os materiais utilizados e a discussão principal da análise que estavam nos roteiros elaborados.

Resultados e Discussões

Os roteiros eram baseados em montagens experimentais simples com baixo custo, trazendo o conhecimento da ciência para perto do convívio

do estudante, explorando percepções da sua realidade antes de problematizá-la (FREIRE, 1985). Os alunos investigavam os conceitos que antes ficavam apenas na reprodução das teorias e fórmulas e que, com essa metodologia, eles questionavam e analisavam para produzir hipóteses e modelos. Com o tempo limitado de sala de aula, foi necessário conduzir a investigação do estudante de forma que ele obtivesse mais parâmetros para discussão, como construção de gráficos ou tabelas. O intuito não foi de instrumentalizar, mas de tornar suscetível a resolução dos problemas e incentivar os estudantes nas reflexões da natureza.

Como dito na seção anterior, tentou-se desenvolver o conhecimento individual, num contexto coletivo, de forma que as tarefas eram divididas, geralmente, dependendo das habilidades dos indivíduos. Alguns possuíam conhecimento em matemática, ajudando na construção de gráficos e cálculos, outros em edição de texto, auxiliando na construção do relatório. Ainda assim, com as questões aplicadas no final de cada bimestre, era necessário o estudo particular do educando. O sujeito está presente tanto na construção do conhecimento científico como em seu fim (FOUREZ, 1997).

A análise dos relatórios tornou possível observar e avaliar o progresso dos estudantes ao longo das investigações sugeridas pelos roteiros. Nesta seção, serão apresentados resultados sobre essas investigações científicas através dos experimentos realizados nas sete turmas. Cada experimento é descrito na Tabela 1 e, na sua terceira coluna, é destacado qual discussão era necessária que o relatório contemplasse. Sem correr o risco da impossibilidade de resolução dos experimentos, a dificuldade dos primeiros

experimentos era menor que os últimos experimentos, esperando que o estudante pudesse ganhar habilidades necessárias para a produção dos experimentos subsequentes.

Experimento 1 - Escalas de Temperaturas

O primeiro experimento teve como objetivo demonstrar o conceito de sensação térmica, explicar a diferença entre calor e temperatura e as escalas de temperatura. Na primeira etapa, os alunos concluíram sobre sensação térmica que:

Quando uma mão é colocada na água gelada por um período considerável de tempo e imediatamente ocorre uma troca de temperatura, no caso para água morna, é esperado que o membro em contato com a água sinta o recipiente mais quente do que ele realmente está. Isso ocorre por causa da troca térmica (calor) entre a água e o nosso corpo. (RELATÓRIO 1 - Estudantes do CEMEB: Caio, Cecília, Danila, Hian, Isabel e Isabella).

Na segunda etapa, o objetivo era calcular a diferença da variação de temperatura em diferentes escalas (Celsius e Fahrenheit) através do aquecimento e resfriamento da água. Assim, foi pedido que os estudantes fizessem duas tabelas

AQUECIMENTO CELSIUS			
DIFERENÇA DOS NÚMEROS EXPERIMENTO/CÁLCULO			
TEMPO	NR. EXPERIMENTO	CÁLCULO	DIFERENÇA
INICIAL	23,8°	23,5°	0,3
20s	29°	24°	5
40s	40°	33,16°	6,84
1:00m	43,7°	40,2°	3,5
1:20m	53°	54,4°	1,4
1:40m	62,2°	61,6°	0,6
2:00m	70,7°	71,5°	0,8
2:20m	86,5°	82,27°	4,23
2:40m	90,3°	90,7°	0,4
3:00m	96,1°	93,5°	2,6

Tabela 2 - Anotações dos estudantes sobre a temperatura na escala Celsius durante o aquecimento da água. Na primeira coluna, valor medido em Celsius; na segunda coluna, valor convertido com base no valor medido em Fahrenheit; e, na última coluna, erro sistemático entre os valores medidos e calculados.
Fonte: Relatório 1 - Estudantes do CEMEB: Caio, Cecília, Danila, Hian, Isabel e Isabella.

que contivessem dados sobre a temperatura marcada no termômetro em relação as duas escalas a cada 20 segundos durante 3 minutos. Com base nos valores medidos, os estudantes calcularam o valor da temperatura em cada escala através das equações de conversão, podendo comparar o valor medido com o valor convertido. A diferença devido a um erro sistemático foi apresentado na terceira coluna dessa tabela. Para exemplificar, apresentamos uma das tabelas (Tabela 2) de um dos relatórios avaliados.

Experimento 2 - Dilatação Térmica

Neste experimento, o estudante pôde compreender sobre o conceito de dilatação térmica dos corpos e calculou a variação da dilatação da água através da diferença de temperatura. A primeira etapa foi baseada na contração de um balão ao entrar em contato com nitrogênio líquido. Devido à sua baixa temperatura, foi possível colocar vários balões cheios dentro da caixa de isopor. Alguns relataram:

Em um sistema de resfriamento, como a caixa de isopor com nitrogênio líquido (-196°C) e os balões. A baixa temperatura e a perda de energia desaceleram as moléculas, sucedendo a sua contração. Logo, podemos dizer que o primeiro experimento só acontece porque quanto mais frio os balões ficam, mais suas moléculas se aproximam, diminuindo o seu volume. (RELATÓRIO 2 - Estudantes do CEMEB: Caio, Cecília, Danila, Hian, Isabel e Isabella).

A segunda etapa foi baseada na dilatação de uma leiteira que continha água até o seu limite, sendo possível analisar que tanto a leiteira quanto a água dilatam nesse sistema. Dessa forma, com base nas medidas iniciais da leiteira e do volume inicial de água, o estudante conseguiu comparar os valores dos coeficientes com os apresentados na literatura. A Figura 1 ilustra o cálculo realizado por um grupo com base na medida do termômetro e dos volumes do conjunto.

A terceira etapa foi baseada na dilatação de uma mola estendida (Y) por causa de um peso na sua ponta. Ao esquentá-la por um determinado tempo, foi solicitado que os estudantes anotassem a variação de temperatura

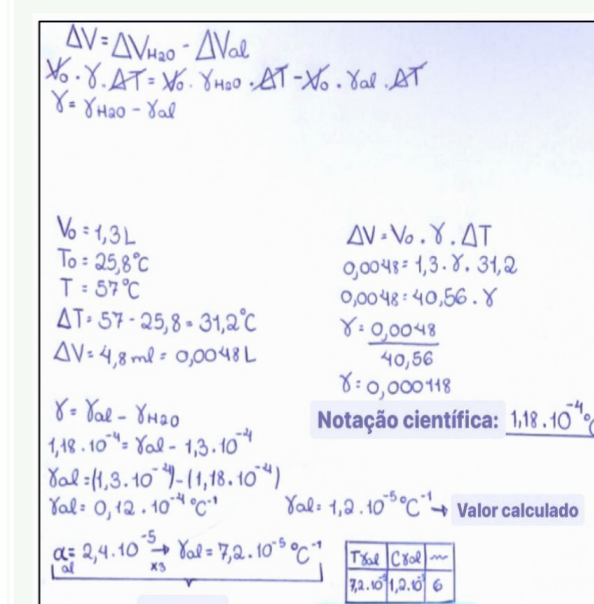


Figura 1 - Cálculo da dilatação da leiteira e da água através do volume transbordado devido ao aquecimento do conjunto.
Fonte: Relatório 2 - Estudantes do CEMEB: Caio, Cecília, Danila, Hian, Isabel e Isabella.

(ΔT) e a variação de comprimento da mola (ΔY), como ilustra a Tabela 3. Com base nesses dados, os estudantes foram capazes de confeccionar um gráfico $\Delta Y \times Y \cdot \Delta T$ para obter o coeficiente de dilatação da mola.

Experimento 3 - Transferência de Calor

Para compreender os processos de transferência de calor, na primeira etapa, colocou um pouco de leite dentro de uma porção de água. Ao aquecer o conjunto, foi possível observar a corrente de convecção do leite (Figura 2). O fenômeno pôde ser descrito pelos estudantes como: "De forma simples

Y (cm)	T (°C)	ΔY (cm)	ΔT (cm)	$Y \cdot \Delta T$
2,2	27,5	0	0	0
2,3	44,1	0,1	16,6	36,52
2,3	73,1	0	45,6	100,32
2,3	92,3	0	64,8	142,56
2,4	116,8	0,1	89,3	196,46

Tabela 3 - Anotações dos estudantes para o experimento da dilatação da mola. Y é o comprimento da mola estendida em centímetros em relação à sua temperatura. Variações de comprimento da mola (ΔY) e de temperatura (ΔT). Na última coluna, para facilitar a produção do gráfico, multiplicou o comprimento inicial pela sua variação de temperatura ($Y \cdot \Delta T$).
Fonte: Relatório 2 - Estudantes do CEMEB: Caio, Cecília, Danila, Hian, Isabel e Isabella.

a matéria, onde está fria, ela tem a tendência em descer, já a matéria quente tende a subir. A água quente tende a subir pelo meio e a água fria tende a descer pela lateral.” (RELATÓRIO 3 - Estudantes do CEMEB: Felipe, Jaine, Cauã, Pedro, Júlia e Víctor).

Na segunda etapa, foi utilizado palito de madeira, papel alumínio e grampos para exemplificar a condução térmica em materiais distintos. Inicialmente, os estudantes grudaram, com auxílio da parafina de uma vela, grampos nos materiais acima. Ao aquecer uma das pontas, devido as quedas do grampo, era observada facilidade ou dificuldade da condução do calor através dos materiais. Os alunos concluíram que: “O alumínio conduziu-o com mais facilidade devido à condutibilidade térmica dele ser maior que a da madeira, sendo assim mais fácil do objeto conduzir o calor/energia térmica para ele por completo. A madeira foi um condutor térmico bem mais lento” (RELATÓRIO 3 - Estudantes do CEMEB: Felipe, Jaine, Cauã, Pedro, Júlia e Víctor).

Na terceira etapa, para exemplificar a transferência de calor por irradiação, foram utilizadas duas latas (uma de cor preta e outra de cor branca) e uma lâmpada incandescente. Foram solicitadas tabelas com os dados das temperaturas nos termômetros inseridos nas latas para duas situações: as latas em frente a lâmpada ligada (aquecimento) e desligada (resfriamento). Assim, foram geradas as Tabelas 4 e 5. Consequentemente, os dados foram apresentados por meio do Gráfico 1.

Através do Gráfico 1, os estudantes puderam observar a transferência de calor por irradiação:

No instante em que a lâmpada ligada começa a esquentar, a lata preta absorve a radiação, fazendo ela esquentar e a lata branca reflete tal radiação, assim esquentando menos que a preta.

		LÂMPADA ACESA								
		20 seg	40 seg	1 min	1:20 min	1:40 min	2 min	2:20 min	2:40 min	3 min
Lata Preta		27,1 °C	27,4 °C	27,9 °C	28,5 °C	29,1 °C	29,8 °C	30,4 °C	31,1 °C	31,6 °C
Lata Branca		28,2 °C	28,2 °C	28,3 °C	28,4 °C	28,6 °C	28,8 °C	28,9 °C	29,0 °C	29,2 °C

Tabela 4 - Aquecimento das latas em frente da lâmpada incandescente ligada.
Fonte: Relatório 3 - Estudantes do CEMEB: Felipe, Jaine, Cauã, Pedro, Júlia e Víctor.

		LÂMPADA DESLIGADA								
		20 seg	40 seg	1 min	1:20 min	1:40 min	2 min	2:20 min	2:40 min	3 min
Lata Preta		32,8 °C	32,9 °C	32,8 °C	32,6 °C	32,2 °C	31,8 °C	31,5 °C	31,1 °C	30,6 °C
Lata Branca		29,4 °C	29,6 °C	29,7 °C	29,8 °C	29,7 °C	29,7 °C	29,6 °C	29,5 °C	29,5 °C

Tabela 5 - Resfriamento das latas em frente da lâmpada incandescente desligada.
Fonte: Relatório Experimental 3 - Estudantes do CEMEB: Felipe, Jaine, Cauã, Pedro, Júlia e Víctor.

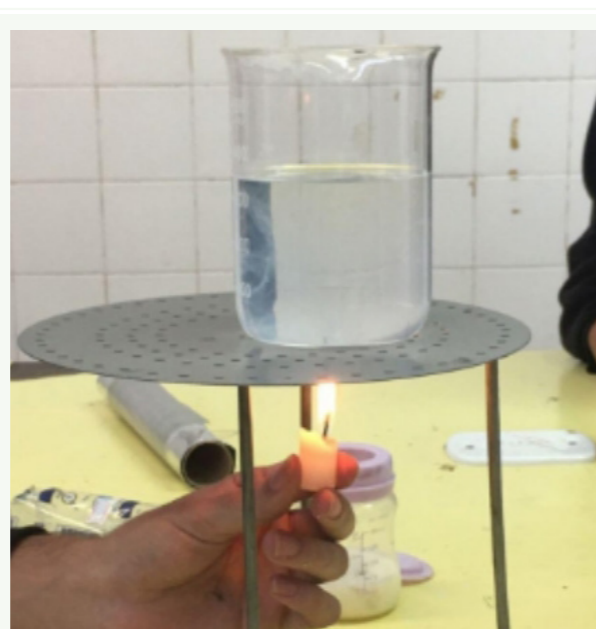


Figura 2 - Correntes de convecção do leite (líquido branco) dentro de uma porção de água devido ao aquecimento.
Fonte: Relatório 3 - Estudantes do CEMEB: Felipe, Jaine, Cauã, Pedro, Júlia e Víctor.

Assim que a fonte de calor foi desligada, a lata preta emitia calor com mais facilidade enquanto a lata branca emitia o calor com mais dificuldade. (RELATÓRIO 3 - Estudantes do CEMEB: Felipe, Jaine, Cauã, Pedro, Júlia e Víctor).

Experimento 4 - Trocas de Calor

Esse experimento tem como objetivo compreender e diferenciar os processos da troca de calor, reconhecer a capacidade térmica dos materiais e analisar as propriedades do calorímetro. Para isso montamos um calorímetro caseiro e testamos a sua eficiência. Logo após, os alunos calcularam o calor específico de um material não identificado que foi posto no interior do calorímetro, como mostra a Figura 3.

Experimento 5 - Pêndulo Simples

Com este experimento, o estudante pôde compreender a importância de um pêndulo simples e quais variáveis influenciam no

cálculo do seu período. Na primeira etapa, foi utilizado o *Phet Colorado - Simulação: Laboratório do Pêndulo* (PHET, 2023a), no intuito de permitir ao estudante modificar variáveis que podiam ou não influenciar o movimento do pêndulo, como: comprimento do fio, gravidade, massa do objeto, ângulo de inclinação e atrito.

Na segunda etapa, foi proposto a análise de diferentes pêndulos do projeto *World Pendulum Alliance* (WPA, 2023) que estão espalhados pelo Brasil e pelo mundo. Assim, os estudantes puderam escolher um pêndulo brasileiro e um internacional para compará-los em relação ao seu valor de período e identificar a diferença da gravidade em regiões distintas.

Uma das principais conclusões desse experimento foi: “A diferença na gravidade em relação à latitude acontece pelo fato de que a Terra não é perfeitamente esférica, ela possui um formato geóide (achatadas nos pólos) que gera variações na gravidade em diferentes latitudes (conforme Figura 4).” (RELATÓRIO 5 - Estudantes do CEMEB: Ana Beatriz, Ana Júlia, Eduarda, Mireli e Mikael).

Experimento 6 - Ondulatória

O intuito do experimento foi demonstrar as grandezas do movimento de uma onda com auxílio de uma mola de caderno. Na primeira etapa, os estudantes receberam um papel pardo e uma mola (Figura 5), com o objetivo de desenvolver um gráfico através do movimento período de uma vibração na mola. Assim, os estudantes foram capazes de analisar as grandezas período, frequência, fase e velocidade do movimento periódico da onda.

Na segunda etapa, foi utilizado o *Phet Colorado - Simulação “Ondas: Intro”* (PHET, 2023b), sendo possível coletar dados de como a onda se comporta em relação à frequência, amplitude e tempo em diferentes situações como: uma torneira pingando, o som e a luz (Figura 6).

Experimento 7 - Fenômenos Ondulatórios

Este experimento é uma continuação do estudo das ondas realizado no experimento anterior. Com um destaque maior para os fenômenos ondulatórios como interferência,

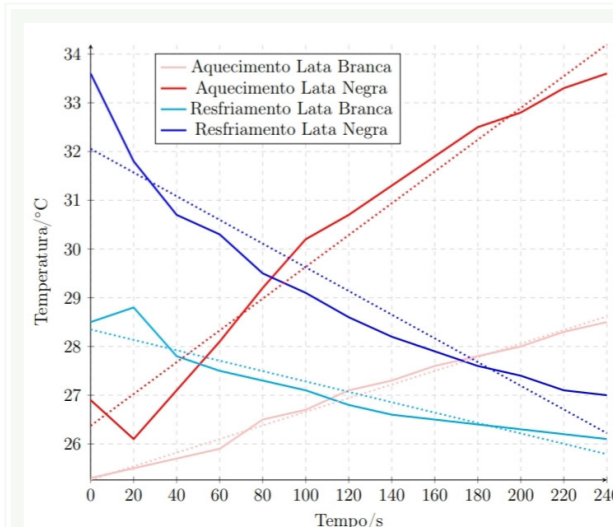


Gráfico 1 - Aquecimento e resfriamento das latas com base nos dados obtidos das Tabelas 4 e 5.
Fonte: Relatório Experimental 3 - Estudantes do CEMEB: Henrique, Alessandro, Adriano, Alexandre, Josh e Nathan.

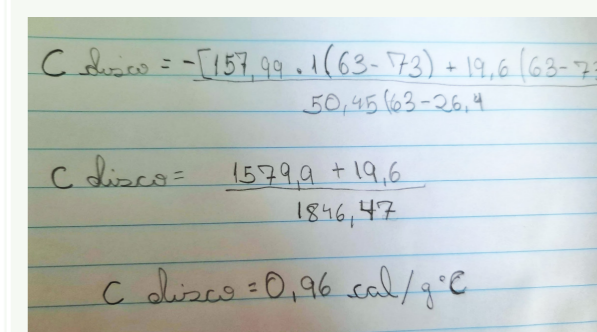


Figura 3 - Cálculo do calor específico do material inserido no calorímetro.
Fonte: Relatório 4 - Estudantes do CEMEB: Ana Beatriz, Ana Clara, Ana Júlia e Mikael.

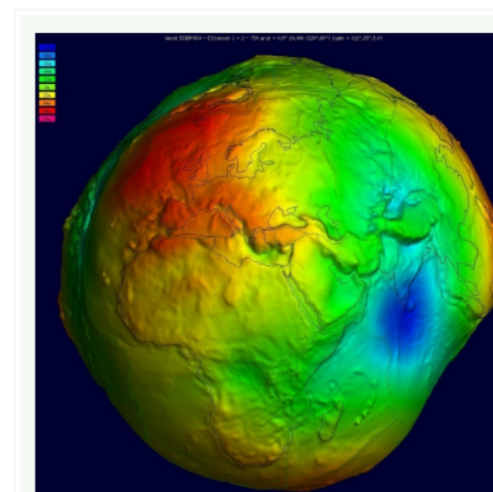


Figura 4 - A gravidade não possui o mesmo valor na superfície terrestre. Uma das razões é devido ao formato irregular da Terra.
Fonte: Relatório 5 - Estudantes do CEMEB: Ana Beatriz, Ana Júlia, Eduarda, Mireli e Mikael.

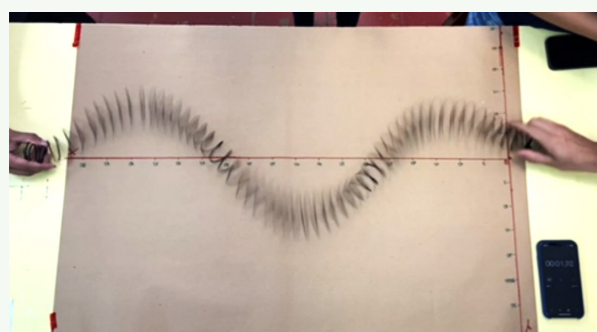


Figura 5 - Anotações do movimento de uma onda através da mola de caderno num papel pardo.
Fonte: autores.

ressonância e difração. Na primeira etapa, foi utilizado o *Phet Colorado - Simulação Interferências de Ondas* (PHET, 2023c) para que os estudantes analisassem a interferência de uma onda em relação a variáveis como: frequência e amplitude (Figura 7).

Na segunda etapa, foi utilizada uma garrafa PET com água, um cano PVC e um *software* de gerador de frequências pelo celular. À medida que alteravam a frequência sonora emitida pelo celular, os estudantes realizavam o movimento de levantar e abaixar o cano dentro da água, para encontrar os pontos de reforço sonoro da onda emitida, isto é, as ressonâncias dentro do cano. (Figura 8).

Na terceira etapa, para identificar a difração, foi utilizado um fio de cabelo, um laser e uma escala centimetrada no intuito de observar as franjas

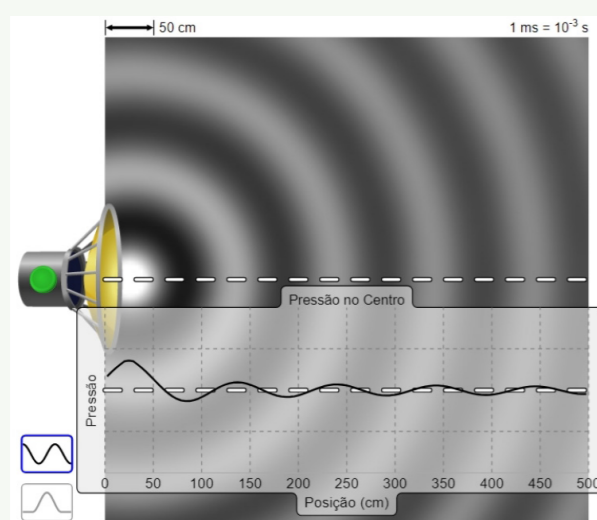


Figura 6 - Comportamento de uma onda sonora.
Fonte: Phet Colorado - Ondas: Intro.

formadas pelo fio de cabelo. Com base nas distâncias entre as franjas e a distância do laser com o fio de cabelo, foi possível identificar a frequência de onda do feixe de luz do laser (Figura 9).

Experimento 8 - Óptica Geométrica

No último experimento, a atenção foi voltada para os fenômenos de refração e reflexão da luz num contexto de óptica geométrica. Na primeira etapa, com o auxílio de espelhos planos, os estudantes tiveram que compreender e analisar a formação de imagem em espelhos. Assim como identificar o número de imagens formadas em diferentes ângulos de posicionamento dos espelhos (Figura 10).

Na segunda etapa, com o auxílio de espelhos curvos, lentes de acrílico e um laser, foi possível exemplificar o conceito de foco e a diferença entre divergente e convergente (Figura 11).

Conclusão

A investigação dos conhecimentos da física através de experimentos colocou os estudantes em situações-limite para a compreensão da sua realidade vivida e que são obstáculos para sua libertação (FREIRE, 1985). Ainda por Freire, o reconhecimento e a compreensão dessas situações são a consciência histórica e sua superação pelo sujeito,

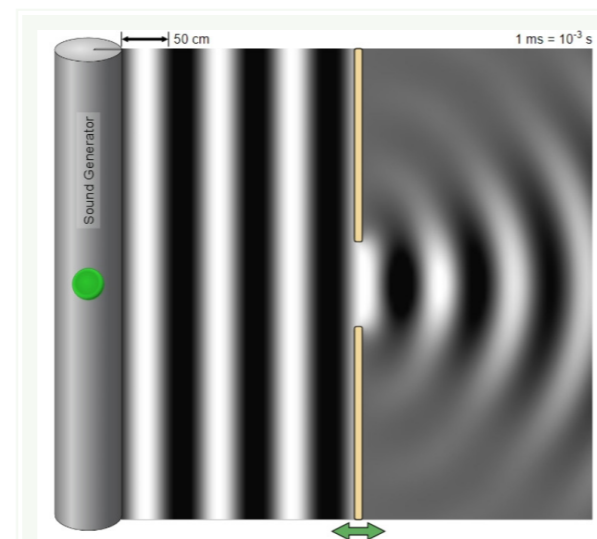


Figura 7 - Interferência de uma onda sonora com auxílio da simulação realizada pelo PhET.
Fonte: Phet Colorado - Interferência de Onda.



Figura 8 - Análise da ressonância do som. Um estudante segurava o celular emitindo onda sonora e outro, com ouvido numa das pontas do cano PVC, alterava a altura dentro da água para reconhecer a ressonância.
Fonte: autores.

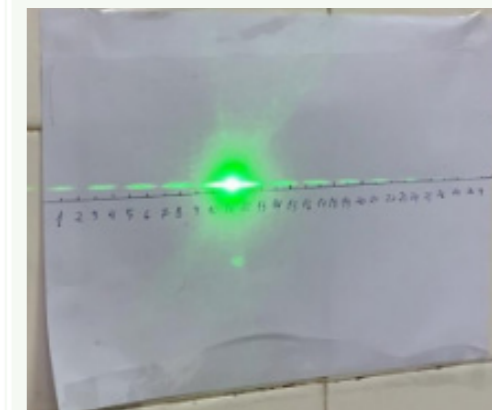


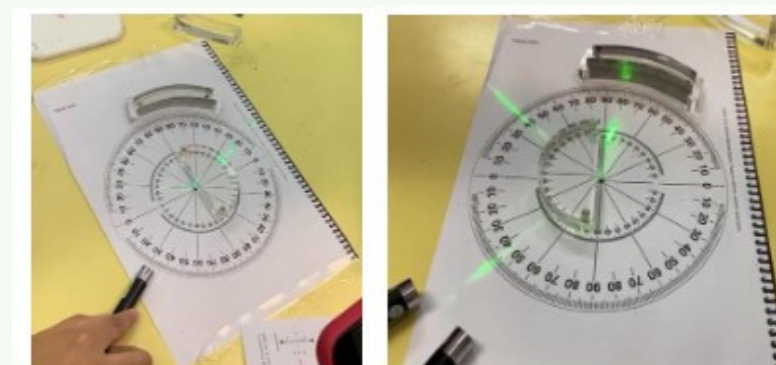
Figura 9 - Fenômeno de difração causado pela passagem do laser verde pelo fio de cabelo. A distância entre os pontos claros permite calcular o comprimento de onda da luz utilizada.
Fonte: Relatório 7 - Estudantes do CEMEB: Ana Beatriz, Ana Júlia, Eduarda, Mireli e Mikael.



Figura 10 - Formação de imagem com a combinação de dois espelhos planos.
Fonte: autores.

constitui a humanização. Dessa forma, desenvolver essa capacidade crítica dos estudantes no ensino básico, adquirindo habilidades na obtenção de dados, sugestões de hipóteses e discussões sobre ciência, abre possibilidade para a desmistificação do desconhecido que, por muitas vezes, leva cidadãos a ideias falsas e misticismos. A alfabetização científica e tecnológica possibilita teorizar e modelar vistas à autonomia do sujeito (FOUREZ, 1998). Inclusive, é importante que o estudante tenha consciência do caminho árduo e cheio de investigação que os cientistas levam até determinar certas teorias, desacreditando que a Ciência é destinada para alguns. O ensino por investigação é uma abordagem didática, pois não está associada a estratégias específicas, mas às ações e às práticas realizadas pelo professor quando da proposição dessas estratégias e tarefas aos estudantes, sendo essencial o estabelecimento de liberdade intelectual aos alunos para a investigação de um problema (CARVALHO, 2013).

No Experimento 1, o estudante identifica que a leitura de uma temperatura depende da escala utilizada e abre discussão para o conceito de Zero Absoluto. Além de poder conceituar melhor as definições de calor e temperatura. No Experimento 2, o estudante teve contato com dilatação dos corpos, identificando o uso disso no cotidiano e como é possível encontrar a característica de resposta ao



reflexão convexa

reflexão côncava

Figura 11 - Demonstração de foco convergente e divergente através da reflexão dos espelhos curvos do tipo côncavo e convexo.
Fonte: Relatório 8 - Estudantes do CEMEB: Claudia, Diego, Helanne, Lara e Laura.

calor de cada corpo. No Experimento 3, percebemos que o estudante pode observar a diferença de certos materiais em relação à propagação de calor, guardando para si que os metais possuem melhor condutibilidade térmica. Inclusive, o estudante pode ter um princípio da discussão sobre Corpo Negro, conceito que abriu reflexões sobre Física Quântica no século XX. No Experimento 4, identificou um método capaz de descrever um material e sua capacidade em absorver calor. No Experimento 5, se pode observar a diferença, mesmo que pequena, do valor da gravidade na superfície terrestre, trazendo elucidações do formato da Terra e da influência dos seus movimentos no cotidiano, já que puderam discutir sobre o melhor local de lançamento de foguetes. No Experimento 6, que várias vezes é visto como uma discussão abstrata, os estudantes puderam identificar ondas e suas características, em vários meios e tipos. No Experimento 7, tivemos o contato com os fenômenos ondulatórios que também influenciam no dia a dia. Como o Efeito de Ressonância num contexto médico. Além de discutir sobre difração e poder levar essa reflexão para a dualidade onda-partícula da luz, referente às discussões sobre Física Quântica. Por fim, no Experimento 8, apesar de conceitos concretos de espelhos e lentes, a visualização dos raios de luz puderam ser observados e identificaram influência do meio nos fenômenos de reflexão e refração.

Facilmente, podemos identificar nos resultados apresentados ao longo da seção anterior discussões que por muitas vezes estiveram na fronteira do conhecimento científico. O conhecimento é uma construção, não pode ser tratado como um *insight* de seres altamente intelectuais. Pelo contrário, o meio da investigação mostrou que hipóteses são levantadas ao passo que temos contato com os fenômenos. Algumas ferramentas nos ajudam a identificar com mais facilidade os parâmetros dos problemas, mas os modelos são produzidos, testados, reformulados até que uma teoria possa ser descrita para aquele fenômeno.

A utilização de práticas experimentais na sala de aula é considerada um diferencial que possibilita ao estudante investigar os conhecimentos que o ensino tradicional traz apenas como exemplos, fórmulas ou teorias. Claro que executar essa abordagem didática experimental não é trivial, por um lado conceitual, não basta produzir o experimento

se este não cria discussões significativas para internalizar o conhecimento da ciência, tornando-o capaz de visualizar o mundo com outra percepção. Por outro lado, de forma estrutural, aplicar experimentos em sala de aula nas escolas públicas, principalmente, é um desafio. Os laboratórios (quando existem) não possuem condições viáveis para a execução de atividades e falta pessoal para auxiliar na parte técnica, auxílio para conduzir o procedimento junto aos estudantes e professor. Sem contar que o tempo destinado, ainda mais com a implantação do NEM, não possibilita uma discussão mais aprofundada dos conceitos.

Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Secretaria da Educação Básica, 2017a.

BRASIL. Governo Federal. **Lei Nº 13.415**, 2017b. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm. Acesso em: 18 de set de 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Novo Ensino Médio - perguntas e respostas**. 2018. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=40361>. Acesso em: 18 de set de 2023.

CACHAPUZ, A. F. et al. (org.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. (pp. 1-20). São Paulo, SP: Cengage Learning, 2013.

DEITOS, Greyze M. P.; STRIEDER, Dulce M., Um Olhar Epistemológico para a Experimentação no Ensino de Ciência. In: **Olhar de Professor**. Ponta Grossa, 2018. p-81-88.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal. **Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio**. 2020. Disponível em <https://www.educacao.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/Curriculo-em-Movimento-do-Novo-Ensino-Medio-V4.pdf>. Acesso em 10 de jul. 2023.

ESPINOSA, A. M. **Ciências na escola: novas perspectivas para a formação dos alunos**. São Paulo: Ática, 2010.

FOUREZ, G. **Alfabetización Científica y Tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Traducción: Elsa Gómez de Sarría. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997. 249p.

FOUREZ, G. **Saber Sobre Nuestros Saberes: un léxico epistemológico para la enseñanza**. Traducción: Elsa Gómez de Sarría. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1998. 200p.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 14a edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985. 218p.

RICARDO, E. C. Problematização e a Contextualização no Ensino das Ciências: Acerca das Idéias de Paulo Freire e Gérard Fourez. In: **IV ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Atas. Bauru - SP; 2003, p.1-12.

PHET. **PhET Interactive Simulations**. Pendulum Lab. 2023a. Disponível em <https://phet.colorado.edu/en/simulations/pendulum-lab>. Acessado em 10 de jul. de 2023.

PHET. **PhET Interactive Simulations**. Waves Intro. 2023b. Disponível em <https://phet.colorado.edu/en/simulations/waves-intro>. Acessado em 10 de jul. de 2023.

PHET. **PhET Interactive Simulations**. Wave Interference 2023c. Disponível em <https://phet.colorado.edu/en/simulations/wave-interference>. Acessado em 10 de jul. de 2023.

WPA. **World Pendulum Alliance**. Rede de Pêndulos. Disponível em <https://wpa.tecnico.ulisboa.pt/~wpa.daemon/pt/rede-de-pendulo/>. Acessado em 10 de jul. de 2023.



Imagem de Adam Smith Contijo